

116064-3

발 간 등 록 번 호

11-1543000-002523-01

잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 개발 및 산업화 최종보고서

# 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 개발 및 산업화 최종보고서

2018. 12. 31.

주관연구기관 / 오페(주)  
협동연구기관 / 전남대학교

2018

농림식품기술기획평가원  
농림축산식품부

## 농 립 축 산 식 품 부

(전문기관) 농림식품기술기획평가원

<제출문>

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 개발 및 산업화”(개발기간 : 2016. 9. 5 ~ 2018. 12. 31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018. 12. 31.

주관연구기관명 : 오피주식회사

(대표자) 함영철

협동연구기관명 : 전남대학교 산학협력단

(대표자) 송진규



주관연구책임자 : 이범섭

협동연구책임자 : 유수남

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라  
보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	116064-3	해 당 단 계 연 구 기 간	3차년도	단 계 구 분	(3)/(3)
연구 사업 명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	첨단생산기술개발사업			
연구 과제 명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 개발 및 산업화			
연구 책임자	이범섭	해당단계 참여연구원 수	총: 19 명 내부: 9 명 외부: 10 명	해당단계 연구개발비	정부: 300,000천원 민간: 100,000천원 계: 400,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 28 명 내부: 13 명 외부: 15 명	총 연구개발비	정부: 700,000천원 민간: 233,340천원 계: 933,340천원
연구기관명 및 소속부서명	오페주식회사		참여기업명: 오페주식회사		
협 동 연 구	연구기관명: 전남대학교 산학협력단		연구책임자: 유수남		
<p>본 연구는 밭농업의 기계화 촉진을 위한 것으로 특히, 밭수확작업의 기계화율이 23.9%로 미흡함에 따라 농촌 고령 및 여성화에 따른 노동력 및 농업경영비 절감을 위해 콩 및 잡곡 등 수확이 가능한 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인을 공급하여 밭농업 기계화 향상에 추진함을 위한 것으로 소규모 밭의 수확 적응성이 뛰어나며 노약자 및 부녀자도 사용 가능한 저가형의 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 개발로 주요부의 시작기 설계·제작·조립 관련 기술요소를 확보하였으며, 잡곡 수확용 소형 콤바인의 3차례 시작기 제작, 주요부 및 주요사양 조사, 기능 작동 및 기초성능 시험 실시로 기초성능 분석 실시 및 유채, 울무, 메밀, 콩을 대상으로 포장 시험을 수행하여 잡곡 수확용 소형 자주식 콤바인 시작기 포장작업 성능 분석, 작업 기술 확보 및 보완하였고, 특허출원 1건, 기술이전(유상) 2건, 제품화 1건, 논문 게재 2건, 학술발표 3건, 인력양성 2명, 고용창출 5명, 홍보 11건도 수행하여 농업인에 대한 적극적 홍보 추진이외에 국가검정기관의 농업기계 종합검정을 수행하였으며 제품화 실현을 위해 변속장치 등을 유압변속으로 변경하는 등 변경검정도 추가 수행하는 등 농업인이 사용하기 편리하도록 제품화를 완료하였음</p>					<p>보고서 면수 123쪽</p>

<요약문>

		코드번호	D-01			
연구의 목적 및 내용	<p>연구 목적 : 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 상용화 개발 및 산업화</p> <p>연구 내용 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 엔진 및 동력전달부, 주행부, 유압제어부, 운전 조작부, 전처리부, 예취부, 수집부, 작물이송부, 탈곡부, 선별·정선부, 재처리부, 곡립이송 및 배출부, 곡물탱크부 등 주요부 설계·제작·조립</li> <li>- 잡곡 수확용 소형 콤바인 통합 시작기 제작·조립</li> <li>- 잡곡 수확용 소형 콤바인 주요부 및 통합 시작기 기능 작동 및 기초성능 시험</li> <li>- 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 기초성능 포장시험 및 평가</li> <li>- 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 경제성 분석</li> </ul>					
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 소규모 밭의 두류 및 잡곡 수확에 적응성이 뛰어나며, 노약자 및 부녀자도 사용 가능한 저가형의 자주식 소형 콤바인 주요부, 시작기 설계·제작·조립 관련 기술 요소 확보</li> <li>- 잡곡 수확용 소형 콤바인 3차레 시작기 제작, 주요부 및 시작기의 주요 사양 조사, 기능 작동 및 기초성능 시험 실시로 기초성능 분석</li> <li>- 유채, 울무, 메밀, 콩을 대상으로 포장시험을 수행하여 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 포장작업 성능 분석, 작업 기술 확보, 경제성 분석</li> <li>- 핵심성과: 특허출원 1건, 기술이전(유상) 2건, 제품화 1건, 논문 게재 2건, 학술발표 3건, 인력양성 2건, 고용창출 5명, 홍보 11건 수행</li> <li>- 전략성과: 농업기계 관련 기술인증 2건</li> </ul>					
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2018년 상용화 모델 출시 제품 홍보 및 시험 공급, 2019년부터 본격 보급 확대 추진</li> <li>- 울무, 메밀 등 고소득 잡곡생산 주산단지 중심으로 보급 추진</li> <li>- 국내 유명 농기계사와의 전략적 제휴를 통한 판로 확대 추진</li> <li>- 저가형 소형 콤바인 출시로 농업기계 구입부담 및 경영비 절감 등 경제성 제고</li> <li>- 소형 콤바인의 편의화로 노령자 및 여성 농업인도 작업 가능으로 노동 강도 경감</li> <li>- 영세규모 밭의 잡곡 수확작업 기계화로 소요노동력 감소 및 농촌노동력의 양적 질적 감소에 대응</li> <li>- 잡곡류 발작물 승용기계화 일관작업체계 구축으로 발작물 기계화율 향상 도모</li> <li>- 외국산 콤바인 국내잠식 대응 수입대체</li> <li>- 발작물 관련 농업기계 생산 중소기업 육성 및 국내 산업보호 기여</li> </ul>					
국문핵심어 (5개 이내)	자주식 소형 콤바인	수확 기계화	잡곡류 수확	예취부	배출부	

## <Summary>

		코드번호		D-02	
Purpose	Development and Industrialization of small self-propelled combine for harvesting miscellaneous cereal crops				
Contents	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Survey and analysis on advanced technology about combine and its main components for harvesting miscellaneous cereal crops</li> <li>- Establishment of main specifications, concept and detailed design for small self-propelled combine and its components for harvesting miscellaneous cereal crops</li> <li>- Construction of the prototype combine and basic performance tests</li> <li>- Modification of the prototype combine and field performance tests</li> <li>- Performance evaluation and machinery cost analysis on the combine</li> </ul>				
Development results	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The small self-propelled combine for harvesting miscellaneous cereal crops</li> <li>- Establishment of basic and applied technology on mechanization of miscellaneous cereals harvesting</li> <li>- Core results : patent 1, technology transfer 1, commercialization 1, KCI journal paper 2</li> <li>- Strategic results : machine certification 2</li> </ul>				
Expected Contribution	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mechanization of miscellaneous cereal crops harvesting</li> <li>- Easy combine supply by reduction of purchasing price and suitable for machinery rental system</li> <li>- Reduction of labor and cost for harvesting miscellaneous cereal crops</li> <li>- The aged and women can operate the combine easily by simple control</li> <li>- Countermeasure against import of foreign combines</li> <li>- Support of small scale maker producing upland farm machinery</li> </ul>				
Keywords	Self-propelled small combine	Harvesting mechanization	Miscellaneous cereal crops harvesting	Cutting part	Discharging part

<본문목차>

< 목 차 >

제 1 장 연구개발과제의 개요 .....	6
제 1 절 연구개발 목적 .....	6
제 2 절 연구개발의 필요성 .....	7
제 3 절 연구개발 대상의 국내·외 현황 .....	9
제 4 절 연구개발 범위 .....	10
제 2 장 연구수행 내용 및 결과 .....	14
제 1 절 연구개발 추진전략·방법 및 추진체계, 추진일정 .....	14
제 2 절 연구개발 내용 및 결과 .....	16
제 3 절 연구개발 성과 .....	84
제 3 장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 .....	88
제 1 절 목표 .....	88
제 2 절 목표 달성여부 .....	89
제 3 절 관련 분야 기여도 .....	91
제 4 장 연구결과의 활용 계획 등 .....	92
제 1 절 연구성과 활용계획 .....	92
제 2 절 사업화 계획 .....	93
제 3 절 추가 연구 필요성 .....	95
제 5 장 기타사항(연구실적 증빙서류) .....	96
붙임. 참고 문헌 .....	115

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 제 1 절 연구개발 목적

		코드번호	D-04-01
구분	내용		
최종목표	<p>○ 중소형 규모 또는 준산간 지역의 잡곡 수확작업에 적응성이 뛰어나며, 농기계 임대사업소의 활용도를 높일 수 있고, 여성 및 고령자도 쉽게 운전할 수 있어 수확작업의 노동력을 크게 절감할 수 있는 저가형의 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인의 상용화 개발</p>		
세부목표	<p>○ 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 및 주요부 설계·제작 기술 확보 및 상용화 모델 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1조식, 또는 작업 폭 160cm, 22 kW 급 자주식 콤바인</li> <li>- 작물의 종류와 조건에 따라 조건예취방식, 띠예취방식, 수집방식 선택 조립할 수 있는 콤바인</li> <li>- 작업능력 0.2 ha/h 이상의 콤바인</li> <li>- 임대 장비의 활용도를 높이기 위하여 소형 트럭에 적재 가능한 2 ton 이하 콤바인</li> <li>- 수확 작물은 고소득 잡곡류인 울무와 메밀을 대상으로 함.</li> <li>- 목표 제원</li> </ul>		
	구 분		목 표 제 원
	엔진	형식	3기통 수냉 디젤 엔진
		출력	22 kW급
	주행속도	진진 (m/s)	작업 1.0, 주행 5
		후진 (m/s)	작업 0.24, 주행 0.83
		차륜의 종류	무한궤도
	예취장치	방식 (작물 종류에 따라 선택 조립)	유압모터구동의 틱니형 원형칼날
			왕복동칼날
			수집장치
	작업 조수 또는 작업 폭	원형칼날 방식	1 조
		왕복동칼날 방식	160 cm
		수집장치	돌기체인식 작업폭 77 cm
	탈곡장치	탈곡드럼방식	직류식, 급치식, 탈곡급치 속도 14 m/s 이내로 작물별 손상을 감소
		선별방식	요동선별식, 송풍팬방식
양곡 이송방식		이송스크류식	
작업능력	0.2 ha/hr		
손실률	총손실률	5% 이하 (콩 기준)	
	손상립비	2% 이하 (콩 기준)	
<p>○ 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 시험기, 시작기의 기초시험 및 현장 성능시험을 통한 울무, 메밀 등 잡곡류 특성에 적합한 적정 기계화 수확기술 확보</p>			

## 제 2 절 연구개발의 필요성

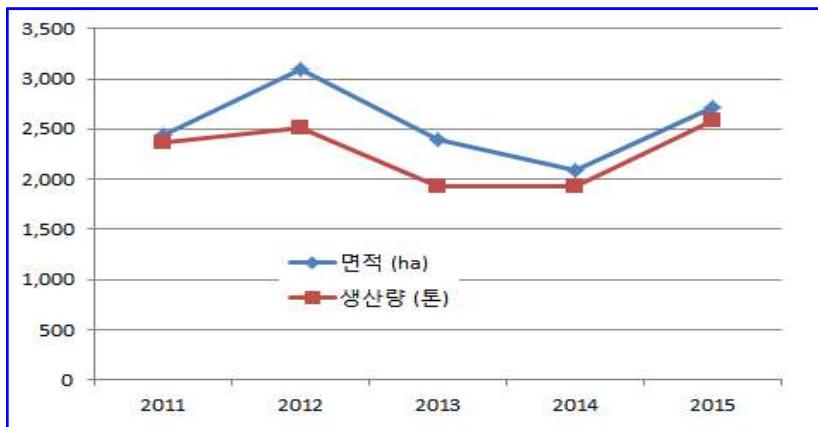
코드번호	D-04-02
------	---------

○ 최근 국민 삶의 질 향상, 건강한 먹거리 인식 변화 등 국내 여건 변화로 벼 농사에 비해 상대적으로 소득이 높은 밭작물, 특히 두류 및 잡곡류의 수요 증가가 예상되고 있으나 관련 농업기계 개발이 미흡하여 밭 농업 기계화가 절실한 실정임.

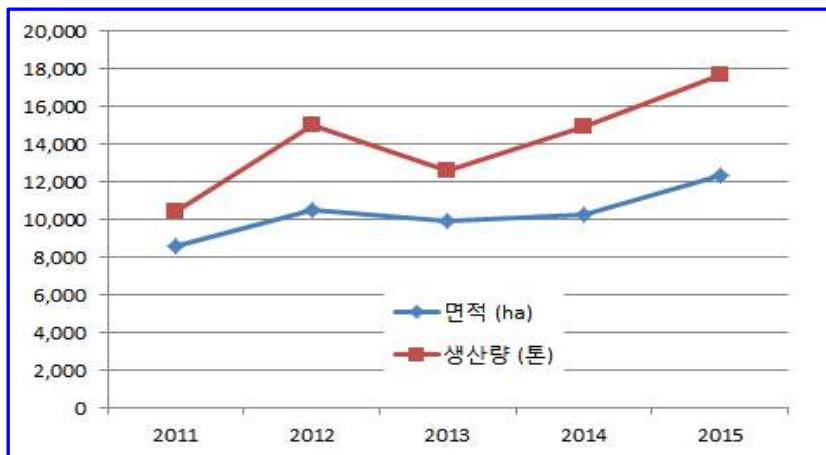
[두류, 잡곡류의 1인당 소비량, 자급률 추이]

작물	구 분	년 도			
		2000	2005	2010	2012
두류	1인당 소비량 (kg)	8.5	9.0	8.3	8.8
	식량자급률 (%)	28.2	30.9	32.4	30.7
잡곡류	1인당 소비량 (kg)	3.5	4.0	3.8	3.7
	식량자급률 (%)	18.9	12.8	10.9	11.1

[메밀의 재배면적 및 생산량 현황]



[기타 잡곡류의 재배면적 및 생산량 현황]



○ 밭작물 기계화가 2015년 56.3%에 불과하며 이 중 잡곡류 수확기계는 약 20% 수준으로 이마저도 저능률의 탈곡기 중심의 수확작업으로 소요노동력의 획기적 절감과 수확작업의 기계화를 제고를 위해서는 소규모 경지에 적합한 능률적이며 효율적인 저가형 소형 콤팩트 수확기 개발이 반드시 필요함.



[두류 및 잡곡류의 작업 공정별 기계화율, %]

작물	경운·정지	비닐피복	파종·이식	제초	방제	수확
두류	98.5	77	5.4	46.9	96.3	11.2
잡곡류	99.7	30	10	-	100	20

- 현재 국내에 공급되고 있는 잡곡류 수확기는 보행형 예취기, 탈곡기 위주의 저능력 기계화 수준으로 벼 농업과 같이 고능률의 콤바인 수확기 개발이 필요하며, 특히 잡곡류가 소규모 경작지의 영세농가 위주로 재배되고 있어 저가형의 소형 콤바인 수확기 개발이 절실히 요구되고 있음.
- 저가형의 소형 콤바인 출시로 영세농의 기계 구입부담 감소, 수확비용 절감으로 경제성 제고, 농기계 임대사업소를 통한 효율적인 공동 활용이 매우 필요함.
- 농촌노동력의 고령화, 여성화로 인하여 노령자, 여성도 작업 가능하며, 노동 강도를 경감할 수 있는 편이성을 갖춘 승용형의 소형 자주식 콤바인 수확기 개발이 필요함.
- 국내외적으로 콩 이외에 울무, 메밀 등 고소득 잡곡류의 수확작업과 관련된 효율적이며 능률적인 수확기의 전처리, 예취, 수집, 탈곡, 선별·정선장치 등에 대한 기초기술 확립 및 수확기 개발 연구가 필요함.
- 잡곡류 수확작업의 기계화는 수입 외국산 농업기계 국내시장 잠식이 심각할 것으로 예상되어 이에 대응한 국산화 개발이 매우 필요할 것으로 예상됨.
- 밭작물 관련 농업기계 생산과 보급은 주로 중소기업이 담당하고 있는데 밭 농업의 특수성과 영세한 시장규모로 중소기업의 밭작물 기계의 국산화 개발을 위한 지원 정책이 매우 필요한 시점임.
- 우리나라의 울무, 메밀 등 고소득 잡곡류 수확작업은 일부 농가에서 최근 개발된 잡곡 탈곡기가 이용되고 있으나 거의 전적으로 인력에 의존하여 수확작업을 하고 있으며, 농촌노동력의 노령화, 여성화에 따른 양적 질적 감소로 소요노동력을 감소시킬 수 있는 능률적이며 효율적인 수확기 개발이 매우 절실한 실정임.
- 울무, 메밀 등 고소득 잡곡류는 대부분 소규모의 준산간 지역 밭에서 재배되어 기계화 수확이 매우 어려우며, 대부분 영세 농가 위주로 재배되어 대형 보통형 콤바인의 적용도 쉽지 않아 소규모 영세 농가에 적합한 잡곡류 수확 전용의 능률적이며 효율적인 저가형의 소형 수확기 개발이 매우 시급한 실정으로 밭작물 기계화를 위한 농기계 임대사업소를 통하여 활용하면 잡곡류 수확 기계화율을 크게 높일 수 있을 것으로 보임.
- 국내·외적으로 콩 이외에 울무, 메밀 등 고소득 잡곡류의 수확작업과 관련된 수확기의 전처리, 예취, 수집, 탈곡, 선별·정선장치 등에 대한 기초 기술과 수확기 개발 기술은 매우 미흡한 실정이며, 특히 저가형의 소형 콤바인 개발은 전무한 상태임.
- 따라서 본 연구는 소규모 밭의 두류 및 잡곡 수확작업에 적응성이 뛰어나며, 농기계 임대사업소의 활용도를 높일 수 있고, 여성과 고령자도 쉽게 운전할 수 있어 수확작업 노동력을 크게 절감할 수 있는 저가형의 자주식 소형 콤바인 상용화 개발을 추진하고자 함.

### 제 3 절 연구개발 대상의 국내·외 현황

코드번호	D-04-04
------	---------

#### 가. 국내 기술 수준 및 시장 현황

- 국내업체에 의한 회전형 예취날, 돌기형 전처리 수집부를 갖춘 자주식 콩 콤바인 국산화 개발(2013, 오펜), 예취 건조된 두류 작물 전용의 수집형 자주식 콤바인 개발(2014-2015, 농촌진흥청)의 연구결과로 두류 콤바인이 보급 초기 단계에 있으며, 잡곡, 두류 등을 수확할 수 있는 범용 보통형 콤바인은 국산화 개발 중으로(2013-2016, 지식경제부 기술혁신사업) 상용화 모델 추진 단계 있음. 콩 이외의 잡곡류의 기계화 수확은 충남대에서 소립형 잡곡류 탈곡기 개발을 수행하여 보급 단계에 있으나 소규모 영세 농가에 적합한 잡곡류 수확 전용의 능률적이며 효율적인 저가형 소형 수확기 개발은 전무한 상태임.
- 두류와 잡곡류를 수확할 수 있는 수입 위주의 중대형 투입식 보통형 콤바인과 국내에서 최근 개발된 두류 전용 콤바인이 시판되고 있으나 중소형 농가나 준산간지대에 적합한 두류 전용의 저가형 소형 콤바인은 시판되지 않고 있으며, 생산업체도 없는 실정임.
- 기존 특허 및 논문 분석 결과 두류 수확기 관련 손실률과 손상율을 줄이기 위한 수확기 개발 논문과 그 주요부인 전처리장치, 이송장치, 탈곡장치, 선별 및 정선장치에 대한 연구 논문, 특허가 보고되고 있으나 소립형 잡곡류 탈곡기, 보행형 잡곡 수확기 외 울무, 메밀 등 잡곡류 전용 수확을 위한 소형 콤바인 수확기 개발 연구나 주요부 장치에 대한 성능 분석 연구에 대한 논문과 특허 자료는 전무함.
- 최근 들어 보행형의 콩 콤바인이 공급되고 있으나 이는 운전자가 보행하면서 콩을 수확 탈곡하는 것으로 재처리 구조가 없어 탈곡통에서 탈곡이 안된 콩을 인위적으로 받아 수동으로 다시 탈곡통에 넣어 처리할 수 있는 보행형 콤바인이 출시되었으나 수작업과 동시에 이루어지고 있어 기계적 성능은 미흡한 실정임.

#### 나. 국외 기술 수준 및 시장 현황

- 중국에서 잡곡류를 수확할 수 있는 소형 농가를 대상으로 한 투입식 소형 콤바인 모델이 시판되고 있는 것으로 알려져 있으나 기술 수준 및 시장 현황 파악을 위해서는 추가 조사가 필요함.
- 기존 특허 및 논문 분석 결과 두류 수확기 관련 손실률과 손상율을 줄이기 위한 수확기 개발 논문과 그 주요부인 전처리장치, 이송장치, 탈곡장치, 선별 및 정선장치에 대한 연구 논문과 특허가 보고되고 있으나 울무, 메밀 등 잡곡류 전용 수확을 위한 소형 콤바인 수확기 개발 연구나 주요부 장치에 대한 성능 분석 연구에 대한 논문 특허 자료는 거의 찾을 수 없음.

## 제 4 절 연구개발 범위

코드번호	D-04-05
------	---------

### 1. 1차 년도

#### 가. 개발 목표

- 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 관련 핵심 기술 조사 분석 설계요인 도출
- 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 시작기 개념 및 상세 설계

#### 나. 개발 내용 및 범위

- (1) 주관연구기관(오펜(주)) : 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 본체 설계·제작 및 성능시험
- 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 시작기 목표 사양 설정 및 개념 설계
    - 1조식, 또는 작업 폭 160cm, 소형 자주식 콤바인
    - 작물의 종류와 조건에 따라 조간예취방식, 락 예취방식, 수집방식 선택 조립할 수 있는 콤바인
    - 작업능률 0.2 ha/h 이상의 콤바인
    - 임대 장비의 활용도를 높이기 위하여 소형 트럭에 적재 가능한 2 ton 이하 콤바인
    - 수확 작물은 두류 및 고소득 잡곡류인 울무와 메밀을 대상으로 함.
    - 목표 제원

구 분		목 표 제 원
엔진	형식	3기통 수냉 디젤 엔진
	출력	22 kW급
주행속도	전진 (m/s)	작업 1.0, 주행 5
	후진 (m/s)	작업 0.24, 주행 0.83
	차륜의 종류	무한궤도
예취장치	방식 (작물 종류에 따라 선택 조립)	유압모터구동의 톱니형 원형칼날
		왕복동칼날
		수집장치
작업 조수 또는 작업 폭	원형칼날 방식	1 조
	왕복동칼날 방식	160 cm
	수집장치	77 cm
탈곡장치	탈곡드럼방식	직류식
	선별방식	요동선별식, 송풍팬방식
	양곡방식	이송스크류식
작업능률		0.2 ha/hr
총손실률	두류 기준	5 % 이하

- 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 시작기 주요부 및 전체 조립도 상세 설계
  - 엔진 및 동력전달부, 주행부 설계
  - 유압제어장치 설계
  - 전처리부, 예취부, 수집부, 작물이송부, 곡물탱크부 설계
- (2) 협동연구기관(전남대) : 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 탈곡, 선별·정선부 개발 및 성능 평가
- 잡곡 수확용 자주식 콤바인 개발 관련 핵심 요소기술 조사 분석
  - 국내 울무, 메밀 등 두류작물 재배여건, 수확작업 실태, 수확작물 물성, 소요동력 등을 조사 분석
  - 잡곡 수확용 콤바인 관련 수집장치, 이송장치, 탈곡장치, 선별·정선장치, 재처리장치, 곡립이송장치, 각종 자동제어장치 등에 대한 연구논문 등 기초자료 수집 분석
  - 국외 기 개발 상용화된 잡곡 수확용 콤바인 두류 수확기 관련 사양, 작업성능, 특허 등 선진 기술 조사 분석
  - 선진 benchmarking 제품 조사 분석
- 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 시작기 탈곡부, 선별·정선부, 재처리부, 곡립이송 및 배출부 상세 설계
  - 탈곡부 설계
  - 선별·정선부 설계
  - 재처리부, 곡립 이송 및 배출부 설계

## 2. 2차 년도

### 가. 개발 목표

- 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 시작기 제작 및 기초성능 구명

### 나. 개발 내용 및 범위

- (1) 주관연구기관(오피(주)) : 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 본체 설계·제작 및 성능시험
  - 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 엔진 및 동력전달부, 주행부, 유압제어부, 전처리부, 예취부, 수집부, 작물이송부, 곡물탱크부 제작·조립
  - 잡곡 수확용 소형 콤바인 통합 시작기 제작·조립
  - 여성, 고령 작업자가 편리하게 운전할 수 있는 시작기 운전시스템 설계 및 제작
  - 잡곡 수확용 소형 콤바인 주요부 및 통합 시작기 기능 작동 시험
    - 주요부 및 통합 시작기 부품 제작 및 조립 상태 조사
    - 주요부 및 통합 시작기 기능 작동 조사
    - 주요부 및 통합 시작기 운전 사양 조사
  - 잡곡 수확용 소형 콤바인 통합 시작기 보완점 도출

(2) 협동연구기관(전남대) : 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 탈곡, 선별·정선부 개발 및 성능 평가

- 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 탈곡부, 선별·정선부, 재처리부, 곡립이송 및 배출부 제작·조립
- 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 경사지 적응성을 포함한 기초 성능시험 및 평가
  - 전처리부, 예취부, 수집부 : 울무, 메밀 작물별, 작업속도별 손실률, 적정 운전 조건 구명, 구조, 배치 등 개선안 도출
  - 작물 반송부 : 울무, 메밀 작물별, 작업속도별 작물 반송부 반송 가능 여부 조사 적정 운전조건 구명, 작물 반송부의 구조, 배치 등 개선안 도출
  - 탈곡부 : 울무, 메밀 작물별, 작업속도별 탈곡률, 탈곡 손실률, 탈곡 손상률 조사, 탈곡부 급동 속도 등 적정 운전조건 구명, 급동, 급치, 수망의 탈곡부 구조, 배치 등 개선안 도출
  - 선별·정선부 : 울무, 메밀 작물별, 작업속도별 선별 손실률, 이물질 혼입률 등 조사, 선별송풍기, 선별·정선체 등의 적정 운전조건 구명, 선별·정선부 구조, 배치 등 개선안 도출
  - 재처리부 : 울무, 메밀 작물별, 작업속도별 재처리부의 재처리 가능 여부 조사, 적정 운전조건 구명, 재처리부의 구조, 배치 등 개선안 도출
  - 곡립이송부 : 울무, 메밀 작물별, 작업속도별 곡립 손상률 조사, 적정 운전조건 구명, 곡립이송부 구조, 배치 등 개선안 도출
  - 곡립배출부 : 울무, 메밀 작물별, 곡립 배출능력 조사, 곡립배출의 구조, 배치 등 개선안 도출
- 잡곡 수확용 소형 콤바인 통합 시작기 보완점 도출

### 3. 3차 년도

가. 개발 목표

- 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인의 포장작업 성능 구명, 상용화 모델 개발

나. 개발 내용 및 범위

(1) 주관연구기관(오피(주)) : 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 본체 설계·제작 및 성능시험

- 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 수정 설계·제작·조립
- 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 조립 상태, 기능 작동 시험 및 운전 사양 조사
- 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 포장 성능시험 및 평가(협동기관 공동 수행)
  - 울무, 메밀 작물별 수확 작물 물성 등 특성조사, 수확 포장 조건 등 수확 여건 조사
  - 주행성 시험 : 두류 작물별 다양한 포장 조건에서 수확작업 주행속도 조사

- 울무, 메밀 작물별, 작업속도별 전처리부, 예취부, 수집부 손실률, 작물 반송부 반송 가능 여부, 탈곡률, 탈곡 손실률, 선별 손실률, 곡립 손상률, 이물질 혼입률, 재처리부 막힘 여부 그 외 곡물 배출능력 및 편이성, 운전조작의 편이성 등 통합 시작기의 작업정도, 작업능력, 편이성 등을 조사 분석
- 시작기 주요부의 적정 운전조건, 구조, 배치 등 개선안 도출

(2) 협동연구기관(전남대) : 잡곡 수확용 자주식 소형 콤팩트인 탈곡, 선별·정선부 개발 및 성능 평가

- 잡곡 수확용 소형 콤팩트인 시작기 탈곡부, 선별·정선부, 재처리부, 곡립이송 및 배출부 수정 설계
- 잡곡 수확용 소형 콤팩트인 시작기 포장 성능시험 및 평가(주관기관 공동 수행)
- 잡곡 수확용 소형 콤팩트인 시작기 경사지 등 현장 적응성 시험 평가
- 잡곡 수확용 소형 콤팩트인 시작기 경제성 분석
  - 작업능력, 연간 부담면적, 소요노동력 분석
  - 잡곡 수확용 소형 콤팩트인 이용비용, 관행 수확과의 수익분기면적 등 경제성 분석

# 제 2 장 연구수행 내용 및 결과

## 제 1 절 연구개발 추진전략·방법 및 추진체계, 추진일정

코드번호	D-05-01
------	---------

<p><b>1. 연구개발 추진전략·방법</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 산·학 협력체제 확고히 하여 연구진행을 원활히 하고 연구결과 신속히 실용화·사업화추구             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 산(수확용 전문기업 오페(주), 학(전남대학교) 전문가로 구성된 연구팀 및 전문가 pool 구성</li> <li>- 분기별로 외부전문가가 참여하는 연구 협의회를 구성/추진</li> <li>- 휴대폰 대화방 등을 이용한 연구팀 상시적인 정보 교환 및 토론 체계 구축</li> <li>- 농촌진흥기관, 콩 및 잡곡 재배 주산단지 농가와 협의하여 상시적인 실증시험 테스트 베드 구축 및 활용</li> </ul> </li> <li>○ 지속적인 연구 관련 기술 및 실태 조사 분석             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 문헌조사, 방문조사를 병행하여 효율적인 기술 조사: 논문, 특허, 제품 동향</li> <li>- 국내/외 학술대회, 세미나 참가로 최신 기술 획득</li> <li>- 실용화 된 기술 및 기성품을 최대한 활용하여 연구개발의 효율성을 높이고, 독자 개발된 기술 및 제품에 대해서는 산업재산을 신속히 청구</li> </ul> </li> <li>○ 주관기관(산업체)은 타 세부과제에서 설계 및 기초 성능시험을 거쳐 개발된 모듈 및 통합 시스템 관련 결과를 반영하여 시작품을 제작하고 현장 실용화를 추진함.</li> </ul>
--

코드번호	
------	--

<p><b>2. 연구개발 추진체계</b></p>														
<table border="1"> <tr> <th>연구개발과제명</th> <th>참여 연구원</th> </tr> <tr> <td>잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 개발 및 산업화</td> <td>주관연구책임자 이범섭 외 18명</td> </tr> </table>	연구개발과제명	참여 연구원	잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 개발 및 산업화	주관연구책임자 이범섭 외 18명										
연구개발과제명	참여 연구원													
잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 개발 및 산업화	주관연구책임자 이범섭 외 18명													
<table border="1"> <tr> <th colspan="3">기관별 참여 현황</th> </tr> <tr> <th>구 분</th> <th>연구 기관수</th> <th>참여 연구원수</th> </tr> <tr> <td>중소기업</td> <td>1</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>대 학</td> <td>1</td> <td>10</td> </tr> </table>			기관별 참여 현황			구 분	연구 기관수	참여 연구원수	중소기업	1	9	대 학	1	10
기관별 참여 현황														
구 분	연구 기관수	참여 연구원수												
중소기업	1	9												
대 학	1	10												
<table border="1"> <tr> <th>오페주식회사(세부)</th> <th>전남대학교(협동)</th> </tr> <tr> <td>이범섭 외 8명</td> <td>유수남 외 9명</td> </tr> <tr> <td>잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 본체 설계·제작 및 성능시험</td> <td>잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 탈곡, 선별, 정선부 개발 및 성능평가</td> </tr> <tr> <th>담당 기술 개발 내용</th> <th>담당 기술 개발 내용</th> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잡곡 수확용 자주식 콤바인 주요부, 통합 시작기 개념 및 상세 설계, 제작·조립</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 주요부 및 통합 시작기 기능 작동 시험</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 통합 시작기 보완점 도출</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 수정 설계·제작·조립</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 조립 상태, 기능 작동 시험, 운전 사양 설정</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 포장 성능시험 및 평가</li> </ul> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잡곡 수확용 자주식 콤바인 개발 관련 핵심요소 기술 분석</li> <li>○ 잡곡 수확용 자주식 콤바인 탈곡부, 선별·정선부 상세 설계</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 경사지 적응성을 포함한 기초 성능시험 및 평가</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 통합 시작기 보완점 도출</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 포장 성능시험 및 평가</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 경제성 분석</li> </ul> </td> </tr> </table>	오페주식회사(세부)	전남대학교(협동)	이범섭 외 8명	유수남 외 9명	잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 본체 설계·제작 및 성능시험	잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 탈곡, 선별, 정선부 개발 및 성능평가	담당 기술 개발 내용	담당 기술 개발 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잡곡 수확용 자주식 콤바인 주요부, 통합 시작기 개념 및 상세 설계, 제작·조립</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 주요부 및 통합 시작기 기능 작동 시험</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 통합 시작기 보완점 도출</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 수정 설계·제작·조립</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 조립 상태, 기능 작동 시험, 운전 사양 설정</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 포장 성능시험 및 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잡곡 수확용 자주식 콤바인 개발 관련 핵심요소 기술 분석</li> <li>○ 잡곡 수확용 자주식 콤바인 탈곡부, 선별·정선부 상세 설계</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 경사지 적응성을 포함한 기초 성능시험 및 평가</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 통합 시작기 보완점 도출</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 포장 성능시험 및 평가</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 경제성 분석</li> </ul>				
오페주식회사(세부)	전남대학교(협동)													
이범섭 외 8명	유수남 외 9명													
잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 본체 설계·제작 및 성능시험	잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 탈곡, 선별, 정선부 개발 및 성능평가													
담당 기술 개발 내용	담당 기술 개발 내용													
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잡곡 수확용 자주식 콤바인 주요부, 통합 시작기 개념 및 상세 설계, 제작·조립</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 주요부 및 통합 시작기 기능 작동 시험</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 통합 시작기 보완점 도출</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 수정 설계·제작·조립</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 조립 상태, 기능 작동 시험, 운전 사양 설정</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 포장 성능시험 및 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잡곡 수확용 자주식 콤바인 개발 관련 핵심요소 기술 분석</li> <li>○ 잡곡 수확용 자주식 콤바인 탈곡부, 선별·정선부 상세 설계</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 경사지 적응성을 포함한 기초 성능시험 및 평가</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 통합 시작기 보완점 도출</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 포장 성능시험 및 평가</li> <li>○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 경제성 분석</li> </ul>													

3.추진일정

1차년도															
일련번호	연구내용	월별 추진 일정												연구개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	잡곡 수확용 소형 콤팩트인 시작기 목표 사양 설정 및 개념 설계								■					20,000	오펜(주)
2	잡곡 수확용 소형 콤팩트인 시작기 엔진 및 동력전달부, 주행부 등 주요부 및 전체 조립도 상세 설계									■	■	■	■	83,340	
3	잡곡 수확용 콤팩트인 개발 관련 핵심 요소기술 조사 분석								■	■	■			10,000	전남대
4	잡곡 수확용 소형 콤팩트인 시작기 탈곡부, 선별·정선부, 제처리부, 곡립 이송 및 배출부 상세 설계									■	■	■	■	20,000	
2차년도															
일련번호	연구내용	월별 추진 일정												연구개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	시작기 엔진 및 동력전달부, 주행부, 유압제어부, 전처리부, 예취부 등 주요부 제작·조립	■	■	■	■	■	■	■						150,000	오펜(주)
2	통합 1차 시작기 제작·조립							■	■	■			100,000		
3	주요부 및 통합 1차 시작기 기능 작동 시험, 보완점 도출										■	■	■	60,000	
4	1차 시작기 탈곡부, 선별·정선부, 제처리부, 곡립 이송 및 배출부 제작·조립	■	■	■	■	■	■	■						40,000	전남대
5	1차 시작기 경사지 적응성을 포함한 기초 성능시험 및 평가, 보완점 도출							■	■	■	■	■		30,000	
6	1차 시작기 수정 보완, 연차보고서 작성											■	■	20,000	
3차년도															
일련번호	연구내용	월별 추진 일정												연구개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	시작기 엔진 및 동력전달부, 주행부, 유압제어부, 전처리부, 예취부 등 주요부 수정 제작·조립	■	■	■	■	■	■	■						290,000	오펜(주)
2	2차 시작기 수정 제작·조립				■	■	■	■	■					10,000	
3	2차 시작기 기능 작동 시험, 운전사양 조사							■	■	■				10,000	
4	2차 시작기 포장성능 시험 및 평가									■	■	■	■	60,000	전남대
5	2차 시작기 경제성 분석										■	■	■	20,000	
6	최종보고서 작성											■	■	10,000	



## 제 2 절 연구개발 내용 및 결과

코드번호	D-05-03
<p><b>1. 1차년도 연구개발 내용 및 결과</b></p> <p>가. 잡곡 수확용 콤바인 개발 관련 핵심 요소기술 조사 분석 (오펜(주)와 전남대 공동 수행)</p> <p>(1) 국내외 잡곡 수확용 콤바인 자료 조사</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내외 콩 등 두류, 잡곡류 관련 논문 및 보고서 약 50 여편 조사, 전시회 참석 등을 통한 국내외 개발 잡곡류 수확 관련 콤바인을 자료 수집함.</li> <li>○ 잡곡, 두류 등을 범용으로 수확할 수 있는 국내의 보통형 콤바인은 대부분 수입품 위주의 대형 보통형 콤바인이며, 국내에서 최근 개발된 두류 전용 콤바인도 대부분 45 kW 이상의 중대형 콤바인임.</li> <li>○ 국내업체에 의한 콩 콤바인 개발(FACT, 2018), 예취 건조된 두류 작물 전용의 수집형 콤바인 개발(Lee et al., 2017) 등이 이루어져 두류 콤바인은 현재 보급 초기단계에 있음</li> <li>○ 두류 이외의 작물로 조, 기장, 수수탈곡을 위한 소립형 잡곡류 탈곡기 개발 연구(Chung et al., 2011), 참깨 탈곡기 개발 연구(Lee and Noh, 2015), 자탈형 콤바인의 조 수확 성능 연구(Jun et al., 2015), 보통형 콤바인의 유채 수확성능 연구(Lee et al., 2008a, 2008b, 2009a, and 2009b)들이 수행되었으나 전반적으로 잡곡류에 적합한 콤바인 수확기 개발 및 수확성능 향상에 대한 연구는 매우 미흡한 수준임.</li> <li>○ 메밀의 기계수확에 있어서의 문제점은 등숙 기간(maturing period)이 길고, 탈립이 쉽게 이루어져 등숙률(ratio of black colored grain)이 증가함에 따라 탈립(shattering of seed)에 의한 수확손실이 매우 크다는 점임. 콤바인에 의한 수확손실은 헤더부 손실(header loss), 탈곡·선별 손실, 미예취 손실이 있으며 일본의 경우 Shiba et al.(1969)는 콤바인의 총 수확손실은 2.0-11.5%로 이 중 탈곡·선별 손실이 63.2%로 높다고 보고하였고, Naka et al.(1982)은 헤더부 손실은 등숙이 진행함에 따라 증가하며, 탈곡·선별 손실은 작물 공급량의 증가에 따라 급증한다고 보고하였음. Kitakura et al.(2008)은 등숙률(ratio of black colored grain)이 낮을수록 탈곡·선별 손실이 커지며, 콤바인 운전조건에 따라 각종 손실비율이 변화한다고 보고하였음. 최근에는 탈립 저항성(shattering resistance) 품종의 개발(Suzuki et al., 2012), 탈립 저항성 메밀 품종의 보통형 콤바인 수확손실 평가(Morishita and Suzuki, 2012), 탈립 저항성 메밀 품종의 등숙률(ratio of black colored grain)에 따른 보통형 콤바인 수확손실 평가(Morishita and Suzuki, 2017)의 연구가 이루어졌음. 우리나라의 경우 메밀의 과중시기가 생육과 수량에 미치는 영향(2015) 연구가 이루어졌으나 메밀의 기계수확에 관련된 콤바인 개발 및 수확성능 연구나 탈립 저항성 품종 개발 연구는 거의 전무한 실정임.</li> <li>○ 울무도 메밀과 마찬가지로 등숙(ripening) 기간이 길고, 등숙이 진행됨에 따라 탈립이 크게 증가함. 일본의 경우 울무의 기계화 재배기술 개발을 1980년대 초반부터 시작하였는데 기계수확의 최대 문제점은 탈립과 작물높이로 작물높이는 130 cm 이하에서 자탈형</li> </ul>	

콤바인 이용이 가능하다고 보고하였으며(Tachino, 1984), 기계수확이 용이한 단간종의 품종 개발(Ishida and Ujihira, 1982; Ujihira et al., 1987) 연구를 수행하였음. 국내에서는 Lee et al.(1997)이 울무의 기계수확 시기에 따른 수량성 연구에서 자탈형 콤바인의 수확 시기에 따른 곡립 손실율, 곡립구의 완전립, 미숙립, 이물질 조성비율을 보고하였을 뿐 기계수확에 관련된 콤바인 개발 및 수확성능 연구나 탈립 저항성 품종 개발 연구는 매우 미흡한 실정임.



<국내 개발 콩 예취기(농진청), 콩 콤바인(농진청), 수집형 두류 콤바인(오페)>



<수집형 콤바인 2조(구보다), 수집형 콤바인 4조(삼유농기), 예취형 콤바인 4조(구보다)>



<트랙터 견인형 수집 탈곡기(삼유 농기), 트랙터 견인형 수집형 탈곡기(사카에 농기)>

<국내생산 보통형 콤바인 규격>

구분	구보다 (ARH430)	동양 (TH752)	아세아 (CT2600A)	아세아 (PL60)	얀마 (YH400)	얀마 (AG1140R)	엘에스 (MC85)	오폐 (ABC270)	기현 (KHC-1200B)	오폐 (ABC130)	
기체	전장 (mm)	4830	5080	8430	5370	4950	6240	5050	6250	3050	4210
	전폭 (mm)	1950	2600	2920	2850	2170	2840	2590	2400	1420	1860
	전고 (mm)	2570	2800	3200	2800	2720	2740	2840	2940	1240	2300
	중량 (kg)	2728	3812	5050	4930	3054	5060	3840	4260	855	1680
엔진	형식	수냉 4사이클 3기통	수냉 4사이클 4기통	수냉 4사이클 4기통	수냉 4사이클 4기통	수냉 4사이클 3기통	수냉 4사이클 4기통	수냉 4사이클 4기통	수냉 4사이클 4기통	공랭 2사이클 4기통	수냉 3사이클 4기통
	기관종류	디젤	디젤	디젤	디젤	디젤	디젤	디젤	디젤	가솔린	디젤
	배기량 (cc)	1826	3319	3409	3409	1568	3054	3319	3409	725	1175
	최대출력 (kw/rpm)	28/2700	51.4/2100	55.3/2400	85.8/2400	31/2800	85.9/2500	53/2500	51.5/2600	17.1/3600	22.0/2600
주행부	구동방식	무한궤도	무한궤도	무한궤도	무한궤도	무한궤도	무한궤도	무한궤도	무한궤도	무한궤도	무한궤도
	변속방식	유압 무단변속	유압 무단변속	유압 무단변속	유압 무단변속	유압 무단변속	유압 무단변속	유압 무단변속	유압 무단변속	기계식	유압 무단변속
	폭x접지 길이(mm)	410x1520	450x1700	450x1815	600x1800	400x1215	550x1960	450x1960	450x1500	180x860	280x920
예취부	예취 폭 (mm)	1450	2000	2600	2500	1535	2590	2100	1360 (2조)	1200	1200
탈곡부	탈곡방식	하급식	하급식	하급식	하급식	하급식	하급식	하급식	하급식	하급식	하급식
	회전수 (rpm)	315	584	803	750	805	710	560	420	420	500
곡물탱크 용량 (L)	800	1200	1500	1600	850	1950	1600	600	100	200	
작업능력 (a/h)	40	59.5	77.6	58.2	47.9	104.9	33.1	46.5	7.1	10.3	

(2) 국내외 개발 콤바인 자료 분석을 통한 벤치마킹 모델 선정



<시작기 벤치마킹 모델>

<벤치마킹 모델의 주요 규격>

구 분		목 표 제 원
엔진	형식	3기통 수냉 디젤 엔진
	출력	20.9 kW(28 PS)/2,600 rpm
주행속도	전진 (m/s)	저속 1.0, 고속 2.5
	후진 (m/s)	저속 0.24 고속 0.83
	차륜의 종류	무한궤도
예취	틸예취방식	왕복동갈날
작업 폭	틸예취방식	1,600 mm
탈곡	탈곡드럼방식	축류식, 강봉 급치 바 방식
정선·선별	선별방식	요동선별+송풍팬 방식
곡립배출	양곡 이송방식	스크류+버킷엘리베이터 방식, 곡립탱크 500 L
작업능력		0.2 ha/hr

(3) 벤치마킹 모델의 주요부 분석



<엔진, 주행부, 동력전달부 모습>



<운전조작부, 전처리 및 예취부, 작물이송부의 모습>



<탈곡부, 선별·정선부, 재처리 및 곡립 이송부, 곡물탱크의 모습>

나. 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 목표 사양 설정 및 개념 설계

(오펜(주)와 전남대 공동 수행)

(1) 시작기 개념도 및 주요 제원

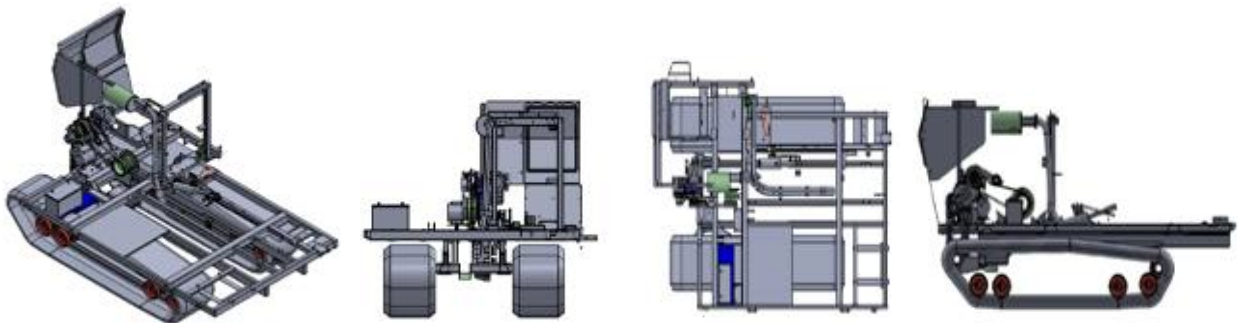


<시작기 주요부 구조 개념도>

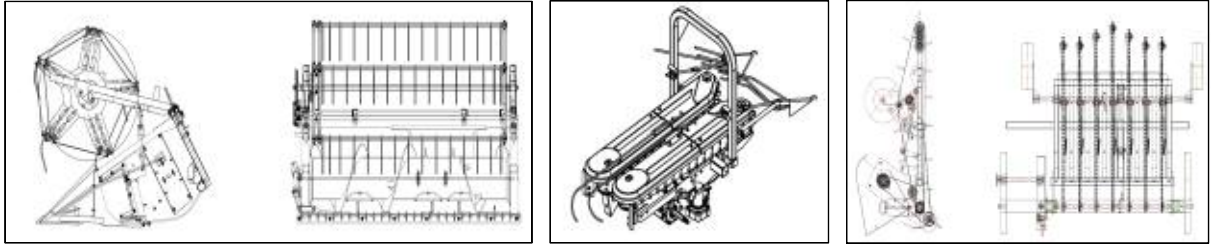
<시작기 주요 목표 제원>

구 분		목 표 제 원
엔진	형식	3기통 수냉 디젤 엔진
	출력	22 kW급
주행속도	전진 (m/s)	작업 1.0, 주행 2.5
	후진 (m/s)	작업 0.2, 주행 0.8
	차륜의 종류	무한궤도
예취장치	조간예취방식	유압모터구동의 톱니형 원형칼날
	릴예취방식	왕복동칼날
	수집방식	-
작업 조수 또는 작업 폭	조간예취방식	1 조
	릴예취방식	160 cm
	수집방식	돌기체인식 작업폭 77 cm
탈곡	탈곡드럼방식	축류식, 강봉 급치 바 방식
정선·선별	선별방식	요동선별+송풍팬 방식
곡립배출	양곡 이송방식	스크류+버킷엘리베이터 방식
작업능률		0.2 ha/hr
손실률	총손실률	5% 이하 (콩 기준)
	손상립비	2% 이하 (콩 기준)

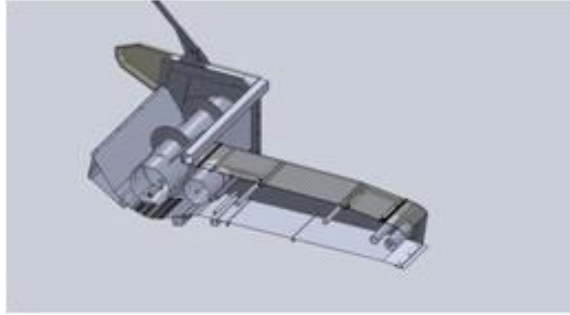
(2) 시작기 주요부 개념 설계



<엔진, 주행부, 샤프트 개념도>



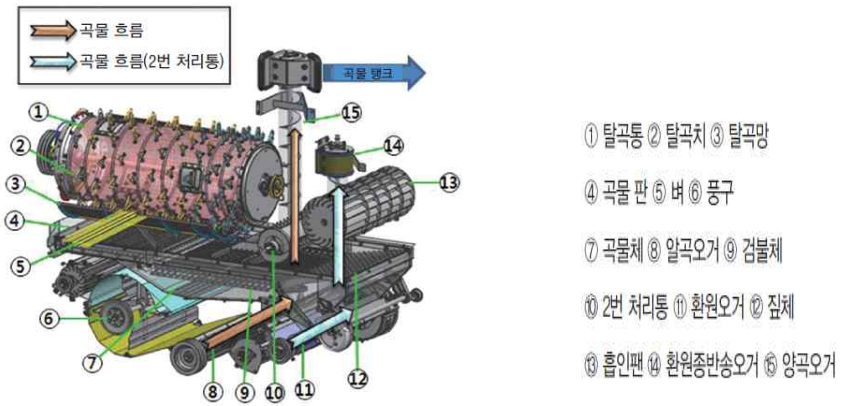
<털 예취장치, 조간 예취장치, 수집장치 설계도(기존 오페(주) 개발 자료 활용)>



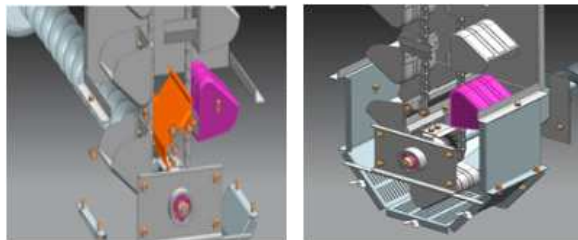
<작물 이송부 개념도>



<탈곡부 개념도>



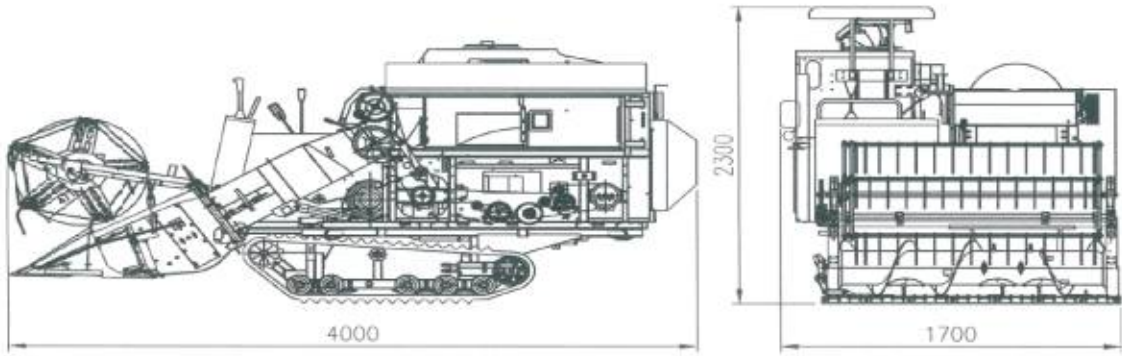
<선별·정선부 개념도>



<재처리 및 곡물 이송부 개념도>

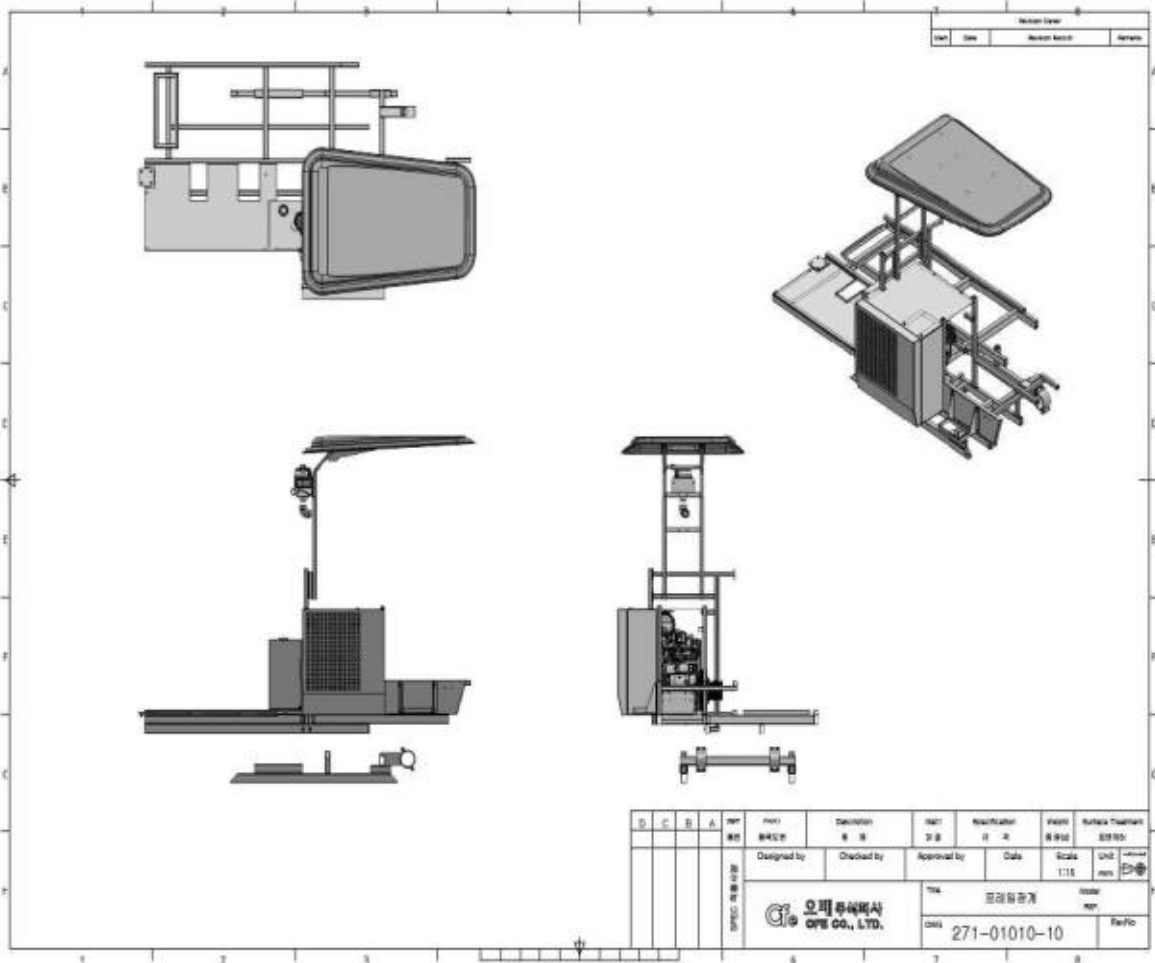
다. 시작기 엔진 및 동력전달부, 주행부 등 주요부 상세 설계도 및 전체 조립도 (오페(주))

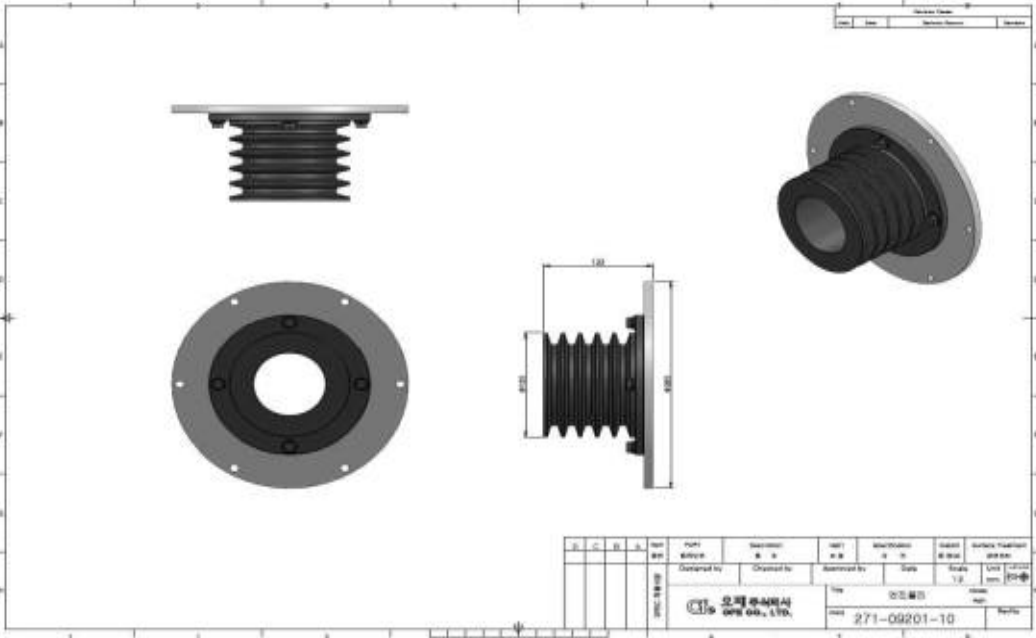
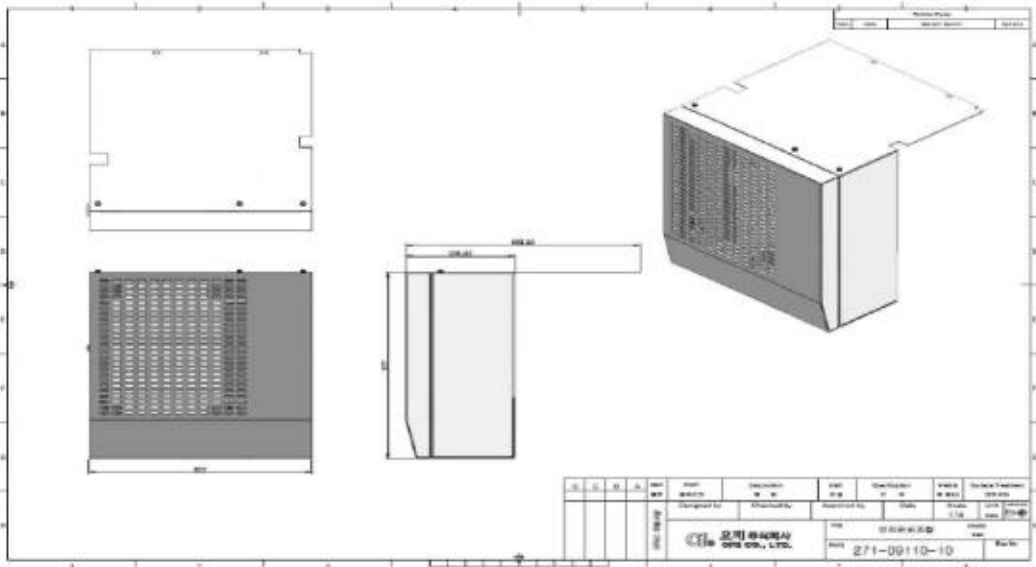
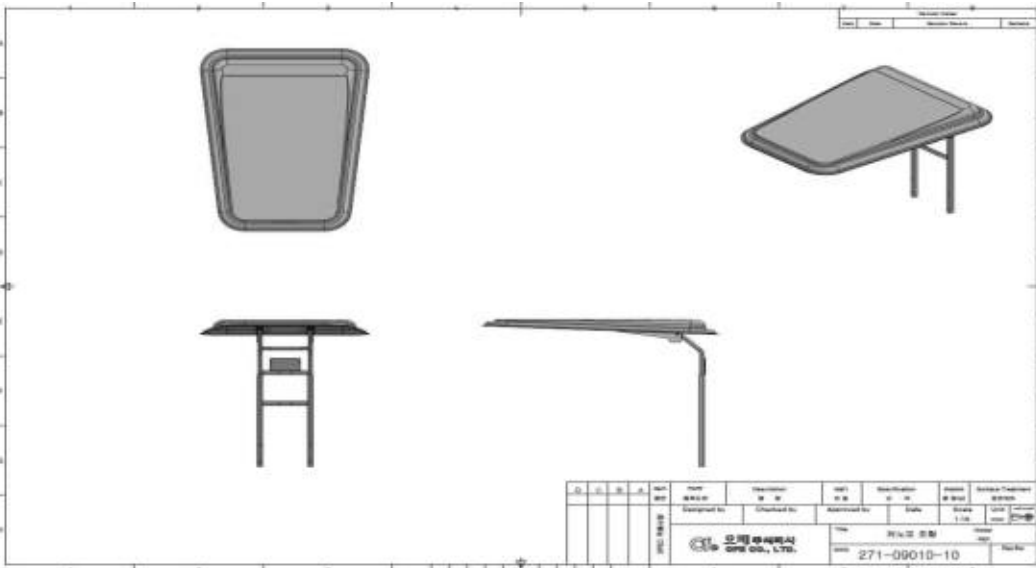
(1) 총 조립도(릴 예취장치 부착)



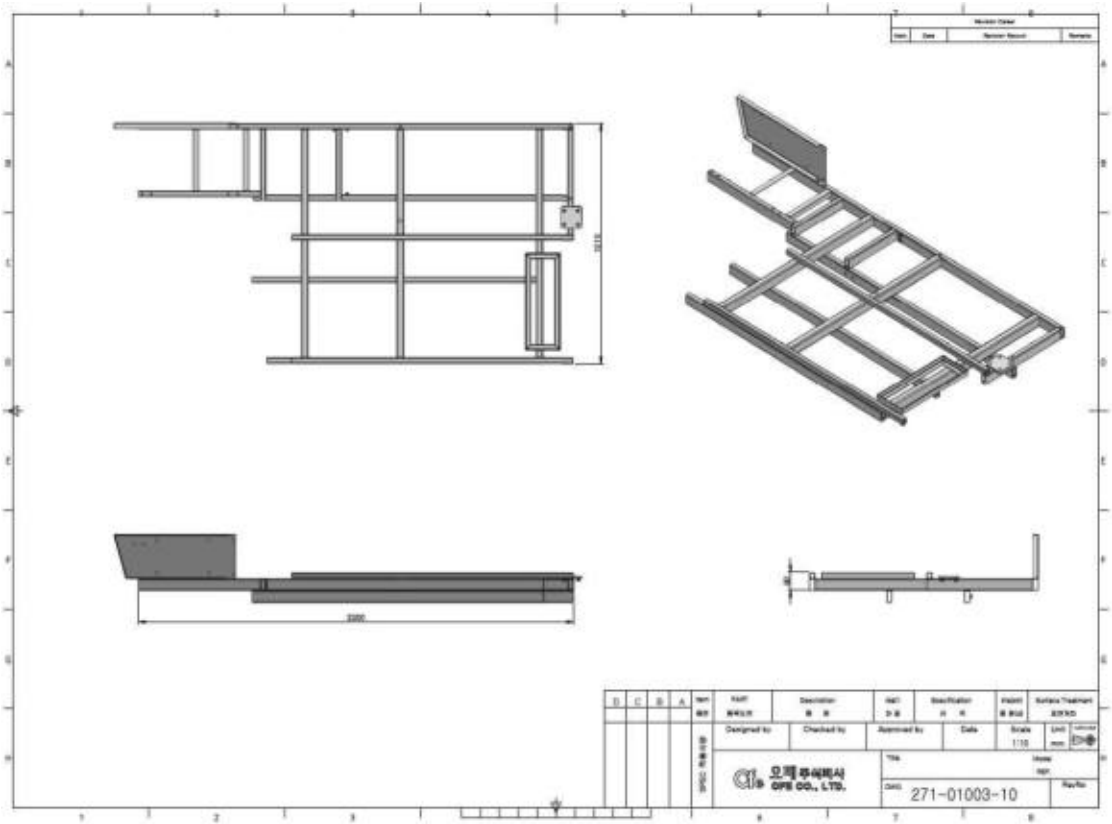
(2) 주요부 설계도

○ 엔진, 주행부, 운전부, 샤시

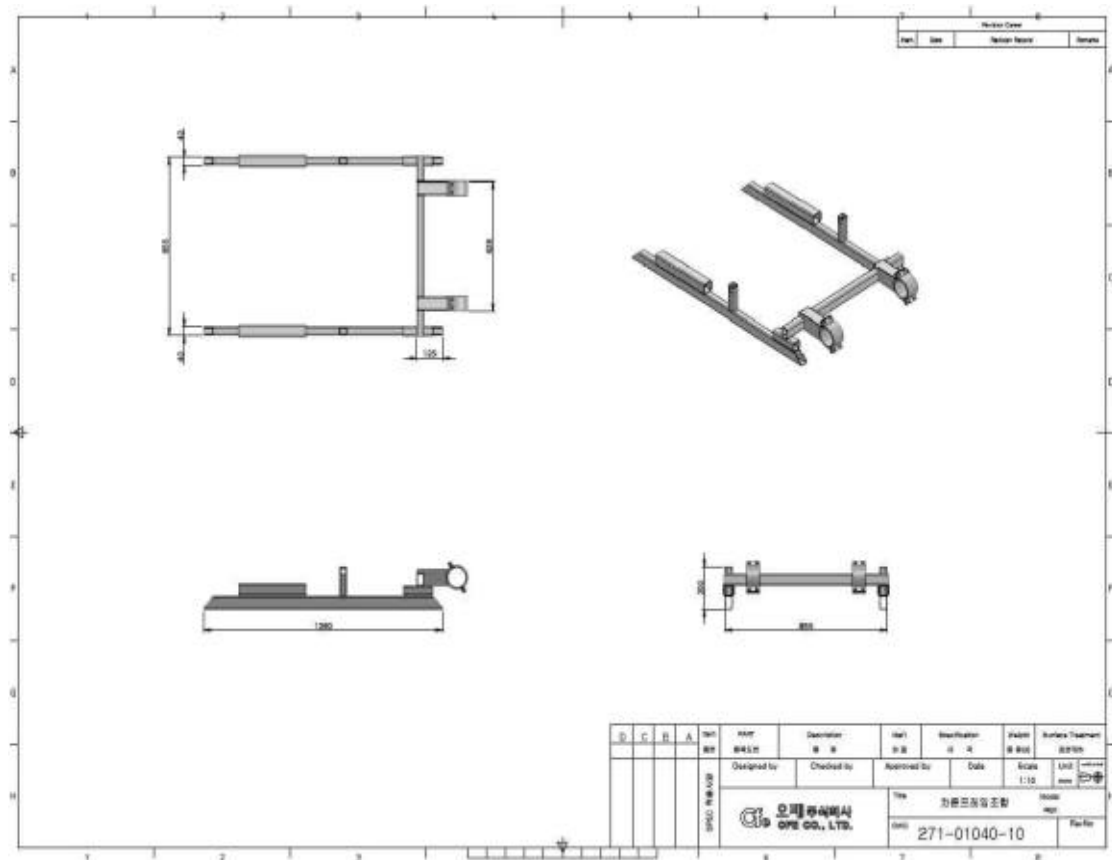


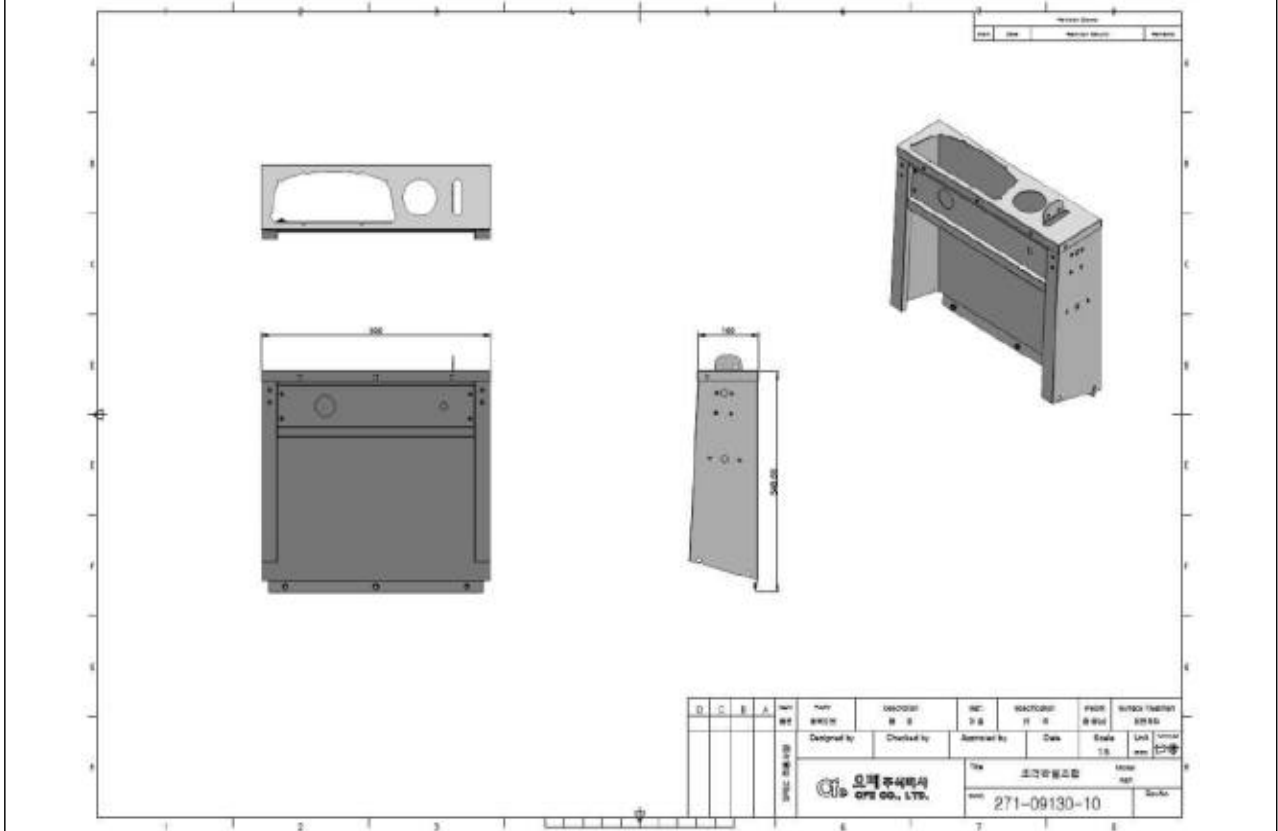
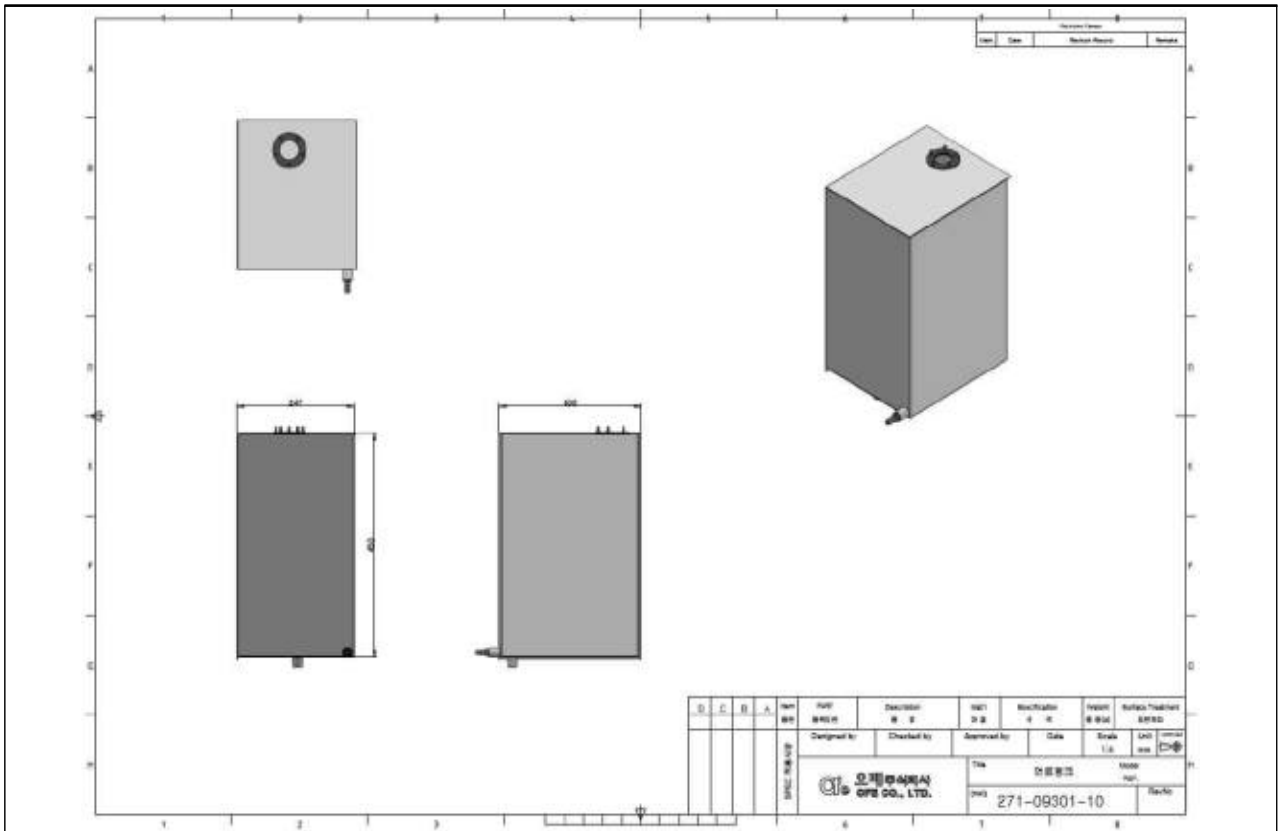




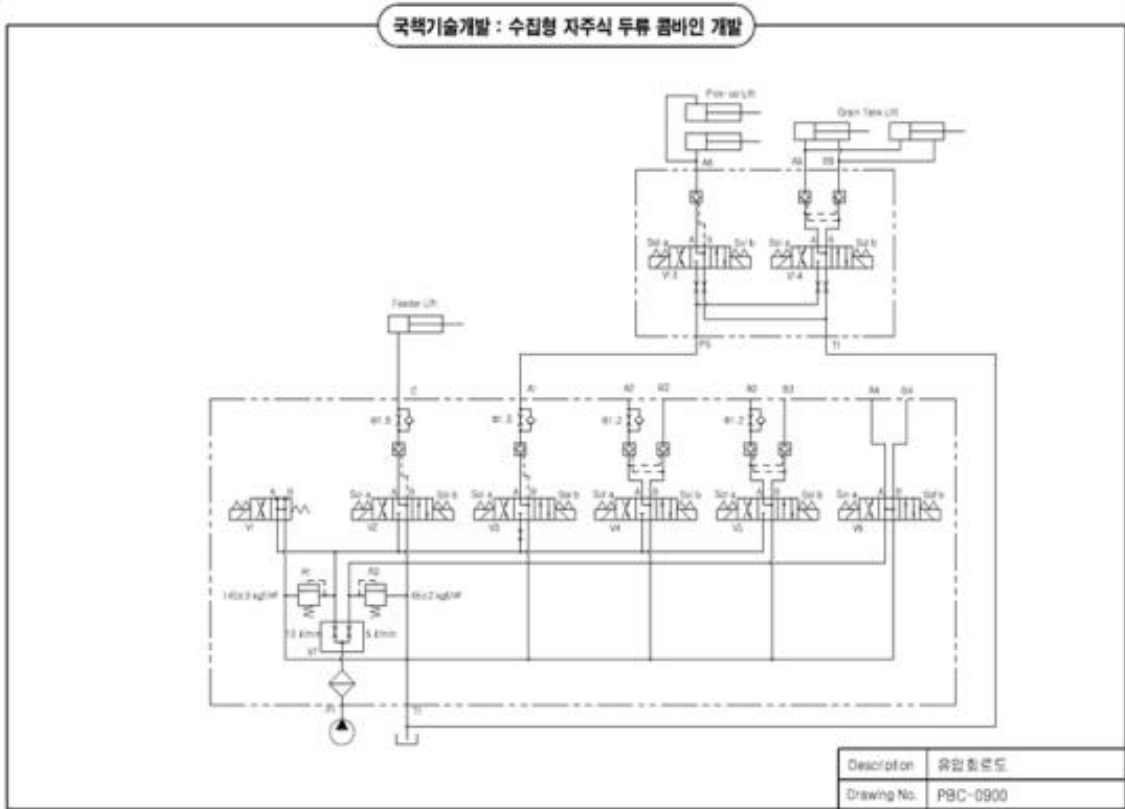


<프레임 설계도>

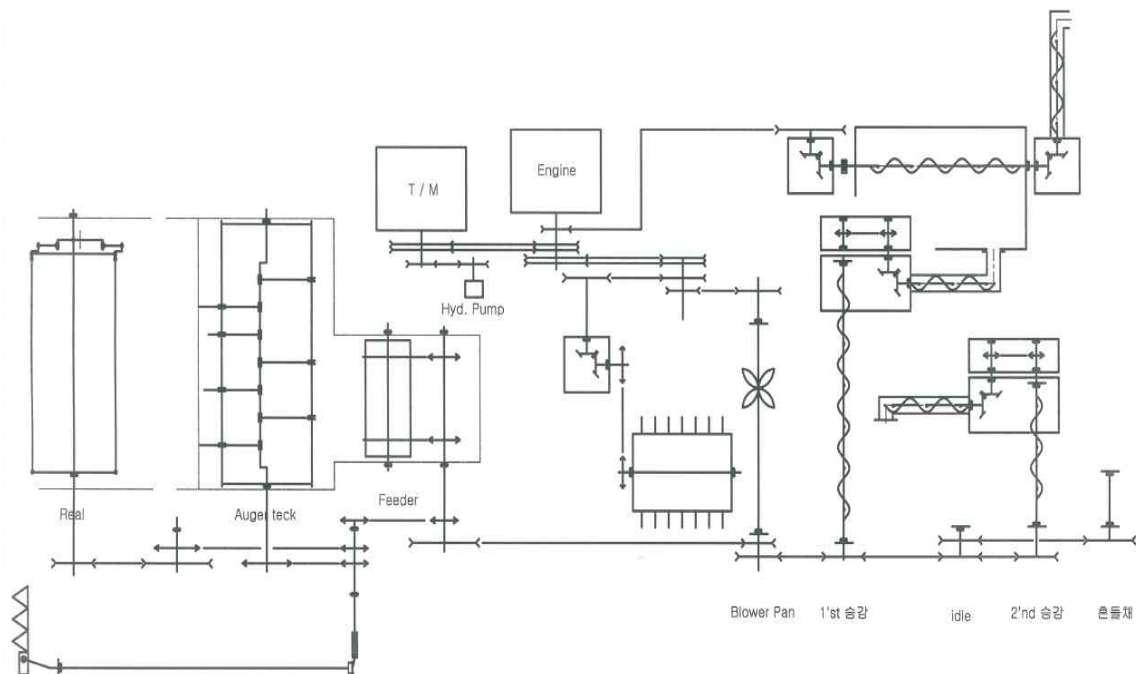




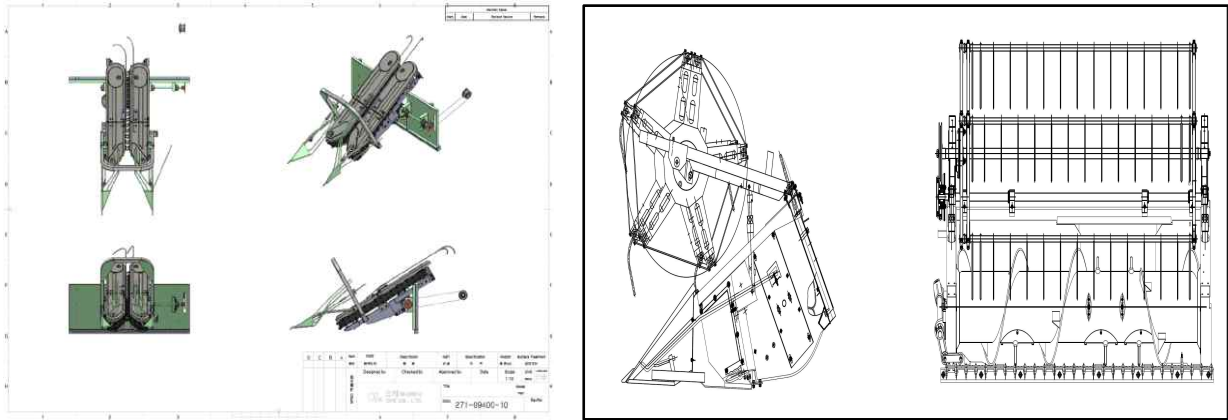
○ 유압회로도



○ 동력전달계통도



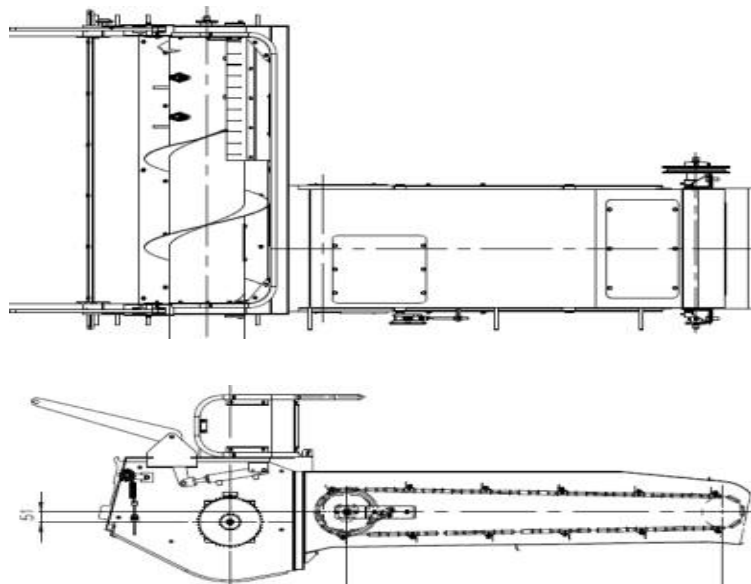
○ 전처리 및 예취부



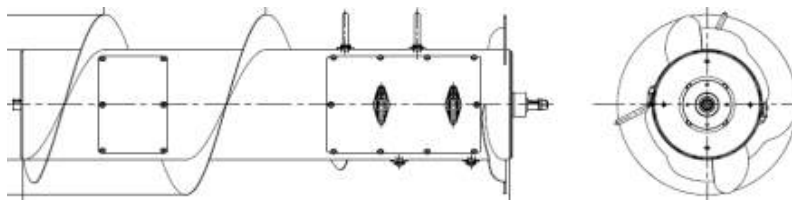
<조건 전처리 및 릴 예취장치>

\* 수집장치 조립도는 앞의 개념도 참조

○ 작물이송부



<작물 이송부 조립도>

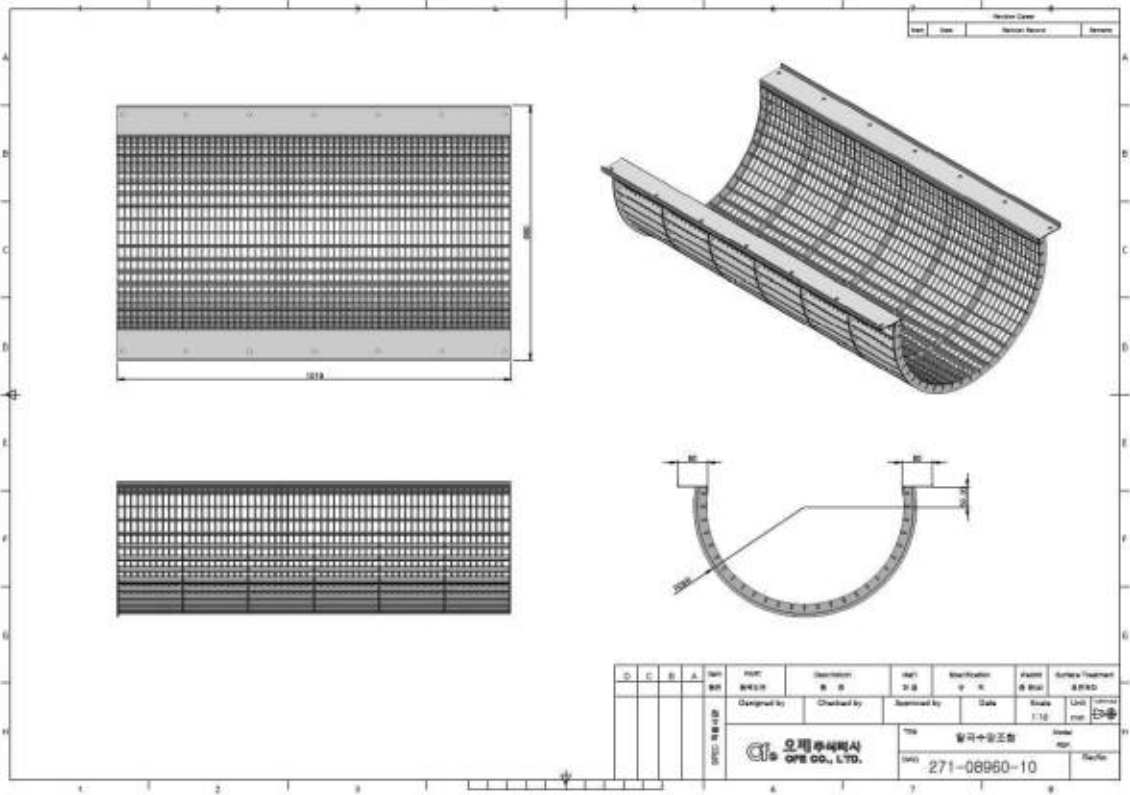


<이송 오거>

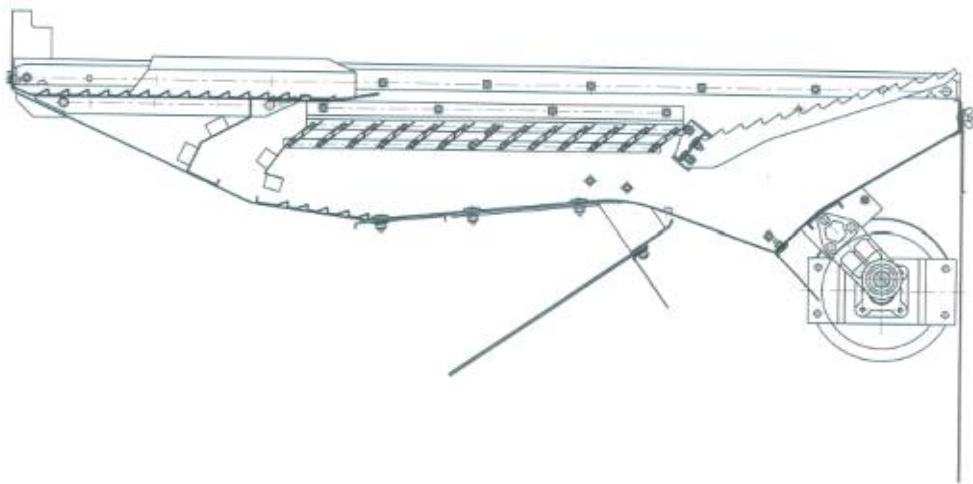
라. 시작기 탈곡부, 선별·정선부, 재처리부, 곡립 이송 및 배출부 등 상세 설계도 및 조립도  
(전남대)

(1) 주요부 설계도

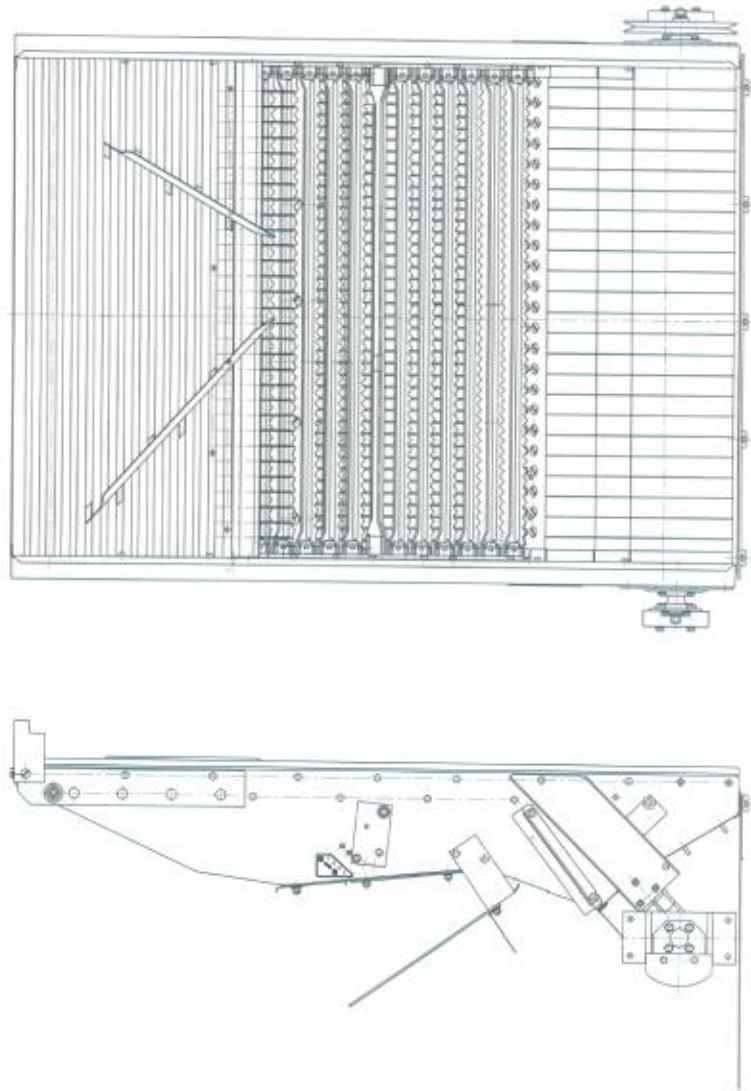
○ 탈곡부



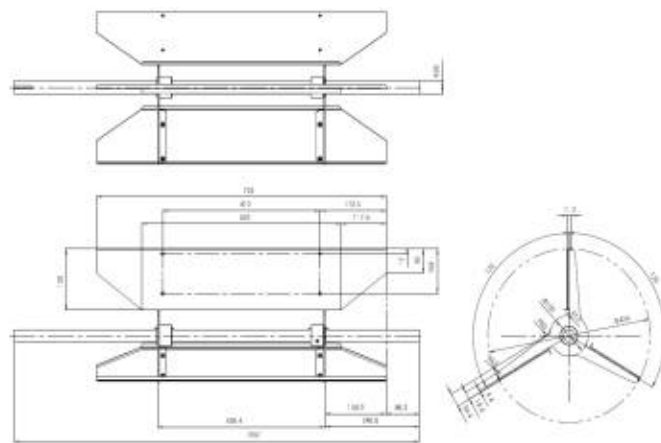
○ 선별·정선부



<선별·정선부 조립도>

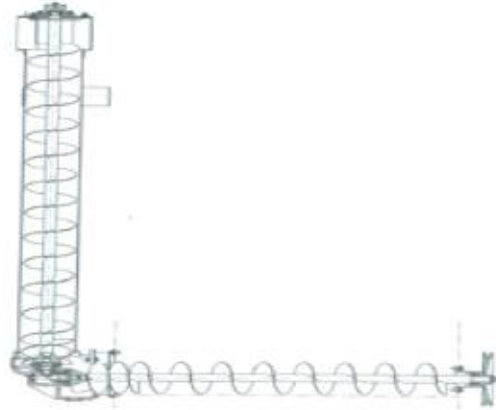


<선별·정선부 조립도>

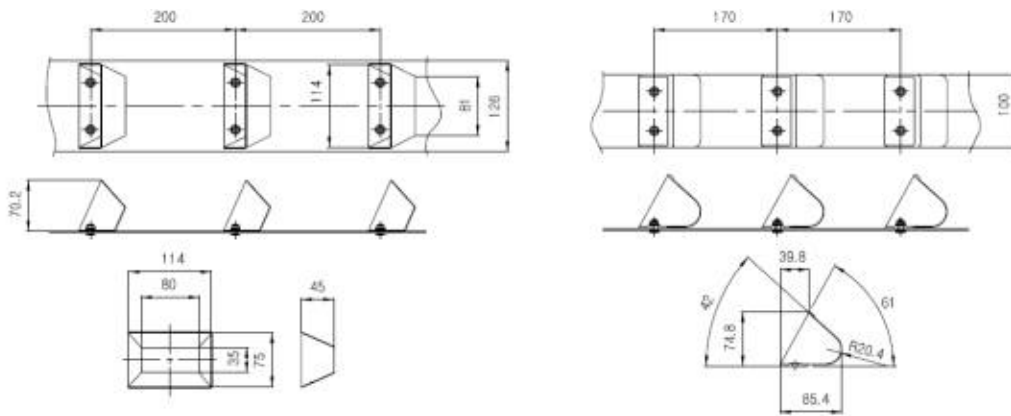


<송풍 팬>

○ 재처리부 및 곡물 이송부

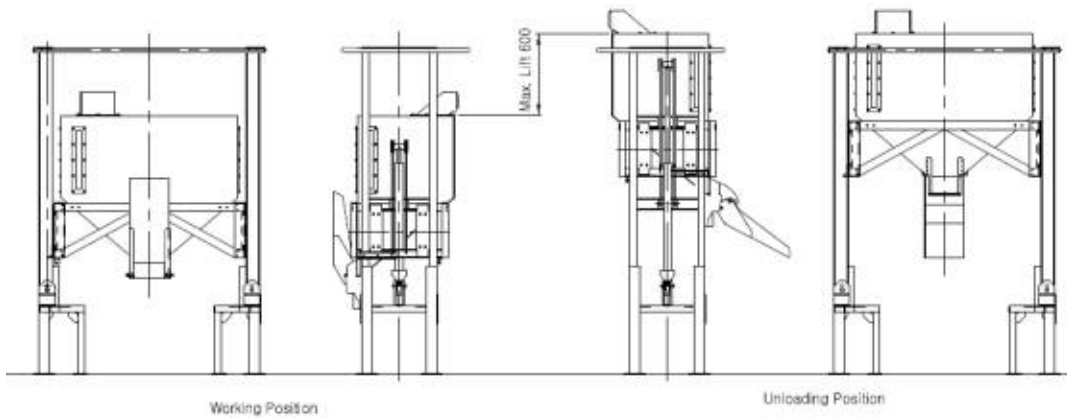


<재처리 및 곡물 이송 오거>



<재처리 및 곡물 이송 버킷엘리베이터>

○ 곡물탱크



<곡물탱크 조립도>

## 2. 2차년도 연구개발 내용 및 결과

- 1차년도에 설계된 단동 축류식의 탈곡장치를 갖춘 시작기를 제작하여 2017년도 상반기에 기초시험을 진행한 결과 탈곡, 선별·정선 성능이 미흡하고, 25 kW급 엔진 또한 국내 시중에서 구입이 어려워 다음 사항을 변경하여 2차 시작기를 재설계·제작하여 2차년도 연구개발을 수행함.
  - 엔진 사양 변경: 추후 연구 수행이 완료되고, 상품화를 감안할 때 현재 구매가 용이한 엔진을 조사하였고, 25 kW보다는 22 kW의 엔진이 상용화하는데 유리하다고 판단함. 또한 22 kW의 경우 1.2 m 예취 폭으로 수확작업을 하는데 충분한 동력을 얻을 수 있다고 판단함. 실제 울무와 메밀수확 작업을 수행해 본 결과 22 kW의 엔진으로 주행, 예취, 탈곡에 필요한 동력을 충분히 얻을 수 있음을 확인함.
  - 탈곡 장치 변경: 1차년도에 축류식 단동형 탈곡부를 채용하여 수확작업을 해본 결과 배진구의 곡물의 손실이 5%이상, 곡물 손상률도 4%정도, 곡립구의 이물질 비율도 매우 높은 것으로 나타남. 이러한 문제를 해결하기 위하여 2차년도에는 시작기의 탈곡장치를 직류 복동식으로 변경하였으며, 수확 시험을 해본 결과, 탈곡손실은 4%로 줄어들었고, 곡물의 손상률도 3%이하로 줄어들었으며, 곡립구의 이물질 비율도 크게 감소함.
  - 예취 폭 변경: 22kW급 엔진으로 1.6 m 폭의 곡물을 탈곡하기에는 동력이 부족함. 현재 시중의 콤파인을 보면, 안마사 제품이 예취 폭 1.6 m인데, 여기에 탑재된 엔진은 40마력 이상임, 따라서 22 kW의 엔진이 탑재된 소형콤파인은 1.2 m의 예취폭이 적당하다고 판단하여 변경하게 됨.

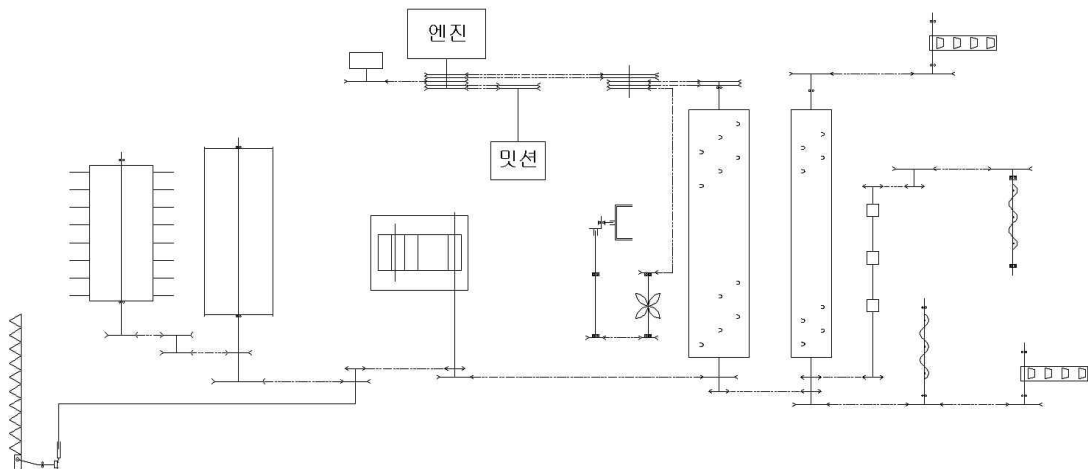
가. 잡곡 수확용 소형 콤파인 시작기 엔진 및 동력전달부, 주행부, 유압부, 전처리부, 예취부, 작물이송부 제작·조립 : (오페(주))

### (1) 엔진, 동력전달부, 주행부

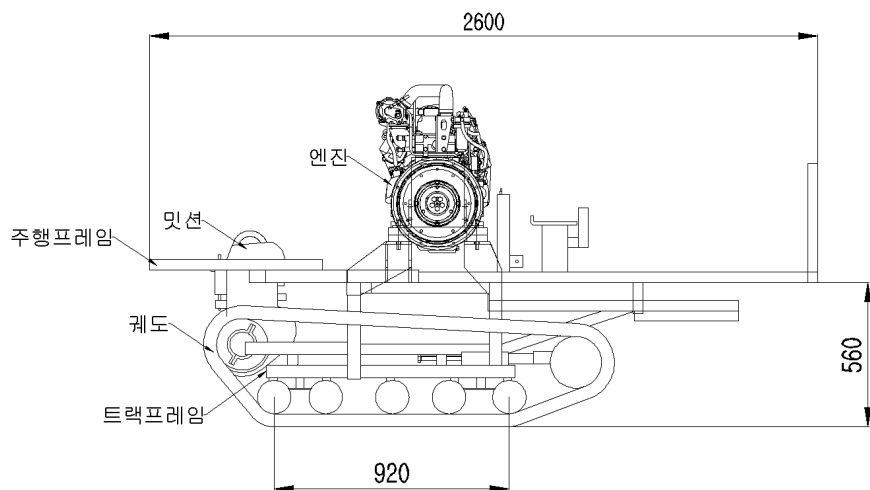
- 엔진 : 국제종합기계에서 생산한 A1100T2-KTR-4 엔진 탑재  
직립형 수냉 3기통 4행정 디젤기관 배기량 1,175 cc  
최대출력 22.0 kW/2,600 rpm, 최대 토크 80.7 N-m/2,000 rpm
- 동력전달부 : 주변속 선택물림식(기계식) 3단(1, 2, 3)  
부변속 선택물림식(기계식) 2단(저속, 고속)  
조향장치 조향 클러치식  
제동장치 습식원판식 기계식(페달) 작동
- 주행부 : 무한궤도형



항 목	사 양
크롤러	크롤러 폭: 280 mm 접지 길이: 920 mm 러그 높이: 30 mm 링크 수: 38
차체 크기	주행프레임 높이: 2320 mm 주행프레임 폭: 1850 mm 최저 지상고: 200 mm 궤도 간 거리: 780 mm
주행 롤러	직경: 130 mm 롤러 폭: 52 mm 롤러 수: 5 개
아이들 롤러	직경: 130 mm

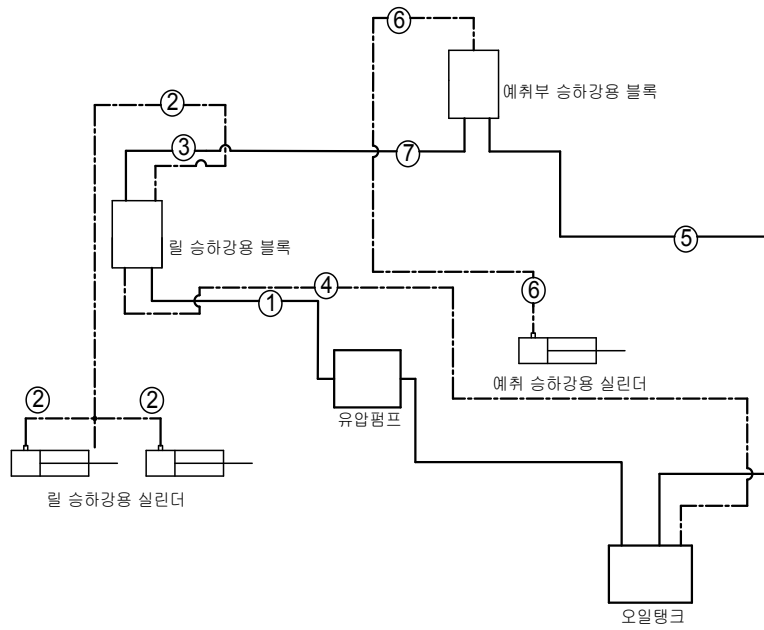


<시작기의 동력전달 계통도>

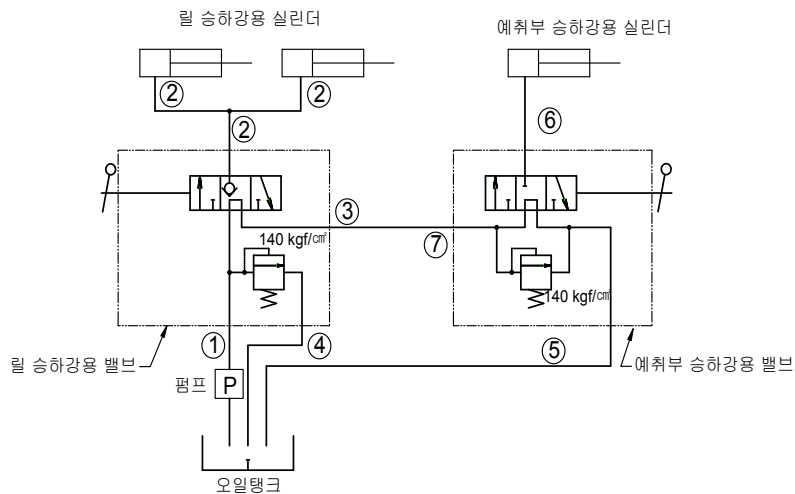


<엔진, 프레임, 주행부, 밧선의 구조도>

(2) 유압부



<잡곡수확용 소형 콤바인 유압 배관도>



<잡곡수확용 소형 콤바인 유압 회로도>

항 목	사 양
유압펌프	형식: 기어식, 토출량: 15 cc/rev, 최대 압력: 150 kgf/cm <sup>2</sup>
예취 승강 실린더	실린더 경: 70 mm, 피스톤 경: 30 mm, 스트로크: 240 mm
릴 승강 실린더	실린더 경: 50 mm, 피스톤 경: 20 mm, 스트로크: 90 mm

(3) 전처리부

- 디바이더 : 선단거리 1,200 mm, 좌우 2개, 예취날로 부터 선단까지 거리 280 mm
- 릴 : 형상 사각형, 위치조절형식 상하 유압식, 전후 구멍 조절식(수동)  
최대 승강높이 740 mm(예취날 기준)

항 목	사 양
릴	직경: 620 mm, 타인 바 수: 64개, 타인 피치: 85 mm, 릴 폭: 1075 mm, 릴 회전수: 52 rpm

(4) 예취부

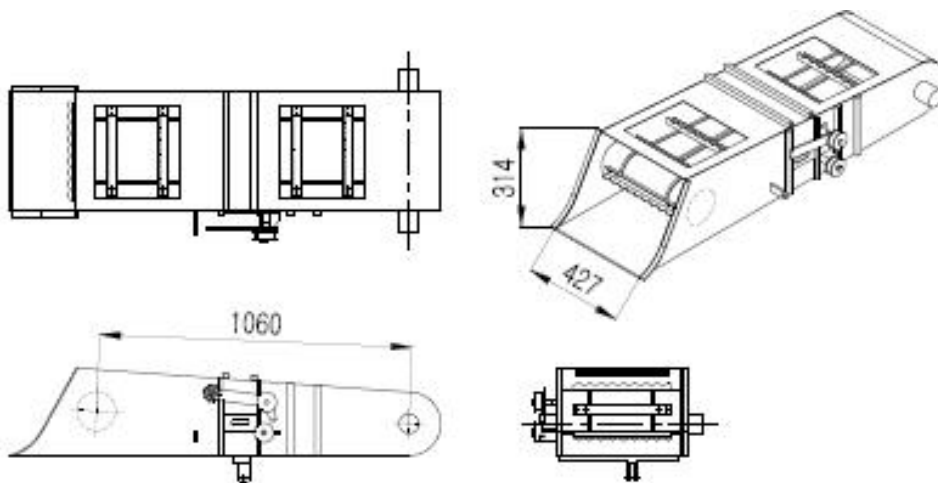
- 왕복동날형

항 목	사 양
예취부	예취 폭: 1200 mm, 예취 날 최대 높이: 740 mm, 예취 날 최저 높이: 50 mm, 예취 날 속도: 1.32 m/s, 예취날 수: 15개

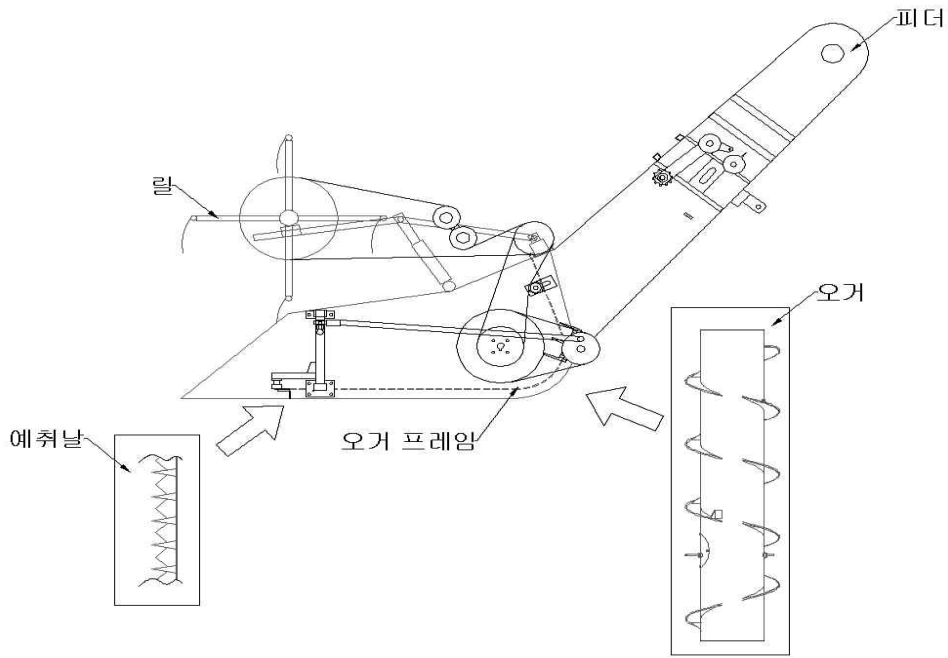
(5) 작물이송부

- 이송 오거, 공급 돌기판 부착 체인이송 피더로 구성

항 목	사 양
이송 오거	오거 직경: 200 mm, 오거 나선 높이: 80 mm, 오거회전수: 213 rpm, 프레임과 나선 틈새: 15 mm
피더	폭: 430 mm, 높이: 1418 mm, 길이: 1250 mm, 이송 속도: 2.0 m/s, 러그 피치: 150 mm



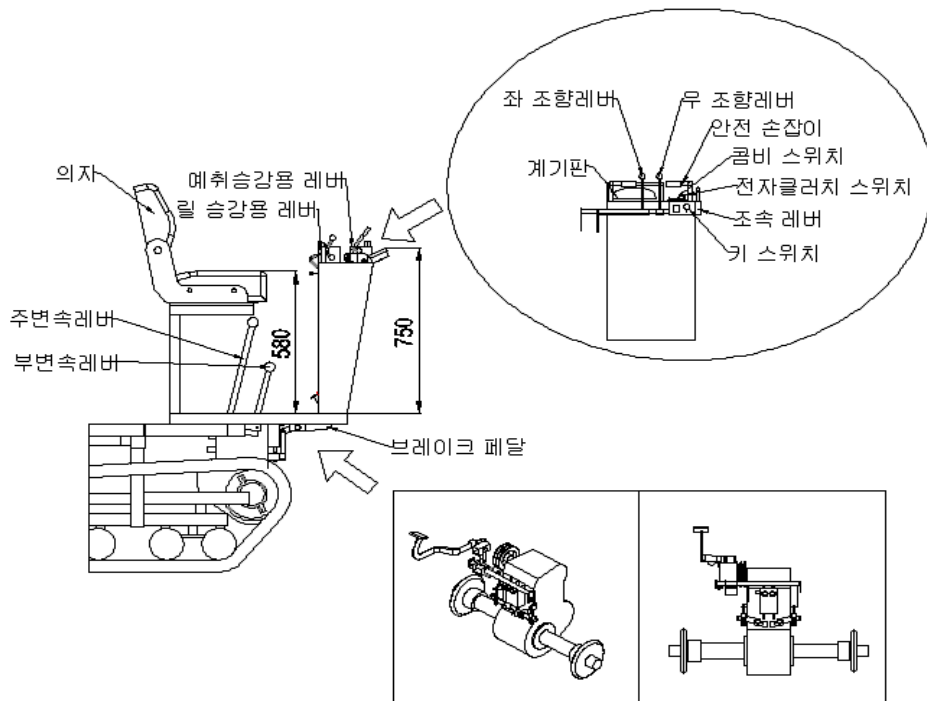
<피더의 구조도>



<디바이더, 릴, 예취부, 작물이송부 구조도>

나. 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 운전조작부 설계·제작 : (오페(주))

- 여성, 고령 작업자가 편리하게 운전할 수 있는 시작기 운전조작부의 단순화 및 안전성 제고 설계·제작

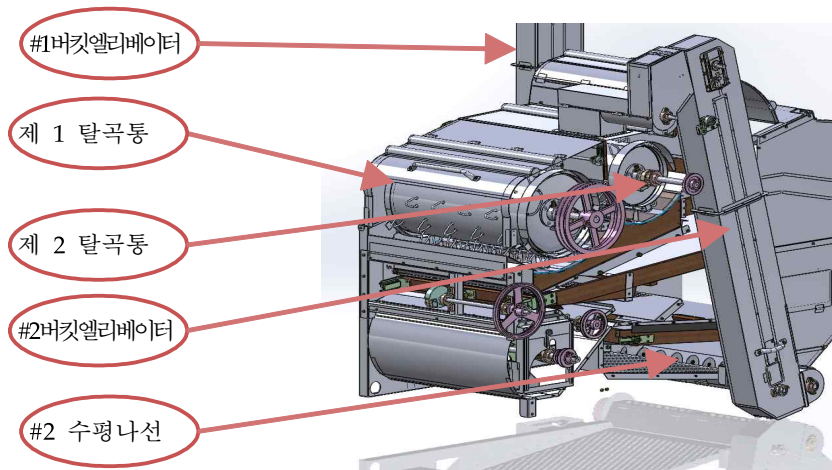
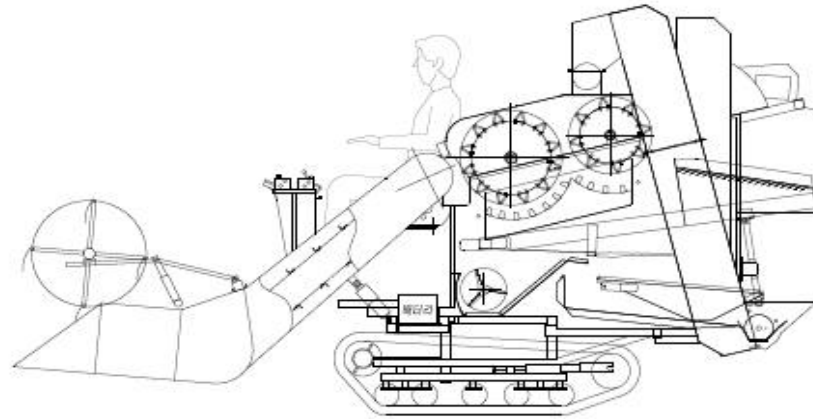


<운전조작부의 구조도>

다. 잡곡 수확용 소형 콤팩트 시작기 탈곡부, 선별·정선부, 재처리부, 곡립 이송 및 배출부, 곡물탱크부 제작·조립 : (전남대)

(1) 탈곡부

- 1차 단동 축류식 탈곡장치를 설계·제작하여 기초성능 시험을 수행한 결과 탈곡, 선별·정선 성능이 불량한 것으로 판단되어 복동, 직류식 탈곡장치로 변경 설계·제작 함.

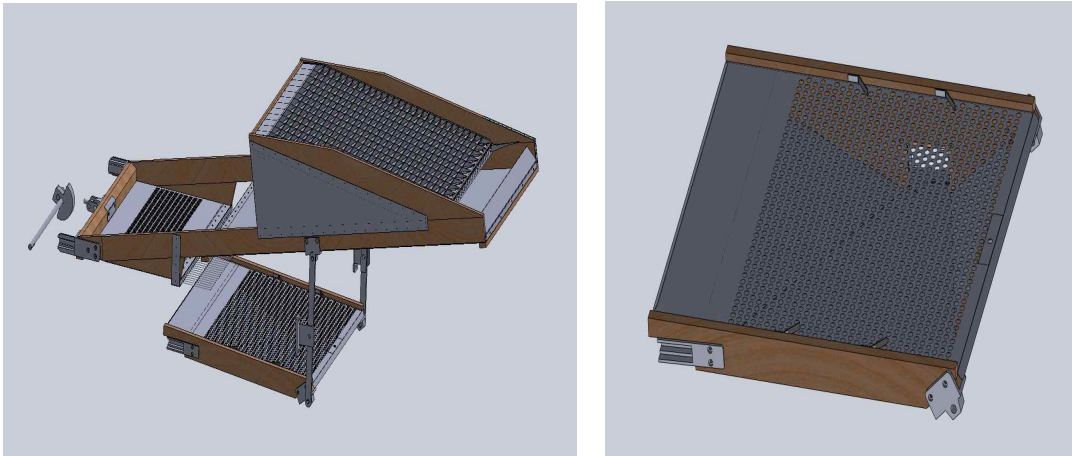


<탈곡부의 구조도>

항 목	사 양
제1 탈곡통	급동 직경: 425 mm, 급동 길이: 485 mm, 급동 회전수: 405 rpm, 급치 선단속도 약 11.3 m/s, 급치 수: 30 개(10 mm 강선치), 급치 높이: 55 mm
제2 탈곡통	급동 직경: 325 mm, 급동 길이: 485 mm, 급동 회전수: 598 rpm, 급치 선단속도 약 13.6 m/s, 급치 수: 20 개(10 mm 강선치), 급치 높이: 55 mm
수망	원형 구멍형 철판 망, 구멍 지름: 12 mm
절단치	형태 삼각형, 높이 25 mm, 두께 3.2 mm, 5 개 × 10 열

(2) 정선·선별부

- 선별방식 요동+송풍식
- 선별·정선 기구 쥘처리체, 곡립판+검불체, 곡립체, 송풍팬로 구성

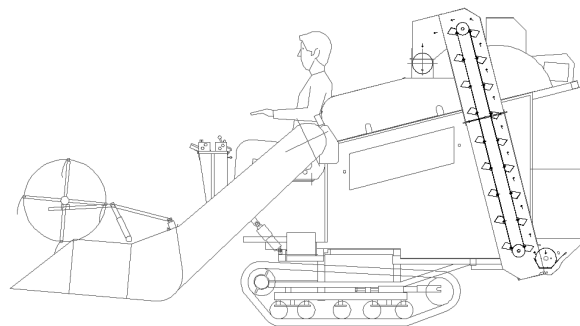


<쥘처리체, 곡립판+선별체, 곡립체의 외관>

항 목	사 양
쥘처리체	폭x길이: 90 × 1500 mm 격자형 구멍 크기: 20 × 30 mm
곡립판	전면 경사각(도): 5°, 타공판 구멍 수: 325개 타공판 구멍 지름: 10 mm
곡립체	경사판 각도(도): 5°, 타공판 구멍 수: 725 개 타공판 구멍 지름: 10 mm(작물에 따라 구멍 지름 변경)
송풍팬	회전속도 1540 rpm, 날개 수 4 개
요동암	회전속도 350 rpm, 요동 폭 30 mm

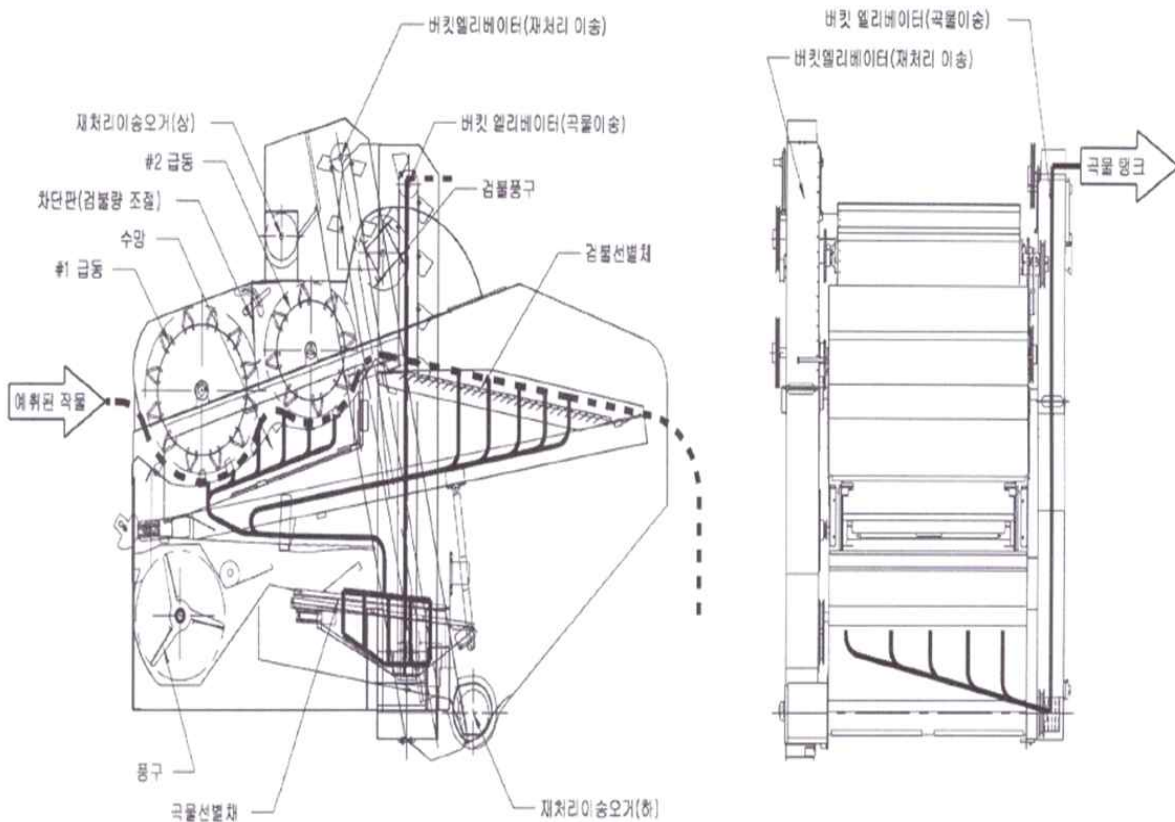
(3) 재처리부

- 수평이송 오거, 수직이송 버킷엘리베이터, 탈곡부 상부 재처리 분배 오거로 구성



<재처리부의 구조도>

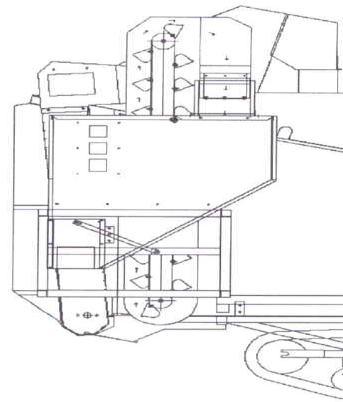
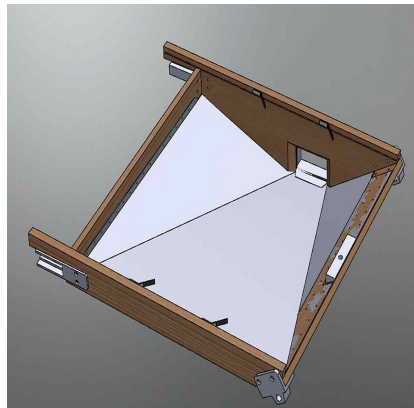
항 목	사 양
#2(재처리) 수직이송 버킷엘리베이터	버킷 용량: 230 cm <sup>3</sup> , 버킷 수량: 19, 버킷 이동 속도: 2.4 m/s
#2(재처리) 수평이송 오거	나선 직경: 120 mm, 축경: 20 mm, 나선 피치: 108 mm, 회전수: 178 rpm, 이송량: 1187 cm <sup>3</sup> /rev.
재처리 분배 오거	나선 직경: 120 mm, 축경: 20 mm, 나선 피치: 108 mm, 회전수: 337 rpm, 이송량: 1187 cm <sup>3</sup> /rev.



<탈곡부, 선별·정선부, 재처리부, 곡립 이송부의 구조도 및 작물 흐름도>

#### (4) 곡립이송부, 곡물탱크부

- 곡물 수평이송장치로 곡물 손상방지를 위하여 기존의 오거 대신 경사판으로 수평이송, 수직이송 장치로는 버킷엘리베이터 사용
- 곡물탱크의 곡물은 배출구에서 포대에 담도록 제작

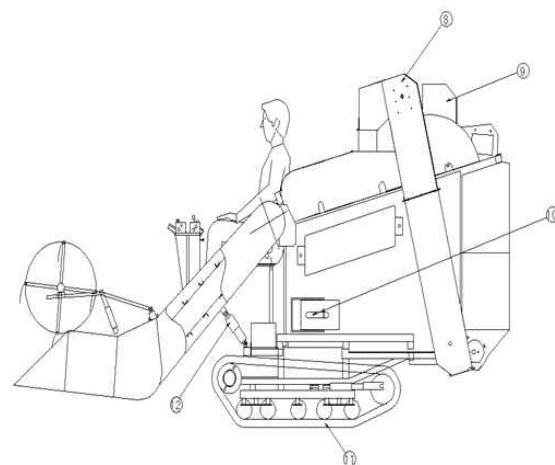
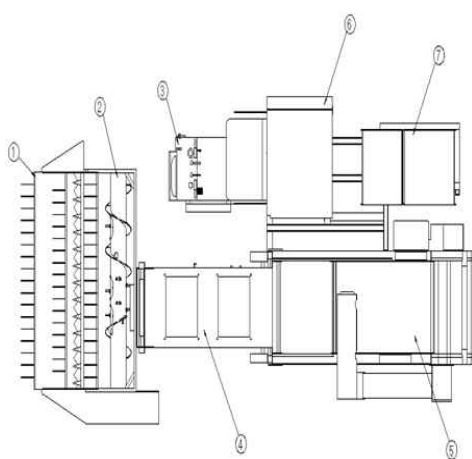


<곡물 수평이송용 경사판, 수직이송용 버킷엘리베이터, 곡립탱크의 구조도>

항 목	사 양
곡립이송 버킷엘리베이터	버킷 용량: 230 cm <sup>3</sup> , 버킷 수량: 20 개, 버킷 이동 속도: 2.7 m/s
곡립탱크	탱크 용량: 200 L, 곡물 배출방식: 셔터식(수동), 곡물 배출구 크기: 150x120 mm, 곡물 배출시간: 약 60 초

라. 잡곡 수확용 소형 콤팩트 통합 시작기 제작·조립 : (오펜(주))

○ 기체 크기 및 중량 : 길이×폭×높이 - 4200×1850×2320 mm, 중량 약 1680 kg



<통합 시작기의 구조도>



<통합 시작기의 제작 과정>



-메인 프레임 제작-



-차대 조립-



-릴 제작-



-재처리, 곡물 이송부 제작-



-탈곡드럼 제작-



-탈곡통 차대조립-



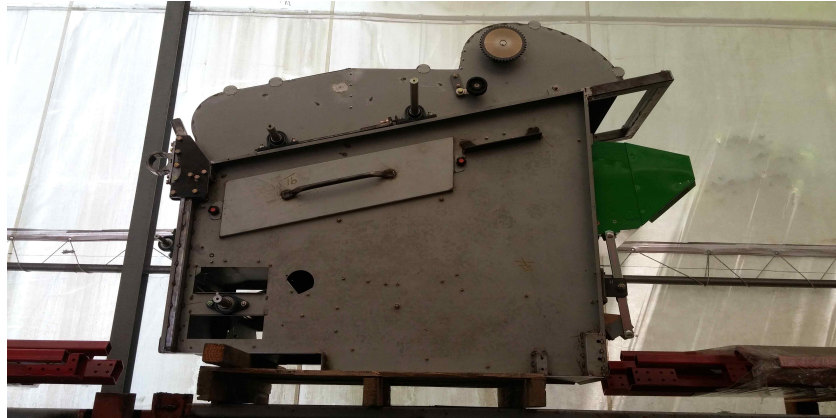
-곡물 수평이송용 경사판 제작-



-탈곡통 조립진행-



-정선·선별부 조립 진행-



-탈곡부 조립완료



-피더부 조립진행-



-피더부 조립완료-



-오거부 제작-



-릴 프레임 수정-



-배출부 조립 및 배선연결-



<통합 시작기의 제작 외관>

마. 잡곡 수확용 소형 콤팩트인 주요부 및 통합 시작기 기능 작동 및 기초성능 시험 : (오폐(주))

○ 변속단수별 주행속도, 선회반경

단 수		측정치
부변속	주변속	
저속	1단	속도: 0.35 m/s, 선회반경(mm):1500
	2단	속도: 0.49 m/s, 선회반경(mm):1500
	3단	속도: 0.72 m/s, 선회반경(mm):1500
	후진	속도: 0.30 m/s, 선회반경(mm):1500
고속	1단	속도: 1.12 m/s, 선회반경(mm):1500
	2단	속도: 1.90 m/s, 선회반경(mm):1500
	3단	속도: 2.50 m/s, 선회반경(mm):1500

- 정차 브레이크 정지거리 1.0 m 이내, 주차브레이크 20%의 구배 경사지에서 전후 방향 밀림 없음.
- 기체 안정성 : 좌우 30° 에서 미전도 됨. 좌우 전도각 10° 시 경보음 작동
- 잡곡 수확용 소형 콤바인 주요부 구동시험 양호
- 전처리부 승강시험 기대 정치 전처리부 1000 회 연속 승강시험 실시 결과 이상 없음.
- 조작의 난이도 : 주변속 레버, 부변속 레버, 조향 및 예취부 상하 작동 레버, 탈곡 및 예취 클러치 레버, 등화장치 조작 스위치의 조작과 안정성 시험결과 특이사항 없음.
- 릴 구동벨트, 탈곡통, 피드체인 및 벨트, 방호 철판 설치
- 클러치 답압 및 탈곡·예취장치 끊음 상태에서만 시동되는 시동 안전장치 설치
- 전처리부 강하 방지장치, 예취날 정지장치, 곡물 만재, 후진 및 경사 10° 시 경보음 작동
- 차대 탑승용 손잡이, 발판, 운전석 완충장치 및 전후 조절(60 mm 범위)
- 페달류 요철 철판의 미끄럼 방지 구조
- 기타 엔진 과열주의, 고온주의, 연료주입 주의, 회전체 접촉금지, 탈곡부 탑승금지, 정비 시 엔진 정지, 탈곡부 점검 및 정비 경고, 작업반경 접근금지, 예취부 고정장치 사용경고, 콤바인 승하차 경고 등 주의 및 경고 안전표시

바. 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 기초성능 포장시험 및 평가 : (전남대)

(1) 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 유채 포장시험

- 시험조건 : 품종 유채, 식재방법 산파, 곡립함수율 15.2%, 시험면적 20 a(80 m×25 m)  
운전조건 부변속 고속, 주변속 3단, 작업방법 회행법
- 시험성적 : 최고 작업속도 0.32 m/s, 포장작업능률 10.3 a/h, 연료소비량 3.0 L/h
- 작업정도 시험결과 : 곡립손실비율 8.96%, 곡립구 중 손상립 비율 0.00%, 곡립구 중 이물질 비율 2.64%
- 입모각 25° 탈곡 전후, 좌우 방향으로 쓰러뜨려 작업한 결과 예취 가능하였음.



<유채 포장시험 광경>

(2) 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 메밀 포장시험

○ 시험조건

- 시험시기 및 장소 : 2017년 10월 17일, 경남 의령군 가례면 농가 포장
- 시험작물 : 메밀, 곡립 함수율 19.9%, 줄기 함수율 60.8%, 산과재배

○ 작업성능

- 작업 폭 약 0.6~0.7 m, 저속 1단 만 작업가능, 최대 작업속도 약 0.36 m/s까지 작업 가능하였음.
- 포장효율 약 70%일 때 작업능률 약 5.9 a/h로 추정됨.

○ 곡물 손실비율

- 배진 손실비율 12.3~13.0%, 전처리 및 예취 손실 비율 5.9~12.2%, 총 곡립손실 비율 18.9~24.5% 범위로 나타남.
- 총 곡립 손실량과 곡립 손실비율은 각각 약 85.5 g/m<sup>2</sup>, 21.6%로 이 중 탈립에 의한 헤더부 손실이 40.1%, 탈곡, 선별·정선에 의한 배진구 손실이 59.9%를 차지함.
- 총 곡립 손실비율은 재배 시 강우, 풍속 등 기상상태, 등숙률(ratio of black colored grain) 등 메밀 상태, 콤바인 운전조건 등에 따라 달라지는데 芝 et al.(1970)은 보통형 콤바인 작업 시 2.0~11.5%, Naka et al.(1982)은 자탈형 콤바인(head feeding combine) 작업 시 15~20%, 보통형 콤바인 작업 시 3~6% 정도라고 보고함. Kitakura et al.(2008)는 등숙률(ratio of black colored grain) 48~76%의 메밀을 대상으로 한 예취 폭 1.7~2.1 m의 보통형 콤바인, 등숙률(ratio of black colored grain) 48~80%의 메밀을 대상으로 한 예취 폭 1.3~1.5 m의 소형 보통형 콤바인 작업 시험에서 총 곡립 손실률은 각각 1.1~19.8%, 3.2~17.9%로 나타났다고 보고함. Morishita and Suzuki(2012)는 등숙률(ratio of black colored grain) 90, 95%의 메밀을 대상으로 한 2012년 보통형 콤바인 작업 시험에서 관행 품종 6.7~21.2%, 탈립 저항성 품종 9.6~10.1%, 강우 많고 태풍의 영향이 있었던 2013년과 2014년 시험(Morishita and Suzuki, 2017)에서는 2013년 관행 품종 43.2~71.5%, 탈립 저항성 품종 21.9~44.3%, 2014년 관행 품종 7.4~19.1%, 탈립 저항성 품종 16.9~18.5%의 총 곡립 손실비율을 보였다고 보고함.
- 본 연구의 총 곡립 손실비율을 등숙률이 비교적 낮았던 Kitakura et al.(2008)의 연구 결과와 비교해 보면 등숙률을 고려하더라도 높게 나타난 것으로 판단되며, 등숙률이 비교적 높았던 Morishita and Suzuki(2012 and 2017)의 연구 결과와 비교해 보더라도 관행 품종과는 비슷하거나 약간 높게, 그리고 탈립 저항성 품종 보다는 높게 나타난 것으로 판단되며, 특히 탈곡, 선별·정선에 의한 배진구의 곡립 손실비율이 본 연구는 13.0%였던 반면 Kitakura et al.(2008)는 1.1~8.5%, Morishita and Suzuki(2012 and 2017)는 1.2~4.9%로 매우 낮아 선별·정선장치의 개선이 필요한 것으로 판단됨.



○ 곡립구 조성비율

- 곡립비율 93.4~94.8%, 이물질비율 5.5~7.0%의 범위로 나타남.
- 시작기의 메밀 수확 시 곡립구 배출물의 평균 조성비율은 곡립 비율 94.1%, 이물질 비율 5.9%, 손상립 비율 0.0%로 나타남.
- Naka et al(1982)은 자탈형 콤바인으로 수확 시 곡립구의 이물질 비율 20%, 손상립 비율 3~4%로 매우 크게 발생하며, 보통형 콤바인은 곡립구의 곡립 비율이 80~95% 정도라고 보고함. 그러나 Kitakura et al.(2008)은 곡립 비율과 이물질 비율이 대부분 예취 폭 1.7~2.1 m 보통형 콤바인 각각 97% 이상, 3% 이하, 예취 폭 1.3~1.5 m 소형 보통형 콤바인 각각 98% 이상, 2% 이하라고 보고하고 있어 본 연구 시작기 보다 곡립 비율이 높고 이물질 비율이 매우 낮아 시작기의 선별·정선장치의 개선이 필요한 것으로 판단됨.

Grain loss and component ratio of output in grain outlet for harvesting buckwheat

Item		Mean(SD)
Travel speed	(m/s)	0.36(0.01)
Header	Shattering (g/m <sup>2</sup> )	34.5(10.9)
	Ratio of grain loss (%)	8.8(3.2)
Dust outlet	Separating and cleaning (g/m <sup>2</sup> )	51.0(4.3)
	Ratio of grain loss (%)	12.8(0.4)
Total grain loss (g/m <sup>2</sup> )		85.5(6.7)
Total ratio of grain loss (%)		21.6(2.8)
Grain outlet	Ratio of grain (%)	94.1(0.7)
	Ratio of damaged grain (%)	0.0(0.0)
	Ratio of material other than grain (%)	5.9(0.7)

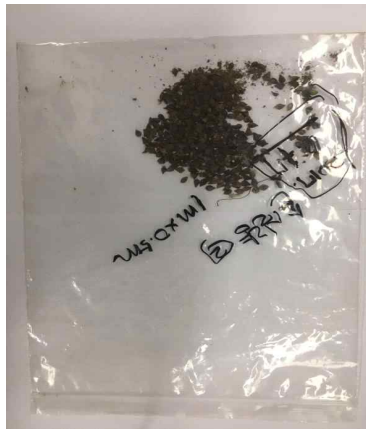
Note 1) Speed range transmission: low, primary transmission: low, cutting width: 0.6-0.7 m  
 2) SD : standard deviation

○ 작업 상 문제점 :

- 시작기의 가능 작업 폭이 1.2 m이나 이때는 작물 공급량 과다로 린의 감김 현상, 작물 이송부 오거의 감김 현상이 나타남.
- 줄기 및 곡물 함수율 과다로 탈곡부 파쇄 줄기 뭉침 현상, 짚처리체, 선별·정선장치의 파쇄 줄기에 의한 체 구멍 막힘 현상, 재처리물의 과다로 선별·정선성능 매우 불량한 것으로 보이며, 곡립손실비율, 이물질 비율이 매우 높게 나타남.
- 본 연구의 시작기는 작업속도 감소를 통하여 예취 폭 1.2 m로 작업할 수 있도록 주변속장치를 선택 맞물림 기어식에서 HST(Hydro Static Transmission)로 변경 개선할 필요가 있었으며, 배진구의 곡립 손실 감소와 곡립구의 이물질 비율 감소를 통한 곡립 비율 제고를 위하여 메밀 수확에 적합한 선별·정선장치 개선이 필요하였음.



<시험포장, 메밀 수확작업 모습>



<예취 손실 곡립, 곡립구 수확물 샘플>

### (3) 잠곡 수확용 소형 콤바인 시작기 울무 포장시험

#### ○ 시험조건

- 시험시기 및 장소 : 2017년 10월 19일, 경남 진주시 이반성면 농가 포장
- 시험작물 : 울무 곡립 함수율 21.4%, 줄기 함수율 34.9%, 작물 높이 140 cm, 점파재배
- 시험요인 : 수확 조수-1, 2 조, 작업속도-저속 1단, 저속 2단, 예취 높이-30, 60, 90 cm

#### ○ 작업성능

- 작업 폭 0.6 m(1 조), 최대 작업속도 0.46 m/s, 작업 폭 1.2 m(2 조), 최대 작업속도 0.32 m/s
- 포장효율 약 70%일 때 작업능률 약 9.7 a/h

#### ○ 곡립 손실비율

- 수확조수 1조, 저속 1단, 예취높이 30, 60, 90 cm일 때 탈립 및 수집 손실비율 29.2~46.3%, 배진 손실비율 2.0~6.0%, 총 곡립손실비율 31.8~48.8%의 범위를 보임.

- 시작기의 예취 높이에 따른 곡립 손실은 주 변속 저속, 1조 예취로 고정시키고 예취 높이를 30, 60, 90 cm로 변화시켰을 때 총 곡립 손실량은 각각 약 161.0, 137.6, 142.0 g/m<sup>2</sup>, 총 곡립 손실비율은 각각 42.8, 36.8, 36.3%로 나타남. 또한 예취 높이 30 cm일 때가 예취 높이 60, 90 cm일 때 보다 총 곡립 손실비율이 크게 나타났으며, 예취 높이 60, 90 cm 간에는 차이가 없었음.
- 예취 높이에 따른 헤더부의 탈립에 의한 곡립 손실비율은 6.9~9.8%, 헤더부의 예취된 율무 수수(head of grain)의 지면 낙하로 인한 수집(gathering) 손실비율은 22.7~33.6%, 배진구의 탈곡, 선별·정선 손실비율은 2.3~4.7%의 범위로 나타나 수집 손실이 매우 큰 비중을 차지하였음.

Grain loss by the cutting height for harvesting adlay

Item	Cutting height			
	30 cm	60 cm	90 cm	
Travel speed (m/s)	0.35(0.01)	0.34(0.01)	0.35(0.01)	
Header	Shattering (g/m <sup>2</sup> )	26.3(10.7)	29.6(0.4)	38.0(11.1)
	Gathering (g/m <sup>2</sup> )	126.3(13.6)	90.9(19.0)	88.4(23.2)
	Subtotal (g/m <sup>2</sup> )	152.5(2.8)	120.5(19.3)	126.4(34.3)
	Ratio of grain loss (%)	40.5(1.9) a	32.1(3.3) b	32.5(0.5) b
Dust outlet	Separating and cleaning (g/m <sup>2</sup> )	8.5(2.2)	17.1(6.2)	15.1(10.1)
	Ratio of grain loss (%)	2.3(0.5) a	4.7(1.9) a	3.8(1.7) a
Total grain loss (g/m <sup>2</sup> )		161.0(0.6)	137.6(13.1)	142.0(44.6)
Total ratio of grain loss (%)		42.8(1.4) a	36.8(1.5) b	36.3(2.2) b

Note 1) A row harvesting, sub transmission: low, primary transmission: low  
 2) Gathering loss: the cutting heads of grain fallen on the ground  
 3) Value in parenthesis means standard deviation.  
 4) a, b: Different letters in a row are significantly different (p<0.05).

- 시작기의 수확 조수와 주 변속장치의 변속단수에 따른 곡립 손실을 살펴보면 예취 높이를 60 cm로 고정시켰을 때 총 곡립 손실량과 총 곡립 손실비율은 각각 1조 예취, 주 변속 저속 137.6 g/m<sup>2</sup>와 36.8%, 1조 예취, 주 변속 중속 145.8 g/m<sup>2</sup>와 37.5%, 2조 예취, 주 변속 저속 138.6 g/m<sup>2</sup>와 35.1%, 2조 예취, 주 변속 중속 107.3 g/m<sup>2</sup>와 35.8%로 나타났으며, 수확 조수와 주 변속 변속단수에 따른 차이는 없는 것으로 나타났음.
- 헤더부의 탈립에 의한 곡립 손실비율은 3.4~7.9%, 헤더부의 예취된 율무 수수(head of grain)의 지면 낙하로 인한 수집(gathering) 손실비율은 24.2~25.2%, 배진구의 탈곡, 선별·정선 손실비율은 4.7~8.2%의 범위로 나타났으며, 수집 손실비율이 큰 비중을 차지하였고, 수확 조수와 주 변속 변속단수의 수준에 따라 차이를 보였음.

Grain loss by the number of harvesting row and stage of primary transmission for harvesting adlay

Item	Number of harvesting row				
	1		2		
	Stage of primary transmission				
	1(low)	2(middle)	1(low)	2(middle)	
Travel speed (m/s)	0.34(0.01)	0.46(0.01)	0.32(0.01)	0.45(0.01)	
Header	Shattering (g/m <sup>2</sup> )	29.6(0.4)	26.7(1.4)	20.4(4.7)	10.2(1.7)
	Gathering (g/m <sup>2</sup> )	90.9(19.0)	96.5(8.9)	102.4(12.8)	72.7(2.7)
	Subtotal (g/m <sup>2</sup> )	120.5(19.3)	123.9(6.4)	122.8(8.1)	82.9(4.4)
	Ratio of grain loss (%)	32.1(3.3) a	32.0(0.6) a	30.3(0.9) a	27.6(0.6) a
Dust outlet	Separating and cleaning (g/m <sup>2</sup> )	17.1(6.2)	21.9(0.2)	15.8(7.1)	24.4(1.3)
	Ratio of grain loss (%)	4.7(1.9) b	5.7(0.1) ab	4.9(0.9) b	8.2(0.8) a
Total grain loss (g/m <sup>2</sup> )	137.6(13.1)	145.8(6.6)	138.6(11.7)	107.3(3.1)	
Total ratio of grain loss (%)	36.8(1.5) a	37.7(0.7) a	35.2(1.8) a	35.8(0.2) a	

Note 1) Subtransmission: low, cutting height: 60 cm

2) Gathering loss: the cutting heads of grain fallen on the ground

3) Value in parenthesis means standard deviation.

4) a, b: Different letters in a row are significantly different (p<0.05).

- 울무 곡립 손실비율은 작물 높이, 탈립성 등 품종 특성, 줄기와 곡물 함수율, 등속도 등 작물 조건, 작업속도, 예취 높이 등 콤바인의 운전조건 등에 따라 크게 달라짐. Lee et al.(1997)은 자탈형 콤바인을 이용한 울무 수확 시험에서 손 수확과 비교한 결과 곡립 손실비율은 1.4~6.6%로 나타났으며, Fujioka et al.(1986)은 자연 탈립률이 7.1%, 콤바인에 의한 탈립률이 8.8~16.6%라고 보고함.
- Takamatsu et al.(1985)은 자탈형 콤바인을 이용한 울무 수확 시험에서 작업속도 약 0.2 m/s, 예취 높이 6.6-35.8 cm에서 총 곡립 손실비율이 13.5~33.2%이며, 이 중 헤더부의 손실이 2.3~30.4%의 범위로 나타난다고 보고함. Ohtsuka et al.(1985)은 자탈형 콤바인 개량 전 작업속도 약 0.2 m/s 미만, 작업 폭 0.6 m, 예취 높이 30-49 cm 조건에서 총 곡립 손실비율 3.6~18.5%, 헤더부 손실이 0.2~12.8%였으나 개량 후 작업속도를 약 0.3~0.4 m/s, 작업 폭 0.9 m로 늘려 작업할 수 있었고, 이 때 총 곡립 손실비율은 3.7~19.6%, 헤더부의 손실은 1.9~6.2%로 나타난다고 보고하였으며, 자탈형 콤바인 과 비교한 보통형 콤바인의 총 곡립 손실비율은 7.3~12.8%, 헤더부의 손실은 0.7~2.4%로 나타난다고 보고함. Okabe et al.(1987)은 울무수확에 적합하도록 개조한 자탈형 콤바인의 수확시험에서 작물 높이 2 m의 울무의 총 곡립 손실비율은 약 28.5%로 나타났으나 약 1.4 m이내의 높이에서는 5.7~13.0%로 줄어들었다고 보고함.

- 본 연구 시작기의 경우 곡립 손실비율 중 비중이 가장 크게 나타난 수집손실은 22.7~33.6%로 예취된 수수(head of grain)가 릴 바에 부착된 타인의 걸림에 의하여 지면에 낙하하여 발생하는 손실로 콤바인 수확작업에서 일반적으로 큰 비중을 차지하지 않는 손실임. 따라서 릴의 구조 및 작동, 예취 날에 대한 위치를 개선함으로써 손실을 크게 줄일 수 있을 것으로 판단되어 총 곡립 손실비율은 약 20%이내로 줄일 수 있을 것으로 보임.
- Lee et al.(1997), Takamatsu et al.(1985), Ohtsuka et al.(1985), Okabe et al.(1987)의 콤바인 수확시험 결과 가운데 총 곡립 손실비율이 본 연구의 시작기 보다 낮게 나타난 부분이 있었던 것은 본 시작기 수확시험 울무 보다 곡립 함수율이 높고, 곡립구의 손상립이나 미숙립 발생 비율이 높아 이른 시기에 울무를 수확하였거나 작업속도를 느리게 시험하는 등 시험 울무의 조건과 콤바인의 운전 조건이 달랐기 때문으로 판단됨. 따라서 시작기의 수집손실 감소를 위한 개선이 이루어지고, 콤바인 수확에 적합한 수확 작물의 높이가 낮고 탈립 저항성이 큰 품종 개량이 이루어지면 총 곡립 손실비율을 이들 콤바인 수준과 비슷하거나 그 이하로 감소시킬 수 있을 것으로 예상되었음.

○ 곡립구 조성비율

- 울무의 예취 높이에 따른 곡립구 배출물의 조성비율을 살펴보면 곡립 비율은 94.5~95.6%, 이물질 비율은 4.4~5.7%의 범위를 각각 보였으며, 모두 예취 높이에 따른 차이는 없었음.
- 곡립구의 곡립 중 완전립 비율(ratio of whole grain)은 91.4~94.3%, 지경 부착립 비율(ratio of grain with rachis branch)은 0.6~1.2%, 미숙립 비율은 0.7~1.9%의 범위를 보였으며, 손상립 비율은 0.0%로 나타났음.

Component ratio of output in grain outlet by the cutting height for harvesting adlay

Item	Cutting height		
	30 cm	60 cm	90 cm
Travel speed (m/s)	0.35(0.01)	0.34(0.01)	0.35(0.01)
Ratio of whole grain (%)	94.3(0.9)	91.4(3.3)	93.5(2.1)
Ratio of grain with rachis branch (%)	0.6(0.1)	1.2(0.3)	0.9(0.1)
Ratio of immatured grain (%)	0.7(0.4)	1.9(0.1)	0.8(0.2)
Ratio of damaged grain (%)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)
Total ratio of grain (%)	95.6(1.1) a	94.5(3.1) a	95.3(1.8) a
Ratio of material other than grain (%)	4.4(1.1) a	5.5(3.1) a	4.7(1.8) a

Note 1) A row harvesting, subtransmission: low, primary transmission: low  
 2) Value in parenthesis means standard deviation.  
 4) a, b: Different letters in a row are significantly different (p<0.05).

- 울무의 수확 조수와 주 변속장치의 변속단수에 따른 곡립구 배출물의 조성비율을 살펴 보면 곡립 비율은 93.1~95.8%, 이물질 비율은 4.2~6.9%의 범위를 각각 보였으며, 모두 수확 조수, 주 변속장치 변속단수에 따른 차이는 없었음.
- 곡립구의 곡립 중 완전립 비율(ratio of whole grain)은 90.7~93.5%, 지경 부착립 비율 (ratio of grain with rachis branch)은 0.8~1.2%, 미숙립 비율은 1.4~1.9%의 범위를 보였으며, 손상립 비율은 0.0%로 나타났음.

Component ratio of output in grain outlet by the number of harvesting row and stage of primary transmission for harvesting adlay

Item	Number of harvesting row			
	1		2	
	Stage of primary transmission			
	1(low)	2(middle)	1(low)	2(middle)
Travel speed (m/s)	0.34(0.01)	0.46(0.01)	0.32 (0.01)	0.45(0.01)
Ratio of whole grain (%)	91.4(3.3)	91.6(1.1)	93.5(0.7)	90.7(0.1)
Ratio of grain with rachis branch (%)	1.2(0.3)	0.9(0.3)	0.9(0.1)	0.8(0.2)
Ratio of immatured grain (%)	1.9(0.1)	1.9(0.0)	1.4(0.2)	1.7(0.1)
Ratio of damaged grain (%)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)
Total ratio of grain (%)	94.5(3.1) a	94.3(1.0) a	95.8(0.9) a	93.1(0.3) a
Ratio of material other than grain (%)	5.5(3.1) a	5.7(1.0) a	4.2(0.9) a	6.9(0.3) a

Note 1) Subtransmission: low, cutting height: 60 cm  
 2) Value in parenthesis means standard deviation.  
 3) a, b: Different letters in a row are significantly different (p<0.05).

- Lee et al.(1997)은 자탈형 콤바인 이용 수확 시험에서 개화 후(days after flowering) 40~60일의 수확시기에 따라 등숙립, 미숙립, 이물질 비율이 각각 54.9~80.7%, 22.1~6.1%, 23.1~13.2%로 등숙립 비율은 증가, 미숙립, 이물질 비율은 감소한다고 하였음.
- Takamatsu et al.(1985)은 자탈형 콤바인 이용 수확 시험에서 곡립구의 완전립, 손상립, 부스러진 곡물, 지경 부착립, 이물질 비율이 각각 70.1~80.5%, 7.4~11.0%, 3.2~21.1%, 0.9~2.1%, 0.5~3.2%, Ohtsuka et al.(1985)은 자탈형 콤바인 개량 전 곡립구의 완전립, 손상립, 미숙립, 이물질 비율이 각각 73.0~85.5%, 5.9~21.1%, 3.7~4.0%, 1.9~4.9%, 자탈형 콤바인 개량 후 곡립구의 완전립, 손상립, 지경 부착립, 이물질 비율이 각각 73.8~95.6%, 2.0~25.7%, 0.0~1.1%, 0.1~2.8%, 보통형 콤바인 곡립구의 완전립, 손상립, 지경 부착립, 이물질 비율이 각각 77.3~78.9%, 15.9~16.9%, 0.4~0.9%, 4.8~4.9%로 나타난다고 보고하였음.

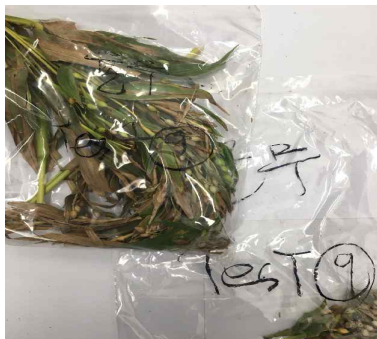
- 위의 연구 결과들을 본 연구 시작기와 비교하면 시작기의 성능이 대체적으로 곡립구의 완전립 비율, 손상립 비율 면에서는 우수하였고, 지경 부착립 비율 면에서는 비슷한 성능을 보였으나, 이물질 비율 면에서는 성능이 떨어지는 것으로 나타났음. 따라서 이물질 비율 감소를 위한 선별·정선장치의 개선이 필요하였음.

○ 작업 상 문제점

- 이른 수확으로 푸른 율무 비율이 높게 나타났음. 늦은 수확의 경우 푸른 곡립 비율이 낮아지나 탈립이 매우 심하게 나타나 콤바인 수확에 적합한 품종 개발이 필요하였음.
- 줄기의 콤바인 유입을 줄이기 위하여 율무를 가능한 한 높게 예취를 하는데 예취 날과 릴 높이가 맞지 않아 예취 후 포장으로 떨어지는 율무가 발생하여 수집 곡립손실이 크게 나타났음.
- 작물의 공급량이 많을 경우 율무의 길이가 길어 릴의 감김 현상, 작물이송부 오거의 정체현상이 일부 나타났음.
- 탈곡부 수망, 짚처리체, 선별·정선장치의 파쇄 줄기에 의한 체 구멍 막힘 현상, 재처리물이 과다한 것으로 보이며, 콩에 비하여 곡립구의 이물질비율이 높고, 특히 전처리 및 예취장치에 의한 곡립 손실비율이 매우 크게 나타났음.



< 시험포장, 율무 수확작업 모습 >



< 예취 손실 곡립, 곡립구 수확물 샘플 >

사. 잡곡 수확용 소형 콤바인 통합 시작기 보완점 도출 : (오폐(주), 전남대학교 공동 수행)

- 최대출력 시 소음이 90.0 dB(A)로 높아 소음 저감 대책이 필요한 것으로 보임.
- 운전 작업자의 작업 편이를 위하여 햇빛 가리게장치가 필요함.
- 주행부 궤도가 기체에 비하여 작아 불균일한 경지, 경사지 주행의 안정성 제고를 위하여 개선이 필요함.
- 메밀 등 고수분의 길고 유연한 줄기를 갖는 작물의 경우 킬, 작물이송부 오거의 감김 현상 방지 대책이 필요함.
- 울무와 같이 작물의 키가 큰 경우 콤바인으로의 공급량을 줄여 부하를 감소시키기 위해서는 예취높이를 높게 해야 하며, 원활한 작물 유입을 위하여 예취날과 킬 사이의 높이 간격이 적절히 유지되어야 하는데 최대 조절높이가 낮아 이를 크게 개선할 필요가 있음.
- 작물의 종류에 따라 물성이 다양하게 나타남으로 시험에 의한 탈곡 급동 속도 적정화 가 필요함.
- 쪼처리체의 체 구멍이 커 곡립판 등 정선장치로 떨어지는 파쇄 줄기의 양이 많으며 이에 따라 곡립판, 곡립체의 구멍이 자주 막히고 재처리부에 줄기 등 이물질의 양이 많아지는 것으로 보여 선별·정선 성능 위하여 개선이 필요함.
- 유채, 메밀 등 작은 곡물 작물의 경우 선별·정선 성능이 불량한 것으로 보여 선별·정선체 요동 압의 회전속도, 송풍팬 회전속도, 곡립판, 곡립체의 구멍 크기를 작물에 따라 적정화할 필요가 있음.

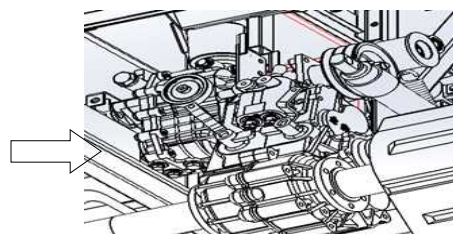
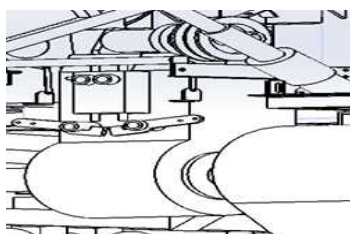
### 3. 3차년도 연구개발 내용 및 결과

가. 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 수정 설계·제작·조립(오폐(주))

(1) 2차년도 시작기 수정 사항

- 주 변속장치를 선택 맞물림 기어식 3단에서 HST 변속장치로 교체, 부 변속장치 2단 (저속, 고속)에서 3단(저속, 중속, 고속)으로 변경
- 넓은 작업속도 범위 특히 저속에서의 콤바인 각부 작동 개선과 운전자의 편이성 향상

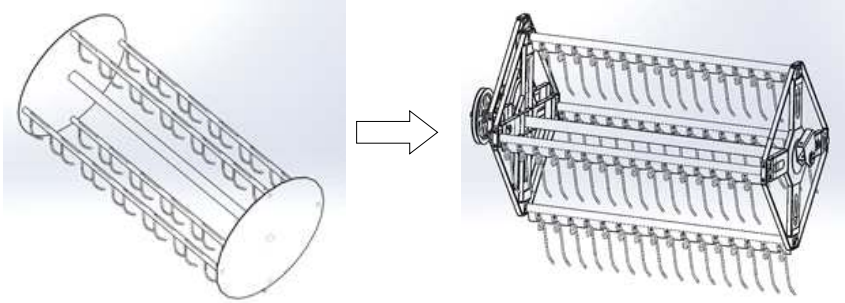
변속단수		주 행 시 간 (sec)					최대 작업속도 (m/s)
부변속	주변속	1회	2회	3회	평 균		
저속	무단(최대)	22 “36	22 “40	22 “62	22 “46	0.89	
중속	무단(최대)	16 “48	16 “60	16 “62	16 “57	1.21	
고속	무단(최대)	11 “80	12 “18	12 “04	12 “01	1.67	





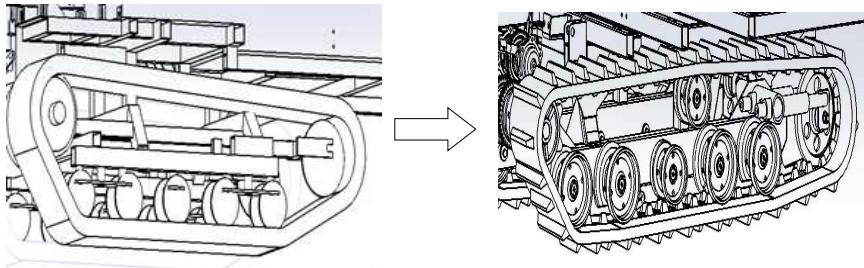
○ 전처리부 릴 구조의 변경

- 릴 구조 변경으로 작물에 따른 릴의 위치 조정 용이토록 하여 예취 작물 유입 개선
- 릴 바 타인의 강도 개선으로 내구성 증대



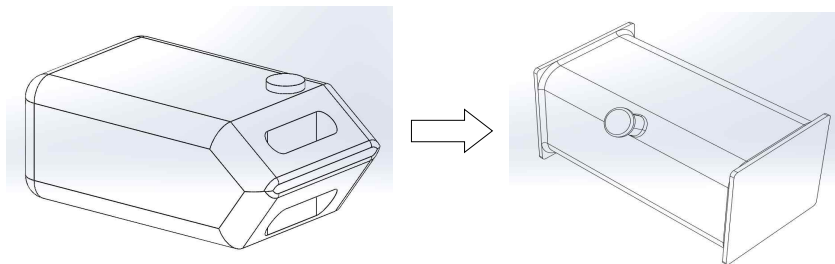
○ 크롤러의 규격 증대

- 크롤러 차륜거리, 접지 길이 및 폭 증대로 주행 안정성, 접지압 감소 등 주행성능 향상



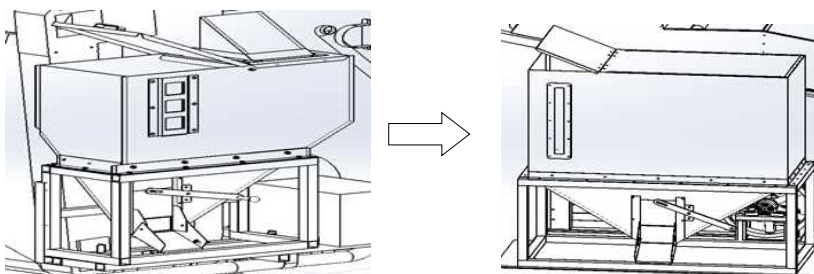
○ 연료탱크의 용량 증대 및 외형 변경

- 연료교체 주기 감소에 따른 작업효율 향상



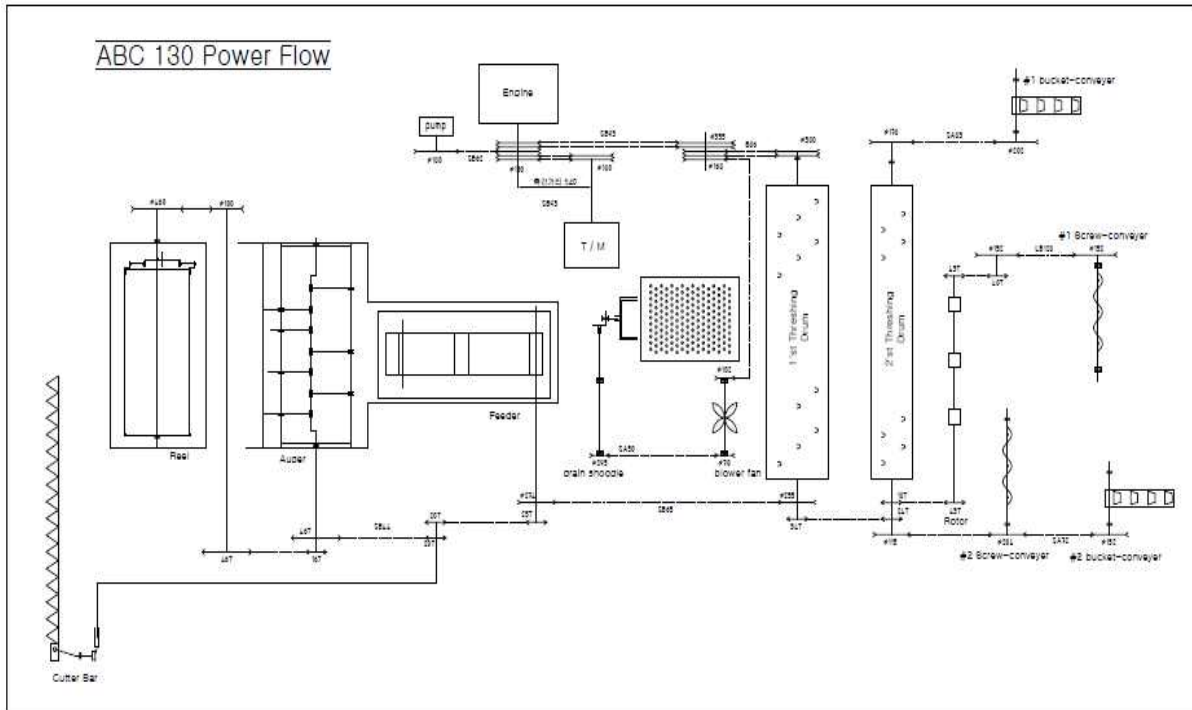
○ 곡립탱크의 용량 증대 및 외형 변경

- 곡물 하역 주기 감소에 따른 작업효율 향상

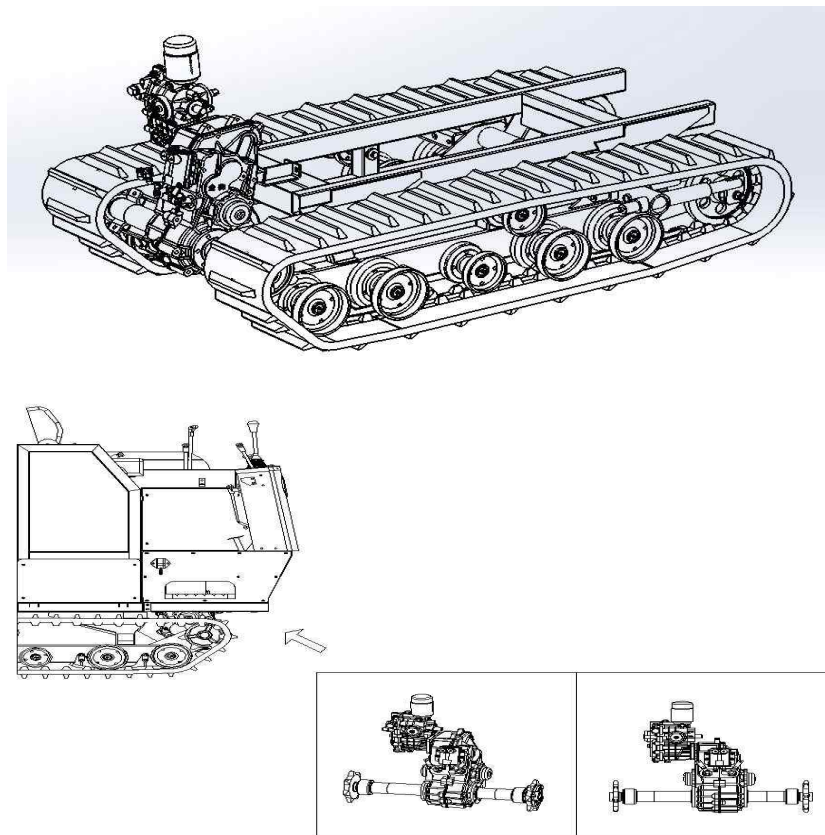


(2) 3차년도 시작기 변경 주요부

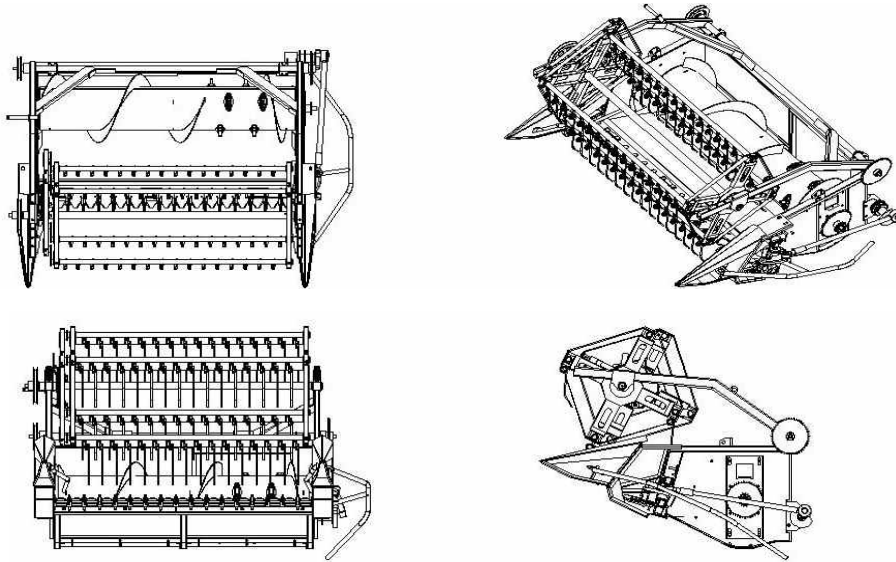
○ 주요부 동력전달계통도



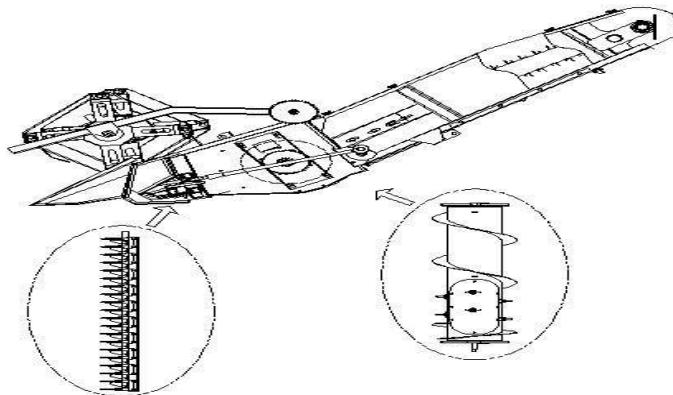
○ 크롤러 및 변속장치



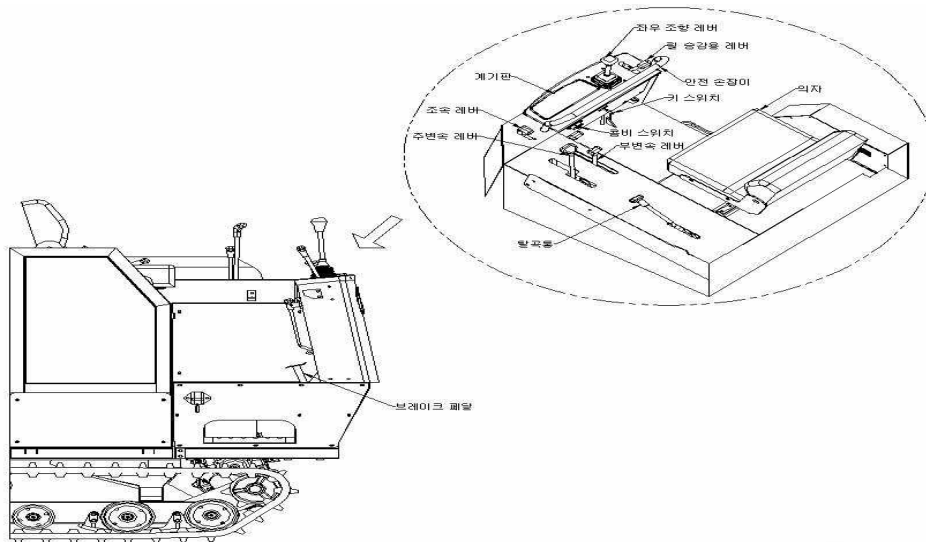
○ 전처리부



○ 예취부 및 작물이송부



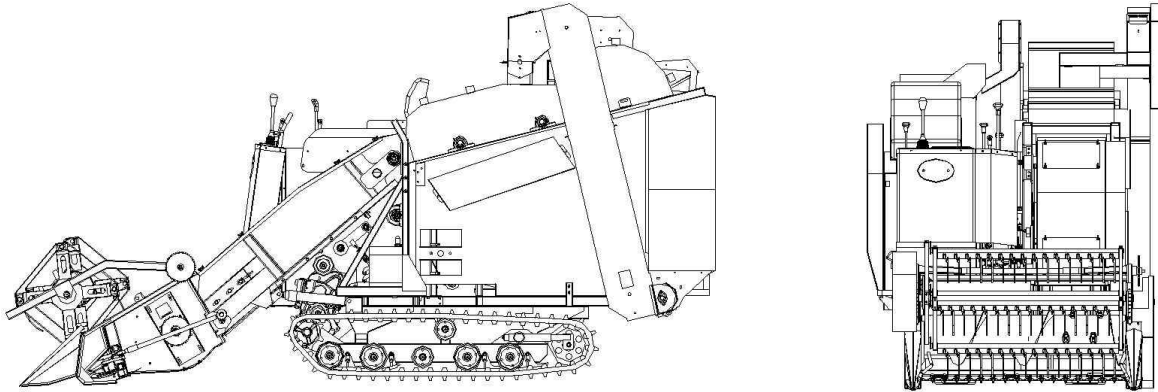
○ 운전조작부



나. 잡곡 수확용 소형 콤팩트 시작기 조립상태, 기능 작동시험 및 운전 사양 조사(오폐(주))

(1) 3차년도 시작기 총 조립도 및 제작 외관

○ 3차년도 시작기 총 조립도



○ 3차년도 시작기 외관



(2) 3차년도 시작기 주요 변경 사양

항목	변경 전	변경 후
기체 중량	1,680 kg	1,817 kg
변속장치	부 변속 : 선택 맞물림 기어식 2단(저속, 고속) 주 변속 : 선택 맞물림 기어식 3단(저속, 중속, 고속)	부 변속 : 선택 맞물림 기어식 3단(저속, 중속, 고속) 주 변속 : 정유압식(HST) 무단 최대압력 32 MPa, 40 kW(3,000 rpm)
크롤러	피치 수	38 개
	차륜거리	775 mm
	접지 길이	920 mm
	접지 압력	32.6 kPa
엔진 연료탱크 용량	20 L	35 L
곡물탱크 용량	200 L	600 L

다. 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 포장 성능시험 및 평가(오폐(주), 전남대 공동 수행)

(1) 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 메밀 포장시험

○ 시험조건

- 시험시기 및 장소 : 2018년 11월 16일, 경남 의령군 가례면 농가 포장
- 시험작물 : 메밀, 산파재배, 곡립 함수율 17.7( $\pm$ 2.7)%, 줄기 함수율 68.9( $\pm$ 6.4)%, 곡물크기 삼각뿔 높이x길이 6.42( $\pm$ 0.4)x5.3( $\pm$ 0.7) mm, 작물높이 86.8( $\pm$ 13.4) cm, 도복각 35.5( $\pm$ 10.2) $^{\circ}$ , 작물 예취높이 17.5( $\pm$ 4.8) cm
- 시험요인 : 작업속도 약 0.10~1.08 m/s (부 변속 2단 중속, 주 변속(HST) 6단계)
- 측정·분석항목 : 작물높이, 함수율, 도복각 등 물성, 작업속도, 곡물 손실비율(탈립, 수집(예취장치에 의하여 예취된 수수의 포장 낙하로 인한 곡물 손실), 미 예취, 배진구(선별·정선장치에 의한 배진구의 곡물 배출손실), 곡립구 조성비율(완전립, 손상립, 이물질)

○ 작업성능

- 작업 폭 약 1.2 m, 부 변속 1단 저속, 주 변속 6단계 모두에서 작업가능, 최대 작업 속도 약 1.08 m/s까지 작업 가능하였음.
- 포장효율 약 70%, 작업속도 약 0.5 m/s일 때 작업능률 약 15.1 a/h로 추정됨.

○ 곡물 손실비율

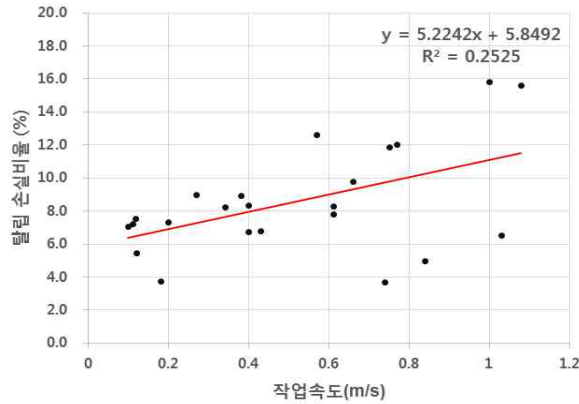
- 작업속도 약 0.10~1.08 m/s의 범위에서 탈립 손실비율 3.7~15.9%, 수집 손실비율 0.8~5.0%, 배진 손실비율 0.9~4.8%, 미 예취 손실 비율 0.1~3.1%, 총 곡립 손실비율 8.2~21.8%의 범위로 나타남.
- 작업속도 약 0.10~1.08 m/s의 범위에서 평균 곡립 손실비율은 탈립 손실비율 8.5( $\pm$ 3.2)%, 수집 손실비율 2.9( $\pm$ 1.4)%, 배진 손실비율 2.8( $\pm$ 1.3)%, 미 예취 손실비율 1.4( $\pm$ 1.0)%, 총 곡립 손실비율 15.5( $\pm$ 3.6)%로 나타났으며, 따라서 총 곡립손실 중 탈립에 의한 손실이 54.9%, 수집에 의한 손실이 18.6%, 배진구에서의 손실이 17.8%, 미 예취 손실이 1.4%를 차지하였음.
- 작업속도가 증가함에 따라 탈립 손실비율과 배진 손실비율은 증가하는 경향으로 나타났으며, 수집 손실비율과 미 예취 손실 비율은 감소하는 경향을 보였음. 전반적인 총 곡립 손실비율은 작업속도 증가에 따라 약간씩 증가하는 경향으로 나타났음.
- 총 곡립 손실비율은 Naka et al.(1982)은 자탈형 콤바인(head feeding combine) 작업 시 15~20%, 보통형 콤바인 작업 시 3~6% 정도라고 보고함. Kitakura et al.(2008)는 등숙률(ratio of black colored grain) 48~76%의 메밀을 대상으로 한 예취 폭 1.7~2.1 m의 보통형 콤바인, 등숙률(ratio of black colored grain) 48-80%의 메밀을 대상으로 한 예취 폭 1.3~1.5 m의 소형 보통형 콤바인 작업 시험에서 총 곡립 손실률은 각각 1.1~19.8%, 3.2-17.9%로 나타났다고 보고함. Morishita and Suzuki(2012)는 등숙률(ratio of black colored grain) 90, 95%의 메밀을 대상으로 한 2012년 보통형 콤바인 작업 시험에서 관행 품종 6.7-21.2%, 탈립 저항성 품종 9.6~10.1%, 강우 많고 태풍의 영향이 있었던 2013년과 2014년 시험(Morishita and Suzuki, 2017)에서는 2013년 관행 품종 43.2

~71.5%, 탈립 저항성 품종 21.9~44.3%, 2014년 관행 품종 7.4~19.1%, 탈립 저항성 품종 16.9~18.5%의 총 곡립 손실비율을 보였다고 보고함.

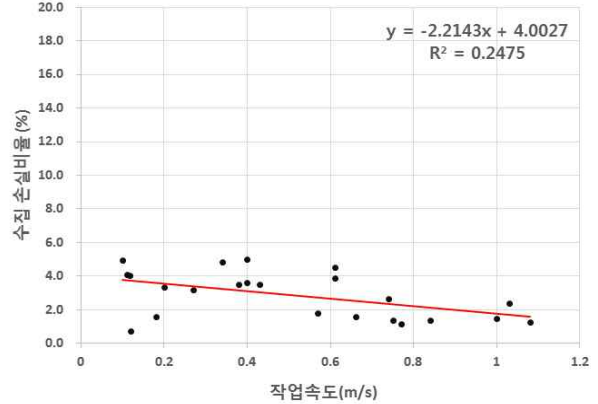
- 3차년도 시작기의 총 곡립 손실비율은 등숙률이 비교적 낮았던 Kitakura et al.(2008)의 연구결과와 비교해 보면 약간 높게 나타난 것으로 판단되며, 등숙률이 비교적 높았던 Morishita and Suzuki(2012 and 2017)의 연구결과와 비교해 보면 관행 품종 시험과는 비슷한 결과를, 그리고 탈립 저항성 품종 시험보다는 곡립 손실비율이 높게 나타난 것으로 판단됨.
- 2차년도 시작기의 포장시험에서는 탈곡, 선별·정선에 의한 배진구의 곡립 손실비율이 약 13.0% 정도로 나타났으나 3차년도 시작기는 HST 주 변속장치의 채용으로 다양한 작업속도에서 배진구의 곡립 손실비율을 0.9~4.8%의 범위로 크게 줄일 수 있었으며, Kitakura et al.(2008) 1.1~8.5%, Morishita and Suzuki(2012 and 2017) 1.2~4.9%의 연구결과와 비교해 보아도 약간 우수하거나 비슷한 결과를 보인 것으로 판단됨.
- 3차년도 시작기의 포장시험을 흐리고 이슬비가 약간 내리는 조건하에서 수행한 것을 고려하면 3차년도 시작기는 곡립 손실비율 면에서 전반적으로 일본의 관행 품종 연구결과와 비슷하거나 약간 우수한 성능을 보인 것으로 판단됨.

<작업속도에 따른 곡립 손실비율>

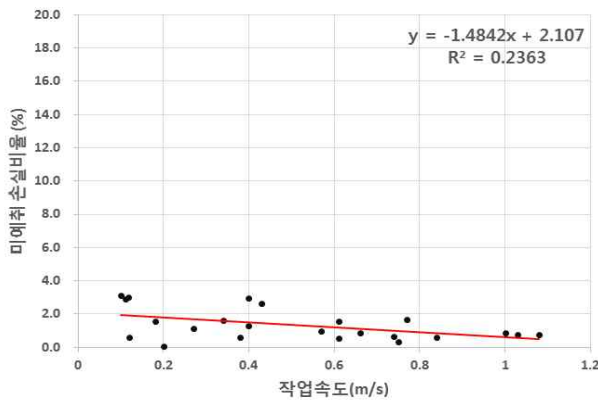
작업속도 (m/s)	곡립 손실비율(%)				
	탈립	수집	미 예취	배진	합계
0.10	7.1	5.0	3.1	1.1	16.3
0.11	7.3	4.1	2.9	2.8	17.1
0.12	7.6	4.0	3.0	3.0	17.6
0.12	5.5	0.8	0.6	3.1	10.0
0.18	3.7	1.6	1.5	1.4	8.2
0.20	7.4	3.4	0.1	1.7	12.5
0.27	9.0	3.2	1.2	1.9	15.2
0.34	8.3	4.8	1.6	2.9	17.6
0.38	9.0	3.5	0.6	0.9	14.0
0.40	8.4	5.0	3.0	1.0	17.4
0.40	6.8	3.6	1.3	4.0	15.7
0.43	6.8	3.5	2.7	1.2	14.2
0.57	12.6	1.8	1.0	3.7	19.1
0.61	8.3	4.6	1.5	4.5	18.9
0.61	7.8	3.9	0.6	4.5	16.8
0.66	9.8	1.6	0.9	2.0	14.3
0.74	3.7	2.7	0.7	1.2	8.2
0.75	11.9	1.4	0.3	4.5	18.1
0.77	12.0	1.2	1.7	2.8	17.7
0.84	5.0	1.4	0.6	4.6	11.5
1.00	15.9	1.5	0.9	3.5	21.8
1.03	6.5	2.4	0.7	4.8	14.5
1.08	15.6	1.3	0.8	2.4	20.0
평균	8.5	2.9	1.4	2.8	15.5
표준편차	3.2	1.4	1.0	1.3	3.6



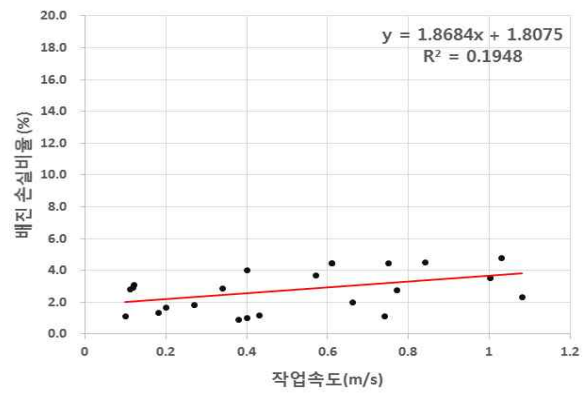
작업속도에 따른 탈립 손실비율



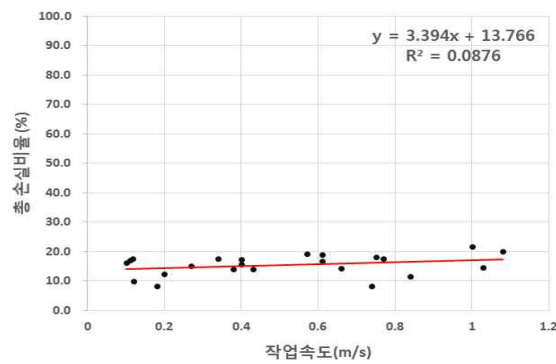
작업속도에 따른 수집 손실비율



작업속도에 따른 미세취 손실비율



작업속도에 따른 배진 손실비율



작업속도에 따른 총 손실비율

○ 곡립구 조성비율

- 작업속도 약 0.10~1.08 m/s의 범위에서 곡립구의 완전립 비율은 83.2~96.7%, 이물질 비율은 3.3~16.8%의 범위를 보였으며, 손상립은 없는 것으로 나타남.
- 작업속도 약 0.10~1.08 m/s의 범위에서 평균 완전립 비율은 89.3(±4.3)%, 이물질 비율은 10.7(±4.3)%로 분석되었음.
- 작업속도가 증가함에 따라 완전립 비율은 약간씩 감소하는 경향을 보인 반면 이물질 비율은 약간씩 증가하는 경향으로 나타났음.

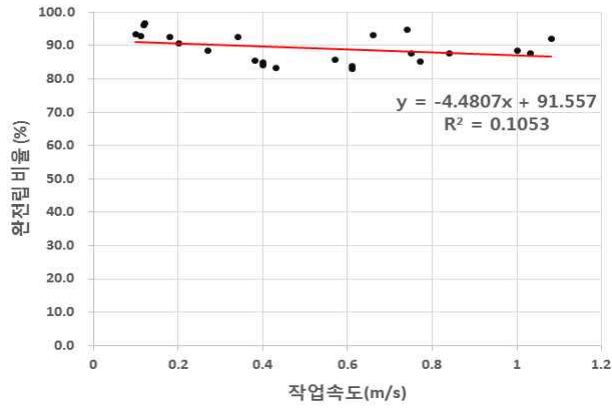
- Naka et al(1982)은 자탈형 콤파인으로 수확 시 곡립구의 이물질 비율 20%, 손상립 비율 3~4%로 매우 크게 발생하며, 보통형 콤파인은 곡립구의 곡립 비율이 80~95% 정도라고 보고함. 그러나 Kitakura et al.(2008)은 곡립 비율과 이물질 비율이 대부분 예취 폭 1.7~2.1 m 보통형 콤파인은 각각 97% 이상, 3% 이하, 예취 폭 1.3~1.5 m 소형 보통형 콤파인은 각각 98% 이상, 2% 이하라고 보고하고 있음. 따라서 3차년도 시작기는 Naka et al(1982)의 연구결과 보다는 약간 양호한 곡물 품질을 나타냈으나 Kitakura et al.(2008)의 연구결과와 비해서는 완전립 비율이 낮고, 특히 이물질 비율이 크게 높은 것으로 나타남. 이는 흐리고 이슬비가 약간 내리는 포장조건에서의 시험 수행과 함께 시험에 사용한 정선장치 곡립체의 구멍 크기가 8 mm로 시험 메밀 곡립 크기에 비하여 컷던 것이 그 원인으로 판단되었으며 향후 맑은 날씨에서 메밀 크기에 적합한 곡립체를 채용하여 시험하면 곡립구의 곡물 품질도 개선시킬 수 있을 것으로 보임.

<작업속도에 따른 곡립구 조성비율>

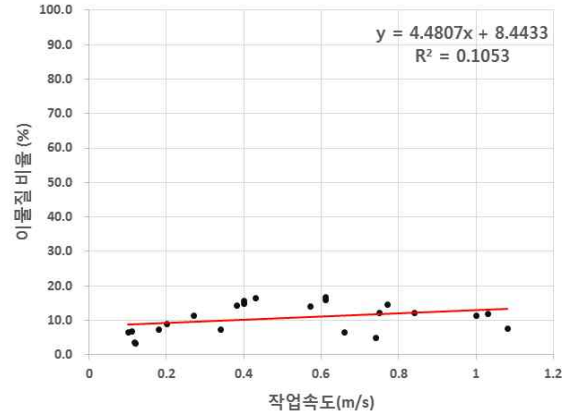
작업속도 (m/s)	곡립구 조성비율(%)				
	완전립	손상립	미숙립	지경부착립	이물질
0.1	93.4	0.0	0.0	0.0	6.6
0.11	93.0	0.0	0.0	0.0	7.0
0.12	96.3	0.0	0.0	0.0	3.7
0.12	96.7	0.0	0.0	0.0	3.3
0.18	92.6	0.0	0.0	0.0	7.4
0.20	90.9	0.0	0.0	0.0	9.1
0.27	88.5	0.0	0.0	0.0	11.5
0.34	92.6	0.0	0.0	0.0	7.4
0.38	85.7	0.0	0.0	0.0	14.3
0.40	85.2	0.0	0.0	0.0	14.8
0.40	84.3	0.0	0.0	0.0	15.7
0.43	83.4	0.0	0.0	0.0	16.6
0.57	85.8	0.0	0.0	0.0	14.2
0.61	83.9	0.0	0.0	0.0	16.1
0.61	83.2	0.0	0.0	0.0	16.8
0.66	93.3	0.0	0.0	0.0	6.7
0.74	94.9	0.0	0.0	0.0	5.1
0.75	87.9	0.0	0.0	0.0	12.1
0.77	85.2	0.0	0.0	0.0	14.8
0.84	87.9	0.0	0.0	0.0	12.1
1.00	88.6	0.0	0.0	0.0	11.4
1.03	87.9	0.0	0.0	0.0	12.1
1.08	92.2	0.0	0.0	0.0	7.8
평균	89.3	0.0	0.0	0.0	10.7
표준편차	4.3	0.0	0.0	0.0	4.3

주) 시료 중 손상립, 미숙립은 구별이 어려워 이물질로 처리함.





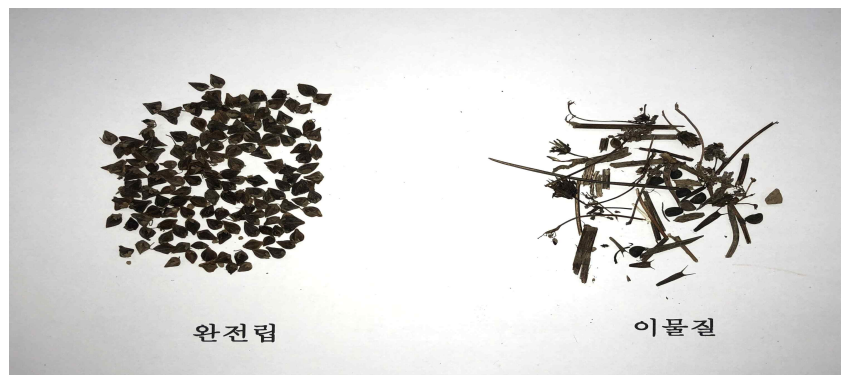
작업속도에 따른 곡립구 완전립 비율



작업속도에 따른 곡립구 이물질 비율



<메밀 수확 모습, 수확작업 전·후 포장 모습>



<곡립구 샘플 모습>

(2) 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 울무 포장시험

○ 시험조건

- 시험시기 및 장소 : 2018년 11월 5~6일, 경남 의령군 가례면 농가 포장
- 시험작물 : 울무, 손 조파재배, 곡립 함수율 24.6(±2.7)%, 줄기 함수율 62.6(±1.9)%, 곡물크기 길이×폭×두께 9.9(±0.4)×5.2(±0.5)×4.4(±0.4) mm, 작물높이 152.3(±26.7) cm, 예취높이 63.3(±5.2) cm
- 시험요인 : 작업속도 약 0.24~1.05 m/s (부 변속 2단 중속, 주 변속(HST) 6단계)
- 측정·분석항목 : 작물높이, 함수율, 도복각 등 물성, 작업속도, 예취높이, 곡물 손실비율 (탈립, 수집(예취장치에 의하여 예취된 수수의 포장 낙하로 인한 곡물 손실), 미 예취, 배진(선별·정선장치에 의한 배진구의 곡물 배출손실), 곡립구 조성비율(완전립, 손상립, 지경 부착립, 미숙립, 이물질)

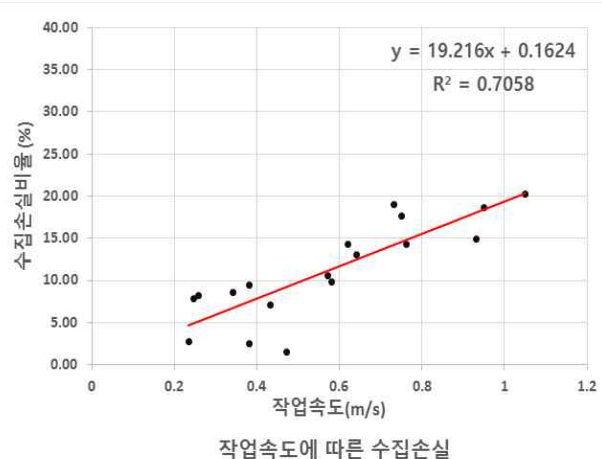
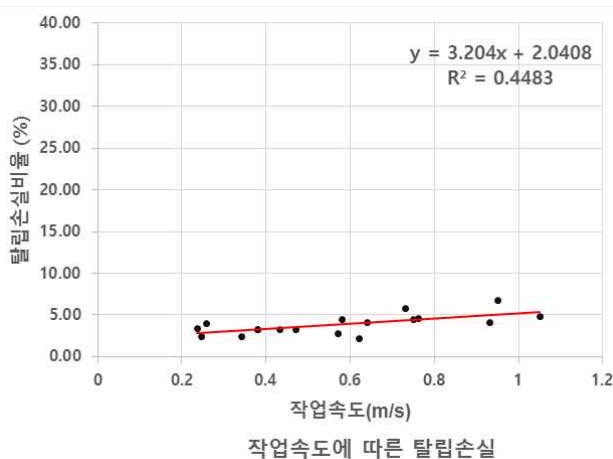
○ 작업성능

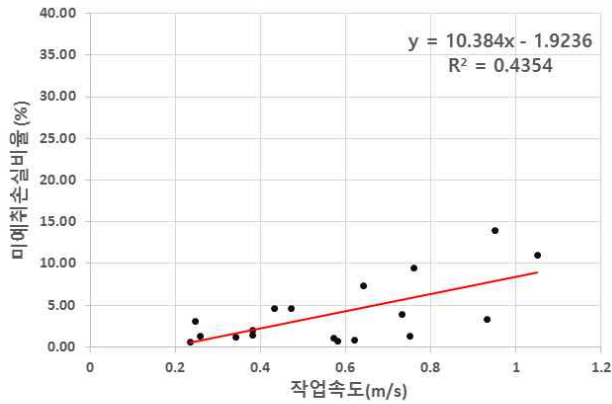
- 작업 폭 약 1.2(2조) m, 부 변속 1단 저속, 주 변속 6단계 모두에서 작업가능, 최대 작업속도 약 1.05 m/s까지 작업 가능하였음.
- 포장효율 약 70%, 작업속도 약 0.6 m/s일 때 작업능률 약 18.1 a/h로 추정됨.

○ 곡물 손실비율

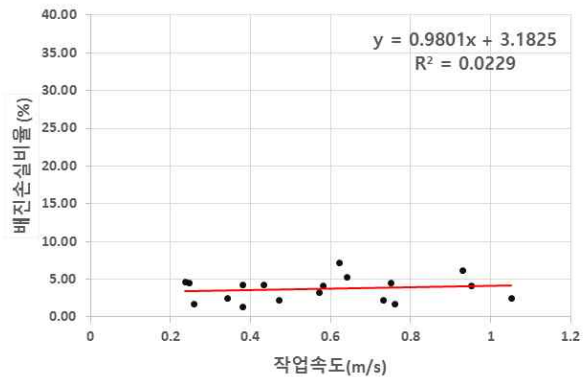
- 작업속도 약 0.24~1.05 m/s의 범위에서 탈립 손실비율 2.2~6.8%, 수집 손실비율 1.6~20.3%, 배진 손실비율 1.4~7.3%, 미 예취 손실 비율 0.7~14.0%, 총 곡립 손실비율 11.6~43.6%의 범위로 나타남.
- 작업속도 약 0.24~1.05 m/s의 범위에서 평균 곡립 손실비율은 탈립 손실비율 3.9(±1.2)%, 수집 손실비율 11.2(±5.8)%, 배진 손실비율 3.7(±1.6)%, 미 예취 손실비율 4.0(±4.0)%, 총 곡립 손실비율 22.8(±9.5)%로 나타났음.
- 총 곡립손실 중 탈립에 의한 손실이 17.0%, 수집에 의한 손실이 49.0%, 배진구에서의 손실이 16.4%, 미 예취 손실이 17.7%를 차지하여 수집, 미 예취, 탈립, 배진 손실 순으로 곡립 손실이 나타났음.
- 2차년도 시작기와 비교해 볼 때 전반적으로 미 예취 손실을 제외한 모든 손실비율이 감소하였으며, 특히 수집 손실비율이 절반 정도로 크게 감소하여 총 곡립 손실비율은 30% 후반에서 20% 전후 이하로 감소하였음. 다만 2차 시작기 시험에서는 나타나지 않았던 미 예취 손실비율이 크게 나타났던 것은 손 조파 파종으로 작물 줄이 구불 구불하여 시험 중 콤바인의 조향으로 인한 것으로 보임. 파종기에 의한 점파재배 시에는 미 예취 손실을 거의 줄일 수 있어 총 곡립 손실비율을 20% 이하 수준으로 작업할 수 있을 것으로 판단됨.
- 작업속도가 증가함에 따라 탈립 손실비율과 배진 손실비율은 약간씩 증가하는 경향으로 나타났으나, 수집, 미 예취 곡립 손실비율은 크게 증가하는 경향을 보였으며, 전반적인 총 곡립 손실비율은 작업속도 증가에 따라 증가하는 경향이 뚜렷하였음.
- 울무 곡립 손실비율은 작물 높이, 탈립성 등 품종 특성, 줄기와 곡물 함수율, 등숙도 등 작물 조건, 작업속도, 예취 높이 등 콤바인의 운전조건 등에 따라 크게 달라짐.

- 3차년도 시작기의 총 곡립 손실비율은 작업속도와 작업 폭을 고려해 볼 때 Takamatsu et al.(1985)의 자탈형 콤바인을 이용한 총 곡립 손실비율이 13.5~33.2%, Ohtsuka et al.(1985)의 자탈형 콤바인 개량 전 작업속도 약 0.2 m/s 미만, 작업 폭 0.6 m 조건에서 총 곡립 손실비율 3.6~18.5%, 개량 후 작업속도를 약 0.3~0.4 m/s, 작업 폭 0.9 m 조건에서 총 곡립 손실비율은 3.7~19.6%, Okabe et al.(1987)의 울무수확에 적합하도록 개조한 자탈형 콤바인을 이용한 작물 높이 2 m의 총 곡립 손실비율 약 28.5% 보다는 우수한 성능을 보인 것으로 판단되며, Ohtsuka et al.(1985)의 자탈형 콤바인과 비교한 보통형 콤바인의 총 곡립 손실비율 7.3~12.8%, Okabe et al.(1987)의 자탈형 콤바인 작물높이 약 1.4 m이내의 높이에서 총 곡립 손실비율 5.7~13.0% 연구결과와는 시작기의 미 예취 손실비율을 고려하면 비슷하거나 약간 높은 총 곡립 손실비율을 보인 것으로 판단됨.
- Lee et al.(1997), Takamatsu et al.(1985), Ohtsuka et al.(1985), Okabe et al.(1987)의 콤바인 수확시험 결과 가운데 총 곡립 손실비율이 본 연구의 시작기 보다 낮게 나타난 부분이 있었던 것은 본 시작기 수확시험 울무보다 곡립 함수율이 높고, 곡립구의 손상립이나 미숙립 발생비율이 높아 이른 시기에 울무를 수확하였거나 작업속도를 느리게 시험하는 등 시험 울무 조건과 콤바인의 운전조건이 달랐기 때문으로 판단됨.
- 본 연구 시작기의 경우 릴의 구조 및 작동, 예취 날에 대한 위치를 개선함으로써 손실을 크게 줄일 수 있었음. 향후 콤바인 수확에 적합한 수확 작물의 높이가 낮고 탈립 저항성이 큰 품종 개량이 이루어지면 총 곡립 손실비율을 이들 콤바인 수준과 비슷하거나 그 이하 수준으로 줄일 수 있을 것으로 판단됨.

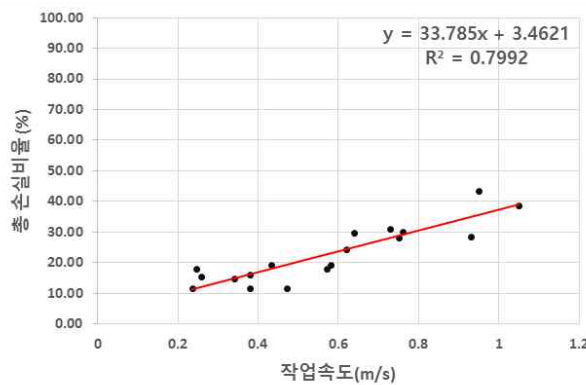




작업속도에 따른 미예취손실



작업속도에 따른 배진손실



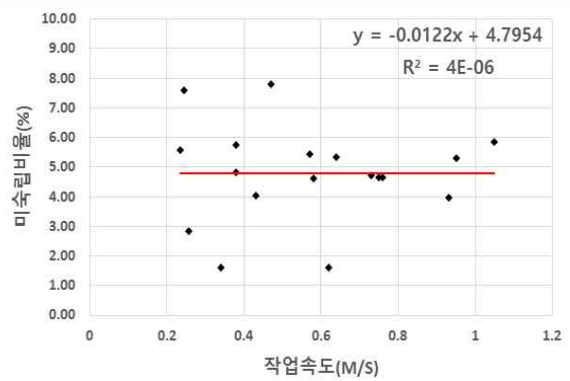
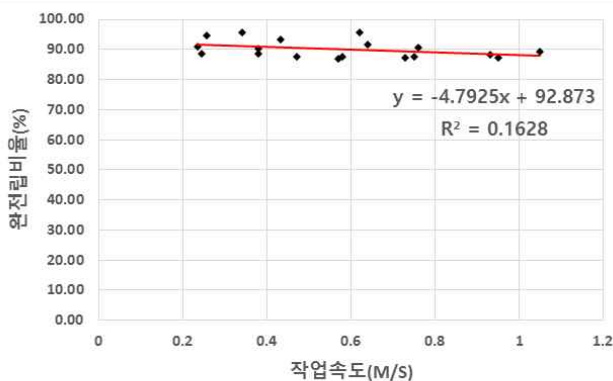
작업속도에 따른 총 손실

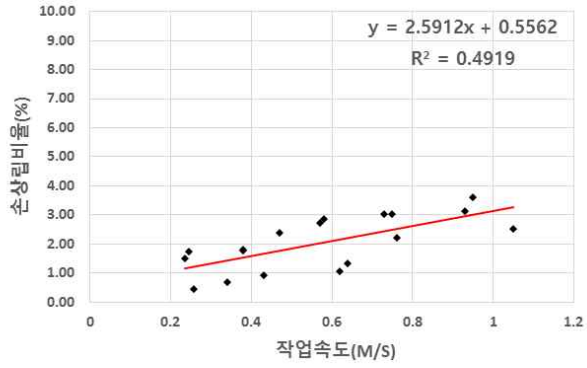
<작업속도에 따른 곡립 손실비율>

작업속도 (m/s)	곡립 손실비율(%)				
	탈립	수집	미예취	배진	합계
0.235	3.4	2.8	0.7	4.7	11.6
0.245	2.5	7.9	3.1	4.6	18.1
0.258	4.0	8.3	1.3	1.8	15.4
0.34	2.5	8.7	1.3	2.5	14.9
0.38	3.3	2.6	1.4	4.3	11.6
0.38	3.3	9.5	2.0	1.4	16.2
0.432	3.3	7.2	4.7	4.3	19.4
0.471	3.3	1.6	4.6	2.2	11.6
0.57	2.8	10.7	1.2	3.3	17.9
0.58	4.5	9.9	0.8	4.2	19.4
0.62	2.2	14.3	0.8	7.2	24.6
0.64	4.1	13.1	7.4	5.3	29.9
0.73	5.8	19.0	4.0	2.2	31.0
0.75	4.5	17.6	1.4	4.6	28.1
0.76	4.6	14.3	9.5	1.8	30.2
0.93	4.1	14.9	3.3	6.3	28.7
0.95	6.8	18.7	14.0	4.1	43.6
1.05	4.9	20.3	11.1	2.6	38.9
평균	3.9	11.2	4.0	3.7	22.8
표준편차	1.2	5.8	4.0	1.6	9.5

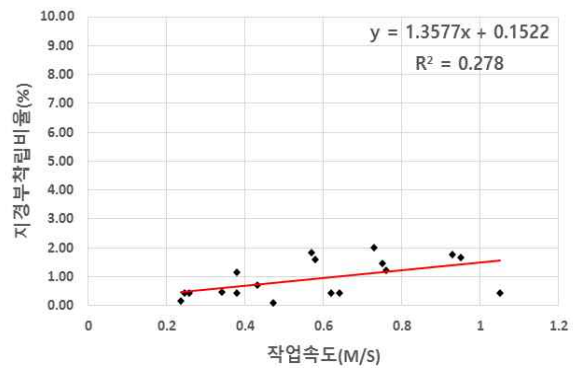
○ 곡립구 조성비율

- 작업속도 약 0.24~1.05 m/s의 범위에서 곡립구의 완전립 비율은 87.1~95.7%, 손상립 비율 0.5~3.6%, 지경 부착립 비율 0.1~2.0%, 미숙립 비율 1.6~7.8%, 이물질 비율은 0.9~3.2%의 범위를 보였음.
- 작업속도 약 0.24~1.05 m/s의 범위에서 평균 완전립 비율은 90.1(±3.0)%, 손상립 비율 2.0(±0.9)%, 지경 부착립 비율 0.9(±0.6)%, 미숙립 비율 4.8(±1.6)%, 이물질 비율 2.1(±0.8)%로 분석되었음.
- 작업속도가 증가함에 따라 완전립 비율은 약간씩 감소하는 경향을 보인 반면 손상립 비율, 지경 부착립 비율, 이물질 비율은 증가하는 경향을 보였음.
- 미숙립 비율이 크게 나타난 것은 파종 후 가뭄으로 인한 생육부진의 영향으로 판단되며, 정상 생육이 이루어지는 경우 완전립 비율이 증가될 수 있을 것으로 보임.
- Takamatsu et al.(1985)은 자탈형 콤바인 이용 수확 시험에서 곡립구의 완전립, 손상립, 부스러진 곡물, 지경 부착립, 이물질 비율이 각각 70.1~80.5%, 7.4~11.0%, 3.2~21.1%, 0.9~2.1%, 0.5~3.2%, Ohtsuka et al.(1985)은 자탈형 콤바인 개량 전 곡립구의 완전립, 손상립, 미숙립, 이물질 비율이 각각 73.0~85.5%, 5.9~21.1%, 3.7~4.0%, 1.9~4.9%, 자탈형 콤바인 개량 후 곡립구의 완전립, 손상립, 지경 부착립, 이물질 비율이 각각 73.8~95.6%, 2.0~25.7%, 0.0~1.1%, 0.1~2.8%, 보통형 콤바인 곡립구의 완전립, 손상립, 지경 부착립, 이물질 비율이 각각 77.3~78.9%, 15.9~16.9%, 0.4~0.9%, 4.8~4.9%로 나타난다고 보고하였음.
- 본 연구의 3차년도 시작기와 위의 연구결과들을 비교하면 시작기의 성능이 대체적으로 지경 부착립 비율을 제외한 완전립 비율, 손상립 비율, 이물질 비율 면에서 우수하여 곡립구에서의 곡물품질은 매우 양호한 것으로 나타났음.

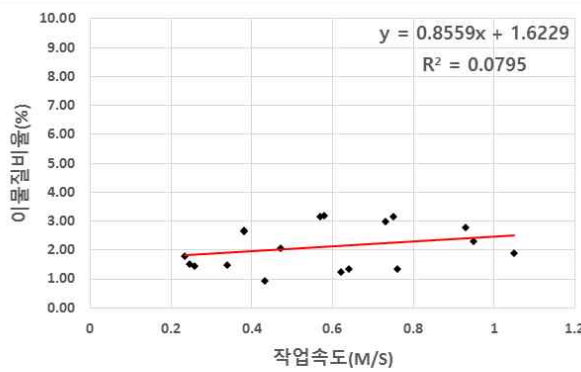




작업속도에 따른 손상립 비율



작업속도에 따른 지경부착립 비율



작업속도에 따른 이물질 비율

<작업속도에 따른 곡립구 조성비율>

작업속도 (m/s)	곡립구 조성비율(%)				
	완전립	미숙립	손상립	지경부착립	이물질
0.24	91.0	5.6	1.5	0.1	1.8
0.25	88.7	7.6	1.7	0.4	1.5
0.26	94.8	2.9	0.5	0.4	1.4
0.34	95.7	1.6	0.7	0.5	1.5
0.38	88.6	5.7	1.8	1.1	2.7
0.38	90.3	4.8	1.8	0.4	2.7
0.43	93.4	4.0	0.9	0.7	0.9
0.47	87.7	7.8	2.4	0.1	2.1
0.57	86.8	5.5	2.7	1.8	3.2
0.58	87.7	4.6	2.9	1.6	3.2
0.62	95.7	1.6	1.0	0.4	1.2
0.64	91.6	5.3	1.3	0.4	1.3
0.73	87.3	4.7	3.0	2.0	3.0
0.75	87.7	4.7	3.0	1.5	3.2
0.76	90.6	4.6	2.2	1.2	1.4
0.93	88.4	4.0	3.1	1.8	2.8
0.95	87.1	5.3	3.6	1.7	2.3
1.05	89.3	5.8	2.5	0.4	1.9
평균	90.1	4.8	2.0	0.9	2.1
표준편차	3.0	1.6	0.9	0.6	0.8



〈울무 수확 모습, 수확작업 전·후 포장 모습〉



완전립

미숙립



지경부착립

손상립



이물질

〈곡립구 샘플 모습〉

### (3) 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 콩 포장시험

#### ○ 시험조건

- 시험시기 및 장소 : 2018년 11월 17일, 경남 창원시 의창구 동읍 봉곡리 농가 포장
- 시험작물 : 장류 콩(태광), 점과재배(3륜 승용관리기용 파종기), 곡립 함수율 17.2(±3.7) %, 줄기 함수율 24.2(±3.4)%, 곡물크기 길이×폭×두께 9.1(±0.5)×8.0(±0.3)×6.9(±0.3) mm, 작물높이 46.4(±4.0) cm, 예취높이 8.7(±1.2) cm
- 시험요인 : 작업속도 약 0.24~1.05 m/s (부 변속 2단 중속, 주 변속(HST) 6단계)
- 측정·분석항목 : 작물높이, 함수율, 도복각 등 물성, 작업속도, 예취높이, 곡물 손실비율 (탈립, 수집(예취장치에 의하여 예취된 수수의 포장 낙하로 인한 곡물 손실), 미 예취, 배진(선별·정선장치에 의한 배진구의 곡물 배출손실), 곡립구 조성비율(완전립, 손상립, 지경 부착립, 미숙립, 이물질)

#### ○ 작업성능

- 작업 폭 약 1.2(2조) m, 부 변속 1단 저속, 주 변속 6단계 모두에서 작업가능, 최대 작업속도 약 1.10 m/s까지 작업 가능하였음.
- 포장효율 약 70%, 작업속도 약 0.6 m/s일 때 작업능률 약 18.1 a/h로 추정됨.

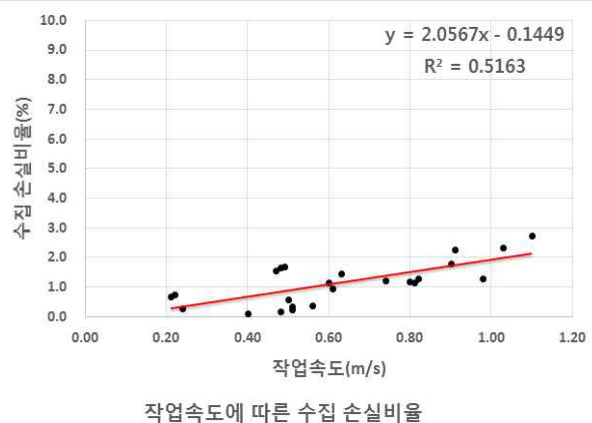
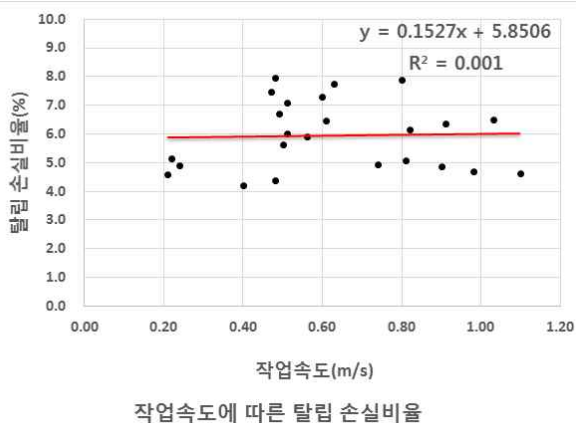
#### ○ 곡물 손실비율

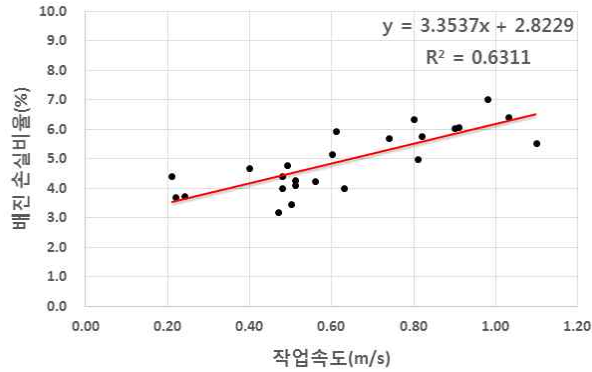
- 작업속도 약 0.21~1.10 m/s의 범위에서 탈립 손실비율 4.2~8.0%, 수집 손실비율 0.1~2.73%, 배진 손실비율 3.2~7.0%, 미 예취 손실 비율 0.0~0.2%, 총 곡립 손실비율 8.9~15.6%의 범위로 나타남.
- 작업속도 약 0.21~1.10 m/s의 범위에서 평균 곡립 손실비율은 탈립 손실비율 6.0(±1.2)%, 수집 손실비율 1.1(±0.7)%, 배진 손실비율 4.9(±1.1)%, 미 예취 손실비율 0.1(±0.1)%, 총 곡립 손실비율 12.1(±2.0)%로 나타났음.
- 총 곡립손실 중 탈립에 의한 손실이 49.2%, 수집에 의한 손실이 9.4%, 배진구에서의 손실이 40.7%, 미 예취 손실이 0.6%를 차지하여 탈립, 배진구, 수집, 미 예취 손실 순으로 곡립 손실이 나타났으며, 대부분의 손실이 릴 및 예취장치에 의한 탈립과 선별·정선장치에 의한 배진 손실이 차지하는 것으로 나타남.
- 작업속도가 증가함에 따라 탈립 손실비율과 미 예취 손실비율의 변화는 거의 없는 것으로 나타났으나, 수집 손실비율과 배진 손실비율은 증가하는 경향이 뚜렷하였음. 전반적인 총 곡립 손실비율 작업속도 증가에 따라 증가하는 경향을 보였음.
- 유용환 등(1993, 한국 콩 연구회지)은 콩 생력기계화 재배 기술시험을 2조식 콩 전용 콤바인을 이용하여 실시하여 수확적기 구멍, 콩 품종별 손실률을 구명하였는데 수확적기는 성숙기 후 10일 경, 평균 손실률은 3.8%였으며, 품종에 따라 1.6~9.7%로 차이를 나타냈다고 보고함. 농촌진흥청 농업기계화연구소(1992)에서는 줄봉형, 돌기치 부착 보통형 콤바인의 콩 수확 실용성 검토 연구를 수행하였는데 콩 손실률은 품종에 따라 1.9~7.4% 범위를 보였음. 농촌진흥청 농업공학연구소(2001~2003)는 무한계도식, 릴,



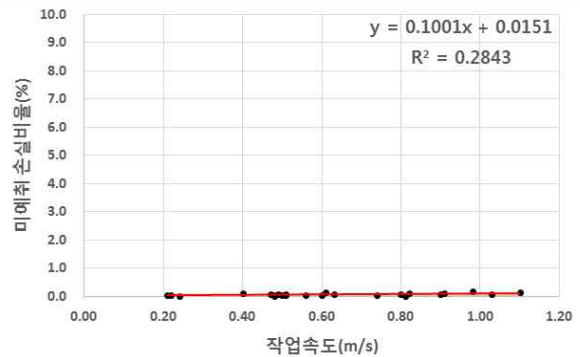
왕복 예취날식, 돌기치식, 2단 요동+송풍식 등 특성을 갖는 1.5 m 폭 자주식 콩 콤바인 시작기 개발 연구에서 작업능력 27 a/시간, 콩 손실률 1.2~2.8%(작업속도 0.6 m/s) 성능을 나타내어 관행 작업 대비 98% 노력 절감, 88% 비용 절감을 이룰 수 있다고 보고하였음. 국내업체인 오펜주식회사(2013)는 회전 예취날, 돌기형 전처리 수집부를 갖춘 자주식 예취형 콩 전용 콤바인을 국산화 개발하였는데 곡립 손실비율이 2.3~3.0%로 나타났다고 보고하였음.

- 국외의 경우 구미 등 일본을 제외한 나라에서는 보통형 콩 콤바인이 활용되고 있는데 포장손실과 수확 곡물의 품질을 향상시키는 연구가 주로 연구되었음. 콤바인 포장손실에 대한 연구(1989 Mesquita, 2002 Beasley, 2002 Shy et al., 2004 Grisso, 2004 Herbek et al., 1992 Tamura et al., 1997 Costa et al.)는 연구자, 기종, 콩의 종류에 따라 차이는 있지만 포장손실률 약 6% 이하의 성능(Mesquita, 2006 등 관련 문헌)이 허용할 수 있는 수준으로 제시되고 있음.
- 본 연구 3차년도 시작기 콩 수확 시 총 곡립 손실비율은 약 12.1%로 국내외 연구결과 총 곡립 손실비율 보다 매우 높게 나타났음. 이는 탈립 손실비율과 배진 손실비율이 매우 높게 나타난 것에 기인함. 적정 콩 수확시기에는 수확 전 자연 탈립이 거의 발생하지 않으나 본 연구의 시험에서는 수확시기가 적정 수확시기보다 지연되어 수확 시 콩의 줄기 및 꼬투리의 함수율이 24.2%로 과도하게 건조되어 꼬투리가 벌어진 콩이 많아 자연 탈립이 수확 콩의 0.3(±0.3)% 정도로 많이 발생하였기 때문에 탈립 손실비율이 약 6.0%, 배진 손실비율이 4.9%로 크게 나타난 것으로 판단됨.
- 비슷한 구조의 탈곡장치와 선별·정선장치를 갖고 있는 45 kW급 콤바인(2013 오펜, 2015 Yoo et al.)의 총 곡립손실비율이 각각 2.3~3.0%, 1.3~3.8%로 보고되었던 것을 고려하면 본 연구의 시작기도 적정 수확시기에 맞추어 시험 작물의 조건만 적합하면 이와 비슷한 곡립 손실비율을 보일 수 있을 것으로 예상됨.

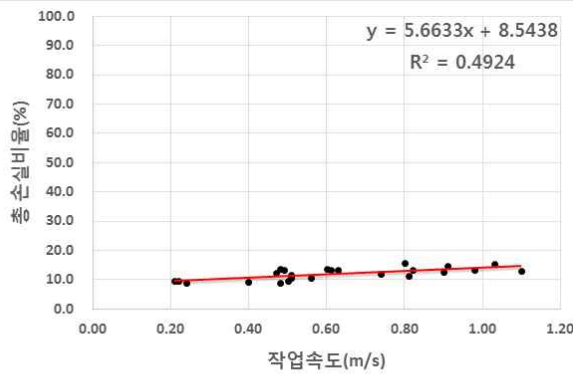




작업속도에 따른 배진 손실비율



작업속도에 따른 미세취 손실비율

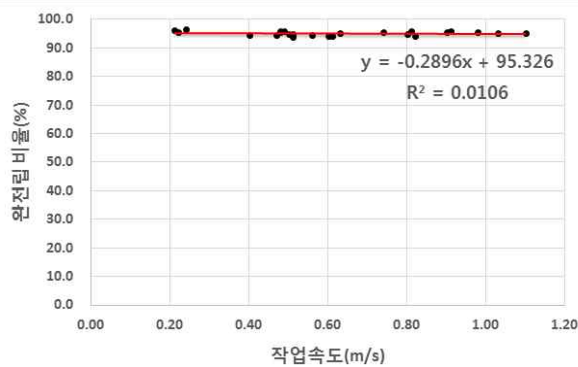


작업속도에 따른 총 손실비율

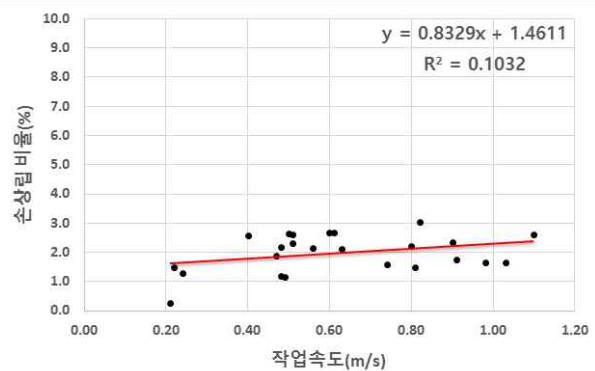
○ 곡립구 조성비율

- 작업속도 약 0.21~1.10 m/s의 범위에서 곡립구의 완전립 비율은 93.8~96.4%, 손상립 비율 0.3~3.0%, 미 탈곡 비율 0.0~0.2%, 미숙립 비율 0.6~1.7%, 이물질 비율은 0.8~2.4%의 범위를 보였음.
- 작업속도 약 0.21~1.10 m/s의 범위에서 평균 완전립 비율은 95.2(±0.7)%, 손상립 비율 2.0(±0.7)%, 미 탈곡 비율 0.1(±0.1)%, 미숙립 비율 1.3(±0.3)%, 이물질 비율 1.5(±0.4)%로 분석되었음.
- 작업속도가 증가함에 따라 완전립 비율, 이물질 비율은 약간씩 감소하는 경향을 보인 반면 손상립 비율은 약간씩 증가하는 경향을 보였으며, 미 탈곡 비율, 미숙립 비율은 거의 변화가 없었음.
- 국외의 연구결과 Hoki 등(1973)은 콩 탈곡 시 기계적 손상을 줄이기 위해서는 콩에 대한 충격속도를 줄이는 것이 필요하며, 특히 콩의 수분함량이 낮은 경우 콩에 대한 충격속도를 더욱 줄여야 한다고 보고함. Narayan(1969)은 navy bean의 탈곡 손상을 줄이기 위한 적정 수분함량 범위를 13.4~15.6%라고 보고하였으며, Pickett(1973)는 콩을 수확하기에 가장 적절한 수분함량은 17~20% 범위이며, 콩 껍질의 수분함량은 12% 이하이어야 한다고 보고함. Bartsch(1986)는 콩의 수분함량이 13%에서 8%로 감소하였을 때 콩의 충격 손상이 크게 증가하는 것으로 보고함.

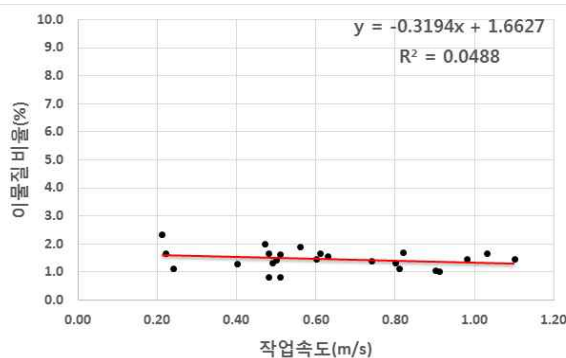
- 콩의 적정 수확 함수율에 대한 연구(2001 Bachmann, 2004 Herbek et al., 2004 Howell et al., 2004 Wright et al.), 병충해(1979 McPherson et al., 2004 Townsend et al., 2004 Baldwin et al.) 및 기상(1971 Moore, 1980 Delouche, 1986 Borba, 2003 Krzyzanowski et al.)에 따른 손상 연구, 콤바인 적정 작업속도에 대한 연구(2001 Mowitz, 2003 Berglund et al., 2004 Herbek et al., 2004 Wright et al.), 적정 탈곡 급동속도에 대한 연구(Herbek et al., 2004 Wright et al., 2004 Grisso), 콤바인의 기계적인 손상과 이물질 비율에 대한 연구(2003 Krzyzanowski et al., 2003 Berglund et al., 2002 Costa et al., 1977 Cain et al., Lamp et al., 2001 Mowitz) 등을 비롯하여 콩 수확 관련 성능 및 효율 향상, 손상 및 손실 감소, 품질 향상을 위한 주요 콩의 예취 및 전처리장치, 탈곡장치 등 콤바인 주요부 개량·개발, 콩 수확방법 비교, 비용분석을 통한 수확기계 선택에 관련된 연구가 수행됨. 콩의 적정 수확 함수율은 약 13~15%, 콩 수확 콤바인 적정 작업속도는 4~4.8(4.5~5.5) km/h, 탈곡부 탈곡 급치(급동)의 적정 속도는 약 50 km/h (13.9 m/s, 급동 400~800 rpm)이며, 수확 시 손상립 비율은 약 3%, 이물질 비율은 1% 이하의 성능(Mesquita, 2006 등 관련 문헌)이 허용할 수 있는 수준인 것으로 보고함.
- 본 연구의 3차년도 시작기와 위의 연구결과들을 비교하면 시작기의 성능은 이물질 비율이 약간 높게 나왔을 뿐 완전립 비율, 손상립 비율 면에서 비슷한 수준의 양호한 곡립구의 곡물품질을 보인 것으로 나타났음.



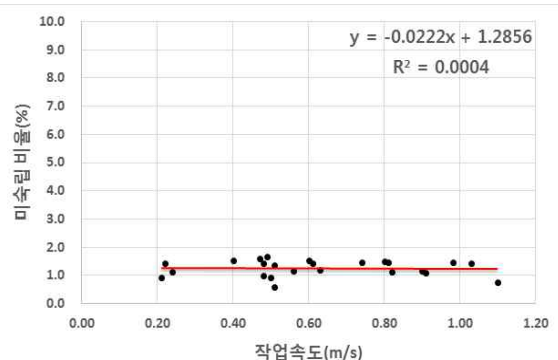
작업속도에 따른 완전립 비율



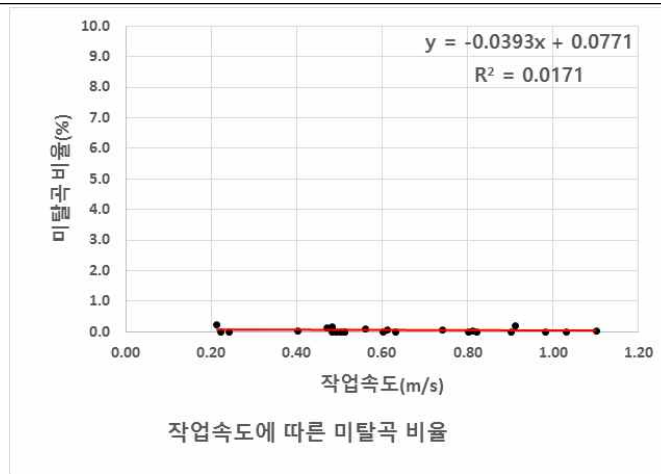
작업속도에 따른 손상립 비율



작업속도에 따른 이물질 비율



작업속도에 따른 미숙립 비율

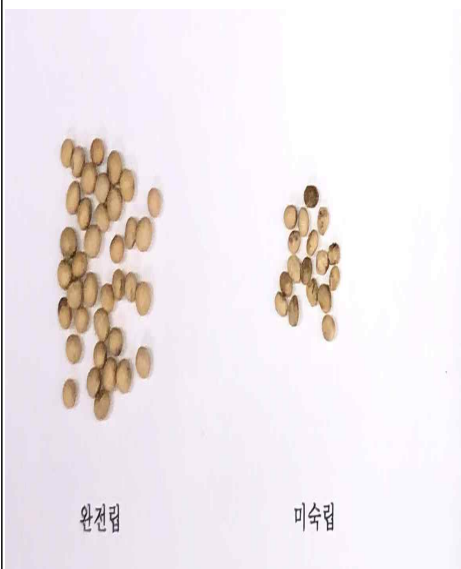


<작업속도에 따른 곡립구 조성비율>

작업속도 (m/s)	곡립구 조성비율(%)				
	완전립	미숙립	손상립	미 탈립	이물질
0.21	96.2	0.9	0.3	0.2	2.4
0.22	95.4	1.4	1.5	0.0	1.7
0.24	96.4	1.1	1.3	0.0	1.1
0.4	94.5	1.5	2.6	0.1	1.3
0.47	94.4	1.6	1.9	0.1	2.0
0.48	95.9	1.0	1.2	0.2	1.7
0.48	95.6	1.4	2.2	0.0	0.8
0.49	95.9	1.7	1.2	0.0	1.3
0.50	95.0	0.9	2.7	0.0	1.4
0.51	93.8	1.4	2.6	0.0	0.8
0.51	94.7	0.6	2.3	0.0	1.6
0.56	94.6	1.2	2.2	0.1	1.9
0.60	94.3	1.5	2.7	0.0	1.5
0.61	94.1	1.4	2.7	0.1	1.7
0.63	95.1	1.2	2.1	0.0	1.6
0.74	95.4	1.5	1.6	0.1	1.4
0.80	94.9	1.5	2.2	0.0	1.3
0.81	95.9	1.5	1.5	0.0	1.1
0.82	94.1	1.1	3.0	0.0	1.7
0.90	95.4	1.2	2.3	0.0	1.1
0.91	95.9	1.1	1.7	0.2	1.0
0.98	95.4	1.5	1.7	0.0	1.5
1.03	95.2	1.4	1.6	0.0	1.7
1.10	95.1	0.8	2.6	0.0	1.5
평균	95.1	1.3	2.0	0.1	1.5
표준편차	0.7	0.3	0.7	0.1	0.4



<콩 수확 모습, 수확작업 전·후 포장 모습>



완전립

미숙립



미탈곡립



손상립



이물질

<곡립구 샘플 모습>

라. 잡곡 수확용 소형 콤팩트 시작기 경사지 등 현장 적응성 시험 평가(전남대)

- 정적 횡전도 : 운전좌석에 75 kg을 탑재한 공차상태로 정적 전도각 시험장치의 30° 경사에서 좌·우 방향으로 전도되지 않음(농업기술실용화재단 검정시험 결과).
- 경사 10° 이상 시 경보음 발생하도록 함.
- 현장 적응성 시험은 3차년도 시작기 포장시험 결과 참조(3차년도 메밀, 울무 포장시험 을 수행한 경남 의령군 가례면 시험포장은 산간지의 산허리에 위치해 있음.) 바라며, 메밀, 울무 수확작업 시 시작기의 작동 상 문제점은 발생하지 않음.

마. 잡곡 수확용 소형 콤팩트 시작기 경제성 분석(전남대)

(1) 메밀, 울무 수확작업의 작업능률, 소요노동력 분석

- 메밀 수확작업
  - 시작기의 메밀수확 시 포장효율 약 70%, 작업속도 약 0.5 m/s일 때 작업능률 약 15 a/h로 분석됨.
  - 관행 메밀수확 시 예취, 수집·운반, 탈곡작업의 작업능률은 각각 약 2.0, 6.0, 12.0 a/h로 조사됨.
  - 메밀수확 시 시작기의 소요노동력은 1.3 시간·인/10a, 관행 예취, 수집·운반, 탈곡작업의 소요노동력은 각각 약 10.0, 3.3, 1.7 시간·인/10a, 총 15.0 시간·인/10으로 나타나 시작기는 관행작업에 비하여 약 91.3%의 노력절감 효과가 있는 것으로 분석됨.
- 울무 수확작업
  - 시작기의 울무수확 시 포장효율 약 70%, 작업속도 약 0.6 m/s일 때 작업능률 약 18 a/h로 분석됨.
  - 관행 울무수확 시 예취, 수집·운반, 탈곡작업의 작업능률은 각각 약 2.5, 5.0, 10.0 a/h로 조사됨.
  - 울무수확 시 시작기의 소요노동력은 1.1 시간·인/10a, 관행 예취, 수집·운반, 탈곡작업의 소요노동력은 각각 약 8.0, 4.0, 2.0 시간·인/10a, 총 14.0 시간·인/10으로 나타나 시작기는 관행작업에 비하여 약 92.1%의 노력절감 효과가 있는 것으로 분석됨.

<메밀수확 작업의 작업능률, 소요노동력>

구분	관행			시작기
	예취(인력)	수집·운반(인력)	탈곡(탈곡기)	
작업능률(a/h)	2.0	6.0	12.0	15
소요인원(인)	2	2	2	2
소요노동력 (시간·인/10a)	10.0	3.3	1.7	1.3
지수(%)	100			8.7

(주) 관행 탈곡 트랙터용 잡곡 탈곡기 이용

<율무수확 작업의 작업능력, 소요노동력>

구분	관행			시작기
	예취(인력)	수집·운반(인력)	탈곡(탈곡기)	
작업능력(a/h)	2.5	5.0	10.0	18
소요인원(인)	2	2	2	2
소요노동력 (시간·인/10a)	8.0	4.0	2.0	1.1
지수(%)	100			7.9

(주) 관행 탈곡 트랙터용 잡곡 탈곡기 이용

(2) 메밀, 율무 수확작업의 경제성 분석

○ 시작기의 연간 부담면적

- 시작기의 연간 작업시간을 약 120 시간으로 가정하면 메밀과 율무 수확작업 시 시작기의 연간 부담면적은 각각 18.0 ha와 21.6 ha로 추정됨.

○ 메밀 수확비용 및 손익분기면적

- 관행 메밀 수확비용은 시간당 약 92,083 원이 소요되었으며, 10a당 총 이용비용은 약 1,381,245 원으로 분석되었음.
- 시작기의 메밀 수확비용은 시간당 약 137,503 원이 소요되었으며, 10a당 총 이용비용은 약 178,754 원으로 분석되었음.
- 시작기에 의한 메밀 수확비용은 작업에 따르는 곡물 손실을 고려치 않는 경우 관행 수확비용의 12.9%로 나타나 관행 수확비용의 약 87.1%를 줄일 수 있는 것으로 분석되었음.
- 관행 수확비용과 시작기의 수확비용을 고려해 볼 때 시작기의 손익분기면적은 약 0.99 ha로 분석되었음.

○ 율무 수확비용 및 손익분기면적

- 관행 율무 수확비용은 시간당 약 92,083 원이 소요되었으며, 10a당 총 이용비용은 약 1,289,162 원으로 분석되었음.
- 시작기의 율무 수확비용은 시간당 약 137,503 원이 소요되었으며, 10a당 총 이용비용은 약 151,253 원으로 분석되었음.
- 시작기에 의한 율무 수확비용은 작업에 따르는 곡물 손실을 고려치 않는 경우 관행 수확비용의 11.7%로 나타나 관행 수확비용의 약 88.3%를 줄일 수 있는 것으로 분석되었음.
- 관행 수확비용과 시작기의 수확비용을 고려해 볼 때 시작기의 손익분기면적은 약 1.04 ha로 분석되었음.

<메밀 수확비용>

구분	관행			시작기	
	예취(인력)	수집·운반(인력)	탈곡(탈곡기)		
구입가격(천원)	-	-	1,860	50,000	
내구년수(년)	-	-	8	6	
연간 이용시간 (시간/년)	-	-	240	120	
연간 고정비 (원/년)	감가상각비	-	209,250	7,500,000	
	수리비	-	111,600	3,000,000	
	이자	-	51,150	1,375,000	
소계		372,000		11,875,000	
시간당 고정비(원/시간)			1,550	98,958	
시간당 변동비 (원/시간)	인건비	28,432	28,432	28,432	34,119
	유류비	-	-	1,547	4,426
	원동기비	-	-	3,690	-
	소계		90,533		38,545
시간당 비용(원/시간)		92,083		137,503	
작업성능(시간/10a)		15.0		1.3	
총 이용비용(원/10a)		1,381,245		178,754	
지수(%)		100		12.9	

(주) \* 수리비 : 6%, 연이자율 : 5%, 폐기가격 : 구입가의 10%  
 \* 유류비 : 연료비 + 연료비 × 0.3(면세유 : 경유 619원/리터, 휘발유 579원/리터(출처:2018 농업과학기술 경제성 분석 기준자료집))  
 \* 인건비 : 남자 113,729원/일, 여자 77,093원/일('18년 1~9월 평균, 출처 : 통계청 농가 구입가격 지수)  
 \* 시작기 인건비 : 운전자 남자 인건비×1.4, 작업보조자 1  
 \* 관행 인건비 : 예취, 수집·운반, 탈곡 인건비 각각 남자 작업자 2

<율무 수확비용>

구분	관행			시작기	
	예취(인력)	수집·운반(인력)	탈곡(탈곡기)		
구입가격(천원)	-	-	1,860	50,000	
내구년수(년)	-	-	8	6	
연간 이용시간 (시간/년)	-	-	240	120	
연간 고정비 (원/년)	감가상각비	-	209,250	7,500,000	
	수리비	-	111,600	3,000,000	
	이자	-	51,150	1,375,000	
소계			372,000	11,875,000	
시간당 고정비(원/시간)			1,550	98,958	
시간당 변동비 (원/시간)	인건비	28,432	28,432	28,432	34,119
	유류비	-	-	1,547	4,426
	원동기비	-	-	3,690	-
	소계		90,533		38,545
시간당 비용(원/시간)		92,083		137,503	
작업성능(시간/10a)		14.0		1.1	
총 이용비용(원/10a)		1,289,162		151,253	
지수(%)		100		11.7	

(주) \* 수리비 : 6%, 연이자율 : 5%, 폐기가격 : 구입가의 10%  
 \* 유류비 : 연료비+연료비×0.3(면세유 : 경유 619원/리터, 휘발유 579원/리터(출처:2018 농업과학기술 경제성 분석 기준자료집))  
 \* 인건비 : 남자 113,729원/일, 여자 77,093원/일('18년 1~9월 평균, 출처 : 통계청 농가 구입가격 지수)  
 \* 시작기 인건비 : 운전자 남자 인건비×1.4, 작업보조자 1  
 \* 관행 인건비 : 예취, 수집·운반, 탈곡 인건비 각각 남자 작업자 2



바. 잡곡 수확용 소형 콤바인 비교 분석

구 분		구보다 (ARH430)	동양 (TH752)	아세아 (CT2600A)	아세아 (PL60)	얀마 (YH400)	얀마 (AG1140R)	엘에스 (MC85)	오페 (ABC270)	기현 (KHC-1200B)	오페 (ABC130)
기체	전장 (mm)	4830	5080	8430	5370	4950	6240	5050	6250	3050	4210
	전폭 (mm)	1950	2600	2920	2850	2170	2840	2590	2400	1420	1860
	전고 (mm)	2570	2800	3200	2800	2720	2740	2840	2940	1240	2300
	중량 (kg)	2728	3812	5050	4930	3054	5060	3840	4260	855	1817
엔진	형식	수냉 4사이클 3기통	수냉 4사이클 4기통	수냉 4사이클 4기통	수냉 4사이클 4기통	수냉 4사이클 3기통	수냉 4사이클 4기통	수냉 4사이클 4기통	수냉 4사이클 4기통	공랭 2사이클 4기통	수냉 3사이클 4기통
	기관종류	디젤	디젤	디젤	디젤	디젤	디젤	디젤	디젤	가솔린	디젤
	배기량 (cc)	1826	3319	3409	3409	1568	3054	3319	3409	725	1175
	최대출력 (kw/rpm)	28/2700	51.4/2100	55.3/2400	85.8/2400	31/2800	85.9/2500	53/2500	51.5/2600	17.1/3600	22.0/2600
주행부	구동방식	무한궤도	무한궤도	무한궤도	무한궤도	무한궤도	무한궤도	무한궤도	무한궤도	무한궤도	무한궤도
	변속방식	유압 무단변속	유압 무단변속	유압 무단변속	유압 무단변속	유압 무단변속	유압 무단변속	유압 무단변속	유압 무단변속	기계식	유압 무단변속
	폭x접지 길이(mm)	410x1520	450x1700	450x1815	600x1800	400x1215	550x1960	450x1960	450x1500	180x860	280x1100
예취부	예취 폭 (mm)	1450	2000	2600	2500	1535	2590	2100	1360 (2조)	1200	1200
탈곡부	탈곡방식	하급식	하급식	하급식	하급식	하급식	하급식	하급식	하급식	하급식	하급식
	회전수 (rpm)	315	584	803	750	805	710	560	420	420	500
곡물탱크 용량 (L)		800	1200	1500	1600	850	1950	1600	600	100	600
작업능력 (a/h)		40	59.5	77.6	58.2	47.9	104.9	33.1	46.5	7.1	10.3
가격 (만원)		9000	6300	10300	10500	8800	16500	6400	9800	2500	4950

#### 4. 세부과제별 연구결과 요약 및 종합 결론

가. 1 세부과제 : 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 본체 설계·제작 및 성능시험

(오펜(주))

- 국내외 개발 보통형 콤바인의 주요 사양, 구조분석을 통하여 벤치마킹 모델을 선정 개발 시작기의 개념 설계 및 주요부 상세 설계를 수행함.
- 1차년도와 2차년도 시작기를 제작하여 주행성 등 기초성능 시험과 유채, 메밀, 울무를 대상으로 주요 요인에 따른 포장시험을 실시 보완점을 도출하여 3차년도 시작기를 제작함.
- 3차년도 시작기는 최대출력 22 kW/2,600 rpm의 엔진, 크로울러 형의 주행장치, 부 변속 3단(저속, 고속, 주행), 주 변속 HST의 변속장치, 릴 및 왕복동 예취장치, 복동 직류식 탈곡장치, 요동 송풍식 선별·정선장치, 재처리장치, 곡물 반송장치 및 곡립탱크 등으로 구성된 작업 폭 2 m, 최저 지상고 약 200 mm, 기체크기 길이×폭×높이 4,210×1,860×2,300 mm, 기체중량 1,817 kg의 소형 콤바인으로 제작되었으며, 이는 일본 Y사의 소형 콤바인 최대출력 31 kW/2,800 rpm, 기체크기 길이×폭×높이 4,950×2,170×3,054 mm, 기체중량 3,054 kg보다 소형 경량화 제작된 것임.
- 3차년도 시작기의 기초성능 시험결과 부 변속 저속, 중속, 고속 위치에서 최대속도는 전진 후진 모두 각각 약 0.9, 1.2, 1.7 m/s, 좌우 정적 횡전도 각 30° 에서 미전도, 제동 거리 1 m이내, 최소 선회반경 약 1.5 m의 성능을 나타냈으며, 각부의 작동 및 조작성 난이도, 안전성 시험에서도 이상이 없었음.

나. 1 협동과제 : 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 탈곡, 선별·정선부 개발 및 성능 평가

(전남대)

- 메밀, 울무 수확을 위한 국내외 자탈형 콤바인 및 개조 자탈형 콤바인, 보통형 콤바인의 작업성능 자료를 수집·분석하였으며, 보통형 콤바인의 주요 사양, 구조분석을 통하여 개발 시작기의 개념 설계 및 탈곡, 선별·정선부 상세 설계를 수행함.
- 1차년도와 2차년도 시작기를 대상으로 유채, 메밀, 울무 수확 시 주요 요인에 따른 포장시험을 실시하여 시작기의 개선점을 도출 파악하고 3차년도 시작기 보완·제작 정보를 제공 함.
- 3차년도 시작기의 메밀 포장시험 결과 작업 폭 1.2 m, 최대 작업속도 1.08 m/s까지 작업이 가능하였음. 시작기의 평균 총 곡립 손실비율은 약 15.5 %로 나타나 일본의 관행 품종을 대상으로 한 시험결과와는 비슷한 수준을 보였으나, 탈립 저항성 품종을 대상으로 한

시험결과보다는 약간 높은 수준인 것으로 판단됨. 또한 시작기 곡립구의 평균 완전립 비율은 약 89.3 %, 이물질 비율은 약 10.7 %를 보여 일본 보통형 콤바인의 연구결과보다 완전립 비율이 낮고, 이물질 비율이 높은 것으로 나타남. 이는 기상, 작물, 시작기 작업조건 등에 영향이 있었던 것으로 보이나 선별·정선장치의 개선은 필요한 것으로 판단되었음. 포장효율 약 70 %, 작업속도 약 0.5 m/s일 때 시작기의 작업 능률은 약 15.1 a/h로 추정됨.

○ 3차년도 시작기의 울무 포장시험 결과 작업 폭 2조 1.2 m, 최대 작업속도 1.05 m/s까지 작업이 가능하였음. 시작기의 평균 총 곡립 손실비율은 약 22.8 %를 보여 일본의 자탈형 콤바인, 보통형 콤바인 대상 연구결과보다는 약간 높게 나타난 것으로 판단됨. 이는 시험대상 울무의 시험조건과 콤바인 작동조건이 달랐기 때문으로 향후 수확 울무의 높이가 낮고 탈립 저항성이 큰 품종 개량이 이루어지면 총 곡립 손실비율을 이들 수준과 비슷하거나 그 이하 수준으로 줄일 수 있을 것으로 보임. 시작기 곡립구의 평균 완전립 비율은 약 90.1%, 손상립 비율은 약 2.0 %, 지경부착립 비율 약 0.9%, 이물질 비율은 약 2.1%를 보여 일본 연구결과에 비하여 지경부착립 비율을 제외한 완전립 비율, 손상립 비율, 이물질 비율 면에서 모두 우수한 것으로 나타남. 포장효율 약 70 %, 작업속도 약 0.6 m/s일 때 시작기의 작업능률은 약 18.1 a/h로 추정됨.

○ 3차년도 시작기의 장류 콩 포장시험 결과 작업 폭 2조 1.2 m, 최대 작업속도 1.10 m/s까지 작업이 가능하였음. 시작기의 평균 총 곡립 손실비율은 약 12.1 %로 나타나 매우 큰 곡립 손실비율을 보였으며, 탈립 손실비율과 배진손실비율이 크게 나타났기 때문임. 이는 국외에서의 허용 수준 6% 이하, 국내 및 일본의 연구결과 약 4% 이하와는 큰 차이를 나타냄. 그 원인은 수확시기가 늦어 과도하게 콩이 마른 상태에서 수확했기 때문으로 판단됨. 구조가 유사한 중형의 보통형 콤바인 콩 손실비율이 2.3~3.0 %로 나타난 결과를 고려하면 적정 수확시기에 수확하는 경우 본 연구 시작기도 비슷한 수준의 곡립 손실비율을 보일 수 있을 것으로 판단되었음, 시작기 곡립구의 평균 완전립 비율은 약 95.2 %, 손상립 비율은 약 2.0 %, 이물질 비율은 약 1.5 %를 나타냈음. 국내외 연구결과들과 비교하면 이물질 비율이 약간 높게 나왔을 뿐 완전립 비율, 손상립 비율 면에서는 비슷한 수준의 곡물품질을 보인 것으로 판단됨. 포장효율 약 70 %, 작업속도 약 0.6 m/s일 때 시작기의 작업능률은 약 18.1 a/h로 추정됨.

○ 메밀, 울무 수확작업의 소요노동력 분석 결과 메밀수확 시 시작기의 소요노동력은 1.3 시간·인/10a, 관행 작업의 소요노동력은 15.0 시간·인/10a으로 나타나 시작기는 관행 작업에 비하여 약 91.3%의 노력절감 효과가 있는 것으로 분석되었으며, 울무수확 시

시작기의 소요노동력은 1.1 시간·인/10a, 관행 작업의 소요노동력은 14.0 시간·인/10a  
으로 나타나 시작기는 관행작업에 비하여 약 92.1%의 노력절감 효과가 있는 것으로  
분석됨.

○ 시작기의 연간 작업시간을 약 120 시간으로 가정하면 메밀과 울무 수확작업 시 시작기의  
연간 부담면적은 각각 18.0 ha와 21.6 ha로 추정됨.

○ 시작기의 경제성 분석 결과 시작기의 메밀 수확비용은 10a당 약 178,754 원으로, 관행  
메밀 수확비용은 10a당 약 1,381,245 원으로 산출되어 시작기에 의한 메밀 수확은 관행  
수확 비용을 약 87.1%를 줄일 수 있는 것으로 분석되었으며, 시작기의 손익분기면적은  
약 0.99 ha로 추정됨.

○ 시작기의 울무 수확비용은 10a당 약 151,253 원으로, 관행 울무 수확비용은 10a당 약  
1,289,162 원으로 산출되어 시작기에 의한 울무 수확은 관행 수확 비용을 약 88.3 %를  
줄일 수 있는 것으로 분석되었으며, 시작기의 손익분기면적은 약 1.04 ha로 추정됨.

#### 다. 종합 결론

중소형 규모 또는 준산간 지역의 메밀, 울무, 콩 등 잡곡 수확작업에 적응성이 뛰어나며,  
농기계 임대사업소의 활용도를 높일 수 있고, 여성과 고령자도 쉽게 운전할 수 있어 수확  
작업의 노동력을 크게 절감할 수 있는 기존 중형 보통형 콤바인 절반 가격인 약 5,000만원  
정도의 잡곡 수확용 22 kW급 자주식 소형 콤바인을 설계·제작 상용화 개발하였음. 시작  
기의 기초성능과 메밀, 울무, 콩 등 현장 포장시험을 통하여 시작기 주행속도, 안전성,  
조작성 등 기초성능과 곡립손실, 곡립구 조성 등 수확작업 성능을 분석함으로써 콤바인  
기계화 수확에 필요한 작물 특성, 작물 재배기술, 콤바인 작업기술을 확보할 수 있었음.  
향후, 농기계 임대사업소, 잡곡생산 특화 작목반 중심으로 제품 홍보 및 시험 공급을 추진  
함으로써 영세농의 농기계 구입부담 감소, 수확비용 절감, 농촌노동력 양적 질적 감소 대응,  
노령·여성 작업자 노동력 및 노동 강도 경감, 수입 콤바인 국내시장 잠식 대응, 부진한  
잡곡류 수확 승용 기계화율 제고에 기여하고자 함.

### 제 3 절 연구개발 성과

#### 1. 주요 연구개발 성과

##### 가. 정량적 성과

○ 특허출원 1건, 유상 기술실시 2건 기술료 1,950만원, 잡곡 수확용 소형 콤바인 제품화 1 건 매출액 223,500,000원, 기업 고용창출 5명, 기술인증 2건, 논문(비SCD) 게재 2편, 학술발표 3편, 인력양성(석사) 2명, 제품 홍보 11건 의 연구개발 성과를 얻어 정량적인 목표를 100% 달성함.

##### <주요 정량적 연구개발 성과>

세부과제명	세부과제 책임자	성과물 유형	성과물명	성과물 주담당자	성과적용 년월	성과물 승인 여부
잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 본체 설계·제작 및 성능시험	이범섭	논문게제 (비SCD)	Prototype Development of a Small Combine for Harvesting Miscellaneous Cereal Crops and its Basic Performance	이범섭	2018년 12월	승인
"	이범섭	학술발표 (국내)	잡곡 수확용 소형 콤바인 2차 시작기 설계 제작	이범섭	2017년 10월	승인
"	이범섭	학술발표 (국내)	잡곡 수확용 25kw급 자주식 콤바인 시작기 설계 및 제작	이범섭	2017년 4월	승인
"	이범섭	기술실시	다중 선별부를 구비하는 콤바인	이범섭	2018년 11월	승인
"	이범섭	사업화 (제품화)	농림축산식품연구개발과제 사업화 실적 확인서	이범섭	2018년11월	승인
"	이범섭	기술인증	농업기계 변경검정 성적서 (농업기술실용화재단) 검정번호 17-MG-083/1	이범섭	2018년 7월	승인
"	이범섭	기술인증	보통형 콤바인 ABC 130 (농업기술실용화재단) 검정번호 17-MG-083	이범섭	2017년 5월	승인
"	이범섭	특허출원 (국내)	다중 선별부를 구비하는 콤바인 출원번호 10-2017-0100961	이범섭	2017년 8월	승인
"	이범섭	고용창출	오펜주식회사 김○진	이범섭	2018년 12월	승인
"	이범섭	고용창출	오펜주식회사 이○현	이범섭	2018년 10월	승인
"	이범섭	고용창출	오펜주식회사 김○식	이범섭	2018년 9월	승인
"	이범섭	고용창출	오펜주식회사 차○길	이범섭	2018년 8월	승인

세부과제명	세부과제 책임자	성과물 유형	성과물명	성과물 주담당자	성과적용 년월	성과물 승인 여부
잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 본체 설계·제작 및 성능시험	이범섭	고용창출	오페주식회사 김○화	이범섭	2018년 3월	승인
"	이범섭	홍보성과	월간농기계 10월호 수록	이범섭	2018년 10월	승인
"	이범섭	홍보성과	국제농기계자재박람회 KIAMSTA 2018 참가	이범섭	2018년 11월	승인
"	이범섭	홍보성과	한국농기계신문 제445호 23면	이범섭	2018년 10월	승인
"	이범섭	홍보성과	농축산기계신문 제44호 03면	이범섭	2018년 9월	승인
"	이범섭	홍보성과	한국 농기계신문 제442호 13면 수록	이범섭	2018년 8월	승인
"	이범섭	홍보성과	소형 콤바인(ABC 130) 제품설명회	이범섭	2018년 7월	승인
"	이범섭	홍보성과	2018년 1월호 농업기계 목록집 수록	이범섭	2018년 1월	승인
"	이범섭	홍보성과	농축산기계신문 10면	이범섭	2017년 9월	승인
"	이범섭	홍보성과	월간농기계 9월호 수록	이범섭	2017년 9월	승인
"	이범섭	홍보성과	상주 국제 농기계 박람회 소형 콤바인(ABC 130) 출품	이범섭	2017년 4월	승인
"	이범섭	홍보성과	농업기계 목록집	이범섭	2017년 1월	승인
잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 탈곡, 선별·정선부 개발 및 성능 평가	유수남	논문게제 (비SCI)	Harvesting Performance of the Prototype Small Combine for Buckwheat and Adlay	유수남	2018년 12월	승인
"	유수남	학술발표 (국내)	잡곡 수확용 소형 콤바인 2차 시작기의 메밀, 울무 수확성능	유수남	2018년 10월	승인
"	유수남	기술실시	잡곡 수확용 소형 콤바인의 탈곡·선별·정선부에 대한 노하우	유수남	2018년 10월	승인
"	유수남	인력양성	전남대학교 석사 운영태	유수남	2017년 2월	승인
"	유수남	인력양성	전남대학교 석사 이창훈	유수남	2018년 8월	승인

나. 기술적, 경제적 성과

○ 기술적 성과

- 국내외 개발 소형 및 중형 콤바인 구조, 주요 사양, 작업 성능 등 기술자료 확보
- 메밀, 율무 등 잡곡류 수확에 적합한 콤바인 전처리부, 작물이송부, 탈곡부, 선별·정선부 등 주요부 설계·제작 기술 확보
- 소형 2톤 트럭 이송 가능, 노령·여성 작업자 운전이 용이한 소형 콤바인 설계·제작 기술 확보
- 콤바인 기계화 수확에 적합한 메밀, 율무 등 잡곡류 곡물 함수율, 작물높이, 탈립성 등 요구 작물 특성 파악
- 콤바인 기계화 수확에 적합한 메밀, 율무 등 잡곡류 재배양식 등 요구 재배기술 확보
- 메밀, 율무 등 잡곡류 콤바인 수확에 적합한 작업속도, 예취 높이 등 콤바인 주요부 작업기술 확보
- 여성·고령 작업자가 편리하게 운전 할 수 있는 잡곡류 수확용 소형 콤바인 작업기술 확보

○ 경제적 성과

- 율무, 메밀 등 고소득 잡곡류 발작물 수확작업의 소요노동력 절감 및 편이성 향상으로 농촌노동력 감소, 고령화 및 부녀화로 인한 노동력 부족 심화에 대응, 노동 강도 경감
- 율무, 메밀 등 고소득 잡곡류 발작물의 생산위축 경감, 생산환경 개선으로 발작물의 국내 자급률 향상
- 저가격 고능률 잡곡류 수확용 소형 콤바인 도입으로 생산비용 절감 경제성 제고
- 잡곡류 수확용 소형 콤바인 국산화 개발로 수입 대체 가능
- 잡곡류 수확용 소형 콤바인 승용기계화 일관작업체계 축진으로 발작물 승용 기계화율 향상
- 임대사업소 등 농업기계 공동 활용정책에 부합하는 수확기 보급으로 농가 활용성 극대화
- 관련 지식재산권 등록을 통한 기술보호, 제품에 대한 인증, 보급 확대를 위한 홍보, 전시를 통한 효과적 시장 진입
- 외국산 농업기계 국내잠식 대응
- 발작물 재배 관련 농업기계 생산 중소기업체의 육성

## 2. 사업화 성과 및 매출실적

### ○ 사업화 성과

항목	세부항목			성 과
사업화 성과	매출액	개발제품	개발 후 현재까지	2.2억원
			향후 3년간 매출	65억원
		관련제품	개발 후 현재까지	- 억원
			향후 3년간 매출	- 억원
	시장 점유율	개발제품	개발 후 현재까지	국내 : 100% 국외 : 0%
			향후 3년간 매출	국내 : 100% 국외 : 0%
		관련제품	개발 후 현재까지	국내 : % 국외 : %
			향후 3년간 매출	국내 : % 국외 : %
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위		20위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위		5위

### ○ 사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세부 항목	성 과			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	2018년 시범 보급 및 2019년부터 제품 출하 판매			
	소요예산(백만원)	2,000			
	예상 매출규모 (억원)	현재까지	3년후	5년후	
		2.2	65.0	90.0	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	100	100	100
국외		0	0	0	
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	- 울무, 메밀 수확 전용 모델 개발 - 수수, 조 등 기타 발작물 잡곡류 소형 콤바인 개발			
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)	현재	3년후	5년후	
	수입대체(내수)	2.2	65.0	90.0	
	수 출	시범판매	2	10	



# 제 3 장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

## 제 1 절 목표

		코드번호	D-06-01
연차	연구목표	평가의 착안점 및 기준	가중치 (%)
1차년도 (2016)	○ 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 관련 핵심 기술 조사 분석 설계요인 도출	○ 잡곡 수확용 자주식 콤바인 개발 관련 핵심 요소기술 분석 결과	20
	○ 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 시작기 개념 및 상세 설계	○ 잡곡 수확용 자주식 콤바인 주요부 및 통합 시작기 개념 및 상세 설계	80
2차년도 (2017)	○ 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 시작기 제작 및 기초성능 구명	○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 주요부 및 통합 시작기 제작·조립	50
		○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 주요부 및 통합 시작기 기능 작동 시험	20
		○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 경사지 적응성을 포함한 기초 성능시험 평가	20
		○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 통합 시작기 보완점 도출	10
3차년도 (2018)	○ 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 포장작업 성능 구명, 상용화 모델 개발	○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 수정 설계·제작·조립	30
		○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 조립 상태, 기능 작동 시험, 운전 사양	10
		○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 포장 성능시험 및 평가	40
		○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 경제성 분석	10
		○ 농업기술실용화재단의 종합검증 수검	10
최 종	○ 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 및 주요부 설계·제작 기술 확보 및 상용화 모델 개발 ○ 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 시작기 기초시험 및 현장 성능시험을 통한 율무, 메밀 등 잡곡류 특성에 적합한 적정 기계화 수확기술 확보	○ 잡곡 수확용 소형 콤바인 상용화 모델 개발	80
		○ 율무, 메밀 등 잡곡 기계화 수확을 위한 잡곡 수확용 소형 콤바인 주요부 기초기술 및 수확작업 기술	20

제 2 절 목표 달성 여부

1. 정성적 목표 달성도			
연차	연구목표	연구개발 내용 및 범위	달성도 (%)
1차년도 (2016)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 관련 핵심 기술 조사 분석 설계요인 도출</li> <li>○ 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 시작기 개념 및 상세 설계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 메밀, 울무, 콩 작물 수확 특성, 수확에 쓰이는 자탈형 개조 콤바인, 보통형 콤바인의 수확성능 자료를 조사·분석함.</li> <li>○ 국외 개발 콤바인 조사를 통하여 벤치마킹 모델을 선정 시작기의 목표 사양, 개념 및 주요부 상세 설계를 수행함.</li> </ul>	100
2차년도 (2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 시작기 제작 및 기초성능 구명</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 단동 축류 탈곡방식으로 설계·제작된 1차년도 시작기 시험결과 성능미흡으로 복동 직류 탈곡방식의 콤바인으로 주요부를 재설계하여 2차년도 시작기를 제작함.</li> <li>○ 2차년도 시작기의 주요부 사양 조사, 기능 작동시험을 수행함.</li> <li>○ 농업기술실용화재단 검정 신청으로 2차년도 시작기 주요 사양, 작업성능, 안전성, 조작성 등 기초 성능을 평가함.</li> <li>○ 2차년도 시작기 유채, 메밀, 울무를 대상으로 시험요인에 따른 포장시험을 실시하여 작업속도, 곡물손실, 곡립구 조성 등 작업성능을 분석하였으며, 2차년도 시작기 주요 보완사항을 도출함.</li> </ul>	100
3차년도 (2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 포장작업 성능 구명, 상용화 모델 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2차년도 시작기 보완사항을 수정 설계하여 3차년도 시작기를 제작함.</li> <li>○ 3차년도 시작기의 주요부 사양 조사, 기능 작동시험을 수행함.</li> <li>○ 3차년도 시작기 농업기술실용화재단 변경 검정 신청으로 주요 사양, 작업성능, 안전성, 조작성 등 기초 성능을 평가함.</li> <li>○ 3차년도 시작기 메밀, 울무, 장류 콩을 대상으로 포장시험을 실시하여 작업속도에 따른 곡물손실, 곡립구 조성 등 작업성능을 분석함.</li> <li>○ 메밀, 울무 수확 시 3차년도 시작기와 관행 수확작업의 작업능률, 수확비용, 손익분기면적 등 경제성 분석을 수행함.</li> </ul>	100
최 종	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 및 주요부 설계·제작 기술 확보 및 상용화 모델 개발</li> <li>○ 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인 시작기 기초 및 현장 성능시험을 통한 울무, 메밀 등 잡곡류 특성에 적합한 기계화 수확기술 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 3차례 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기 설계·제작 및 기초성능 평가를 통하여 주요부 설계·제작 기술 확보와 함께 영세농가 노약자 사용이 용이한 상용화 모델을 개발하였음.</li> <li>○ 메밀, 울무 등 포장시험을 통하여 잡곡 기계화 수확에 필요한 소형 콤바인 주요부 기초기술 및 수확작업 기술을 확보함.</li> </ul>	100

2. 정량적 목표 달성도

(단위 : 백만원, 건수)

성과목표	사업화지표										연구기반지표							
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과		교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용 창출	투자유치		논문				학술 발표	정책 활용	
											SCI	비SCI						
최종목표	1			1								2	2					
1차년도																		
2차년도	1									1		1	2		1		4	
3차년도				2	19.5	1	223.5		5		1	1	1		1		7	
합 계	1			2	19.5	1	223.5		5		2	2	3		2		11	
달성도 (%)	100			100	100	100	100		100		100	100			100		100	

### 제 3 절 관련 분야 기여도

- 국내외 최초로 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인을 설계·제작하여 작업성능을 조사·분석하고 시험보급을 수행함.
- 국내에는 자료가 거의 전무한 메밀, 울무 등 잡곡류를 대상으로 한 소형 콤바인의 작업 속도, 곡물 손실, 곡립구 조성, 작업능률 등 포장작업 성능을 구명 작업 기술을 축적하였으며, 더불어 콤바인 기계화 수확에 필요한 요구 작물 특성, 재배기술을 구명함.
- 두류 및 잡곡류 콤바인을 소형화함으로써 여성 및 고령 작업자들도 쉽게 운전할 수 있어 영세 농가 등에서 전국 임대사업소를 통하여 임대하여 사용함으로써 밭작물 기계화율을 향상시키고 노동력 절감을 통한 농가 수익을 높이는데 기여할 수 있음.
- 작물의 종류와 재배양식에 따라 린, 조건, 수집방식의 전처리부를 서로 교체 조립하여 작업할 수 있어 수확기 활용도를 극대화할 수 있음.
- 울무, 메밀 등 고소득 잡곡류는 대부분 준산간지역 소규모 밭에서 재배되어 기계화 수확이 매우 어려우나 본 과제의 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인은 다양한 재배 조건에서의 적응성이 우수할 것으로 예상됨.
- 기존 수입 보통형 콤바인이나 두류 콤바인 등은 거의 1억원 이상의 고가로 본 과제의 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인은 약 5,000만원 정도의 저가로 보급 가능할 것으로 추정되어 대부분 영세농가 위주로 재배되는 잡곡류 재배농가의 기계 구입가격 경감을 기할 수 있어 수확비용 절감에 크게 기여할 수 있을 것으로 예상됨.
- 영세규모 밭의 메밀, 울무 등 잡곡류 수확작업 기계화로 소요노동력 감소, 농촌노동력의 양적 질적 감소에 대응할 수 있음.
- 메밀, 울무 등 잡곡류 밭작물 수확작업의 승용기계화 및 일관기계화작업체계 촉진으로 주로 인력에 의지하고 있는 부진한 밭작물 승용 기계화율을 크게 향상시킬 수 있음.
- 잡곡류 수확에 대한 외국산 콤바인의 국내잠식에 대응할 수 있어 수입대체 효과를 기대할 수 있음.
- 밭작물 관련 농업기계 생산 중소기업의 육성에 기여할 수 있음.

# 제 4 장 연구결과의 활용 계획 등

## 제 1 절 연구성과 활용계획

코드번호	D-07-01
------	---------

- 본 연구의 잡곡 수확용 소형 콤팩트는 중산간 지역 영세 농가, 고령·여성 작업자의 수확작업이 가능할 수 있도록 하고 있어 농업인에 대한 노동력 및 경영비 절감에 크게 기여하고자 함.
- 본 연구의 잡곡 수확용 소형 콤팩트는 실용화 및 상품화를 목적으로 개발된 것으로 농기계 임대사업소(18년까지 지원 469개), 주산지 일관기계화 재배농가 및 관련 연구기관에 홍보하여 사업화를 촉진하고자 함.
- 콩 등 주요 10개 농작물에 대한 발작물 기계화촉진대책과 병행하여 발농업기계화율이 저조한 수확분야의 기계화율 촉진으로 ‘22년까지 목표 기준 44.2%까지 도달 가능하도록 하여 국내 산업발전에 이바지하고자 함.
- 2018년도 말에 본 연구의 잡곡 수확용 소형 콤팩트를 제작하여 소량 시험 보급하였으며, 향후 사업화계획에 따라 제품을 출시 보급하고자 함(제2절 사업화 계획 참조).
- 농촌진흥청 주관 2017 발농업기계 현장 페스티벌 교육기간(2017.3.22.~3.23, 농촌진흥청) 중 잡곡수확용 자주식 소형 콤팩트의 개발 필요성 및 시작품에 대한 구조 및 성능 등을 공공기관 및 농업인 등에 교육 및 홍보, 상주 농업기계박람회 기간(‘2017.4.4.~4.7, 경북 상주)중 잡곡수확용 자주식 소형 콤팩트의 사양 등 현황 소개 및 농업인에 대한 의견 수렴 등을 통해 개발 가능성 등을 분석 교육 및 홍보, 농촌진흥청 주관 2018 발농업기계 현장 페스티벌 교육기간(2018.4.12.~4.13, 경북 상주) 중 잡곡수확용 자주식 소형 콤팩트의 사양 등 콩 및 잡곡의 수확에 따른 경영비 절감 등 필요성 홍보, 농림축산식품부 주관 2018 대한민국국제농기계 박람회 기간(2018.10.31.~11.3) 중 국내 생산 잡곡수확용 자주식 소형 콤팩트의 제품 우수성 등을 홍보, 주산지별 농업인, 농촌진흥청 및 시군 농업기술 센터 등을 대상으로 수시로 국내생산 잡곡 수확용 콤팩트의 실용화 및 산업화에 따른 우수성 등 홍보를 통해 국내 산업발전 보호, 농기계 가격안정 도모 및 중소기업 활성화 추진 가능함을 홍보하였음.
- 주요 발작물 재배농가 중 0.3 ha 농가가 90% 차지함을 감안할 때 농업인의 노동력 증가는 필연적이므로 농업인은 주 작목의 재배를 기피하고 있는 사례가 증가하고 있는 실정임. 따라서 기계화를 통한 농작업으로 농가수익 증대가 활성화되도록 농업인 교육, 농촌진흥청 등을 통한 교육, 농업 마이스터 대학 교육, 최고 농업경영자과정 교육 및 언론매체 등을 활용 홍보를 지속 추진할 계획임.
- 주관기관 등의 판매망 등을 통해 개발 및 산업화된 소형 콤팩트의 우수성을 홍보하여 전국 단위의 주산지 및 농기계 임대사업소 등을 대상으로 보급 추진할 계획임.
- 그 외 2019년도에 3차년도 잡곡 수확용 소형 콤팩트, 제작 및 메밀, 울무, 콘 포장시험 관련 학술발표 4건 , 논문게재 4편을 수행할 예정임.

## 제 2 절 사업화 계획

### 1. 생산 계획

구분		( 2019 년) 개발 종료 후 1년	( 2020 년) 개발 종료 후 2년	( 2021 년) 개발 종료 후 3년
국 내	시장점유율(%)	100	100	100
	판매량(단위 : 대 )	30	50	50
	판매단가(원)	50,000,000	50,000,000	50,000,000
	국내매출액(백만원)	1,500	2,500	2,500
해 외	시장점유율(%)	계획 없음	계획 없음	계획 없음
	판매량(단위: )			
	판매단가(\$)			
	해외매출액(백만\$)			
당사 생산능력1)		50	100	100

### 2. 투자 계획

(단위 : 백만원)

항목		( 2019년) 개발 종료 후 1년	( 2020년) 개발 종료 후 2년	( 2021년) 개발 종료 후 3년
매출원가1)		193	963	1,925
판매관리비2)		70	350	700
자본적 지출	토지	55	110	220
	건물/구축물	35	70	140
	기계장치 등	30	50	50
자본적 지출 합계		120	230	410

### 3. 사업화 전략

구분	구체적인 내용
형태/규모	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 상용화 형태 : 잡곡 수확용 자주식 소형 콤바인</li> <li>○ 수요처 : 농업기계 임대사업소, 주산단지 및 중소형 농가 등</li> <li>○ 예상 단가 : 50,000,000원</li> <li>○ 개발 투입인력 및 기간 : 7M/M, 3년</li> </ul>
상용화 능력 및 자원보유	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수확 농업기계 제조업체</li> <li>○ 본사 연구소에서 자체 상품화 개발</li> <li>○ 자체 공장을 통한 생산 및 품질 관리</li> </ul>
상용화 계획 및 일정	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시제품 개발 완료 및 현장 적용 : 2018년</li> <li>○ 시험생산·판매 : 2018년</li> <li>○ 판매 개시 : 2019년</li> </ul>

#### 4. 사업화를 위한 비즈니스 모델

##### 가. BM 수립 배경

- 2000년대 이후 농업노동력의 양적 질적 감소로 인하여 재배 면적과 생산량은 감소하고 있고 자급률이 점차 떨어지는 추세이므로 안정적 수급을 위해서는 소형 두류 및 잡곡류 수확의 기계화가 절실히 요구되고 있음.
- 다양한 재배양식에 적용할 수 있고, 노령자와 부녀자도 쉽고 간편하게 운전할 수 있는 고능률의 소형 두류 및 잡곡류 수확기가 필요한 실정임.

##### 나. BM 목표 및 핵심 경쟁요인

###### (1) BM 목표

- 농업기계 임대사업소 활용도가 높은 소형 두류 및 잡곡류 수확기 공급
- 수확 노동력 절감율이 높고 작업능률이 높은 소형 두류 및 잡곡류 수확기 공급
- 여성, 고령 작업자가 안전하고 편리하게 운전할 수 있는 구조로 두류 및 잡곡류 자주식 소형 수확기 공급
- 향후, 추가 연구를 통해 수수, 귀리 등 타 잡곡류와 유지작물의 수확기계 개발 계획

###### (2) 핵심 경쟁요인

- 다양한 재배양식 적응성 확보
- 운전 조작의 편의성과 안전성 확보
- 내구성, 내환경성 향상
- 작업 정밀성과 작업 능률 확보, 형식승인 및 안전검정 (농업기술실용화재단과 협조)
- 장거리 이동 시, 소형트럭 상차 가능성 (공동 활용을 위한 임대사업소용 소형화 전략)

##### 다. 목표 시장 구조

###### (1) 경쟁기업 현황

###### (가) 경쟁기업 현황

- 현재 국내에서는 소형 두류 및 잡곡류 수확기 생산 공급이 없는 실정임.

###### (나) 경쟁구조

- 독점 공급 및 전국/해외 대리점 망 활용

###### (2) 핵심 경쟁요인

- 다양한 재배양식 적응성 확보
- 운전 조작의 편의성과 안전성 확보
- 내구성, 내환경성 향상
- 작업 정밀성과 작업 능률 확보, 형식승인 및 안전검정 (농업기술실용화재단과 협조)
- 장거리 이동 시, 소형트럭 상차 가능성 (공동 활용을 위한 임대사업소용 소형화 전략)

(3) 시장진입 장벽

- 관행 수확작업방식에서 기계수확으로 농가의 관점 전환이 쉽지 않음.
- 관행 재배 양식에서 기계수확이 가능한 재배양식으로 변경이 어려움.

라. 수익 확보 전략

(1) 주요 고객군

- 농업기계 임대 사업소
- 두류 및 잡곡류 작목반
- 중소형 잡곡류 재배 농가

(2) BM의 수익창출 방안

- 작업능률 향상과 노동력 감소로 기인한 생산비절감을 통한 수익증대 홍보
- 관행 수확 시 노동 피크시점에서 수확 인력 저감효과 홍보
- 누구나 안전하고 편리하게 운전할 수 있는 편의성 홍보

### 제 3 절 추가 연구 필요성

- 본 연구과제 잡곡 수확용 소형 콤바인 시작기의 포장시험 대상 작물인 메밀, 울무는 국내에서는 기계화 수확이 지금까지 전혀 이루어진 바가 없기 때문에 작물 조건이나 포장조건이 열악한 상태에서 시험을 수행한 것으로 판단되어 시작기의 작업성능이 낮게 나타났을 가능성이 큼. 따라서 다양한 조건에서의 추가적인 포장시험을 통하여 콤바인 작업성능을 최적화할 수 있는 작업기술 확보 연구가 필요함.
- 메밀, 울무는 곡물손실을 줄이기 위하여 탈립 저항성이 크며, 작업의 편리성과 콤바인 부하를 줄이기 위한 단간종의 품종이 필요한 것으로 보임. 따라서 콤바인 기계화 수확에 적합한 품종 개발 연구가 필요함.
- 메밀, 울무는 콤바인 기계화 수확에 적합한 재배양식 등 재배기술 확립 연구가 필요한 것으로 보임.
- 메밀, 울무 등 잡곡류의 일관기계화 작업체계 확립을 위하여 각 작물에 적합한 과중 작업기 개발 등 재배관련 농업기계 개발 연구가 필요한 것으로 보임.
- 본 연구과제의 잡곡 수확용 소형 콤바인은 메밀, 울무, 콩 외에도 조, 수수 등 타 작물 수확작업도 가능할 것으로 보여 활용 확대의 가능성이 큼. 이를 위해서는 각 수확 작물의 특성을 고려 전처리부, 탈곡부, 선별·정선부 등 각 작물에 적합하도록 개조하여 작업성능을 구명하는 연구가 필요할 것으로 보임.



# 제 5 장 기타사항(연구실적 증빙서류)

## 1. 특허 : 다중선별부를 구비하는 콤팩트

특허출원국가 : 대한민국 (2017.08.09.)

특허출원번호 : 10-2017-0100961(접수번호 1-1-2017-0767284-62)

관인생략

### 출원번호통지서

출원일자 2017.08.09  
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)  
출원번호 10-2017-0100961 (접수번호 1-1-2017-0767284-62)  
출원인명칭 오피주식회사(1-2014-005807-6)  
대리인성명 최경수(9-1998-000570-6)  
발명자성명 이범섭  
발명의명칭 다중 선별부를 구비하는 콤팩트

### 특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.  
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정 신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.  
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.  
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드>  
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내  
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.  
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.
8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

2. 기술실시 : 전남대학교(계약체결/기술료 납부)

계약일자 : 2018.10.15

# 기술이전계약서

■ 계약명: “잡곡 수확용 소형 콤바인의 탈곡·선별·정선부에 대한 노하우”

2018년 10월 15일

## 계약당사자

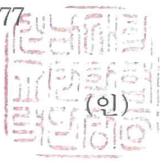
### ‘기술제공자’

주소: 광주광역시 북구 용봉로 77

기관: 전남대학교 산학협력단

대표: 단장 송진규

사업자등록번호: 409-82-11942



### ‘실시권자’

주소: 경남 함안군 칠북면 화천길 289-1

상호: 오페주식회사

대표: 함영철

사업자등록번호: 609-81-79905



기술발명책임자: 농업생명과학대학

지역·바이오시스템공학과부

교수 유수남



담당자: 정영룡 부장/김주영

연락처: 062-530-5152

담당자: 이범섭

연락처: 055-586-9456

### 3. 기술실시 : 농림수산식품기술기획평가원(계약체결/기술료 납부)

계약일자 : 2018.11.09

농림식품 과학기술을 선도하자



농림식품기술기획평가원



수신자 오페주식회사 대표이사

(경유)

제목 기술료 감면 승인 알림

1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.
2. 기술료 감면 신청(기술개발(소형콤바인) 제9호(2018.09.01.)호)과 관련됩니다.
3. 귀 기관에서 요청한 기술료 감면 건에 대해 아래와 같이 승인하오니 불임의 후속 조치 사항을 참조하시어 기술실시보고서 제출 및 기술료 납부에 차질이 없도록 진행해 주시기 바랍니다.

가. 승인내역


사업명	과제명	주관연구기관/ 실시기업	정부출연금	당초기술료	최종 기술료
첨단	잡곡 수확용(25kW급) 자주식 소형 콤바인 개발 및 산업화	오페주식회사/ 오페주식회사	490,000천원	49,000천원	6,860천원 (중소기업 80% 감면, 일시납 추가감면 30%)

기술실시보고서						
(단위 : 원)						
연구개발과제 현황	사업명	첨단생산기술개발사업		연구과제번호	116064-03	
	연구과제명	잡곡 수확용 (25kW급) 자주식 소형 콤바인 개발 및 산업화				
	연구기관명	오페주식회사	연구책임자	이법섭	참여기업명	오페주식회사
	연구협약일	2016. 09. 05	연구기간	2016. 09. 05 ~ 2018. 12. 31		
	연구개발비	정부출연금	기업부담금	기타 ( )	계	
	490,000,000	233,340,000	-	723,340,000		
기술실시계약 및 성과활용 현황	계약(활용)명	잡곡 수확용 (25kW급) 자주식 소형 콤바인 산업화				
	계약(활용)일	2018. 11. 09	실시(활용)기간	2019.01.01. ~ 2026.12.31. (8년)		
	지재권 종류	특허 출원	실시권 유형	직접 실시		
	* 지재권이 특허(출원,등록)인 경우	명칭	다중 선별부를 구비하는 콤바인			
		번호	10-2017-0100961	일자	2017. 08. 09	
		기관명	오페주식회사	기관유형	중소기업	
기술료산정내역	실시(활용)기관	주소	경남 함안군 칠북면 화천길 289-1	대표자	함영철	
		사업자번호		전화번호		
		부서(담당자)	기술연구소(이법섭)		e-mail	
정부출연금 490,000,000원 x 10%(중소기업) x 20%(참여 중소기업 감면) x 70%(일시납부 감면) = 6,860,000원 ※ 기술료 감면승인 공문번호 및 일자 : 첨단가축질병팀-1546 (2018.11.08.)						
기술료	정액기술료		경상기술료		기타 조건	
	정수(납부)예정일	정수(납부)금액	착수기분료	정수(납부)예정일 정수(납부)금액		
	2018. 11. 15	6,860,000	-	-		
			정수(납부)시작일	결산일		
			정수(납부)종료일	정수율		
	계	6,860,000	-	매출액의 ( )%		
기타특기사항	-					
국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제22조 제2항에 따라 위와 같이 기술실시계약이 체결되었음을 보고합니다.						
불임 1. 기술실시계약서 사본 1부(타기관으로 기술이전시). 2. 지식재산권을 포함하는 기술이전인 경우 해당 증빙자료(특허 등록증, 출원증 등) 1부 (타기관으로 기술이전시). 3. 연구개발과제협약서 사본 1부(직접실시시).						
2018년 11월 09일 주관연구기관 오페주식회사 의 대표 함영철  직인 농림식품기술기획평가원장 귀하						

4. 제품화 : 농림축산식품연구개발과제 사업화 (제품 공급)

제품 공급대수 : 5대(2018.10 : 1대, 2018. 11 :4대)

농림축산식품연구개발과제 사업화실적 확인서

과제명	잡곡 수확용 (25kW급) 자주식 소형 콤바인 개발 및 산업화							
주관연구기관	오펜주식회사		참여기관	오펜주식회사				
책임자	이범섭		연구기간	2016년 9월 ~ 2018년 12월(총 28개월)				
정부출연금	490,000,000원	기업부담금	233,340,000원	총계	723,340,000원			
기술이전명	잡곡 수확용 (25kW급) 자주식 소형 콤바인 산업화		기술실시대상기관	오펜주식회사				
기술료	감면금액 6,860,000원		기술실시일	2018년 11월				
구분	기술실시업체 결산액 (단위: 백만원) * 최근연도 결산보고서에 의해 작성		해당기술을 통한 사업화 실적					
실적	자산 총계	24,244	제품건수	5 건				
	자본 총계	10,252						
	부채 총계	13,992	기술개발성과활용 총 매출액 (국내매출액 + 해외수출액)	223,500,000 원				
	매출액 총계	43,775						
제품별 실적								
구분	제품명	제품사진	제품출시일	매출액 (백만원)		해당기술의 매출액 기여율 (%)	원산지	품질 인증 여부
				국내	해외			
1	소형 콤바인		2018년 10월	국내	44.7	100	국산	농업 기술 실용화 재단
				해외				
2	소형 콤바인		2018년 11월	국내	178.8	100	국산	농업 기술 실용화 재단
				해외				
3				국내				
				해외				

\* 첨부 : 매출액 확인이 가능한 자료(세금계산서, 매출원장 등)

2018년 11월 16일  
연구책임자 : 이 범 섭 (서명 또는 인)





5. 고용창출 : 연구기간 내 신규 고용창출(간접인원)

고용인원 : 김○진 외 4명, 총 5명

고용주체 : 오펜주식회사(주관연구기관)

사업장 가입자 명부					
발급번호 : JGD0759201812175			Page : 1/1		
사업장명		오펜주식회사		사업장관리번호 - 단위사업장기호	
단위사업장명				60981799050 - 000	
일련 번호	가 입 자			자격취득일	자격상실일
	증번호	주민번호	성명		
1	80854864833	<input type="text"/>	김광진	2018-12-03	
사업장명		오펜주식회사		사업장관리번호 - 단위사업장기호	
단위사업장명				60981799050 - 000	
일련 번호	가 입 자			자격취득일	자격상실일
	증번호	주민번호	성명		
1	80791625944	<input type="text"/>	김동화	2018-03-05	
사업장명		오펜주식회사		사업장관리번호 - 단위사업장기호	
단위사업장명				60981799050 - 000	
일련 번호	가 입 자			자격취득일	자격상실일
	증번호	주민번호	성명		
1	80836566889	<input type="text"/>	김성식	2018-09-03	
사업장명		오펜주식회사		사업장관리번호 - 단위사업장기호	
단위사업장명				60981799050 - 000	
일련 번호	가 입 자			자격취득일	자격상실일
	증번호	주민번호	성명		
1	80842265232	<input type="text"/>	이태현	2018-10-03	
사업장명		오펜주식회사		사업장관리번호 - 단위사업장기호	
단위사업장명				60981799050 - 000	
일련 번호	가 입 자			자격취득일	자격상실일
	증번호	주민번호	성명		
1	80827924760	<input type="text"/>	차승길	2018-08-02	

## 6. 기술인증 : 농업기술실용화재단 농업기계 종합검정

검정일자 : 2017.06.30

검정내용 : 구조, 성능, 안전성 및 조작성 난이도



### 농업기술실용화재단

수신 오폐주식회사 대표이사 함영철 귀하

(경유)

제목 콤바인 종합검정 결과 알림

1. '17. 5. 31. 자로 귀사에서 신청한 농업기계에 대한 종합검정 결과를 다음과 같이 알려드립니다.

기종명	형식명	형식	규격	검정번호	검정결과
콤바인	ABC130	보통형	예취폭 120 cm	17-MG-083	적합

제 FACT17-0395 호

## 농업기계 종합검정 성적서

### 1. 신청인

가. 성명 : 함영철

나. 사업자등록번호 : 609-81-79905

다. 주소 : 경상남도 함안군 칠북면 화천길 289-1

라. 상호 : 오폐주식회사

### 2. 검정 용도의 제품

가. 기종명 : 콤바인

나. 형식명 : ABC130

다. 형식 및 규격 : 보통형, 예취폭 120 cm

### 3. 검정번호 : 17-MG-083

### 4. 검정성적 : 불임

### 5. 검정 결과 판정 : 종합검정 관련 기준에 적합

「농업기계화 촉진법」 제9조 제1항 및 같은 법 시행규칙 제3조에 따라 검정 신청한 농업기계에 대한 종합검정 성적입니다.

2017년 06월 30일

농업기술실용화재단 이사장



## 7. 기술인증 : 농업기술실용화재단 농업기계 변경검정

검정일자 : 2018.07.26

검정내용 : 농업기계 일부분을 변경한 부분(변속방식 : 기계식 → HST)



### 농업기술실용화재단

수신 오페주식회사 대표 함영철 귀하

(경유)

제목 콤바인 변경검정 결과 알림

'18. 7. 11.자로 귀사에서 신청한 농업기계에 대한 변경검정 결과를 다음과 같이 알려드립니다.

기종명	형식명	형식	규격	검정번호
콤바인	ABC130	보통형	예취폭 120 cm	17-MG-083/1

제 FACT18-0616 호

## 농업기계 변경검정 성적서

### 1. 신청인

- 가. 성명 : 함영철
- 나. 사업자등록번호 : 609-81-79905
- 다. 주소 : 경상남도 함안군 칠북면 화천길 289-1
- 라. 상호 : 오페주식회사

### 2. 검정 용도의 제품

- 가. 기종명 : 콤바인
- 나. 형식명 : ABC130
- 다. 형식 및 규격 : 보통형, 예취폭 120 cm

### 3. 검정 번호 : 17-MG-083/1

### 4. 검정성적 : 불임

「농업기계화 촉진법」 제9조 제1항 및 같은 법 시행규칙 제3조에 따라 검정 신청한 농업기계에 대한 변경검정 성적입니다.

2018년 07월 26일

농업기술실용화재단 이사장





## 8. 논문 : Prototype Development of a Small Combine for Harvesting Miscellaneous Cereal Crops and its Basic Performance

투고 저널 : J. Biosyst. Eng. 43(4):311-319. (2018. 12)

Original Article

Journal of Biosystems Engineering

J. Biosyst. Eng. 43(4):311-319. (2018. 12)  
<https://doi.org/10.5307/JBE.2018.43.4.311>

eISSN : 2234-1862  
pISSN : 1738-1266

### Prototype Development of a Small Combine for Harvesting Miscellaneous Cereal Crops and its Basic Performance

Beom Seob Lee<sup>1</sup>, Soonam Yoo<sup>2\*</sup>, Changhoon Lee<sup>2</sup>, Young Tae Yun<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ofe Co. Ltd., Kyoungnam 52007, Republic of Korea

<sup>2</sup>Department of Rural & Bio-systems Engineering, Chonnam National University, Gwangju 61186, Republic of Korea

<sup>3</sup>National Academy of Agricultural Science, Rural Development of Administration, Jeonju 54875, Republic of Korea

Received: October 10<sup>th</sup>, 2018; Revised: November 5<sup>th</sup>, 2018; Accepted: November 14<sup>th</sup>, 2018

#### Abstract

**Purpose:** The aim of this study is to develop a small combine for harvesting miscellaneous cereal crops. **Methods:** A prototype small combine was designed and constructed. Its specifications and basic performance were investigated. **Results:** The prototype small combine for harvesting miscellaneous cereal crops was designed and constructed to reflect similar specifications as those of the conventional combine. The prototype small combine comprises a diesel engine with the rated power/speed of 22.0 kW/2,600 rpm, three-stage primary and two-stage speed range transmission shifts, and a double acting threshing part. The maximum travel speeds of the prototype combine are approximately 0.72 m/s, 2.50 m/s, 0.30 m/s at the low, high speed range shifts in the forward direction, and while traversing in the reverse direction, respectively. The minimum radius of turning was approximately 1.50 m. In a static lateral overturning test, the prototype combine overturned neither to the right nor to left on a 30° slope. The results of an oilseed rape harvesting test included the maximum operating speed of 0.32 m/s, the grain loss ratio of approximately 9.0%, and the effective field capacity of approximately 10.3 a/h. Additionally, among the outputs in grain outlet, the whole grains, damage grains, and materials other than grain (MOG) ratios accounted for 97.4%, 0.0%, and 2.6%, respectively. **Conclusions:** The prototype small combine for harvesting miscellaneous cereal crops indicates good driving ability and stability. The results of the oilseed rape harvesting test reveal that the harvesting performance must be enhanced such that the separating and cleaning parts are more suitable for each type of crop, thus reducing grain loss and foreign substances among the outputs in grain outlet. An improved small prototype combine could be used effectively to mechanize the harvesting of miscellaneous cereal crops in small family farms or semi-mountainous areas.

**Keywords:** Harvesting performance, Miscellaneous cereal crops, Prototype small combine

#### Introduction

The majority of high income miscellaneous cereal crops including adlay and buckwheat is cultivated primarily by small family farms in semi-mountainous areas. Hence, these crops are difficult to harvest in a mechanized manner. Some farms use the latest developed threshers for miscellaneous cereal crops. In such a case, however, the harvesting process depends almost entirely

on manpower. Additionally, a large conventional combine is difficult to use in a semi-mountainous area. Accordingly, the development of an efficient low-cost small combine for harvesting miscellaneous cereal crops in small family farms is highly demanded.

Most of the conventional combines that can be used widely to harvest pulses and other miscellaneous cereal crops, are imported products of large size. Most of the latest combines developed domestically for pulses are middle- or large-sized machines of power 45 kW or beyond. South Korea is in the early stages of spreading combines for pulses as the first domestic combine for

\*Corresponding author: Soonam Yoo

Tel: +82-62-530-2155; Fax: +82-62-530-2159

E-mail: snyoo@jnu.ac.kr

# 9. 논문 : Harvesting Performance of the Prototype Small Combine for Buckwheat and Adlay

투고 저널 : J. Biosyst. Eng. 43(4):320-330. (2018. 12)

Original Article

Journal of Biosystems Engineering

J. Biosyst. Eng. 43(4):320-330. (2018. 12)  
<https://doi.org/10.5307/JBE.2018.43.4.320>

eISSN : 2234-1862  
pISSN : 1738-1266

## Harvesting Performance of the Prototype Small Combine for Buckwheat and Adlay

Soonam Yoo<sup>1</sup>, Changhoon Lee<sup>1</sup>, Beom Seob Lee<sup>2\*</sup>, Young Tae Yun<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Rural & Bio-systems Engineering, Chonnam National University, Gwangju 61186, Republic of Korea

<sup>2</sup>Ofe Co. Ltd., Kyounghnam 52007, Republic of Korea

<sup>3</sup>National Academy of Agricultural Science, Rural Development of Administration, Jeonju 54875, Republic of Korea

Received: October 31<sup>th</sup>, 2018; Revised: November 21<sup>th</sup>, 2018; Accepted: December 3<sup>th</sup>, 2018

### Abstract

**Purpose:** The aim of this study was to investigate the harvesting performance of a prototype small combine for buckwheat and adlay. **Methods:** The prototype small combine was designed and constructed. Its ratio of grain loss, ratio of output components in the grain outlet, and field capacity for harvesting buckwheat and adlay were analyzed through field tests. **Results:** The prototype small combine required a working width of about 0.6 to 0.7 m to harvest buckwheat. The maximum travel speed was about 0.36 m/s. The total ratio of grain loss was about 21.6%, which consisted of 8.8% at the header and 12.8% at the dust outlet. The grain and the material other than grain (MOG) ratios at the grain outlet were 94.1% and 5.9% respectively. In the case of adlay harvest, the maximum working width was about 1.2 m, that is, two rows. The range of maximum travel speed was about 0.45 to 0.46 m/s. When adlay was harvested in one row, the total ratio of grain loss ranged from 36.3 to 42.8% according to the cutting height. The cutting height of 30 cm resulted in a higher total ratio of grain loss than 60 cm and 90 cm. When the cutting height was 60 cm, there was no significant change in the total ratio of grain loss according to the number of working rows and the stage of the primary transmission shift. The total ratio of grain loss ranged from 35.2 to 37.7%. The grain and the MOG ratios at the grain outlet ranged from 93.1 to 95.8% and from 4.2 to 6.9%, respectively. No significant difference was observed in relation to cutting height, number of working rows, and the stage of the primary transmission shift. **Conclusions:** The prototype small combine for harvesting miscellaneous cereal crops showed good potential for the efficient harvesting of buckwheat and adlay. However, to improve the harvesting performance, there seems to be a need to develop new crop varieties suitable for machine-based harvesting and improve the transmissions, reels, separation/cleaning systems.

**Keywords:** Buckwheat and adlay, Harvesting performance, Prototype small combine

### Introduction

In South Korea, the demand for high acre-value crops like buckwheat and adlay is on the rise as they have been recognized to be good for health. The majority of these crops are cultivated by small family farms in semi-mountainous areas. Although some farms use cutting or threshing machines during harvest, most of the process depends on a senior or female workforce. Some large and

middle-sized conventional multi-purpose combines, which have been released on the market, are being considered to mechanize the harvest of these crops. However, they seem to be inappropriate for small family farms mainly run by senior or female residents because of land conditions, workforce type, harvesting performance for buckwheat and adlay, and excessive cost of the machines. Accordingly, it is very urgent to develop a small efficient and inexpensive combine harvester that is especially suitable to harvest miscellaneous cereal crops on small farms.

The main problem with mechanical harvesting of buckwheat

\*Corresponding author: Beom Seob Lee

Tel: +82-55-586-9454; Fax: +82-55-586-9457

E-mail: kmco2000@hanmail.net

## 10. 학술발표 : 잡곡수확용 25kw급 소형콤바인 시작기 설계 제작

투고 저널 : 한국농업기계학회 2017 춘계공동학술대회 초록집p1-28 (2017.04)

### 잡곡 수확용 25 kW급 소형 콤바인 시작기 설계 제작

#### Design and Construction of the Prototype of 25 kW Small Combine for Harvesting Miscellaneous Cereal Crops

이범섭<sup>1</sup>      지금배<sup>1</sup>      김성찬<sup>2</sup>      유수남<sup>2\*</sup>  
Beom Seob Lee<sup>1</sup>    Keum Bae Ji<sup>1</sup>    Sung Chan Kim<sup>2</sup>    Soo Nam Yoo<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>오페 주식회사

<sup>1</sup>Ofe Co. Ltd., Kyungnam, Korea

<sup>2</sup>전남대학교 지역·바이오시스템공학과

<sup>2</sup>Dept. of Rural & Bio-Systems Eng., Chonnam Nat'l Univ., Gwangju, Korea

#### 초록(Abstract)

현재 국내에 공급되고 있는 잡곡류 수확기는 보행형 예취기, 탈곡기 위주의 저능력 기계화 수준으로 고능력의 콤바인 수확기 개발이 필요하며, 특히 잡곡류가 소규모 경작지의 영세농가 위주로 재배되어 저가격의 소형 콤바인 수확기 개발이 절실히 요구되고 있다. 따라서 본 연구는 소규모 밭의 두류 및 잡곡 수확작업에 적응성이 뛰어나며, 농기계 임대사업소의 활용도를 높일 수 있고, 여성과 고령자도 쉽게 운전할 수 있어 수확작업의 노동력을 크게 절감할 수 있는 저가격의 25kW급 자주식 소형 콤바인을 개발하고자 시작기를 설계·제작하였다.

시작기의 주요부로 엔진은 25kW/2600rpm 3기통 디젤엔진을 탑재하였으며, 동력전달부는 주변속 3단, 부변속 2단의 선택맞물림 기어식의 변속장치를 이용하였다. 주행부는 궤도형으로 조향클러치와 습식 원판식 제동장치를 채용하였다. 전처리부는 선단거리 1700 mm의 디바이더와 상하좌우 수동 조절되는 회전속도 약 42 rpm의 정오각형 릴로 구성하였으며, 전처리부의 최대 승강높이는 740 mm이었다. 작물이송부는 돌기부착 오거와 체인컨베이어로 구성되어 있으며, 탈곡부는 단동형 축류식의 직경 440 mm, 길이 1180 mm의 급동과 높이 65 mm, 지름 10 mm의 46개 강봉형 급지, 격자형 수망으로 구성하였으며, 회전속도는 약 325 rpm으로 작동하도록 하였다. 선별·정선부는 요동·송풍선별식으로 곡립판, 벧짚체, 곡립체, 송풍팬으로 구성하였고 송풍팬의 회전속도는 약 850 rpm, 요동진동수는 약 5.8 Hz로 작동하도록 하였다. 곡물이송부와 재처리부는 수평이송 외경 103 mm, 수직이송 외경 110 mm의 피치가 모두 82 mm인 스크류컨베이어를 이용하였으며, 곡물탱크는 용량이 250 로 2개의 배출구로 곡물을 포대에 담도록 하였다. 그 외 시작기는 운전조작부, 유압장치부, 전기장치부 등을 갖도록 설계·제작하였다. 전체적인 기계의 크기는 길이x폭x높이 3935x1900x2440 mm이었으며, 기계 중량은 약 1753 kg이었다. 콩 대상 기초 성능시험 결과 시작기의 작업속도는 약 0.5 m/s, 작업능률은 약 11 a/h로 나타났다.

## 11. 학술발표 : 잡곡수확용 소형콤바인 2차 시작기 설계 제작

투고 저널 : 한국농업기계학회 2017 추계공동학술대회 초록집p1-14 (2017.10)

### 잡곡 수확용 소형 콤바인 2차 시작기 설계 제작

#### Design and Construction of the Second Prototype of Small Combine for Harvesting Miscellaneous Cereal Crops

윤영태<sup>1</sup>      이창훈<sup>1</sup>      유수남<sup>1\*</sup>      이범섭<sup>2</sup>      지금배<sup>2</sup>  
Young Tae Yoon<sup>1</sup>    Chang Hoon Lee<sup>1</sup>    Soo Nam Yoo<sup>1\*</sup>    Beom Seob Lee<sup>2</sup>    Keum Bae Ji<sup>2</sup>

<sup>1</sup>전남대학교 지역·바이오시스템공학과

<sup>1</sup>Dept. of Rural & Bio-Systems Eng., Chonnam Nat'l Univ., Gwangju 61186, Korea

<sup>2</sup>오페 주식회사

<sup>2</sup>Ofe Co., Ltd., Kyungnam 52007, Korea

#### 초록(abstract)

현재 국내에 공급되고 있는 잡곡류 수확기는 보행형 예취기, 탈곡기 위주의 저능력 기계화 수준으로 고능력의 콤바인 수확기 개발이 필요하다. 특히 잡곡류가 소규모 경작지의 영세농가 위주로 재배되어 저가격의 소형 콤바인 수확기 개발이 절실히 요구되고 있다. 본 연구는 저가격의 자주식 소형 콤바인을 개발하고자 단동 축류식의 탈곡장치를 갖는 1차 시작기를 제작하였으나 성능이 미흡하여 복동 직류식의 탈곡장치를 갖춘 2차 시작기를 설계·제작하고 기초성능을 분석하였다.

12. 학술발표 : 잡곡수확용 소형콤바인 2차 시작기의 메밀, 울무 수확성능  
 투고 저널 : 한국농업기계학회 2018 추계공동학술대회 초록집p1-4 (2018.10)

**잡곡 수확용 소형 콤바인 2차 시작기의 메밀, 울무 수확성능**  
**Buckwheat and Adlay Harvesting Performance of the Second Prototype**  
**Small Combine for Harvesting Miscellaneous Cereal Crops**

윤영태<sup>1</sup>      이창훈<sup>2</sup>      유수남<sup>2\*</sup>      이범섭<sup>3</sup>  
 Young Tae Yoon<sup>1</sup>    Chang Hoon Lee<sup>2</sup>    Soo Nam Yoo<sup>2\*</sup>    Beom Seob Lee<sup>3</sup>

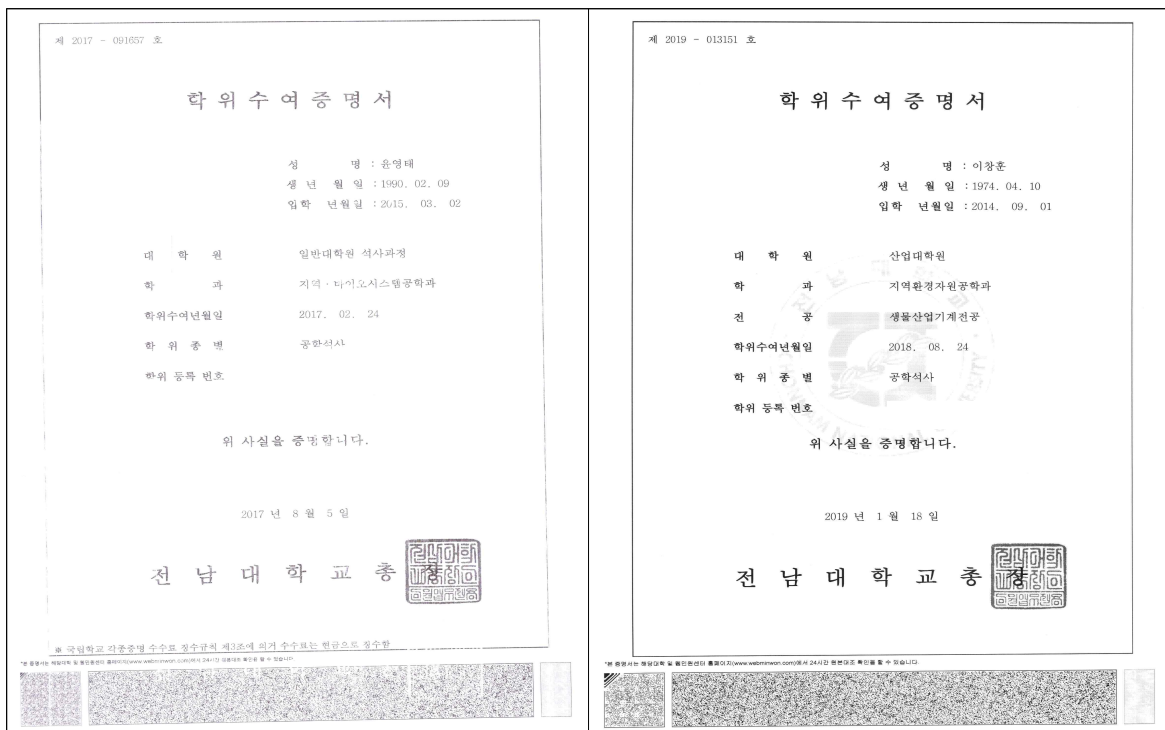
<sup>1</sup>농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부  
<sup>2</sup>전남대학교 지역·바이오시스템공학과  
<sup>3</sup>오펜 주식회사  
<sup>3</sup>Ofe Corporation, Kyungnam 52007, Korea

**초록(Abstract)**

현재 국내에 공급되고 있는 잡곡류 수확기는 보행형 예취기, 탈곡기 위주의 저능력 기계화 수준으로 고능률의 콤바인 수확기 개발이 필요하다. 특히 메밀, 울무 등 잡곡류는 소규모 경지의 영세농가 위주로 재배되어 노약자 운전이 가능한 저가격의 소형 콤바인 수확기 개발이 절실히 요구되고 있다. 본 연구는 자주식 잡곡 수확용 소형 콤바인을 개발하고자 2차 시작기를 설계·제작하여 메밀과 울무를 대상으로 수확시험을 수행하여 그 수확성능을 분석하였다.

메밀 수확 성능시험은 곡립 함유율 약 19.9%, 줄기 함유율 약 60.8%, 산파 재배된 메밀을 대상으로 시험하였으며, 울무 수확 성능시험은 곡립 함유율 약 21.4%, 줄기 함유율 약 34.9%, 작물 높이 약 140 cm, 점파 재배된 울무를 대상으로 시험하였다. 조사 및 분석 항목으로 작업 폭, 작업속도 등 운전조건과 그에 따른 곡립 손실비율, 곡립구 수확물의 곡립비율, 이물질비율 등 곡립구 조성 비율을 분석하였다.

13. 인력양성 : 소형콤바인 개발 관련  
 양성대학 : 전남대학교  
 양성인원 : 2명(윤영태, 이창훈)



14. 홍보 : 광고/농업기계 목록집(한국농기계공업협동조합)

홍보일자 : 2017.01.01.

정부지원

# 농업기계 목록집

연구조사  
No.17-01

2017.1.1 기준  
이 책을 열람하시기 전에 일러두기를 꼭독하시기 바랍니다.

**KAMICO**  
한국농기계공업협동조합

**Ofe**  
**오페 주식회사**

본 사 : 경상남도 함안군 칠북면 화천리 960-4(화천길 289-1) www.ofe.co.kr  
 기계사업부 : 경남 함안군 칠북면 화천리 339(화천1길67) Tel.(055)586-9454 Fax.586-9457

15. 홍보 : 광고/시농초월(농축산기계신문)

홍보일자 : 2017.09. (9월호 10면)

발농업기계 중심기업 **Ofe** **오페 주식회사** 본 사 경상남도 함안군 칠북면 화천리 960-4(화천길 289-1) www.ofe.co.kr  
 기계사업부 경상남도 함안군 칠북면 화천리 338(화천1길 67) Tel.(055) 586-9454 Fax.(055) 586-9457

## 오페 주식회사 **콩수확 콤바인**

**BRC 100**

**소형 다용도 콤바인 BRC 100 시리즈**

여성·고령자도 다루기 쉽고 조적이 편리한 소형 다용도 콤바인  
 예취부 변경으로 작물 조건에 따라 보리, 콩, 잡곡, 유채, 밀 등 다양한 농작물 수확 가능

**국내 최초**

**자주식 수확 콤바인 ABC 270 시리즈**

**ABC 270R**  
ABC 270 공전용 콤바인에서 예취장치만 교체

**ABC 270P**  
ABC 270 공전용 콤바인에서 예취장치만 교체

수집장치

**보통형 다용도 콤바인 BRC 200**

- 국제 D 3400T-KC,470ps(51.5kW)/2800rpm Tier 4) 엔진 탑재
- 최저지상고(280mm)가 높아 험로에서도 주행성이 탁월
- 신회조작이 가벼운 전자유압 스티어링(센서 사용)
- 배출구가 높은 270도 회전 가능하고 높이 조절이 쉬워 배출작업이 편리
- 대용량의 곡물탱크와 배출구에는 곡물배출이 빠르고 정비 부수가 간편
- 32cc 대용량의 HST는 부드러운 주행 및 선의 신뢰성 및 내구성 보장

보리, 밀, 콩, 수수, 울무 등 다양한 작물을 수확할 수 있는 다용도 콤바인

16. 홍보 : 기사/월간농기계(한국농기계공업협동조합)

홍보일자 : 2017.09. (9월호 34page)

기사제목 : 자주식 소형 다용도 콤바인 출시



오페(주)

자주식 소형 다용도 콤바인 출시

발농업기계 중심기업 오페(주)대표 함영철·경남 함안군 칠북면)가 자주식 소형 다용도 콤바인(ABC 130)을 출시했다.

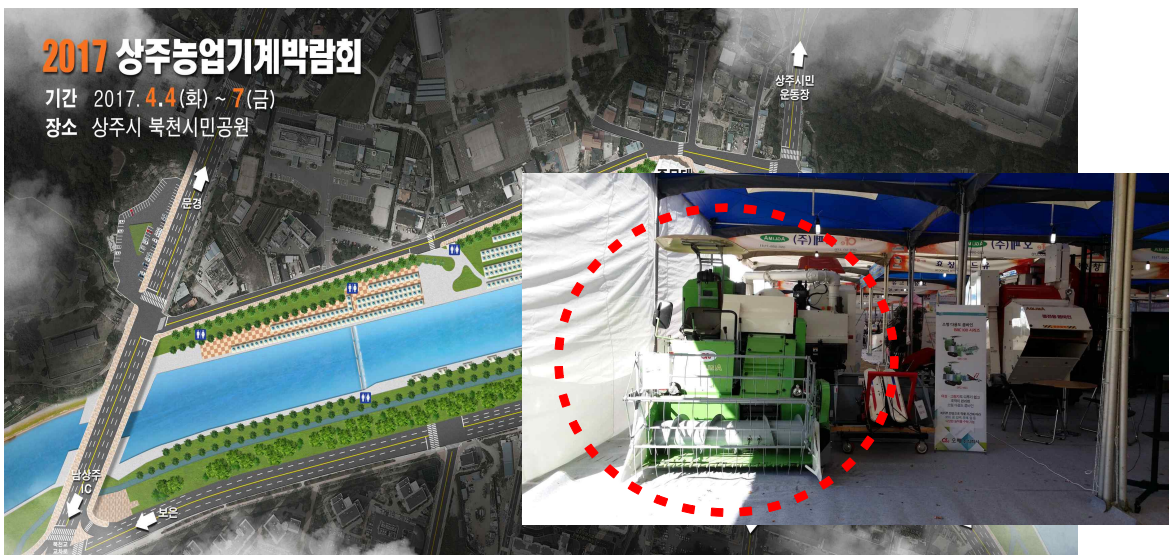
자주식 소형 다용도 콤바인은 최첨단 환경 친화적 티어4 30마력 엔진을 탑재했고, 어떠한 작업에서도 농작업이 가능한 고능률 작업을 실현시킨 제품이다.

조작이 쉽고 사용하기 편리한 구조로 설계돼 여성농민과 고령농민들도 작업하기가 수월하며 소형 화물차에 탑재가 가능해 농작업장까지 운반이 용이하다. 또한, 콩 이외에 메밀, 울무, 잡곡 등 다양한 농작물을 수확함으로써 농촌의 부족 노동력 해소 및 생산비 절감을 통한 농가수익 증대에 기여할 것으로 기대된다.

함영철 오페(주) 대표는 "농민들이 발작을 수확 시 많은 어려움을 겪고 있기에 이러한 문제점을 해결하고 보다 편리하게 농작업을 할 수 있도록 자주식 소형 다용도 콤바인을 출시하게 됐다"며 "앞으로도 발농업기계를 중점 개발·공급하며 농업인과 함께 하는 기업으로 커나갈 것"이라고 말했다. 오페(주) ☎(055)586-9454

17. 홍보 : 전시/상주 농업기계박람회

전시기간 : 2017.04.04.~04.07(3일간)



18. 홍보 : 광고/농업기계 목록집(한국농기계공업협동조합)

홍보일자 : 2018.01.01.

정부지원  
농업기계  
목록집

연구조사  
No.18-01

2018. 1. 1 기준  
이 책을 열람하시기 전에 일러두기를 꼭독하시기 바랍니다.

**KAMICO**  
한국농기계공업협동조합



19. 홍보 : 광고(한국농기계신문)

홍보일자 : 2018.08.31. (제442호 13면)

www.ofe.co.kr

## 콩 재배의 일관기계 수확·파종은 언제나 오페 Cfe 입니다

2018년 출시  
소형 다용도 콤바인  
**ABC 130**

3륜승용관리기

파종기

자주식 콩수확 콤바인  
**ABC 270**

배추 수확기

**Cfe** 오페주식회사  
Ofe.co.,LTD.

본사 및 제1공장 경상남도 함안군 칠북면 화천리 960-4(화천길 289-1)  
제2공장 경상남도 함안군 칠북면 화천리 338(화천1길 67)  
Tel 055-586-9454 Fax 055-586-9457 E-mail kmco2000@hanmail.net

3륜승용관리기, 배추수확기, 소형다용도 콤바인, 파종기, 자주식 콩수확기 등은 연구비 지원을 받아 개발된 제품입니다.

20. 홍보 : 제품설명

일시 : 2018.07.05.

장소 : 경남 거창군 농업기술센터

소형콤바인(ABC 130) 제품설명회	
일 자	2018년 7월 5일
장 소	거창군 농업기술센터
참 석 자	경상남도 시·군 농업기계 담당자
목 적	소형콤바인(ABC 130) 제품설명회를 통한 제품 홍보
설명회 사진	
	

2018년 9월 5일

연구책임자 : 이 범 섭



연구기관장 : 오페주식회사 대표이사 함영철





## 21. 홍보 : 광고(농축산기계신문)

홍보일자 : 2018.09.10. (제44호 03면)

www.ofe.co.kr

**파종·수확은 오페(Cfe). 발작물은 언제나 오페(Cfe)와 함께합니다.**

AS40 콩, 밭, 옥수수등 파종가능 2조식, 4조식 파종기 AS20

2018년 국내 최초 출시 소형 다용도 콤바인 ABC130

배추 수확기 OKH100

2단 급동, 2단 선별 곡물손상, 손실을 최소화 자주식 공 수확 콤바인 ABC270

배추 수확기 및 소형콤바인은 연구비 지원(농림식품기술기획평가원)을 받아 개발된 제품입니다.

**Cfe 오페주식회사**  
Ofe.co.,LTD.

본사 및 제1공장 경상남도 함안군 칠북면 화천리 960-4 (화천길 289-1)  
제2공장 경상남도 함안군 칠북면 화천리 338 (화천1길 67)  
Tel 055-586-9454 Fax 055-586-9457 E-mail kmco2000@hanmail.net

## 22. 홍보 : 기사(한국농기계신문)

홍보일자 : 2018.10.31. (제445호 23면)

기사제목 : 콩·메밀 및 잡곡 등을 수확하는 콤바인

오페주식회사

국내 첫 신기술농업기계 ABC 130

### 콩·메밀 및 잡곡 등을 수확하는 콤바인

더 큰 도약을 위해 끊임없이 노력하고 있는 오페주식회사는 최고의 고객 만족도 지향, 매출 및 수익의 증대, 제품·프로세스·구성원 역량강화, 글로벌 경쟁력 강화를 기치로 지난 2008년 설립했다. 설립 이후 자동차 부품 등과 콩·잡곡 등 발작물 농기계를 중심으로 수확 전용콤바인, 파종기, 친환경경운경제초기, 심토파쇄기 등을 개발·공급해왔다.

콩수확은 수작업과 린타입 예취부 콤바인 등 다양한 작업방법으로 이뤄지나, 이는 수확한 콩의 품질을 떨어뜨리고 발아율이 저하되는 등 문제가 있다. 오페주식회사는 이를 보완한 콩수확 전용 콤바인을 개발해 지난 2015년 국내 최초로 농림축산식품부로부터 신기술 농업기계로 인정을 받았다. ABC 130은 경사 북동형 2단 탈곡장치 구조로 농작물의 손상이 없는 탈곡능력을 갖고 있다. 2중 흔들체 구조로 탁월한 선별능력과 이송 중 작물의 손상을 방지하는 버켓식 승강기 방식을 채택해 콩의 품질을 지켰다.









또 소형으로 좁은 농작업장에서도 작업이 가능하며, HST 유압변속 구조로 조작성이 쉽고 사용하기 편리한 구조로 작업부담을 최소화한 것이 특징이다. 콩을 비롯해 메밀, 율무 등 잡곡 수확까지 가능하다.

오페 관계자는 “오페는 농업의 어려움을 인식하고 이를 해결하기 위해 발농업기계를 지속적으로 개발해왔다”며 “발농업 노동력 절감과 농가소득 향상을 위한 기술개발을 꾸준히 진행할 것”이라고 말했다.

23. 홍보 : 전시/2018 국제농기계자재박람회

전시기간 : 2018.10.31.~11.03(4일간)

소형콤바인(ABC 130) 박람회 참가	
일 자	2018년 10월 31일 ~ 2018년 11월 03일
장 소	충남 천안시 천안삼거리공원
행사명칭	국제농기계자재박람회 KIEMSTA 2018
목 적	소형콤바인(ABC 130) 전시 홍보
사진	 
	 
	 

2018년 11월 5일

연구책임자 : 이 범 섭



연구기관장 : 오페주식회사 대표이사 함영철



## 24. 홍보 : 기사/월간농기계(한국농기계공업협동조합)

홍보일자 : 2018.10 (10월호 34page)

기사제목 : 소형 자주식 보통형 콤바인 출시

오페(주)

10

### 소형 자주식 보통형 콤바인 출시

밭작물 기계화 정책의 효율적 추진과 함께 밭농업기계를 전문 생산·공급하고 있는 오페(주)(대표 함영철·경남 함안군 칠북면)가 농업인이 가장 어려움을 겪고 있는 수확작업을 보다 편리하게 할 수 있도록 소형 자주식 보통형 콤바인(ABC 130)을 국내 최초로 출시했다.

소형 자주식 보통형 콤바인은 경사 복통형 2단 탈곡장치, 2중 흔들체에 의한 선별 및 작물 이송에 따른 손상을 방지하는 버켓식 구조로 농작물 손실·손상율을 최소화했고, HST 유압 변속장치로 여성·고령자 등 농작업자가 사용하기 쉽고 조작성이 편리하다. 국내 중소형 농경지에 적합하게 제작돼 어떠한 농작업에서도 작업이 가능하도록 작업능률을 극대화했다.

또한, 콩 이외에 메밀, 울무 및 잡곡 등 다양한 농작물을 수확할 수 있는 장점도 있어 기계화에 따른 노동력 부족 해소와 생산비 절감을 통한 농가 수익 증대에 기여할 것으로 기대된다.

함영철 오페 대표는 "앞으로도 언제나 농업인과 함께하는 밭농업 중심기업으로 개발·공급을 지속할 계획"이라고 말했다.

오페(주) ☎(055)586-9451



## 붙임. 참고문헌

- Al-Soboh, G., A. K. Srivastava, T. H. Butler, and J. D. Kelly. 1986. A mixed-integer linear programming(MLIP) machinery selection model for navy bean production systems. Transactions of the ASAE 29(1):81-84, 89.
- Bachmann, J. 2001. Soyfood:Adding value to soybeans. Fayetteville, Ark.: ATTRA-National Sustainable Agriculture Information Service. Available at <http://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/soyfoods.pdf>.
- Baldwin, J. 2006. Control soybean insects. Pub 2211(on line only). LSU Agricultural Center. Baton Rouge, La. Available at [www.lsuagcenter.com](http://www.lsuagcenter.com).
- Bartsch J. A., C. G. Haugh, K. L. Athow and R. M. Peart. 1986. Impact damage to soybean seed. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 29(2):582-586.
- Beasley, E. O. 2002. Reduce soybean harvest losses. North Carolina Cooperative Extension Service. Raleigh, N.C. Available at [http://ipm.ncsu.edu/soybean/agronomy/soybean\\_loss.html](http://ipm.ncsu.edu/soybean/agronomy/soybean_loss.html).
- Berglund, D. R., and T. C. Helms. 2003. Soybean production. Bismarck, N.D.:North Dakota State University. Available at [www.ext.nodak.edu/extpubs/plantsci/rowcrops/a250.pdf](http://www.ext.nodak.edu/extpubs/plantsci/rowcrops/a250.pdf).
- Borba, C. S. 1986. Some relationships of seed quality and planting date to development and seed production of soybean [*Glycine max(L.)*]. ph.D. Dissertation. Mississippi State, Miss.: Mississippi State Univ.
- Cain, D. F., and R. G. Holmes. 1977. Evaluations of soybean impact damage. ASAE Paper No. 440220. St. Joseph, Mich.: ASAE.
- Chung, S. O., K. S. Bae, K. Y. Chung, M. H. Nam and J. G. Park. 2011. Performance evaluation of a small grain cereal crop thresher prototype. In: Proceedings of the KSAM 2011 Winter Conference, pp. 52-55, Seoul, Korea: February 2011 (In Korean).
- Costa, N. P., C. M. Mesquita, A. C. Maurina, J. B. Franca Neto, J. E. Pereira, F. C. Krzyzanowski, and A. A. Henning, 2002. Evaluation of grain and seed quality of mechanically harvested soybeans in Brazil. Eng. Agric. 22(2): 211-219.
- Delouche, J. C. 1980. Environmental effects on seed development and quality. Hort. SCI. 15(6):775-780.

- Dunn, W. E., W. R. Nave, and b. J. Butler. 1973. Combine header component losses in soybeans. *Transactions of the ASAE* 16(6): 1032-1035.
- FACT. 2014. Testing standards for agricultural machinery – conventional full-feeding combine: 2-4. Suwon, Korea: The Foundation of Agriculture Techniques Commercialization and Transfer (In Korean).
- FACT. 2016. Agricultural machinery testing methods – grain combine: 58-74. Suwon Korea: The Foundation of Agriculture Techniques Commercialization and Transfer (In Korean).
- FACT. 2018. Testing results for grain combines. Iksan, Jeonbuk, Korea: The Foundation of Agriculture Techniques Commercialization and Transfer. (In Korean).
- Fays, J., and M. A. Hanna. 1979. A pneumatic conveying system for reducing soybean header losses. *Transactions of the ASAE* 22(5): 962-964.
- Fernando, S. D., M. A. Hanna. 2005. Design and development of a threshing chamber and pneumatic conveying and cleaning units for soybean harvesting. *Transactions of the ASAE* 48(5): 1681-1688.
- Fernando, S., M. A. Hanna, and C. Mesquita. 2004. Soybean threshing mechanism development and testing. *Transactions of the ASAE* 47(3): 599-605.
- Fujioka, M., T. Uchida, Y. Yamamoto, S. Sasaki, Y. Kutsuno and Y. Terayama. 1986. Studies on the stable cultivations of job' s tears(Coix Ma-yeun Roman) in paddy field. *Bulletin of the Yamaguchi Agricultural Experiment Station* 38: 7-17 (In Japanese, with English abstract).
- Giordano, J. M., M. Bragachini, C. Casini, and H. Pescetti. 1992. Effect of two different cylinders on the quality of soybean seed and on threshing, separating and cleaning losses. In *Argentinian Conference on Agricultural Engineering*, 58-59. Villa Maria, Argentina.
- Glancey, J. L., W. E. Kee, B. A. Icenogle, and B. C. Postles. 1996. A stationary threshing machine for green peas and lima beans. *Applied Engineering in Agriculture* 12(4): 435-440.
- Grisso, R. D. 2004. Harvesting, drying, handling, and storage. *Extension Engineer*. Blacksburg, VA. Available at [http://filebox.vt.edu/users/rgrisso/Grisso/papers/CH9\\_Harvest.pdf](http://filebox.vt.edu/users/rgrisso/Grisso/papers/CH9_Harvest.pdf).
- Hanna, H. M., D. H. Jarboe, and G. R. Quick. 2009. Grain residuals and time requirements for combine cleaning. *Applied Engineering in Agriculture* 25(6): 851-861.

- Hanna, H. M., D. H. Jarboe. 2011. Effects of full, abbreviated, and no clean-outs on commingled grain during combine harvest. *Applied Engineering in Agriculture* 27(5): 687-695.
- Herbek, J. H., and M. J. Bitzer. 2004. Soybean production in Kentucky: Part V – Harvesting, drying, storage, and marketing. Lexington, Ky.: Cooperative Extension Service, UKY. Cooperative Extension Service Bulletin AGR 132.
- Hoki M. and L. K. Pickett. 1973. Factors affecting mechanical damage of navy bean. *Transactions of the ASAE*, 16(6):1154-1157.
- Hong, J. T., H. J. Jeon, Y. Choi, Y. K. Kim, Y. M. Cho, Y. D. Kim, M. Y. Song, and B. W. Song. 2003. Development of a bean combine harvester. 2003 Agricultural engineering annual report of the Agricultural Engineering Research Center in Rural Development Administration: 254-265.
- Howell, M., and K. Martens. 2004. Harvesting high-quality organic grain: Part2 – soybeans. *ACRES: A Voice for Eco-Agriculture* 32(11): 11-15.
- Ishida, M., I. Chiba, M. Kato, Y. Okuyama, S. Sugawara, S. Tanosaki, K. Shindo, N. Ishikura, K. Seki, T. Endo and M. Shibata. 1997. A new job' tear cultivar "Hatohikari" . *Bulletin of the Tohoku National Agricultural Experiment Station* 92: 43-52 (In Japanese, with English abstract).
- Issac, N. E., G. R. Quick, S. J. Birrell, W. M. Edwards, and B. A. Coers. 2006. Combine harvester econometric model with forward speed optimization. *Applied Engineering in Agriculture* 22(1): 25-31.
- Iwase T. and K. Kumagai. 1999. Proper harvesting time of buckwheat 'Hashikamiwase' by combine. *Tohoku Agriculture Research* 52: 109-110 (In Japanese).
- Jun Hyeon Jong, Choi Il Su, Kang Tae Gyoung, Choi Yong, Choi Duck Kyu and Lee Choung Keun. 2015. Study on performance improvement of a head feeding rice combine for foxtail millet harvesting. *Journal of Biosystems Engineering*. Vol. 40(1):10-18.
- Jun, H. J., I. S. Choi, T. G. Kang, Y. Choi, D. K. Choi and C. K. Lee. 2015. Study on performance improvement of a head-feeding rice combine for foxtail millet harvesting. *Journal of Biosystems Engineering* 40(1): 10-18.
- Kitakura, Y., H. Nakajima, K. Yamamoto and T. Minobe. 2008. Remodeling the combine harvester for the adaptive use in the harvesting buckwheat in early stage. *Research Bulletin of the Fukui-ken Agricultural Research Center* 45: 34 (In Japanese, with English abstract).

- Krzyzanowski, F. C., and J. B. Franca-Neto. 2003. Adding value to soybean seed through quality control. SEED News VII(5): Pelotas. Available at [http://www.seednews.inf.br/ingles/seed75/print\\_artigo75\\_ing.html](http://www.seednews.inf.br/ingles/seed75/print_artigo75_ing.html).
- Lamp, B. J., W. H. Johnson, and K. A. Harkness. 1961. Soybean harvesting losses - approaches to reduction. Transactions of the ASAE 4(2): 203-207.
- Lee K. Y., S. Yoo, B. H. Han, Y. Choi and I. S. Choi. 2017. Design and construction of a pick-up type pulse crop harvester. Journal of Biosystems Engineering 42(1): 12-22
- Lee, B. S., K. B. Ji, S. C. Kim and S. N. Yoo. 2017. Design and construction of the prototype of 25 kW small combine for harvesting miscellaneous cereal crops. In: Proceedings of the KSAM & UMRC 2017 Spring Conference, pp. 78, Gunwi, Gyeongbuk, Korea: April 2017 (In Korean).
- Lee, C. K, Y. Choi, Y. S. Jang, Y. S. Jung, S. K. Lee and W. D. Lee. 2009. Development of a Rapeseed Reaping Equipment Attachable to a Conventional Combine (2) -Evaluation of Feasibility in Rapeseed Harvesting-. Journal of Biosystems Engineering. Vol. 34(1):21-29.(In Korean)
- Lee, C. K., Y. Choi, H. J. Jun, S. K. Lee, C. S. Ryu and D. M. Kim. 2008b. Development of a rapeseed reaping equipment attachable to a conventional combine (I) - Design and construction of a prototype. Journal of Biosystems Engineering 33(6): 371-378 (In Korean, with English abstract).
- Lee, C. K., Y. Choi, H. J. Jun, S. K. Lee, S. D. Moon and S. S. Kim. 2009b. Development of a rapeseed reaping equipment attachable to a conventional combine (III) - Analysis of principal factor for loss reduction of rapeseed mechanical harvesting. Journal of Biosystems Engineering 34(2): 114-119 (In Korean, with English abstract).
- Lee, C. K., Y. Choi, H. J. Jun, S. K. Lee, Y. S. Jung and W. D. Lee. 2008a. Evaluation of working performance in rapeseed harvesting using a conventional combine attached a rapeseed reaping equipment. In Proceedings of the KSAM 2008 Winter Conference, pp. 5-8, Seoul, Korea: February 2008 (In Korean).
- Lee, C. K., Y. Choi, Y. S. Jang, Y. S. Jung, S. K. Lee and W. D. Lee. 2009a. Development of a rapeseed reaping equipment attachable to a conventional (II) - Evaluation of feasibility in rapeseed harvesting. Journal of Biosystems Engineering 34(1): 21-29 (In Korean, with English abstract).
- Lee, K. Y., S. Yoo, B. H. Han, Y. Choi and I. S. Choi. 2017. Design and construction of a pick-up type pulse crop harvester. Journal of Biosystems Engineering 42(1): 12-22.

- Lee, S. K. and H. K. Noh. 2015. Development of threshing machine for shatter-resistant sesame. *Journal of Biosystems Engineering* 40(2): 110-114.
- Lee, B. S. and S. N. Yoo. 2016. Development and industrialization of a small self-propelled combine for harvesting miscellaneous cereal crops. 2016 Research report for Advanced Production Technology Development Program: Project No. 116064-3. Anyang, Gyeonggi, Korea: The Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry, and Fisheries. (In Korean).
- Lee, B. S. and S. N. Yoo. 2017. Development and industrialization of a small self-propelled combine for harvesting miscellaneous cereal crops. 2017 Research report for Advanced Production Technology Development Program: Project No. 116064-3. Anyang, Gyeonggi, Korea: The Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry, and Fisheries. (In Korean).
- MacLeod, J. 1981. Oilseed rape book - A manual for growers, farmers and advisors. 1st ed. London, United Kingdom: Cambridge Agricultural Publishing, pp. 107-119.
- McColly H. F. 1958. Harvesting edible beans in Michigan. *Transactions of the ASAE* 1(1): 68-75.
- McPherson, R. M., L. D. Newsom, and B. F. Farthing. 1979. Evaluation of four stink bug species from three genera affecting soybean yield and quality in Louisiana: *J. Econ. Entomol.* 72(1): 88-194.
- Mesquita, C. M. 1989. Mechanics of soybean threshing. Ph.D. Dissertation. Lincoln, Nebr.: University of Nebraska.
- Mesquita, C. M., and G. M. Silveira. 1992. A toll for estimating grain losses by combines. In 24<sup>th</sup> International Conference On Agricultural Mechanization, 429-436. Zaragoza, Spain: ANIA-FIMA 92.
- Mesquita, C. M., and M. A. Hanna. 1979. Belt conveyor system to reduce soybean harvester gathering losses. *Transactions of the ASAE* 22(2): 243-245, 250.
- Mesquita, C. M., M. A. Hanna, and N. P. Costa. 2005. New harvesting device for soybeans. *Transactions of the ASAE* 48(1): 55-62.
- Mesquita, C. M., M. A. Hanna, and N. P. Costa. 2005. Self-propelled prototype soybean harvester. *Transactions of the ASAE* 48(4): 1301-1310.



- Mesquita, C. M., M. A. Hanna, and N. P. Costa. 2006. Crop and harvesting operation characteristics affecting field losses and physical qualities of soybeans – Part I. *Applied Engineering in Agriculture* 22(3): 325–333.
- Mesquita, C. M., M. A. Hanna. 1993. Soybean Threshing Mechanics: I. Frictional rubbing by flat belts. *Transactions of the ASAE* 36(2): 275–279.
- Mesquita, C. M., N. P. Costa, J. E. Pereira, A. C. Maurina, and J. G. M. Andrade. 2002. Profile of soybean mechanical harvesting in Brazil: 1988/1999 crop. *Eng. Agric., Jaboticabal*, 22(3): 398–406.
- Moore, R. P. 1971. Mechanism of water damage in mature soybean seed. *Proc. Assoc. Off. Seed Anal.* 61: 112–118.
- Morishita, T. and T. Suzuki. 2012. The evaluation of harvest loss in shattering-resistant common buckwheat using combine harvester. Report of the Hokkaido Branch, the Japanese society of Breeding and Hokkaido Branch, the crop Science Society of Japan 53: 49–50 (In Japanese)
- Mowitz, D. 2001. Cranking up combine capacity. *Successful Farming* 99(10): 36–38.
- Naka, S., S. Imazono, and J. Masuda. 1982. Mechanizations of small grains. *JSAME* 43(4): 649–654 (In Japanese).
- Nakano, H., Y. Ujihira and K. Ishida. 2003. Correlation of planting density with yield and yield components in job's-tear plant. *Japanese Journal of Crop Science* 72(1): 32–37 (In Japanese, with English abstract).
- Narayan C. V. 1969. Mechanical checking of navy beans. Ph.D. Thesis, Michigan state university, East Lansing, MI.
- Nave, W. R., and R. R. Yoeger. 1975. Use of air-jet guards to reduce soybean harvesting losses. *Transactions of the ASAE* 18(4): 626–629.
- Nave, W. R., D. E. Tate, and B. J. Butler. 1972. Combine header for soybeans. *Transactions of the ASAE* 15(4): 632–635.
- Newbery R. S., M. R. Paulsen., and W. R. Nave. 1980. Soybean quality with rotary and conventional threshing. *Transactions of the ASAE* 23(2): 303–308.

- Ohtsuka, K., K. Suzuki, H. Shiohara and S. Ogawa. 1985. Studies on the mechanized cultivation system of job' s tears (*Coix Lacryma-Jobi L., Var Frumentacea Makino*) in paddy field. *Bulletin of the Saitama Agricultural Experiment Station* 41: 1-44 (In Japanese).
- Okabe, M., Y. Uehara and T. Masuda. 1987. Optimum system of the mechanization for job' s tears production in drained paddy field. *JSAM* 48(1): 119-122 (In Japanese).
- Pickett, L. K. 1973. Mechanical damage and processing loss during navy bean harvesting. *Transactions of the ASAE*: 1047-1050.
- Price, J. S., R. N. Hobson, M. A. Neale and D. M. Bruce. 1996. Seed losses in commercial harvesting of oilseed rape. *Journal of Agriculture Engineering Research* 65: 183-191.
- Quick, G. R., and W. Buchele. 1978. *The Grain Harvester*. St. Joseph, Mich.: ASAE.
- Shay, C. W., L. Ellis, and W. Hires. 2002. Measuring and reducing soybean harvesting losses. Department of Agricultural Engineering. Columbia, Mo.: University of Missouri. Available at <http://muextension.missouri.edu/xplor/agguides/agengin/g01280.htm>.
- Shiba, H., J. Masuda, R. Hino, T. Ideue, F. Takaki and S. Miyako. 1969. Combine harvesting for buckwheat. *JSAM* 31(1): 63-64 (In Japanese).
- Shibuya, Y. 2006. Systemization of mechanization production technology of rapeseed for agricultural energy use (I). In: *The Proceeding of the Japanese Society of Agricultural Mechanization* .pp. 76, Sapporo, Japan: September 2006 (In Japanese).
- Smith, J. A. 1986. Dry edible bean field harvesting losses. *Transactions of the ASAE* 29(6): 1540-1543.
- Sugimoto, H. and T. Sato. 2000. Effects of excessive soil moisture at different growth stages on seed yield of summer buckwheat. *Japanese Journal of Crop Science* 69(2): 189-193 (In Japanese, with English abstract).
- Suzuki, T., Y. Mukasa, T. Morishita, S. Takigawa and T. Noda. 2012. Traits of shattering resistant buckwheat 'W/SK86GF' . *Breeding Science* 62(4): 360-364.
- Takamatsu, M., Y. Taneda and Y. Otake. 1985. Mechanized cultivation of job' s tears (*Coix lacryma-jobi-L*) in paddy field. *Research Bulletin of the Aichi-ken Agricultural Research Center* 17: 85-91 (In Japanese, with English abstract).

- Tamura, T., H. Kaneko, J. Morohashi, and Y. Nagasawa. 1992. Soybean harvesting techniques using a conventional combine under the rainy conditions of autumn. 1. Relationship between harvesting conditions of autumn. *Journal of the Nigata Agricultural Experiment Station* 38: 31-39.
- Tateno, K. 1984. Mutation breeding of short-culmed and shattering resistant job' s tears strains. *Science Bulletin of the Faculty of Agriculture, Kyushu University* 39(2/3): 59-68 (In Japanese).
- Tetsuka T., K. Matsui, T. Hara and T. Morishita. 2010. New job' s tears variety, "Akishizuku" . *Bulletin of the National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region* 53: 33-41 (In Japanese, with English abstract).
- Townsend, L., and R. Bessin. 2004. Stink bug damage to corn. Enfact-305. Lexington, KY. University of Kentucky, College of Agriculture, Department of Entomology. Available at <http://www.uky.edu/Agriculture/PAT/recs/crop/pdf/entfa305.pdf>.
- Ujihira Y. and K. Ishida. 1982. Characteristics of job' s tears variety line. *Report of the Chugoku Branch of the Crop Science Society of Japan* 24; 24-26 (In Japanese).
- Ujihira Y. and K. Ishida. 1985. Characteristics of job' s tears breeding line. *Report of the Chugoku Branch of the Crop Science Society of Japan* 27; 8-9 (In Japanese).
- Ujihira Y., H. Nakano, and K. Ishida. 1987. Breeding of the short-culmed job' s tear variety (Okayama No. 3). *Agriculture and Horticulture* 62(6): 763-764 (In Japanese).
- Whitney, R. W., J. G. Poterfield. 1973. Queuing cost and its reduction for agricultural harvesting systems. *Transactions of the ASAE* 16(4): 606-608.
- Williams, M. M., and C. B. Richey. 1973. A new approach to gathering soybeans. *Transactions of the ASAE* 16(6): 1017-1023.
- Williamson, R. E., and D. A. Smittle. 1976. High density snap bean harvester trials. *Transactions of the ASAE* 19(5): 844-848.
- Wright, D. L., J. R. Rich, J. J. Marois, and R. K. Sprenkel. 2004. Soybean production in Florida. Gainesville, Fla.: University of Florida, Extension, Institute of Food and Agricultural Sciences. Available at <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/files/AG/AG18500.pdf>.

Yi, E. S., J. S. Lee, K. J. Kim and H. S. Lee. 1997. Yield variation in different harvest time of *Coix lachrymal* L. var. *ma-yeun* Stapf. *Korean J. Medicinal Crop Science* 5(4): 284-288 (In Korean, with English abstract).

Yoo, S. N., B. H. Han and I. S. Choi. 2016. Development of a pick-up type self-propelled combine harvester for pulse crop. Research report for Cooperative Research Program for Agricultural Science & Technology Development: Project No.: PJ009981. Jeonbuk, Korea: The Rural Development Administration (In Korean).

Yoon, Y. T., C. H. Lee, S. N. Yoo, B. S. Lee and K. B. Ji. 2017. Design and construction of the second prototype of 25 kW small combine for harvesting miscellaneous cereal crops. In: *Proceedings of the KSAM & ARC 2017 Autumn Conference*, pp. 90, Gwangju, Korea: October 2017 (In Korean).

농림축산식품부. 2014. 농림축산식품 주요통계 2014.

농촌경제연구원. 2015. 농업전망 2015.

농촌진흥청. 2012. 농업과학기술 연구조사 분석기준.

농촌진흥청. 2015. 콩 생력기계화 재배 실용기술. 사이버농업경영자과정 자료:195-211.

서해동. 2010. 논 농업 다양화와 지역특화품목 육성. 콩 산업 정책지원과 세계화 전략 심포지엄. 농촌진흥청, 국립식량과학원. 1-15.

오남기, 최선우, 고복래, 이재홍, 2001. 콩 맥후작형 생력기계화 일관작업체계 현장적용 연구. 농촌진흥청 연구과제 보고서.

유용한, 최경진, 홍은희, 1990. 두류 안전 재배기술 개선 연구-두류 생력기계화 재배기술체계 확립시험. 농촌진흥청 시험연구보고서 :124-135.

최규홍, 강태경, 2013. 콩 생력기계화 기술개발 방향. 국립식량과학원 주최 “콩 자급을 제고를 위한 정책방향 및 기술개발 전략” 심포지엄 자료:69-81.

#### 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.