

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)
첨단농기계산업화기술개발사업 2022년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004334-01

자주식 · 무배추 검용 수확기 개발

2023.05.17.

주관연구기관 / 농업회사법인 희망농업기계 주식회사
공동연구기관 / 전남대학교산학협력단
공동연구기관 / 충남대학교산학협력단
위탁연구기관 / 한국농업기계화정책연구원

농림축산식품부
(전문기관) 농림식품기술기획평가원

제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “자주식·무배추 겸용 수확기 개발”(개발기간 : 2021.04.01~2022.12.31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2023.05.17

주관연구기관명 : 농업회사법인 희망농업기계 주식회사

(대표자) 이 리 중 (인)

협동연구기관명 : 전남대학교산학협력단

(대표자) 민 정 준 (인)

협동연구기관명 : 충남대학교산학협력단

(대표자) 김 용 주 (인)

위탁연구기관명 : 한국농업기계화정책연구원

(대표자) 강 창 호 (인)

주관연구책임자 : 이 리 중

공동연구책임자 : 최 영 수

공동연구책임자 : 강 영 선

위탁연구책임자 : 강 창 호

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의 합니다.

최종보고서						보안등급		
						일반[<input checked="" type="checkbox"/>], 보안[<input type="checkbox"/>]		
중앙행정기관명	농림축산식품부		사업명	사업명	첨단농기계 산업화 기술개발			
전문기관명	농림식품기술기획평가원		내역사업명		농기계 산업혁신기술			
광고번호	제 농축 2021-26호		총괄연구개발 식별번호	(해당 시 작성)				
			연구개발과제번호	121030-2				
기술 국가과학기술 표준분류	LB0801	100%	2순위 소분류 코드명	%	3순위 소분류 코드명	%		
분류 농림식품과학기술분류	RC0101	100%	2순위 소분류 코드명	%	3순위 소분류 코드명	%		
총괄연구개발명 (해당 시 작성)	국문	자주식·무배추 겸용 수확기 개발						
	영문	Development of radish and chinese cabbage harvester						
연구개발과제명	국문	자주식·무배추 겸용 수확기 개발						
	영문	Development of radish and chinese cabbage harvester						
주관연구개발기관	기관명	농업회사법인 희망농업기계 주식회사		사업자등록번호	412-81-40179			
	주소	(우)58279 전라남도 나주시 다시면 운암길 38		법인등록번호	205511-0030198			
연구책임자	성명	이리중		직위	대표이사			
	연락처	직장전화	061-334-0985		휴대전화	010-5608-7222		
		전자우편	ll1004@hope-fi.co.kr		국가연구자번호	1142 8648		
연구개발기간	전체	2021. 04. 01 - 2022. 12. 31 (1년 9개월)						
	1년차	2021. 04. 01 - 2021. 12. 31 (9개월)						
	2년차	2022. 01. 01 - 2022. 12. 31 (12개월)						
연구개발비 (단위: 천원)	정부지원	기관부담		그 외 기관 등의 지원금		합계		연구개발비 재원
	연구개발비	연구개발비	연구개발비	지방자치단체	기타()	합계	합계	
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계
총계	933,000	9,400	148,900			942,400	148,900	1,091,300
1년차	400,000	-	65,000			400,000	65,000	465,000
2년차	533,000	9,400	83,900			542,400	83,900	625,300
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고		
						역할	개명	
공동연구개발기관	전남대학교 산학협력단	최영수	교수	010-3622-2157	y-choi@jnu.ac.kr	공동 대학		
	충남대학교 산학협력단	강영선	연구 교수	010-2332-8467	kang6300g@gmail.com	공동 대학		
위탁연구개발기관	한국농업기계화 정책연구원	강창호	원장	010-5290-5578	kangho2030@naver.com	위탁 기타		
연구개발기관 외 기관								
연구개발담당자 실무담당자	성명	이해나		직위	대리			
	연락처	직장전화	061-334-0985		휴대전화	010-9842-1230		
전자우편		haena1230@hope-fi.co.kr		국가연구자번호	1273 5405			

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2022년 12월 31일

연구책임자: 이 리 중

주관연구개발기관의 장: 농업회사법인희망농업기계주식회사 대표이사 이 리 중

공동연구개발기관의 장: 전남대학교 산학협력단장 민 정 준 (직인)

공동연구개발기관의 장: 충남대학교 산학협력단장 김 홍 주 (직인)

위탁연구개발기관의 장: 한국농업기계화정책연구원장 강 창 호 (직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하



< 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명		첨단농기계산업화기술개발			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)				
내역사업명 (해당 시 작성)		농기계산업혁신기술			연구개발과제번호		121030-2		
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB0801	100%	2순위 소분류 코드명	%	3순위 소분류 코드명	%		
	농림식품 과학기술분류	RC0101	100%	2순위 소분류 코드명	%	3순위 소분류 코드명	%		
총괄연구개발명 (해당 시 작성)									
연구개발과제명		자주식·무배추 겸용 수확기 개발							
전체 연구개발기간		2021년 04월 01일 ~ 2022년 12월 31일 (1년 9개월)							
총 연구개발비		총 1,091,300 천원 (정부지원연구개발비: 933,000 천원, 기관부담연구개발비 : 158,300 천원, 지방자치단체: 0 원, 그 외 지원금: 0,원)							
연구개발단계		기초[] 응용[] 개발[<input checked="" type="checkbox"/>] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준(4) 종료시점 목표(6)			
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)									
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)									
연구개발 목표 및 내용		최종 목표			<ul style="list-style-type: none"> ○연구 최종 목표 : 자주식 무·배추 수확기 개발 - 본 연구는 정부의 발작물 기계화 정책 추진에 따라 생산량이 가장 많은 채소인 무와 배추 수확 공정에 대한 겸용 자주식 수확기 개발을 목표 - 기존 무·배추 수확 시 투입되는 노동력을 절감하고 작업능률을 극대화함으로써 농가 소득 및 생산성을 제고 - 자주식 무·배추 겸용 수확기에 적합한 재배양식을 적용하여 현장 실증시험을 통해 제품을 보완하고 기계화에 적합한 재배양식을 제안 				
		전체 내용			<ul style="list-style-type: none"> ○기술 조사 및 주행 플랫폼 개발 및 제작 - 주행 플랫폼 개발(궤도/윤거) - 자세 제어 시스템 개발 - 수확물 이송 크레인 개발 ○동력 시스템 제작 - 기반 동력부 설계 및 제작 ○무·배추 겸용 수확시스템 개발 - 배추 인발부와 이송라인 설계 및 개발 - 무 인발부와 이송라인 설계 및 개발 - 인발부 교체 구조 설계 및 개발 ○동력전달부 시뮬레이션 모델 개발 및 분석 - 시뮬레이션 모델 개발을 위한 시스템 분석 및 중요인자 도출 - 주요 부품 제원을 이용한 시뮬레이션 모델 개발 ○무·배추 재배양식 현황 조사 및 분석 				

		<ul style="list-style-type: none"> - 기계화 표준재배양식(안) 구명 ○수확 시스템 제작 - 배추 인발, 이송 시스템 제작 및 테스트 - 무 인발, 이송 시스템 제작 및 테스트 ○인발부와 자세제어 시스템과 연동 테스트 - 자세제어 발동각도 최소화 ○현장 실증 시험 및 성능평가 - 인발부 작동 성능 확인 및 테스트 - 품종 및 재배양식에 따른 실증시험 준비 및 최적화 ○시뮬레이션 모델 검증 및 성능평가 - 모델 검증을 위한 부하 계측 시스템 개발 - 데이터 분석 및 시뮬레이션 모델 보완 ○표준재배양식(안) 실증시험 - 실증시험으로 표준재배양식 제시
1년차 (해당 시 작성)	목표	<ul style="list-style-type: none"> ○기술 조사 및 주행 플랫폼 개발 및 제작 ○동력 시스템 제작 ○무·배추 겸용 수확시스템 개발 ○동력전달부 시뮬레이션 모델 개발 및 분석 ○무·배추 재배양식 현황 조사 및 분석
	내용	<ul style="list-style-type: none"> ○기술 조사 및 주행 플랫폼 개발 및 제작 - 주행 플랫폼 개발(궤도/운거) - 자세 제어 시스템 개발 - 수확물 이송 크레인 개발 ○동력 시스템 제작 - HST 기반 동력부 설계 및 제작 ○무·배추 겸용 수확시스템 개발 - 배추 인발부와 이송라인 설계 및 개발 - 무 인발부와 이송라인 설계 및 개발 - 인발부 교체 구조 설계 및 개발 ○동력전달부 시뮬레이션 모델 개발 및 분석 - 시뮬레이션 모델 개발을 위한 시스템 분석 및 중요 인자 도출 - 주요 부품 제원을 이용한 시뮬레이션 모델 개발 ○무·배추 재배양식 현황 조사 및 분석 - 기계화 표준재배양식(안) 구명
2년차 (해당 시 작성)	목표	<ul style="list-style-type: none"> ○수확 시스템 제작 ○인발부와 자세제어 시스템과 연동 테스트 ○현장 실증 시험 및 성능평가 ○시뮬레이션 모델 검증 및 성능평가 ○표준재배양식(안) 실증시험
	내용	<ul style="list-style-type: none"> ○수확 시스템 제작 - 배추 인발, 이송 시스템 제작 및 테스트 - 무 인발, 이송 시스템 제작 및 테스트 ○인발부와 자세제어 시스템과 연동 테스트 - 자세제어 발동각도 최소화

			<ul style="list-style-type: none"> ○현장 실증 시험 및 성능평가 <ul style="list-style-type: none"> - 인발부 작동 성능 확인 및 테스트 - 품종 및 재배양식에 따른 실증시험 준비 및 최적화 ○시뮬레이션 모델 검증 및 성능평가 <ul style="list-style-type: none"> - 모델 검증을 위한 부하 계측 시스템 개발 - 데이터 분석 및 시뮬레이션 모델 보완 ○표준재배양식(안) 실증시험 <ul style="list-style-type: none"> - 실증시험으로 표준재배양식 제시
--	--	--	---

연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> [논문발표] 1 건 [학술발표] 2 건 [특허출원] 3 건 [교육지도] 2 건 [기술이전] 1 건 [기술료] 16백만 원 [제품화] 1 건 [고용창출] 2 명 [홍보전시] 1 건 		
--------	---	--	--

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<p>[판매전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 연구개발종료 후 종합검정 및 모델등록을 통한 판매준비 - 전국 기술센터 및 임대사업소 홍보를 통한 판로 확보 - 주관연구개발기관 보유한 전국 총판 교육을 통한 홍보 및 판매 - 농업기계 관련 언론, 유튜브, 웹사이트 등 다양한 매체를 통한 홍보 및 판매 <p>[홍보방안]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 농업기계 신문, 월간지 등의 언론 매체 투고 - 개발품의 작업과정, 소개등의 영상제작 - 국내·외 전시·박람회 참가를 통한 홍보 <p>[투자계획]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 특허출원을 통한 기술경쟁력 확보 - 제품 생산을 위한 생산라인 구축과 인력채용 - 지속적인 연구개발비 투입 <p>[생산 및 판매계획]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 수확, 굴취, 후처리, 수집, 이송까지 하나의 주행플랫폼에 적용된 제품 생산 - 무와 배추 인발장치의 유닛화로 구매자의 작업용도에 따라 구입 가능 <p style="text-align: right;">유닛 및 세트별 소비자가격 계획 (단위 : 천원)</p>				
	주행플랫폼	무인발장치	배추인발장치	무·배추 겸용수확기	
	가격	47,000	10,000	13,000	70,000
	- 연구개발 종료 후 아래와 같이 매출액 및 기술료 달성을 계획하고 있음.				

연구개발 종료 매출액 및 기술료 달성 목표 (단위 : 천원)

	2023	2024	2025	2026	2027
매출액	120,000	300,000	600,000	1,200,000	1,800,000
기술료	835	2,088	4,176	8,353	12,529

○농업기계 분야

- 굴취, 수확, 후처리, 수집, 이송작업기의 일원화
- 임대사업소 등 관련 기관들에 대한 교육을 통해 개발품의 우수성 홍보하고 이에 따른 보급률 상승
- 미약한 수확기계 시장에 자주식 무·배추 겸용수확기 도입으로 기술경쟁력 상승
- 다양한 작업이 동시 수행 가능한 제품 개발로 부품설계 및 제조기술 확보
- 연구개발성과인 시제품의 제품화로 시장선점 및 기업의 매출향상
- 장비구입비 절감을 통한 농가 부담 완화
- 농업기계의 생산 및 판매역량 확보를 위한 고용창출

○밭농업 기계화 분야

- 밭농사 주요작업 중 하위권의 기계화율을 가진 수확작업의 기계화율 향상
- 기계화에 적합한 재배양식 제시로 밭의 규격화 방법 제시
- 밭의 규격에 따른 대응이 가능한 주행플랫폼으로 농조사 대비 불리한 환경의 밭농사 기계화 활성화
- 수확작업시 소요되는 인건비, 인력수급에 대한 농가부담완화

연구개발성과의 비공개여부 및 사유

해당사항 없음

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
국문핵심어 (5개 이내)	무		배추		수확기		케도식		크레인			
영문핵심어 (5개 이내)	Radish		Cabbage		Harvester		Crawler		Crane			

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	001
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용	019
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	123
4. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도	129
5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	129

별첨 자료 (참고 문헌 등)

별첨1 . 자체평가의견서	132
별첨2. 연구성과 활용계획서	138
별첨3. 참고문헌	141
별첨4. 증빙자료	143
별첨5. 시험성적서	152

1. 연구개발과제의 개요

1) 무·배추 겸용 수확기 개요

현재 우리나라 밭농업의 기계화율은 평균 61.9%이다. 논농업의 기계화율은 전과정 평균 98.6%인데 비해 낮다. 또한, 밭작물의 기계화율 평균은 61.9%이지만, 수확작업은 다른 작업과 비교했을 때 기계화율이 현저히 낮은 것을 확인할 수 있다. 또한, 기계화 되었다고 보기 어려운 기구에 가까운 제품을 사용하는 실정이기 때문에 현실적인 수확기의 기계화를 위한 연구가 필요하다.

2021년 기준 근채류 생산량 중 91%를 차지하는 무와 엽채류 생산량 중 78% 달하는 배추는 작물별 직접노동 투하량이 가장 높은 채소류이며 지속적인 농촌인구 감소 현상으로 인한 노동력 부족문제가 심각하다.

표 1 논벼의 기계화율 (KOSIS)

(단위: %)

종류별	2019							
	경운	정지	씨레	이앙	방제	수확	건조	평균
계	100.0	100.0	100.0	100.0	98.0	100.0	95.0	98.6
보행	0.9	0.7	0.6	6.7	43.3	0.2	-	10.2
승용	99.1	99.3	99.4	93.3	54.7	99.8	95.0	88.4

표 2 밭작물 기계화율 (KOSIS)

(단위: %)

종류별	2019						평균
	경운·정지	파종·정식	비닐피복	방제	수확		
계	99.8	12.2	73.0	93.2	31.6	61.9	
보행	7.2	8.7	45.2	78.4	9.6	29.8	
승용	92.6	3.5	27.8	14.8	22.0	32.1	

표 3 2021 채소 생산량 (KOSIS)

(단위: 톤)

2021			
근채류	무	엽채류	배추
1,284,450	1,172,345	2,555,028	2,017,507

표 4 작물별 직접노동 투하량 (KOSIS)

(단위: 시간)

2017								
미곡	맥류	잡곡	두류	서류	채소	과수	화훼	기타
41.86	1.90	13.15	42.16	29.61	842.91	45.62	1.40	94.06

기개발된 무수확기의 경우 승용관리기 또는 트랙터에 부착하여 밭에 식재된 무청을 절단하는 전처리작업만을 수행하며, 무의 수집과 운반은 수작업으로 이루어지고 있어 해당 수확기를 운영하기 위해서는 많은 인력이 필요한 실정이다.



그림 2 트랙터 장착식 무 수확기구



그림 3 무 수확 수작업 장면



그림 4 배추 수확 수작업 장면

배추의 경우는 상황이 더 열악하며 모든 수확 공정을 수작업으로 진행하고 있다. 일본의 안마社에서 개발된 무수확기와 배추수확기가 있으나 국내 도입은 미정이기 때문에 국내의 배추수확기는 전무한 실정이다. 따라서 지금이 무와 배추 수확기의 개발 적기로서 수작업이 주로 이뤄지고 있는 두 유사 공정(인발식 수확기)을 운영할 수 있는 겸용기계 의 개발이 필요하다.

표 5 밭작물 수확기계화율 (2019, KOSIS)

작물별	종류별	수확	작물별	종류별	수확
콩	계	40.6	배추	계	0.0
	보행	16.6		보행	0.0
	승용	24.0		승용	0.0
감자	계	71.9	마늘	계	39.2
	보행	19.1		보행	24.9
	승용	52.8		승용	14.3
고구마	계	57.9	양파	계	24.6
	보행	2.1		보행	1.0
	승용	55.8		승용	23.6
무	계	11.3	고추	계	0.0
	보행	0.0		보행	0.0
	승용	11.3		승용	0.0

본 연구개발에서는 동일 플랫폼을 기반으로 인발 및 이송 시스템을 변경을 하여 배추 및 무 수확 작업에 사용 가능한 수확기를 개발하고자 하며, 본 시스템이 개발되면 배추 및 무를 재배하는 농가에게는 비용절감 효과를 극대화할 수 있으며, 임대사업소에 보급되어 소규모 농가에게도 인력부족 문제를 해결할 수 있을 것으로 예상된다.



그림 5 무·배추 겸용 수확기 개발 개요 및 구상도

2) 연구 개발의 필요성

(1) 농촌인구의 지속적인 감소 및 노동력 부족

농업인력 및 밭농업 규모 감소에 따른 밭작물 기계화, 농기계 공동이용 활성화가 시급하다. 2021년 기준, 농가는 103만 1천호, 농가인구는 221만 5천 명이며 점차 감소하는 추세를 보이고 있다. 고령화에 따른 농업포기, 전업(轉業) 등으로 2015년 대비 농가는 58천 가구(-5.3%), 농가인구는 354천 명(-13.8%) 감소하였다.

농가 비율은 총가구의 5.0%, 농가인구 비율은 총인구의 4.3%로 전년 대비 각각 0.1%p, 0.2%p 감소하였으며 농가인구 중 남자는 110만 명, 여자는 114만 5천 명으로 성비는 남자가 96.1%이다. 농업인구가 감소되고 고령화가 심화되고 있는 가운데 여성 농업인의 비율이 늘었다. 이를 고려한 농업기계 개발이 필요하다.

표 6 농가 및 농가인구 (통계청 「농업조사」, 「농업총조사」)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
농가수(천호)	1,089	1,068	1,042	1,021	1,007	1,035	1,031
총가구 중 비중(%)	5.7	5.5	5.3	5.1	5.0	4.8	5.0
농가당 가구원수(천명)	2.4	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2	2.1
농가인구(천명)	2,569	2,496	2,422	2,315	2,245	2,314	2,215
총인구 중 비중(%)	5.0	4.9	4.7	4.5	4.3	4.5	4.3
65세 이상 비중(%)	38.4	40.3	42.5	44.7	46.6	42.3	46.8

(2) 무·배추 재배면적 및 생산량

국내 경지면적은 2012년 173만ha에서 2021년 154.7만ha로 지난 10년간 183천ha(10.6%)가 감소하였다. 논 면적은 2021년 780천ha로 전년대비 44천ha(5.3%)가 감소하였고 밭 면적은 766천ha로 전년대비 8천ha(3.4%)가 증가하였다. 밭면적도 지속적으로 감소 추세를 보이고 있으나 2021년 조사에는 일부 증가 현상을 보였다.

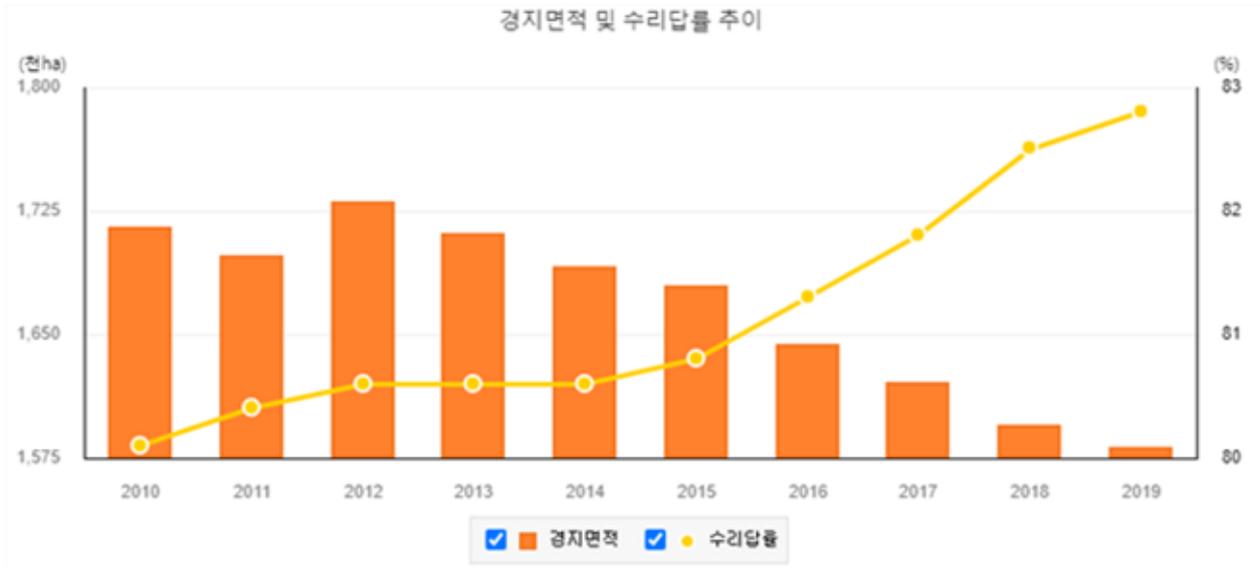


그림 6 <농업면적조사(통계청), 농업생산기반정비사업통계연보(한국농어촌공사)>

표 7 <농업경지면적(KOSIS)>

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
경지면적(ha)	1,679,023	1,643,599	1,620,796	1,595,614	1,580,957	1,564,797	1,546,717



그림 7 연도별 경지면적 추이 (2021년 경지면적조사결과 보도자료)

2022년 가을배추 재배면적은 1만 3,953ha로 전년(1만 3,345ha)보다 4.6% 증가하였고, 가을무 재배면적은 6,340ha로 전년(5,919ha)보다 7.1% 증가하였다.

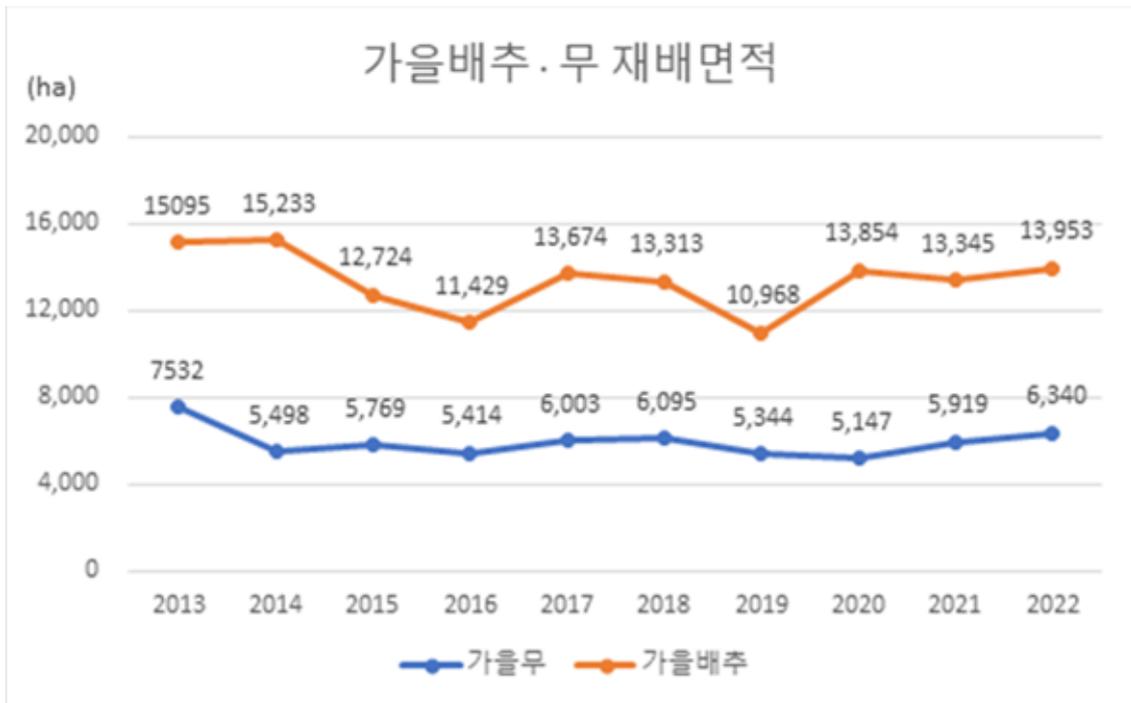


그림 8 <가을 배추·무 재배면적(통계청)>

표 8 노지채소 재배면적(가을무,가을배추) KOSIS

단위(ha)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
가을무	6,706	4,977	5,134	4,769	5,210	5,045	4,462	4,633	4,930	5,226
가을배추	15,095	15,233	12,724	11,429	13,674	13,313	10,968	13,854	13,345	13,953



그림 9 <2016 무수확 기계화 시범사업_제주>



그림 10 <2020 수집형 배추 수확기_증평>

지역과 시기에 따라 봄, 여름, 가을, 월동 때에 하며, 특히 우리나라 무 재배 작형은 가을 김장 무 재배가 주종을 이루고 있다.



그림 11 무 노지 재배

① 2022년 가을배추 생산량은 135만 2,346톤으로 전년(114만 7,465톤)보다 17.9% 증가

가. 재배면적은 1만 3,953ha로 전년(1만 3,345ha)보다 4.6% 증가

- 금년 정식기 배추 가격 상승세 등의 영향으로 재배면적 증가
- * 정식기(7월~9월) 배추 가격 동향 (농산물 유통정보, 도매, 상품, 1kg)
- ('20년) 1,910원 → ('21년) 1,040원 → ('22년) 2,300원

나. 10a당 생산량이 9,692kg으로 전년(8,598kg)보다 12.7% 증가

- 결구기(배추 포기가 형성되는 시기: 9월~10월) 적정한 기온 및 전년대비 피해 감소 등으로 10a당 생산량 증가
- * 평균기온(9월~10월): ('21) 18.5℃ → ('22) 17.6℃
- * 가을배추 피해발생 비율(표본필지): ('21) 43.6% → ('22) 24.4% (19.2%p↓)

② 2022년 가을무 생산량은 48만 3,819톤으로 전년(43만 5,551톤)보다 11.1% 증가

가. 재배면적은 6,340ha로 전년(5,919ha)보다 7.1% 증가

- 금년 정식기 무 가격 상승세 등의 영향으로 재배면적 증가
- * 정식기(7월~9월) 무 가격 동향 (농산물 유통정보, 도매, 상품, 1kg)
- ('20년) 967원 → ('21년) 620원 → ('22년) 1,311원
- * '22년 상반기 대비 무 가격 동향 (농산물 유통정보, 도매, 상품, 1kg)
- ('22년 상반기) 624원 → ('22년 7월) 1,086원

나. 10a당 생산량이 7,631kg으로 전년(7,359kg)보다 3.7% 증가

- 생육기(9월~10월) 일조량 증가 등으로 10a당 생산량 증가
- * 일조시간(9월~10월): ('21년) 357.1hr → ('22년) 388.8hr

표 9 가을배추·무 재배면적 및 생산량(KOSIS)

	재배면적(ha)			10a당 생산량(kg)			생산량(천톤)		
	'21	'22	증감률 (%)	'21	'22	증감률 (%)	'21	'22	증감률 (%)
가을배추	13,345	13,953	4.6	8,597	9,692	12.7	1,147.5	1,352.3	17.9
가을무	5,919	6,340	7.1	7,359	7,631	3.7	435.6	483.8	11.1



그림 12 가을배추 재배면적 및 생산량



그림 13 가을무 재배면적 및 생산량

③ 시도별 가을배추-가을무 생산량

- 시도별 가을배추 생산량은 전남이 37만 4,618톤으로 전국 생산량의 27.7%를 차지하며, 충북 17만 7,035톤(13.1%), 경북 17만 5,446톤(13.0%) 순
- 시도별 가을무 생산량은 전남이 9만 8,434톤으로 전국 생산량의 20.3%를 차지하며, 충남 8만 7,729톤(18.1%), 경기 8만 5,528톤(17.7%) 순

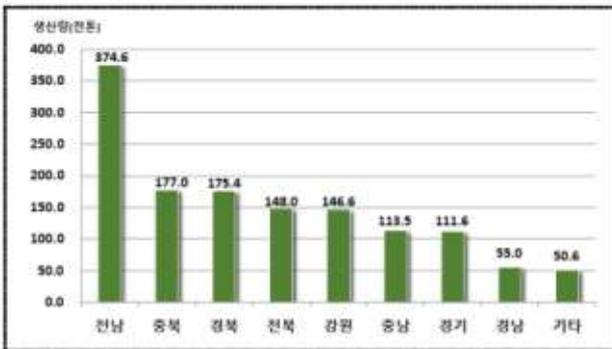


그림 14 가을배추 시도별 생산량

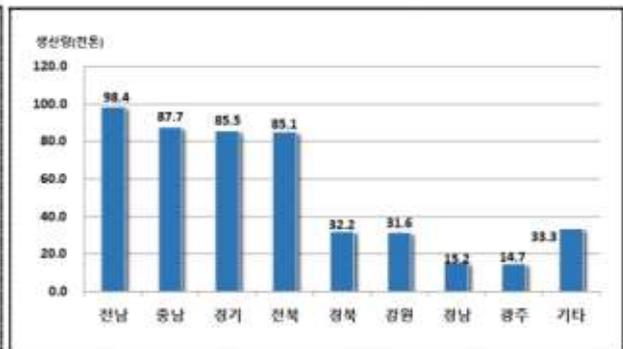


그림 15 가을배추 시도별 생산량

(3) 무·배추 수확기의 기계화율

본 연구과제 대상 작물인 무와 배추를 포함한 국내 대표적인 밭 작물에 대한 수확기계 화율은 아래와 같이 감자(71.9%), 고구마(57.9%), 콩(40.6%), 마늘(39.2%)순이다. 무

는 승용수확기계화율이 11.3%이고 배추는 수확에 관련해서 모두 수작업으로 진행되는 상황이다.

무·배추는 경운 정지, 비닐피복, 방제의 경우 대부분 기계화가 되었으나 수확작업은 인력에 의존하고 있어 수확기의 개발 보급이 시급하다. 특히, 무의 수확 및 운반 작업은 무 재배 작업 중 가장 노동시간 및 노동비율이 높아 수확 후 운반 일관 작업이 가능한 농업기계 연구 및 개발이 필요하다.

표 10 무 재배에 대한 노동시간, 노동비율 및 기계화율 (국립농업과학원 무·배추 생산 전과정 기계화 기술 개발 참고)

작업공정	작업방법	소요시간 (h/10a)	비율(%)	비고
분담준비	트랙터+작업기	4.1	6.9	로터베이터, 비료살포기 등
두둑성형	트랙터+작업기	0.6	1.0	휴림피복기
비닐피복				
파종	인력	11.7	19.6	
숙아내기	인력	6.9	11.6	
재배관리	인력 등	9.1	15.2	'15 농가소득자료집 (제초, 방제, 물관리 등)
수확	인력	20	33.5	
선별·포장	인력	3.6	6.0	
운반	트럭+인력	3.7	6.2	'15 농가소득자료집
계		59.7	100	

(4) 수확기의 경제성

관행 재배양식은 농민들이 관련 노하우를 많이 보유하고 있지만, 많은 인력과 비용이 발생하게 된다. 기계화 재배양식은 초기비용이 많이 발생하며, 관련 기술 보급이 되어 있지 않은 실정이라 농민들이 관련 노하우를 많이 보유하고 있지 않지만 인력비용 감소로 인하여 경제적 이익과 동시에 재배양식을 단일화하여 농기계 및 농자재 개발에 유리하게 작용할 수 있다.

표 11

	관행 재배양식	기계화재배양식
장점	<ul style="list-style-type: none"> - 농업인들에게 익숙함 - 현재 기술에서 수량이 많음 	<ul style="list-style-type: none"> - 1~2 개의 재배양식으로 단순화되어 농기계나 농자재 개발에 유리함 - 농기계나 농자재의 가격 인하에 기여
단점	<ul style="list-style-type: none"> - 지역별로 다양하게 존재함 - 농기계 및 농자재 규격이 다양해지며 개발에 어려움 - 농기계와 농자재의 비용이 높아짐 - 일관농업기계화의 큰 장애요소 	<ul style="list-style-type: none"> - 농업인들에게 익숙하지 않음 - 기계화 모형이나 기계화 기술에 따라 한가지로 통일 어려움 - 수량감소 발생 우려

무와 배추의 품종은 재배 작형에 따라 다르며, 품종에 따라 작물의 크기도 다양하다. 따라서 본 연구과제에서 개발하고자 하는 자주식 겸용 수확기의 인발 위치를 무와 배추의 크기 및 품종에 따라 작업자가 조절할 수 있도록 한다.

무와 배추수확기는 일본의 안마社가 선점하여 일본 내에서 유통하고 있다. 현재 안마 코리아에서는 정식 도입을 결정하지 못한 상황이다. 두 가지 모두 수확 공정인 인발, 이송, 수집에 대해서는 기계화가 되있는 제품이다. DS1J무수확기의 경우 가격은 8,000만원 이상이며, 배추수확기는 1억 1천만원 정도이다. 그러나 이번에 개발되는 무·배추 겸용 수확기는 그 비용이 6,000만원 정도로 약 안마社의 두 제품을 합친 가격 보다 약 30%의 가격에 불과하다.

수확기계의 도입으로 1ha당 인력투하량은 관행 56명에서 12명으로 약 79% 절감이 예상되며, 인건비의 경우 2022 농업과학기술 경제성분석 자료집의 2021년 1일 농업노임 기준 관행 5,521,368원에서 1,259,468원으로 4,261,900원 약 77%가 절감된다.

표 12 2022 농업과학기술 경제성분석 자료집 참고

		ha당 인력투하량 (단위: 명)	2021년 1일 농업노임 (단위: 원)
관행	여성	48	4,503,648
	남성	8	1,017,720
	합계	56	5,521,368
기계화	여성	8	750,608
	남성	4	508,860
	합계	12	1,259,468
▶ 인력투하량 44명, 약 79% 절감 ▶ 인건비 4,261,900원, 약 77% 절감 ※ [1인당 1일 농업노임] (2021) → *여성: 93,826원 **남성: 127,215원			

수집형 배추 수확기를 이용하면 약 95.6%의 작업시간을 줄일 수 있다. 수확 작업시간이 줄어들면 상품가치도 보존된다. 인력으로 수확을 진행할 경우, 고온기에 오랜 시간 햇볕에 작물이 노출되어 변색이나 부패가 발생할 수 있다. 따라서 자주식 기계화를 이용하는 것이 작물의 상품성 보존에 유리하다.

표 13 2022 농업과학기술 경제성분석 자료집 참고

	수행작업	노동력 투입 (단위: h/10a)	비고
관행	굴취 및 예취	34	
	수집	24	
수집형 수확	밀동 절단 인력작업	25.6	100% 기계화 수확× 4~5명 작업자 필요
	컨베이어 보조	1.85	
자주식 기계화	일괄 (굴취, 수확, 후처리, 이송, 수집)	2.5	

(5) 토양 특성

농기계 중 특히 수확기는 적용되는 토양의 특성이 매우 중요하다. 예를 들어 일본의 경우는 화산회밭이 많이 분포되어 있고 이 토양의 성질을 고려하여 기계가 제작되었기 때문에 다른 밭과는 맞지 않을 수 있다. 또 작물이 각 토양에서 자라는 상태가 다르므로 여기에 대한 고려가 필요하다.

표 14 <http://soil.rda.go.kr/soil/soilact/shape.jsp>(우리나라 밭토양 분포비율)

					
보통밭	사질밭	미숙밭	중점밭	고원밭	화산회밭
48.1%	23.3%	17.5%	13.9%	1.1%	2.2%

참고로 일본의 배추 수확기의 경우는 화산회밭의 특성상, 토양이 가벼워 인발이 쉽게 될 수 있지만 한국의 토양은 그렇지 않다. 그리고 배추의 뿌리내림도 일본과 다르다.

국내 밭농사용 토양의 경도는 일본토양에 비해 높아 필요 인발력의 차이가 분명하다. 국내 토양에서의 수확실험을 실시함으로써 수확성능을 제시할 계획이다. 또한 수확성능 평가에 있어서는 손실을, 손상을 도출하고, 훼손방지를 위한 기구학적 설계도 제시할 예정이다.

		
한국 배추 뿌리	한국 배추	일본 배추

3) 국내·외 기술현황

(1) 국내 기술 현황

농업기계 제조업체 수는 2000년대 들어 크게 증가하였으나 경영의 영세성은 벗어나지 못하고 있음. 농기계제조업체 436 개사 중 자본금 5억원 미만인 기업이 64.3%, 자본금 20억 원 이상인 기업은 5.0%로 자본금 면에서도 타 산업에 비해 매우 영세한 실정이다.

표 16 종업원 규모별 농업기계 생산업체 현황 (한국농기계공업협동조합 2021)

종업원 수	업체수 (개소)	비율 (%)
11명 미만	377	59.94
11~30명	175	27.82
31~50명	27	4.29
51~100명	26	4.13
101~500명	20	3.18
501~1,000명	2	0.32
1000명 초과	2	0.32
계	629	100

발농업기계회사의 회사당 특허보유건수는 평균 9.4건이고 박사학위 소지자는 0.76명, 석사학위 소지자는 2.23 명으로 나타나 해외 경쟁국 기업에 비하면 연구개발 역량이 매우 부족한 것으로 판단된다.

대부분의 발농업기계 생산업체가 영세하여 개발인력 확보, 자본 및 생산기술이 미흡하므로 정밀 파종 및 수확기계화기술 개발 및 상품화를 위한 R&D 투자가 잘 이뤄지지 않아, 발농업관련 기계화 작업이 원활하게 이루어지지 않고 있다.

(2) 국외 기술 현황

일본 안마社에서는 무 수확기는 2015년, 배추수확기는 2020년부터 상용화 하여 판매중에 있다.

표 17 일본의 무수확기

	항목	내용
구조 및 기능	형 식	자주식 1조형
	동 력	25 ps (18.4 kW), 디젤엔진(수냉식)
	주 행 속 도	0~1.7 m/s
	주 행 부	레도식
	변 속 형 식	HST
	수 확 부	파지벨트 및 진동날
	적 재	줄기를 일정길이로 절단 후 적재 (절단 - 회전원판날, 적재 - 컨테이너)
	부 가 기 능	수평제어기능
작업 조건	재 배 양 식	1두둑 (두둑높이 25 cm 이하, 조간 30 cm 이상, 주간 25 cm 이상)
	작 업 공 간	주행공간 1.2 m 선회공간 4 m
작업 능력	작업 인원	운전자 1명, 보조자 1~2명(적재작업 수행)
	작업 능력	보조자 1명 시 : 0.7 개/s, 0.16 ~ 0.20 m/s 보조자 2명 시 : 1.0 개/s, 0.25 ~ 0.30 m/s



그림 25 일본의 무 수확기

표 18 일본의 배추수확기

	명칭	내용
구조 및 기능	형식	자주식 1조형
	동력	42 ps (32 kW), 가솔린엔진
	주행속도	0~0.9 m/s
	주행부	케도식
	변속형식	HST + 부변속 부 (2단)
	수확부	과지벨트 및 원판 절단날
	적재	줄기를 일정길이로 절단 후 적재 (절단 - 회전원판날, 적재 - 컨테이너)
	부가기능	수평제어기능
작업 조건	재배양식	1두둑 (두둑높이 5 ~ 25 cm, 조간 30 cm 이상, 두둑폭 55 ~ 65 cm)
	작업공간	주행공간 0.6 m 선회공간 3 m
작업 능력	작업인원	운전자 1명, 보조자 1~2명(적재작업 수행)
	작업능력	상자 적재(보조자 3명 필요) : 1.3 ~ 2.1 a/h 컨테이너 적재(보조자 2명 필요) : 2.7 a/h



그림 26 일본의 배추 수확기

본 과제의 주관기관인 농업회사법인 희망농업기계(주)에서는 기개발된 무수확기에서 일본안마제품보다 저렴한 가격(안마 8,100만 원, 희망 4,500만원)을 제시하고있으며 성능성적서에서 보듯 선행기술 비교, 성능은 월등히 우위에 있다고 말할 수 있다. 무수확기 개발 경험을 바탕으로 제시한 목표 성능에 달성을 위해 최선을 다할 예정이다.

표 19

	DS1J(일본/얀마)	농업회사법인 희망농업기계(주)	신규 개발 예정
발굴방식	1조/인발식	1조/인발식	1조 / 인발식
궤도너비	2000mm	1450mm	1400-1800mm
작업능력	2-4 hr/10a	1.7 hr/10a	1~2 hr/10a
손실율	상황에 따라 너무 다름	2.71%	상품성 기준 3-5%이내
기대가격	(약 8,100만원) 국내도입 미결정	4,500만원	7,000만원 ↓

아래는 한국농업기술진흥원(구.농업기술실용화재단) 종합검정에 적합판정을 받은 기개발된 무수확기의 성적서 이다.

제 FACT21-0072 호

농업기계 종합검정 성적서

1. 신청인
 가. 성명 : 이리중
 나. 사업자등록번호 : 412-81-40179
 다. 주소 : 전라남도 나주시 다시면 문암길 38
 라. 상호 : 농업회사법인 희망농업기계(주)

2. 검정 용도의 제품
 가. 기종명 : 땅속작물수확기(무)
 나. 형식명 : HMR-1000
 다. 형식 및 규격 : 승용자주형, 1조

3. 검정 번호 : 20-MG-252

4. 검정 성적 : 불임

5. 검정 결과 판정 : 적합

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

2021년 02월 17일

농업기술실용화재단 이사장 



[불임] 20-MG-252

검정 성적

1. 기종명 : 땅속작물수확기(무)
2. 검정번호 : 20-MG-252
3. 형식명 : HMR-1000
4. 형식 : 승용자주형
5. 규격 : 1조
6. 검정 성적

6.1 본체

6.1.1 구조

6.1.1.1 기체의 크기

- 길이 : 5 500 mm
- 폭 : 2 390 mm
- 높이 : 2 260 mm
- 중량 : 1 780 kg

6.1.1.2 동력전달장치

- 주축리치 형식 : 없는 구조임
- 주변속기 : 유압식
- 변속방식 : 유압식
- 변속단수 : 무단
- 부변속기 : 기계식(상시물림식)
- 변속방식 : 무단
- 변속단수 : 2단(저속, 고속)

6.1.1.3 조향장치

- 형식 : 조향휠식

6.1.1.4 주행장치

- 차륜의 종류 : 공기타이어(4개)
- 차륜의 규격 : 26×10.00 - 12 8PR
- 구동방식 : 후륜구동
- 차륜거리 : 1 150 mm





9-1

그림 27 땅속작물수확기(무) 종합검정 성적서

(3) 국내·외 무 및 배추 수확기 비교

표 20 국내의 무·배추 수확기 비교

구 분	국내			국외	
	두루기계	종합기계제작소	현대농기계	일본	유럽
경쟁기종	땅속작물수확기			얀마 (DS1J)	ASA-lift
작업형태	트랙터부착형 작업기 구굴식 작업기			궤도자주식 전용기 인발식 수확기	궤도자주식 전용기 트랙터부착형 작업기 인발식 또는 구굴식
동력구동	트랙터PTO의 기계적 동력 또는 유압			전용기 자체동력	트랙터 또는 전용기
특 징	작업폭에 의한 규격 (조식구분 없음) 트랙터 규격에 의한 장비규격으로 대상작물에 대한 일정기준 없음			1조식 소형화된 장비	1조식 또는 다조식 작업폭에 의한 규격 대형화장비
제품가격	350~750만원 ※ 자주형 제품 없음 ※ 트랙터 부착형 ※ 50마력대 트랙터 최저단가 4,500만원			8,100만원 (환산기준)	1억1,200만원 (환산기준)
				국내 미판매	

4) 시스템의 구성

(1) 재배조건

공식 자료에 의하면 재식거리가 아래의 표와 같이 되어있으나, 기계화를 위해 이랑간격은 70cm 또는 90cm로 한정하도록 한다. 고랑의 폭은 궤도에 맞춰 30cm를 기준으로 하되 고정사항은 아니다. 단 두둑의 폭은 기계화에 맞게 조절되어야 한다. 무 재배를 위한 두둑은 30~45cm임을 확인하였다.

표 21 농촌진흥청 영농활용 中 전국 8도 16개 주산지 재배양식 현황

관행 무 재배양식								
지역	이랑 규격(cm)				식부규격(cm)			비닐피복 여부
	두둑형상	두둑 폭	두둑높이	고랑 폭	식부줄 수	조건	주간	
고창	등근	60	20	20	1	100	30	피복
강릉	평			62		62	20	피복
평창	등근	65	20	20	1	65	23	피복
영암1	등근	70	20	15	1	70	22	피복

지역별로 배추의 이랑 간격 및 식부는 일정하지 않다. 배추 역시 무와 마찬가지로 이랑 간격을 70cm 또는 90cm로 기계화를 위한 재배 양식을 설정한다. 고랑폭은 30cm 이상이며 두둑폭은 여기에 따른다.

표 22 농촌진흥청 영농활용 中 전국 8도 16개 주산지 재배양식 현황

관행 배추 재배양식								
지역	이랑 규격(cm)				식부규격(cm)			비고
	두둑형상	두둑 폭	두둑높이	고랑 폭	식부줄 수	조건	주간	
서산	평	50-60	30	30	1	80-90	37	기계화 시 두둑폭 달라짐
강릉1	등근	62	20	62	1	62	38	
강릉2	등근	62	25	62	1		38-40	
정선	등근	60	20	40	1	60	35-40	

무·배추 겸용 수확기의 기계화를 위한 재배조건은 아래와 같다.

표 23 기계화를 위한 재배조건

두둑형상	등근	경 체 성	<ul style="list-style-type: none"> - 기계화를 통해서 수확 때의 인건비 절감이 과중시에 두 줄 재배를 하는 것보다 유리하다. - 1줄 재배와 2줄 재배의 생산량은 같다. 	기 술 성	<ul style="list-style-type: none"> - 두줄 재배는 인발기 배치의 어려움 뿐만아니라 기계의 밸런스유지를 위해 기체 크기가 커진다. - 이랑 간격은 궤도의 윤거 길이를 고려한 폭이다.
이랑간격	70 cm or 90 cm				
식부줄수	1				

배추의 품종은 재배 작형에 따라 다르며, 품종에 따라 작물의 크기도 다양하다. 따라서 본 연구과제에서 개발하고자 하는 자주식 겸용 수확기의 인발 위치를 무와 배추의 크기 및 품종에 따라 작업자가 조절할 수 있도록 한다.

현재 국내에서 사용하는 무수확기는 트랙터나 승용관리기에 작업기를 부착하여 토양을 파쇄한 후 지면위로 무를 노출시켜 꺼내놓는 정도이다. 그런 후 인력이 투입되어 선별, 무청절단, 수집을 한다.

개발하고자하는 겸용 수확기는 기계수확작업 공정을 ‘굴취 및 인발, 이송, 수집’으로 구분하였고 최종 수확물을 톤백에 담아 지상에 내려놓는 것까지로 한다.

(2) 차량성능

표 24 3기종 차량 성능 비교표

	무수확기	배추수확기	무·배추 겸용 수확기
	DS1J(일본/얀마)	HH1400(일본/얀마)	농업회사법인 희망농업기계 주식회사
			
동력장치	디젤/26HP/HST+ FDS	디젤/40HP/HST+ FDS	디젤/45HP/HST+ HST
주행방식	궤도식	궤도식	궤도식
발굴방식	1조/인발식	1조/인발식	1조/인발식
작업능력	600kg / 2-4hr/10a	800kg / 2-4hr/10a	500kg / 2-4hr/10a
기대가격	¥6,685,200 (현지 가격 7,037만원) 국내도입 미결정	¥11,300,000 (현지 가격 1억1,892만원) 국내도입 미결정	7,000만원

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

각 기관별 연구수행내용		
기관명	1차년도	2차년도
농업회사법인 희망농업기계 주식회사 (주관연구 개발기관)	<ul style="list-style-type: none"> ○기술 조사 및 주행 플랫폼 개발 및 제작 <ul style="list-style-type: none"> - 주행 플랫폼 개발(케도/윤거) - 자세 제어 시스템 개발 - 수확물 이송 크레인 개발 ○동력 시스템 제작 <ul style="list-style-type: none"> - HST 기반 동력부 설계 및 제작 	<ul style="list-style-type: none"> ○수확 시스템 제작 <ul style="list-style-type: none"> - 배추 인발, 이송 시스템 제작 및 테스트 - 무 인발, 이송 시스템 제작 및 테스트 ○인발부와 자세제어 시스템과 연동 테스트 <ul style="list-style-type: none"> - 자세제어 발동각도 최소화
전남대학교 산학협력단 (공동연구 개발기관)	<ul style="list-style-type: none"> ○무·배추 겸용 수확시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 배추 인발부와 이송라인 설계 및 개발 - 무 인발부와 이송라인 설계 및 개발 - 인발부 교체 구조 설계 및 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○현장 실증 시험 및 성능평가 <ul style="list-style-type: none"> - 인발부 작동 성능 확인 및 테스트 - 품종 및 재배양식에 따른 실증시험 준비 및 최적화
충남대학교 산학협력단 (공동연구 개발기관)	<ul style="list-style-type: none"> ○동력전달부 시뮬레이션 모델 개발 및 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 시뮬레이션 모델 개발을 위한 시스템 분석 및 중요 인자 도출 - 주요 부품 제원을 이용한 시뮬레이션 모델 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○시뮬레이션 모델 검증 및 성능평가 <ul style="list-style-type: none"> - 모델 검증을 위한 부하 계측 시스템 개발 - 데이터 분석 및 시뮬레이션 모델 보완
한국농업 기계화정책 연구원 (위탁연구 개발기관)	<ul style="list-style-type: none"> ○무·배추 재배양식 현황 조사 및 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 기계화 표준재배양식(안) 구명 	<ul style="list-style-type: none"> ○표준재배양식(안) 실증시험 <ul style="list-style-type: none"> - 실증시험으로 표준재배양식 제시

연구수행흐름	
기관명	1차년도
한국농업기계화 정책연구원 (위탁연구개발기관)	○무·배추 재배양식 현황 조사 및 분석 - 기계화 표준재배양식(안) 구명
충남대학교 산학협력단 (공동연구개발기관)	○동력전달부 시뮬레이션 모델 개발 및 분석 - 시뮬레이션 모델 개발을 위한 시스템 분석 및 중요 인자 도출 - 주요 부품 제원을 이용한 시뮬레이션 모델 개발
전남대학교 산학협력단 (공동연구개발기관)	○무·배추 겸용 수확시스템 개발 - 배추 인발부와 이송라인 설계 및 개발 - 무 인발부와 이송라인 설계 및 개발 - 인발부 교체 구조 설계 및 개발
농업회사법인 희망농업기계 주식회사 (주관연구개발기관)	○기술 조사 및 주행 플랫폼 개발 및 제작 - 주행 플랫폼 개발(레도/윤거) - 자세 제어 시스템 개발 - 수확물 이송 크레인 개발 ○동력 시스템 제작 - HST 기반 동력부 설계 및 제작
기관명	2차년도
한국농업기계화 정책연구원 (위탁연구개발기관)	○표준재배양식(안) 실증시험 - 실증시험으로 표준재배양식 제시
충남대학교 산학협력단 (공동연구개발기관)	○시뮬레이션 모델 검증 및 성능평가 - 모델 검증을 위한 부하 계측 시스템 개발 - 데이터 분석 및 시뮬레이션 모델 보완
전남대학교 산학협력단 (공동연구개발기관)	○현장 실증 시험 및 성능평가 - 인발부 작동 성능 확인 및 테스트 - 품종 및 재배양식에 따른 실증시험 준비 및 최적화
농업회사법인 희망농업기계 주식회사 (주관연구개발기관)	○수확 시스템 제작 - 배추 인발, 이송 시스템 제작 및 테스트 - 무 인발, 이송 시스템 제작 및 테스트 ○인발부와 자세제어 시스템과 연동 테스트 - 자세제어 발동각도 최소화 -

<1차년도 연구수행내용>

기관명	1차년도
한국농업기계화 정책연구원 (위탁연구개발기관)	○무·배추 재배양식 현황 조사 및 분석 - 기계화 표준재배양식(안) 구명

1) 무·배추 재배양식 현황 조사 및 분석

(1) 국내 무·배추 재배양식 분석

① 재배조건

가. 온도

가) 무의 온도 특성

무는 일반적으로 서늘한 기후를 좋아하며, 추위와 더위에는 약한 편이다. 따라서 여름에는 준고랭지 또는 고랭지에서 재배해야 한다. 여름철에 평지에서 무를 재배하면 배추보다 병이 많이 걸리고 또한 무 품질이 나쁘다.

나) 무가 자라는 데 알맞은 온도

무의 생육 적정 온도는 15~20℃ 정도이다. 낮은 온도에서도 비교적 견디기는 하지만 다 자란 무는 0℃ 이하의 온도에서 동해 피해를 본다.

무가 싹 트는 데 적절한 온도 범위는 20~25℃이고 2~3℃의 낮은 온도에서도 싹이 트지만 40℃ 이상의 높은 온도에서는 싹이 트지 못한다.

무뿌리가 잘 자라는 온도조건은 17~23℃인데 지온(땅의 온도)의 경우 어릴 때는 28℃ 정도, 뿌리가 굵어지면서부터는 21~23℃가 가장 좋다고 알려져 있다.

다) 배추의 온도 특성

배추는 서늘한 기후를 좋아하는 호냉성 채소로 성장에 적합한 온도는 18~20℃이다.

배추는 비교적 추위에는 강한 편이기 때문에 동해를 입는 온도가 -8℃ 정도이지만 갑자기 온도가 낮아지면 -3℃ 정도에서도 피해를 입을 수 있다.

라) 배추가 결구하는 데 알맞은 온도

결구하는 데는 이보다 약간 낮은 온도인 15~18℃가 적당하며 가장 낮은 온도는 4~5℃ 정도이다. 생육 초기에는 비교적 높은 온도에서 잘 자라며 생장이 촉진되지만, 결구를 시작하면 고온에 약해져 결구가 불량하며 정상적인 생육이 불가능해진다.

가. 수분

가) 무 뿌리가 잘 자라는 수분 조건

뿌리가 자라는 데 있어서 토양수분의 양이 용수량의 60~80% 되는 상태가 가장 좋다. 지나치게 습기가 많거나 건조한 토양에서는 뿌리가 잘 자라지 못한다.

토양에 수분이 많으면 뿌리의 호흡 때문에 토양 중의 산소가 감소하고 이산화탄소의 농도가 높아져 뿌리가 자라는 것을 방해한다. 싹이 틀 때나 어렸을 때는 물론, 한창 클 때도 건조하면 수확량이 떨어지고 품질이 떨어진다. 또한, 무 재배기간 동안 가뭄이 오랫동안 계속되면 생육이 나빠질 뿐만 아니라 쓴맛과 매운맛도 증가한다.

나) 수분의 양에 의해 뿌리가 터지는 경우

토양수분이 많으면 뿌리 무게가 증가하기 때문에 뿌리가 터질(열근) 가능성이 크며, 자라는 중간에 건조해도 발생하기 쉽다.

뿌리가 터지는 시기는 일정하지는 않지만, 재배 시 기상이나 토양환경에 따라 다양하게 발생한다. 특히 높은 수분 상태보다는 건조했다가 수분이 많아지는 경우에 더 잘 발생한다.

다) 배추가 잘 자라는 수분 조건

배추가 가장 잘 자라는 시기에는 하루에 10a당 200kg 이상의 무게가 증가하는데 수분을 가장 많이 요구하는 시기는 파종 후 40~50일경인 결국 초기이다.

지나치게 과습하면 뿌리가 썩지 못하고 생육이 불량하게 되므로 보수력이 있으면서 배수도 잘되는 토양을 선택해야 한다.

우리나라의 배추 생육 초기인 8~9월에는 가뭄이 계속되는 해가 많으므로 이럴 경우는 관수하여 적절히 물관리를 해야 한다.

라) 배추의 수분 특성

배추의 구성성분은 대부분이 수분이며 짧은 기간에 왕성하게 발육하므로 비교적 많은 수분이 필요하다. 배추는 건조에 약하여 생육 초기에 가물면 잎 발생과 생육이 억제되어 수량이 급격히 감소하게 된다.

나. 토양

마) 무가 잘 자라는 토양의 조건

토양이 깊고 보수력과 물 빠짐이 좋은 가벼운 흙에서 좋은 품질의 무를 생산할 수 있다. 지나치게 단단한 토양에서는 육질이 딱딱해지고 광택이 불량해진다.

무는 뿌리 부위를 재배 및 이용하기 때문에 뿌리에 산소가 잘 공급되고, pH 5.5~6.8의 중성 내지 약한 산성의 토양이 좋다.

바) 토양조건에 따른 무

토심이 얇은 곳에서는 뿌리가 짧은 품종이나 뿌리가 지표 위로 자라는 품종이 적당하다. 품질만 놓고 볼 때 차진 토양에서 재배된 무가 다른 토양에 비해 좋은 경향이 있다.

사) 배추가 잘 자라는 토양의 조건

배추는 뿌리를 길게 뻗고 잔뿌리가 많아 토심이 깊으면서 물 빠짐이 잘되는 토양을 좋아한다.

배추 재배에 적합한 토양산도는 pH 6.0~6.5로 약한 산성이 좋으나 산성토양에서는 뿌리혹병 및 석회 결핍증이 발생할 수 있다.

아) 토양조건에 따른 배추

충적토에서는 배추의 생육이 왕성하여 고품질의 배추를 재배할 수 있지만 사질토양의 경우 초기의 생육은 빠르나 후기생육이 불량하여 잎이 누렇게 되는 현상이 빨리 온다.

이와 반대로 점질토양에서는 생육은 늦지만, 잎이 누렇게 되거나 잎이 떨어지는 것이 늦고 오랫동안 녹색을 유지한다.

다. 광

자) 무의 광 특성

무는 비교적 강한 빛을 좋아하는 채소이다(광포화점은 5만 룩스).

차) 무뿌리가 자라는데 알맞은 광 조건

뿌리가 굵어지기 위해서는 지상부의 잎이 잘 자라야 한다. 충분한 광합성을 통해 뿌리에 양분을 공급해야 해서 햇빛이 부족하면 뿌리가 굵어지기 어렵다.

특히 뿌리가 굵어지는 시기의 햇빛 부족은 수량에도 영향을 미쳐 수확량을 떨어뜨린다.

카) 낮의 길이, 생육 시기에 따른 뿌리의 굵기 차이

전 생육 기간 낮의 길이가 길면 잎만 무성해지고 뿌리가 가늘어지지만, 생육 초반에 낮의 길이가 짧고 후기에 길면 뿌리도 굵고 잎의 생육도 좋아진다.

반대로 생육 초기에 낮의 길이가 길고 후기에 짧으면 뿌리가 굵어지기 힘들다.

타) 배추의 광 특성

광에 대한 반응은 잎의 나이에 따라 변하는데 어린잎이나 오래된 잎은 광에 대한 반응이 둔하고 성숙한 잎에서는 반응이 민감하다. 배추는 강한 햇빛 아래에서 광합성량이 증가하고 생육에 필요한 물질의 생성도 촉진한다.

특히 생육 초기 약광에서는 식물체가 연약하고 웃자라므로 광을 충분히 받을 수 있도록 한다. 배추의 동화작용에 필요한 광보상점은 1.5~2.0klux, 광포화점은 40klux로 비교적 약광에 잘 견딘다.

파) 배추가 결구하는 데 알맞은 광 조건

결구가 시작되면 약광에서 결구가 촉진되며 겉잎이 적어지므로 결구기에는 강한 광보다는 약한 광이 유리하다. 잎이 곧추서서 결구 되는 데 필요한 해 비치는 시간은 8시간 정도이다.

② 재배양식

다. 무 재배 시 발 작업

가) 하우스 재배

하우스를 재배 시기보다 일찍 준비하여 지온이 상승하도록 한다. 경토 20cm 이상을 목표로 심경을 하며, 논에 하우스를 설치할 경우 5~6회가량 경운하여 흙을 부드럽게 해준다.

시비는 전량 밑거름을 하는 것이 원칙이나 관수시설이 있는 경우는 멀칭을 하지 않고 밑거름을 70%, 웃거름을 30% 정도 해준다. 전량 밑거름의 경우에는 완효성 비료를 사용한다.

완숙 퇴비 및 석회는 일찍 넣는다. 시비량은 토질에 따라 가감할 수 있으며 10a당 성분량으로 질소는 15~16kg, 인산은 6~12kg, 칼리는 10~14kg을 사용한다.

나) 터널 재배

파종 1개월 전에 완숙퇴비 및 석회를 흙과 충분히 혼합하여 둔다. 밑거름은 파종 5~7일에 전면 살포하고 로터리로 잘 섞어둔다. 시비량은 10a당 질소 10~15kg, 인산 6~12kg, 칼리 10~15kg을 준다.

다) 여름 재배

파종 1개월 이전에 완숙퇴비 및 석회를 살포하고 흙과 잘 섞어 준다. 경운은 심경로터리 등으로 30cm 이상 적당히 깊게 갈아 주고 시비는 파종하기 5~10일 전에 필요량을 밭 전체에 골고루 뿌린 후 로터리를 한다. 질소질 비료가 많으면 공동증 및 연부병 발생 가능성이 있으므로 주의해야 한다.

라) 가을 재배

파종 10~15일 전에 10a당 소석회 75~100kg, 용성인비 60kg을 밭 전체에 고루 살포한 다음 초벌 갈이를 깊게 한다.

파종 1주일 전에 완숙퇴비 1,000kg(완숙 계분의 경우 200kg)을 살포하고 재벌 갈이를 한다. 파종 2일 전에 요소, 염화칼륨, 붕사 및 토양 살충제를 뿌리고 경운기 등으로 흙덩이를 부드럽게 쇠토한 다음 폭 120cm 혹은 60cm의 이랑을 만든다.

마) 월동 재배

경토가 얇은 밭이나 배수가 나쁜 밭은 이랑을 높게 만든다. 시비는 10~14일 전에 완숙비를 1t 정도 전면 살포하여 트랙터로 잘게 부순 후 파종 7~10일 전에 밑거름을 사용한다.

시비량은 10a당 질소 14~16kg, 인산 10~12kg, 칼리는 10~12kg을 살포하고 인산은 전량 밑거름으로 주고 질소와 칼리는 웃거름을 3회 실시한다. 웃거름 시기는 1회가 파종 후 40일에, 2회는 1회 후 30일에, 3회는 2회 후 30일에 실시한다.

가. 배추 재배 시 밭 작업

바) 아주 심기를 할 밭

아주 심기를 할 밭은 밑거름을 전면으로 살포한 다음 곱게 로터리 친 후 이랑을 만듦. 특히 하우스 재배의 경우에는 정식 20일 전에 하우스에 비닐을 씌워 낮 동안 햇빛을 이용하여 얼어붙은 땅을 녹여 주어야 한다.

사) 시설을 이용하는 밭

하우스나 터널 재배 시에는 밑거름으로 준 요소나 미숙퇴비에서 발생한 가스 피해가 생길 수 있으므로 완숙퇴비나 유안을 사용한다. 또한 정식 1주일 전에는 밭 준비를 완료하고 터널 재배의 경우 비닐을 먼저 씌워 가스 발산을 촉진한 후 환기하여 가스를 완전히 방출시킨 다음 정식하도록 한다.

아) 아주 심기

하우스나 터널 등 시설 재배에서는 본엽이 6~7매, 봄과 고랭지 재배에서는 본엽이 5~6매, 가을 재배에는 본엽이 3~4매 전개하였을 때가 적당하다. 심는 거리는 숙기에 따라 차이가 있어 조생종 60×35cm, 중생종 60×45cm, 만생종 65×45cm 정도로 심어야 한다.

하우스 및 터널 재배 시 정식기가 비교적 저온기이므로 정식은 가능한 한 맑은 날 오전에 하며, 여름 및 가을 재배에서는 고온기에 정식을 하므로 흐린 날 오후에 정식하는 것이 모의 활착에 좋다. 터널 재배의 경우 터널 내의 관수가 어려우므로 터널 내에 점적관수나 분수 호스를 설치하면 효과적이다.

나. 무 재배 시 파종

자) 파종 방법

무의 재배 및 관리를 양호하게 하기 위해서는 점파를 하는 것이 흩어뿌리기보다 좋으며 밭에 빈 곳(결주)이 없도록 한곳에 3립씩 파종한 후 슈아준다.

여름 및 가을무는 10a당 6,000~7,000주를 재배하는 것을 목표로 한곳에 3~4립씩 파종한다.

하우스, 터널 및 월동 무는 10a당 8,000~9,000주를 목표로 한곳에 4~5립씩 파종한다. 복토는 보통 5cm를 해주며, 토양이 건조할 때는 2cm 정도를 하고 가볍게 두들겨 주거나 왕겨를 뿌려 주어야 발아가 잘된다.

복토를 너무 두껍게 해주면 발아는 데 오랜 시간이 필요하며 무의 생육도 불균일하다. 복토가 얇을수록 배축의 길이는 짧은데 지나치게 얇으면 생육 초기 비바람에 의해 쓰러지기 쉽고 뿌리 장애가 발생할 수 있다.

차) 발아 생리

종자의 발아에는 수분, 온도, 광 등 몇몇 요인들이 작용하는 데 가장 중요한 요인은 토양수분과 온도이다.

무 종자가 발아할 수 있는 토양수분 범위는 상당히 넓다. 그러나 토양수분이 적으면 발아까지 시간이 오래 걸릴 뿐만 아니라 발아가 불균일하여 생육이 일정치 못하게 된다.

발아 최적 온도는 15~30℃, 최저는 4℃, 최고는 35℃이다. 10℃에서도 발아율은 높지만, 아까지 걸리는 시간이 길다. 하우스 재배 시 터널 피복을 하면 발아율을 높일 수 있다.

다. 배추 재배 시 파종

카) 방법에 따른 분류

씨 뿌리고 키우는 방법에 따라 크게 직파 재배와 육묘이식 재배로 크게 나눌 수 있다. 직파 재배는 깊이 6~8mm에 씨를 뿌리며 재식거리는 조생종의 경우 60×35cm, 만생종은 65×40cm가 적당하다. 솟음은 본엽이 5~6매가 될 때까지 2~3회 정도 실시한다.

타) 육묘 상자

연상 육묘, 포트 육묘, 플러그 상자 등 여러 가지 규격의 육묘 상자가 시판되고 있으나 최근에는 플러그 상자가 포트나 연상보다 상자가 가볍고 운반이 용이하여 많이 이용되고 있다.

라. 무 재배 시 일반 관리

파) 비배 관리

웃거름의 위치는 포기에서 약 15cm 떨어진 곳에 깊이 10cm 정도로 고루 뿌려주고 흙을 덮어 비료분이 공기 중으로 날아가는 것을 막아야 한다.

저온 다습, 고온 건조, 질소 및 칼리 과다 시에는 잘 흡수되지 않으므로 생육 중기부터 2~3회 염화칼슘 0.3% 액을 엽면 살포한다.

붕사도 10a당 1.5~2.0kg을 밑거름으로 주는데 토양조건이나 석회 과다 등에 의해 흡수가 곤란해질 수가 있으므로 붕산 0.3% 용액을 2~3회 엽면 살포한다.

표 28 무의 표준 시비량

(단위 : kg/10a)

비료명	요소	용성인비	염화칼륨	소석회	붕사	퇴비(계분)
총량	35	60	25	75	2	1000 (200)
밑거름	13	60	9	75	2	1000 (200)
웃거름	1회	12	-	8	-	-
	2회	8	-	8	-	-
성분량	N : 16	P : 12	K : 16	-	-	-

* 웃거름 1회는 파종 후 20일에 포기 사이에 주며, 2회는 1회 후 15일에 이랑 어깨 부위에 준다.

하) 수분 관리

하우스 재배에서는 파종 시의 토양수분이 수확량을 좌우하므로 충분히 관수하고 멀칭해야 한다. 관수가 불충분할 경우 토양 염류 농도가 높아져 무의 생육이 부진해지기 쉽다.

하우스 안은 비가 내리지 않아 토양에 수분이 부족해지기 쉬우므로 웃거름 후에 관수하는 것이 좋다. 관수의 방법으로는 오전 중 이랑에 관수하는 것이 효과적이다.

침수가 장기간 계속될 경우 뿌리가 호흡 및 양분 흡수를 하지 못하여 생육이 억제되거나 죽는 경우가 있으므로 비가 많이 올 경우 배수 관리를 철저히 하여 장기간 물에 잠기지 않도록 해야 한다.

계) 온도 관리

생육 적온은 15~20℃이며 12~13℃ 이하의 낮은 온도에서는 꽃눈이 생겨 잎의 숫자가 늘어나지 않고 꽃대가 자라기 때문에(생식 성장) 무의 상품성이 떨어진다.

하우스 재배를 할 때 온도가 낮은 11월 하순부터 12월에 파종할 경우 파종 후 0.02~0.03mm의 투명 폴리에틸렌 필름으로 이랑을 멀칭하고 그 위에 폴리에틸렌 필름으로 터널을 만든 후 커튼을 설치하여 온도를 유지해준다.

네) 기타

제초는 될 수 있으면 인력을 이용하는 것이 좋으나 노동력을 구하기 어려운 경우는 제초제를 사용한다. 시설 재배지 그리고 척박한 토양이나 토양이 과습한 상태에서는 제초제에 의한 약해가 일어날 우려가 있으므로 주의하여야 한다.

마. 배추 재배 시 일반 관리

더) 거름주기

배추는 초기 생육이 왕성해야 결구가 좋으므로 밑거름에 중점을 두어 퇴비, 닭똥 등의 유기질 비료를 충분히 시용해야 한다.

토양이 비옥하면 비료량을 줄이고 척박하면 웃거름량을 늘리거나 엽면시비를 한다. 특히 여름철에 장마나 태풍 등에 의하여 비료 유실이 많을 경우에는 비 온 후 반드시 웃거름을 준다.

러) 물 관리

배추는 성분의 90~95%가 수분으로 구성되어 있으며, 다량의 수분을 요구하는 작물로 배추의 생육 초기와 최대 성장 속도 구간 및 결구태세기에는 각각 하루 동안 10a당 125·194·197kg의 물을 흡수한다.

결구가 시작되는 때는 배추 재배 기간 중 가장 많은 수분을 필요로 하여 하루에 10a당 200kg 이상의 물을 흡수하므로 밭에 물을 충분히 주어야 한다.

머) 작형 분화

배추는 연중 생산체계가 확립되어 1년 내내 파종과 수확이 가능하지만 각 작형마다 생산이 불안정하여 해에 따라 생산성의 차이가 있다. 가격을 많이 받기 위해 재배적기보다 빨리 또는 늦게 파종하는 경우에 추대, 병해충 발생 등이 심해져 문제가 된다.

바. 무 재배 주산지별 재배양식 조사

국내 무 주산지의 정식방법은 대부분 1~2열 재배로 두둑 형태는 평두둑이며, 인력 정식을 하고, 이랑 너비는 지역별 차이가 커서 표준화할 필요가 있다. 재식 거리도 30~40cm로 심는 지역이 많았으며, 대부분 멀칭재배하고 있다.

표 29 전국 주산지 무 재배양식

지역	정식		정식방법			이랑너비(cm)		재식거리(cm)
	정식 방법	정식 인원 (명/10a)	재식 방법	두둑 형태	두둑높이 (cm)	두둑	고랑	
경기도	인력	15~2	2열	평두둑	20~30	70~200	30~45	28~35*25~35
강원도	인력	2	1열	둥근두둑	20~30	40~65	20~60	20~25
충청남도	인력	2	2열	평두둑	20~30	60	25~30	22~35*22~35
전라북도	인력	2	4열	평두둑	15~20	60~150	30~45	35
전라남도	인력	1	1열	둥근두둑	20~25~28~30	35~50	20~35	70*25~30 / 70*25
경상남도	기계, 인력	2~3	1열	둥근두둑, 평두둑	25~40	30~100	30	25~30*30~40
제주도	기계, 인력	2	1열	둥근두둑	20	60		60*20

- 국내 무는 봄, 여름, 가을 작형으로 구분한다.
- 재배품종은 봄(관동), 여름(참조은, 청운, 관동), 가을(청운, 관동, 청대봄무)
- 육묘는 직파가 98% 이상 대부분이며, 일부 육묘하여 재배하고 있다.
- 정식방법은 현재 72% 인력에 의존하며, 파종기를 이용 28% 이용한다.
- 재식 방법은 1열 재배가 68%, 2열 재배가 31%, 4열 재배가 1%이다.
- 두둑 형태는 둥근두둑이 71%이며, 평두둑이 29%이다.
- 주간 거리는 15~45cm로 다양하였다.

사. 배추 재배 주산지별 재배양식 조사

배추는 1열 재배가 대부분이며, 평두둑으로 이랑너비도 무와 같이 차이가 컸으며, 재식거리는 60*40cm로 재배하는 경우가 많았다.

표 30 전국 배추 주산단지 재배작형

지역	정식		정식방법			이랑너비 (cm)		재식거리 (cm)
	정식 방법	정식 인원 (명/10a)	재식방법	두둑 형태	두둑높이 (cm)	두둑	고랑	
경기도	인력	2	1열	평두둑	10	90	80	100*45
강원도	인력	2	1열	둥근두둑	20	30~60	20~25	30*40
충청북도	인력	2	1-2열	둥근두둑, 평두둑	20~5	50~90	60	20-150*20-40
충청남도	인력	1.5	1-2열	둥근두둑	20~30	30~75	10~80	20~80*30~45
경상북도	인력	1.5	1열	둥근두둑	20~25	25~45	15~75	40
경상남도	인력	4	2열	둥근두둑	15~30	30~120	30~60	30~45
전라북도	인력	3	2열	둥근두둑	15~30	70~80	25~30	45~60*30~45
전라남도	인력	2	1-2열	둥근두둑, 평두둑	15~30	35~110	20~30	35~70*30~50
제주도	인력	1.5	1열	둥근두둑	20	60		60*30~35

- 이상의 결과, 각도별 재배양식이 매우 상이하여, 기계화정식을 위해서는 봄작형, 여름작형, 가을작형별, 주산지에서 가장 많이 적용될 수 있는 두둑너비, 재식거리를 설정하여, 이에 맞추어 재배한다면 기계화재배율을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

아. 재배양식 분석을 통한 표준재배양식(안) 구명

바) 관행재배규격 조사 및 기계화 표준재배양식 작업 시험

농업공학연구소는 현재 보급되고 있는 트랙터와 보행용 및 승용관리기등의 재배양식별 적응성을 알아보기 위해 농가에서 이용하고 있는 이랑폭 70cm, 90cm, 100cm의 관행 재배양식과 새로 마련한 이랑폭 60cm, 120cm의 기계화표준 재배양식에 대한 작업상태를 시험하였다.

서) 관행재배규격의 단점

그 결과 이랑폭을 70cm 또는 90cm와 100cm로 한 관행재배규격에서는 부착용 휴립기로 두둑 조성을 할 수 없거나 작업이 원활이 이루어지지 못해 보행용 관리기를 추가 구입해야 했다.

또한 승용관리기를 보유한 농가는 승용관리기 부착용 휴립기와 비닐피복기를 이용할 수 없거나 작업이 원활치 않아 보행용 전용 배추이식기와 트랙터 부착용 무 수확기를 90cm와 100cm에서 이용할 수 없는 것으로 나타났다.

어) 기계화 표준재배양식의 장점

그러나 기계화 표준재배양식인 60cm와 120cm에서는 작업별로 투입되는 농기계의 작업상태가 양호하여 재배양식을 기계화 표준화재배 양식으로 하는 것이 좋을 것으로 나타났다.

한편 생육과 수량에 있어서는 관행재배양식과 기계화 표준재배 양식간의 별다른 차이를 보이지 않아 기계화 표준재배양식으로 재배하여도 좋은 것으로 나타났다.

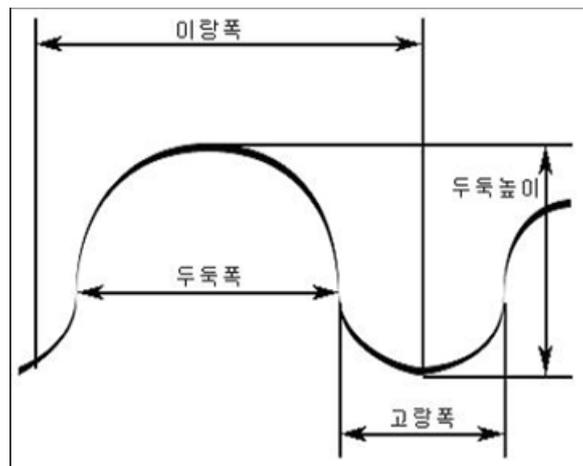


그림 31 둥근 두둑

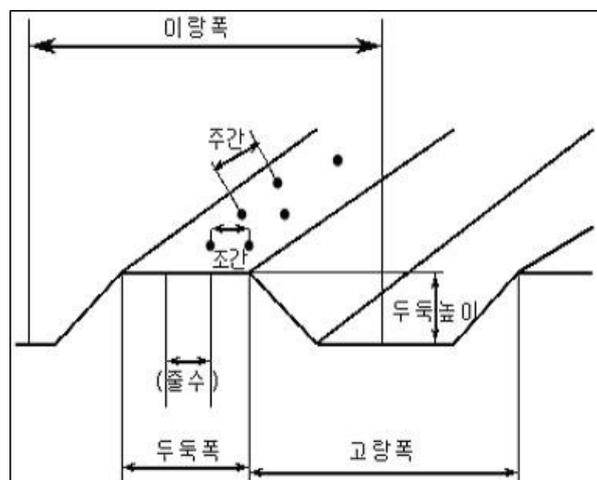


그림 32 평 두둑

표 31 무 배추의 재배양식별 기종적응성

작업공정	기 종	재배양식별 기종적응성				
		기계화표준 (이랑폭cm)		관행(이랑폭cm)		
		60	120	70	90	100
밀거름시용	퇴비살포기(트랙터)	○	○	○	○	○
경 운	플라우(트랙터)	○	○	○	○	○
정 지	로토베이터(트랙터)	○	○	○	○	○
두 독 조 성	휴립기(트랙터)	△	△	×	×	△
	휴립기(보행관리기)	○	○	○	○	○
	휴립기(승용관리기)	△	○	×	×	△
비 널 피 복	비닐피복기(보행관리기)	○	○	○	○	○
	비닐피복기(승용관리기)	△	○	×	×	×
과 종 (무)	인력무과종기	○	○	○	○	○
이 식 (배 추)	이식기 (보행전용기)	○	○	○	×	×
방 제	동력분무기	○	○	○	○	○
관 수	스프링클러	○	○	○	○	○
수 확 (무)	무 수확기	○	×	○	×	×

○ : 작업상태 양호, △ : 작업상태 보통, × : 작업곤란

제) 기계화 재배양식 설정

이러한 결과를 볼 때 무와 배추의 경우 1줄 재배시는 이랑너비 60cm, 두둑높이 0~20cm로 설정하여 재배하면 기계화를 촉진시키고 노동력 및 경비절감을 꾀할 수 있다.

표 32 무 배추 재배의 기계화 표준재배양식

(단위 : cm)

구 분	이랑너비	두둑높이	포기사이
무	60	0~20	20~25
배추	60	0~20	30~40

가. 생육량 센싱 영상 시스템 및 처리 기술 활용

가) 생육량 센싱을 위한 영상 시스템 활용

작물 생육량 측정을 위해 작물 높이 센싱 시스템 개발을 수행하였다. 작물 높이 센싱 시스템은 스테레오 카메라를 사용하였다. 스테레오 카메라는 사람 눈간격과 비슷한 60~70mm 수준으로 카메라 두 개를 설치하여 같은 피사체를 측정할 수 있게 구성되었다. 동시에

2장의 이미지를 수집하고, 두 카메라의 시차를 이용하여 피사체까지의 거리와 작물의 높이를 측정할 수 있게 구성하였다. 스테레오 카메라는 e-con system社의 TARA USB 3.0 Stereo Vision Camera를 이용하였으며 세부제원은 아래 표와 같다.

표 33 TARA USB 3.0 Stereo Vision Camera의 세부제원

Specification/Item	Value
Resolution	$(2 \times 752) \times 480$
Frame Rate (fps)	60
output (bit)	8
Size (l × h × d) (mm)	100 × 30 × 35
Depth ranges (cm)	50 ~ 300
Weight (g)	28.5

작업 간 실시간으로 이미지 수집을 위해서는 차량 전방에 지그가 부착되어야 한다. 또한, 차량 거동에 따른 영상각도 변화의 최소화를 위해 최대한 높이점을 낮추어 부착하였다.

다양한 차량에 부착하여 높이조절이 가능하게 알루미늄 프로파일을 이용하여 카메라 부착 지그를 설계하였다. 해당 시스템의 설계는 아래 그림과 같이 수행되었다.



그림 33 영상 수집을 위한 카메라 지그 시스템

해당 시스템은 알루미늄 프로파일을 사용하여 사용자 조건에 따라 각도 및 높이를 조절할 수 있으며, 차량에 따라 기본 브라켓만 추가로 제작하면 범용성 있게 사용할 수 있다.

나) 작물과의 거리 및 높이 측정을 위한 영상 처리 기술 개발

거리 및 작물의 높이를 측정하기 위해서는 대응 거리 맵이 생성되어야 한다. 아래 그림은 대응거리 계산을 위한 대응거리 맵핑 작업의 예시이다.

거리맵을 이용하여 테두리 검출 작업을 수행하였다. 테두리 검출작업은 영상 밝기의 불연속점을 추출하여 이를 통해 윤곽선 픽셀을 선별하는 작업이다.

피사체의 높이를 측정하기 위해 객체분할 작업을 수행하여야 한다. 객체분할 작업은 알고리즘 상 필요한 부분만 인식하게 하는 작업을 의미하며, 높이 측정에 필요한 부분을 분할하는 과정이다. 분할이 완료되면 카메라와의 초점거리, 피사체와의 거리등을 계산할 수 있다.

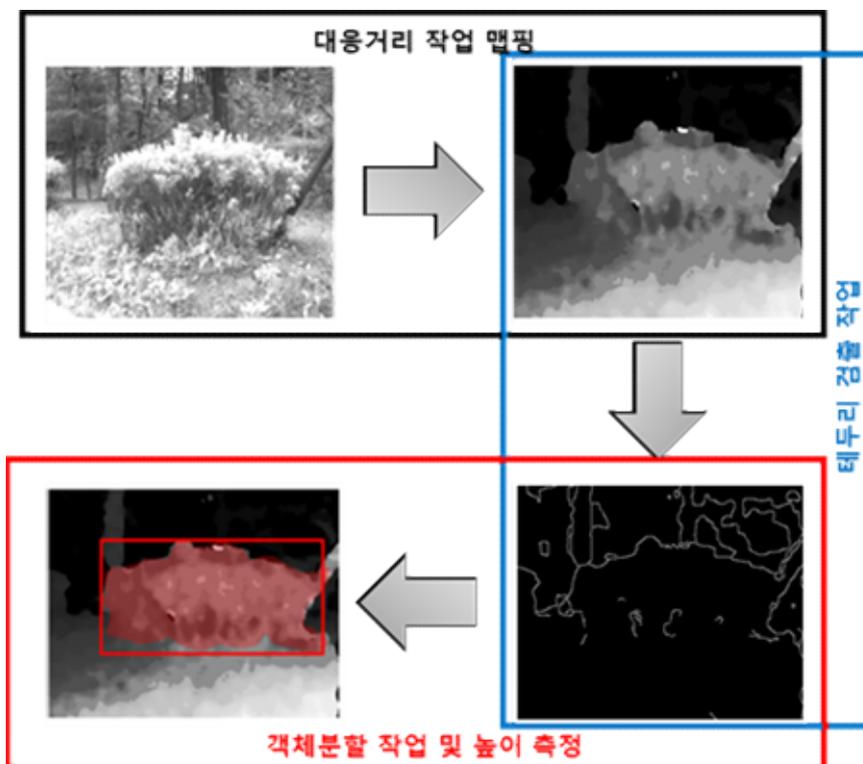


그림 34 높이 측정을 위한 이미지 처리 과정

다) 거리 및 높이 측정 시험 수행

- 개발된 시스템을 시험하기 위해 150 cm인 작물을 제작하였다. 갈대들의 높이를 150 cm로 가공하여 시험을 수행하였다. 작물과의 높이는 250 cm인 지점에서 측정을 수행하였다. 영상 수집은 총 3회 반복하여 수행하였다.

- 첫 번째 시험 결과, 작물과의 거리는 250 cm, 작물의 높이는 158 cm 로 측정되었다. 해당

수치는 설정 값 대비 94.7 %의 정확도를 보였다.

- 두 번째 시험 결과, 작물과의 거리는 250 cm, 작물의 높이는 142 cm 로 측정되었다. 해당 수치는 설정 값 대비 94.7 %의 정확도를 보였다.
- 세 번째 시험 결과, 작물과의 거리는 250 cm, 작물의 높이는 142 cm 로 측정되었다. 해당 수치는 설정 값 대비 94.7 %의 정확도를 보였다.
- 3회 반복 측정간 정확도는 모두 94.7%의 오차를 보이면서 측정되었다.

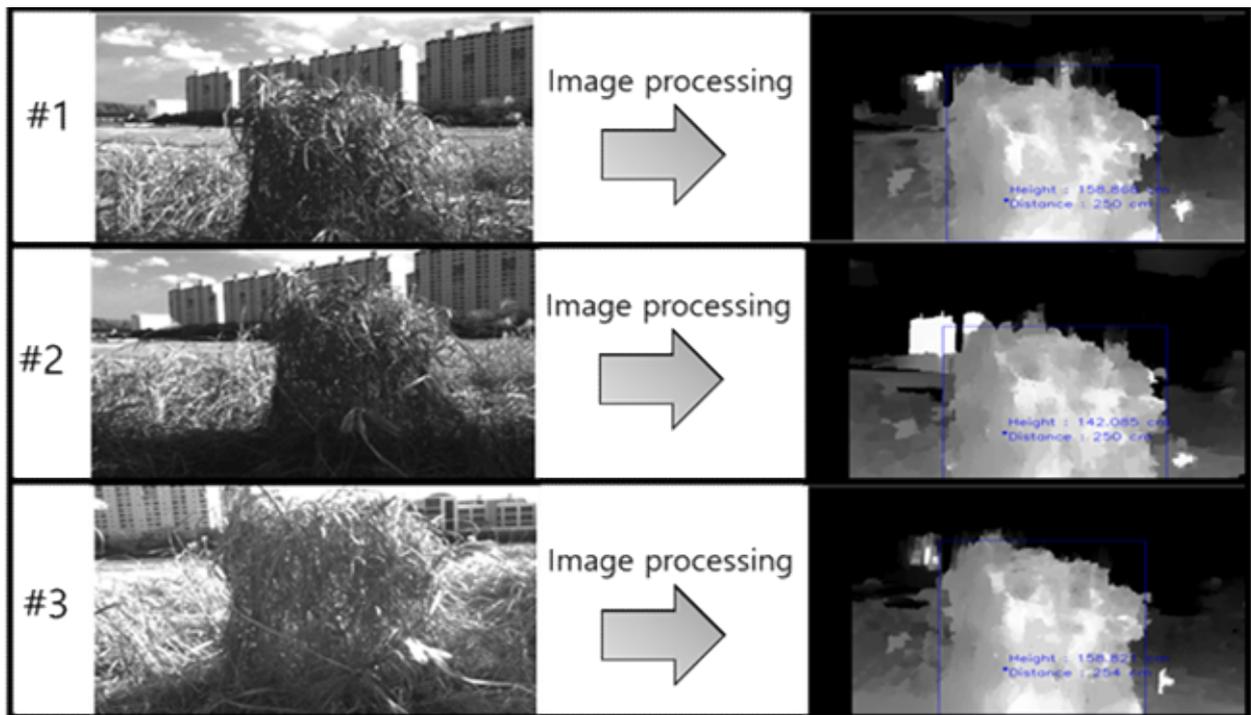


그림 35 높이 측정 시험 결과

기관명	1차년도
충남대학교 산학협력단 (공동연구개발기관)	○ 동력전달부 시뮬레이션 모델 개발 및 분석 -시뮬레이션 모델 개발을 위한 시스템 분석 및 중요 인자 도출 -주요 부품 체원을 이용한 시뮬레이션 모델 개발

2) 동력전달부 시뮬레이션 모델 개발 및 분석

(1) 시뮬레이션 모델 개발을 위한 시스템 분석 및 중요 인자 도출

① 자주식 무·배추 수확기 플랫폼

본 연구에서 개발된 자주식 무·배추 플랫폼은 33.7 kW급 엔진을 탑재하였으며, 길이 제원은 2,651 × 1,400 × 1,403 (L × W × H) mm임.

자주식 무·배추 플랫폼의 주변속은 유압 비례제어방식을 이용하여 이루어지며, 2개의 정유압 무단변속기(Hydrostatic Transimission, HST)로 구성하여 좌·우 각각 독립적인 제어가 가능하도록 구성되어 있음.

또한 작업 환경 및 재배 품목에 따라 궤도의 윤거 조절이 가능하며, 최소 1,400 mm에서 1,800 mm까지 증가가 가능하도록 구성되어 있음.

가. 자주식 무·배추 수확기의 동력전달흐름도

자주식 무·배추 수확기의 동력전달시스템은 엔진으로부터 출력된 동력이 주행부를 구동시키는 P1 및 P2 유압 펌프, 작업부를 구동시키는 P4, P5로 전달되며, 궤도 윤거 조절과 관련된 P3 펌프는 서브 펌프를 통해 동력을 전달받음.

자주식 무·배추 수확기 구동을 위한 변속기는 정유압 무단변속기를 이용하여 구성하였으며, 좌·우측 각각 구성하여 독립 제어가 가능하도록 설계함.

P1 및 P2 유압 펌프로부터 동력을 전달받은 보조펌프 P3는 궤도 윤거조절시 사용되며, P4, P5는 무 및 배추의 수확이 진행되는 작업부로 컨베이어 벨트 가동 및 기어 펌프를 구동시키는데 사용됨.

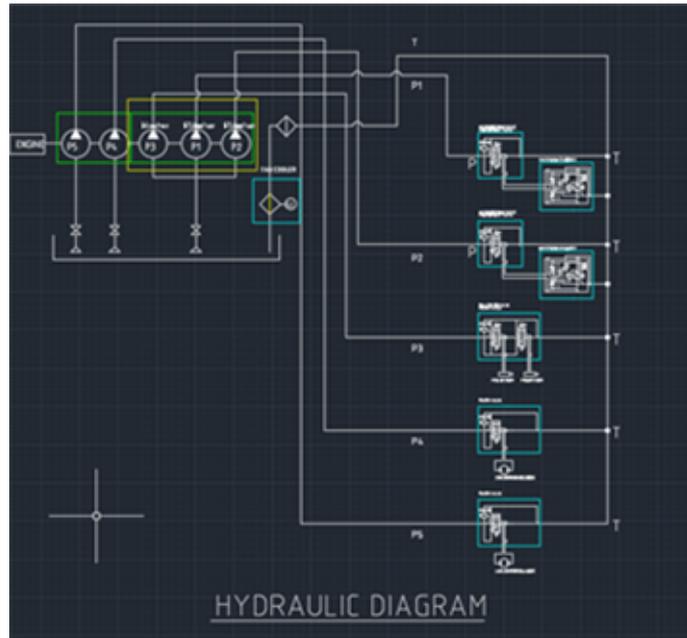


그림 36 < 자주식 무배추 수확기 동력전달흐름도 >

P1, P2, P3의 유압 펌프는 주펌프 Assembly를 통해 구성되어 있으며, 펌프 용량은 각각 57.8, 57.8, 34 cc/rev 임.

P4 및 P5 유압 펌프의 펌프 용량은 각각 17.9, 4.6 cc이며, 엔진 후면 라디에이터 풀리구동축에 의해 동력을 전달받아 작업부를 구동시킴.

각 구동 파트별로 릴리프 밸브를 사용하여 설정 압력 이상시 유량을 T방향으로 전달하여 유압 탱크로 귀환하게 됨.

나. 주요 측정 항목 선정

동력 전달은 4기통 엔진과 농업용 HST를 이용하여 엔진 동력을 유압식 동력 전달장치에 전달하여 유압 펌프를 구동하여 변속하며, 이후 중간 감속기와 부변속을 통하여 증속 혹은 감속하여 주행부 저속, 고속으로 변속을 하는 구조임.

또한 수확부 부하도 토양 조건, 인발 깊이, 인발 각도, 수확 품목에 따라 부하의 변동이 크고 높게 나타남. 따라서 주행부의 변속 장치인 중간감속기와 부변속의 부하 분석과 수확부인 작업기의 부하 분석이 자주식 무 수확기의 주요 측정 항목으로 선정하였음.

(2) 주요 부품 제원을 이용한 시뮬레이션 모델 개발

① 시뮬레이션 소프트웨어 및 모델

자주식 무·배추 수확기의 동력 전달부 시뮬레이션 모델 개발은 기계와 유압 등 파워트레인에 대한 시스템 해석에 주로 쓰이는 1D 해석 소프트웨어인 LMS AMESim software (Ver.: 16, Imagine S. A. company, France)를 이용하여 개발하였다.

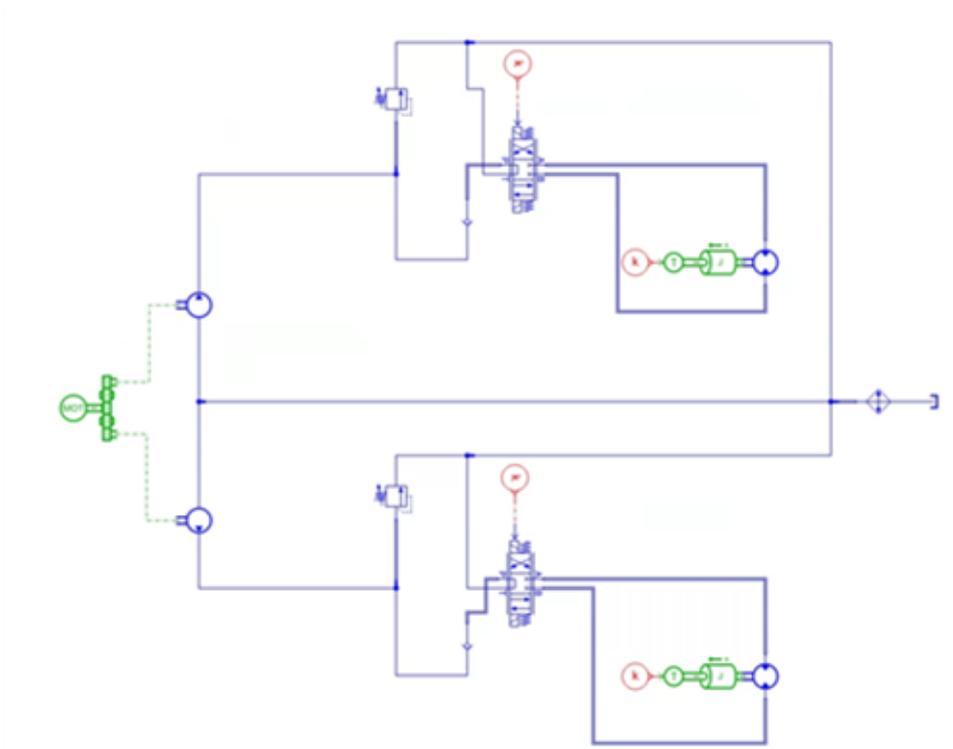


그림 37 <자주식 무배추 수확기 동력전달 시뮬레이션 모델>

시뮬레이션 모델은 엔진으로부터 2개의 HST의 유압 모터로 동력을 전달하는 동력 펌프에 의해 동력을 전달하며, 유압 펌프로부터 공급된 유량은 비례제어밸브에 의해 유량 및 방향 제어가 가능하도록 설계하였다.

유압 펌프는 엔진으로부터 전달받은 동력을 이용하여 HST에 유압을 공급하며 릴리프 밸브에 의해 220 bar 이하로 이동시 체크밸브를 통해 비례제어밸브로 이동하면 설정 압력 이상시 릴리프 밸브가 개방되어 유압 탱크로 유압이 이동하게 된다.

비례제어밸브는 가압된 전류에 따라 유압을 이동시키며 유압 모터는 비례제어밸브로부터 유압을 공급받아 모터를 회전시키게 된다.

유압 모터 입력라인에 토크 입력 단품 모델을 개발하여 차체 무게에 대한 토크를 입력하여 시뮬레이션 모델을 개발하였다.

가. 엔진 단품 모델

엔진 시뮬레이션 단품 모델은 자주식 무·배추 수확기에 탑재된 KIOTI 社の4A220LWS 모델을 기준으로 개발하였음. 엔진은 Tier-4 Interim이며, 4행정 수냉식 방식을 사용하고 있음. 정격출력은 33.7 kW에서 2,600 rpm이며, 정격 토크는 140.14 Nm에서 1,700 rpm임. 세부 제원은 아래 표와 같다.

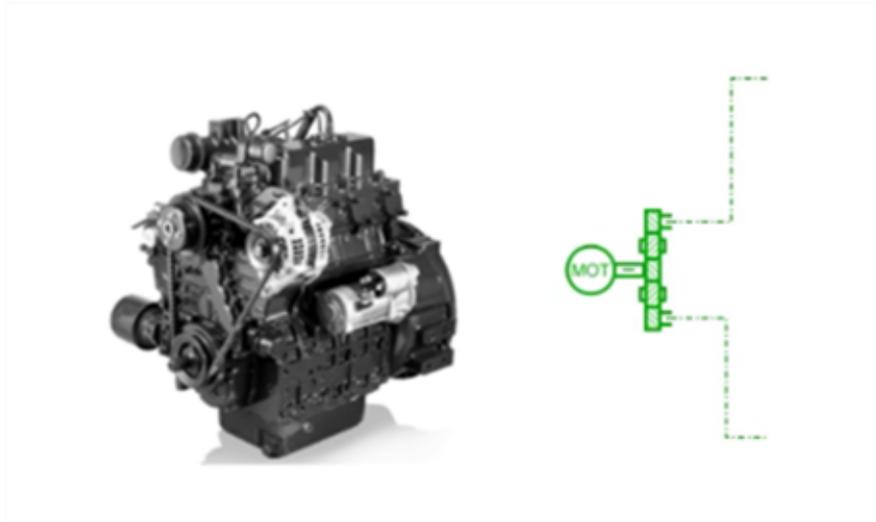


그림 38 <KIOTI 社의 4A220LWS 모델 및 엔진 단품 모델>

표 35 <KIOTI 社의 4A220LWS 엔진 제원표>

항목	값
Model	4A220LWS
Emission Level	Interim Tier 4/Stage A
Engine Type	4-Cylinder, 4-Cycle, In-line, Diesel, Water cooled
Number of cylinder	4
Displacement (L)	2,197
Rated power (@rpm)	33.7 kW@(2,600 rpm)
Maximum torque (@rpm)	140.14 Nm@(1,700 rpm)
Compression ratio	21.7:1
Direction of rotation	Counter-Clockwise viewed from Flywheel side

본 시뮬레이션에서는 엔진 제원을 이용한 시뮬레이션 해석을 실시하기 위해 구동 모터를 이용하여 엔진 단품 모델을 구성하였다. 구동 모터의 회전속도는 본 연구에 사용된 엔진 제원 및 선행연구의 필드 주행 데이터를 기반으로 2,000 rpm를 적용하였다.

가. 정유압 무단 변속기(Hydrostatic Transmission, HST)

자주식 무·배추 수확기에서는 가변형 유압펌프와 고정형 유압 모터로 구성된 HST를 사용하였다. HST 시뮬레이션 단품모델은 자주식 무 수확기에 탑재된 J. I. Hydraulic 社의 JT03VJ 모델을 기준으로 개발하였다.

정유압 무단 변속기는 기계적 엔진으로부터 발생한 기계적 동력을 펌프로 전달하여 유체동력으로 변환하고, 전달된 유체동력은 유압 모터로 이동하여 다시 기계적 동력으로 변환하였다.

HST의 주요 컴포넌트 제원은 아래 모델 제원표를 기준으로 입력하여 적용하였으며, 고정형 유압모터는 21.4 cc/rev, 최고 입출력 회전수는 1,631.5 rpm이며, 최대 압력은 245 bar을 적용하였다.

표 36 <J. I. Hydraulic 社의 JT03VJ 유압 펌프 제원표>

항목	값
Model	JT03VJ
Max displacement (cc/rev)	21.4
Output speed (rpm)	1,631.5
Max pressure (bar)	245
Mechanical brake torque(Nm)	49
Application (ton)	3

본 연구에서는 유압의 유량 및 방향제어를 구현하기 위해 Danfoss 社의 PVG 32 proportional valve를 사용하여 단품 모델을 구성하였음. 비례제어밸브는 좌·우측 HST에 각각 설치되어 있으며, 설정된 전류 값에 따라 유압의 유량 및 방향을 조절하여 주행 속도 및 전·후진을 제어한다.

비례제어 단품 모델은 4방향제어 밸브 모델을 이용하여 구성하였으며, 입력된 신호값이 0일 경우 중립에 위치하며 -1 또는 1에 따라 유량의 방향을 제어한다.

나. 유압밸브

유압밸브는 회로의 전체적인 압력을 유지시켜주는 릴리프 밸브와 유량을 일정한 방향으로 제어하는 체크밸브를 HST내에 각각 사용하였음. 릴리프밸브의 허용압력은 모두 205 bar를 적용하였다.

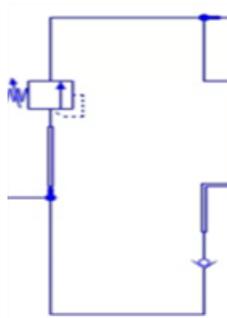


그림 39 <릴리프 밸브 및 체크 밸브>

다. 유압펌프

자주식 무·배추 수확기 사용된 유압 펌프는 소프트웨어 내에 고정형 펌프 서브모델을 이용하여 구성하였음. 고정형 펌프의 경우 엔진으로부터 입력된 동력, 유압 펌프의 입력된 모터용량 및 회전속도를 통해 유량을 만들어 기계 내에 공급한다.

자주식 무·배추 수확기는 2개의 HST로 구성되어 있으므로 유압 펌프의 펌프용량 및 회전속도는 펌프 제원에 따라 57.8 cc/rev 및 1,700 rpm를 적용하였다.

라. 유압모터

본 연구에서 사용된 유압 모터는 고정형 모터를 사용하였으며, 유압펌프로부터 발생하는 유압 에너지를 기계적 에너지로 전환하여 플랫폼 궤도에 동력을 전달한다.

유압 모터의 모터용량 및 회전속도는 J. I. Hydraulic 社の JT03VJ 모델의 주요 제원으로 각각 21.4 cc/rev 및 1,631.5 rpm를 적용하였다.



그림 40 <유압모터 단품 모델>

시뮬레이션 해석 진행시 주행부 궤도 부분에 부하를 입력하기 위해 자주식 무·배추 수확기의 무게 및 길이 제원을 이용하여 궤도 양부분에 1,800 Nm를 입력하였다.

(2) 주요 부품 제원을 이용한 시뮬레이션 모델 개발

① 자주식 무·배추 수확기 동력전달부 시뮬레이션 해석 및 분석

가. 엔진 출력

자주식 무·배추 수확기 동력전달부 시뮬레이션 모델 해석을 위해 입력된 제원을 기반으로 시뮬레이션을 진행하였으며, 엔진, 유압모터, 유압펌프의 결과값을 이용하여 출력 및 효율을 계산하였다.

동력전달부 시뮬레이션 시간은 60초로 설정하였으며, 시뮬레이션 결과에 따른 엔진 및 유압 펌프, 유압 모터의 토크 및 회전속도 데이터를 이용하여 출력값을 계산하였다.

$$P_{axle} = \frac{2\pi \times T \times N}{60,000}$$

여기서, P_{axle} : 구동 축의 출력 [kW]
 T : 토크 [Nm]
 N : 회전속도 [rpm]

본 연구에서는 자주식 무·배추 수확기 동력전달부 시뮬레이션 모델에 대해 주행부를 시뮬레이션 목표로 설정하였기 때문에 엔진 제원보다 낮은 엔진 회전속도를 입력하였으며, P1, P2 주행부 유압 펌프의 경우 향후 궤도 운거를 조절하는 P3 유압 펌프에 보조 동력을 공급하기 때문에 실제 제원보다 낮은 20 cc/rev 용량으로 설정하여 시뮬레이션을 진행하였다.

동력전달시스템 시뮬레이션 해석 결과 엔진 출력은 엔진 구동 후 급격히 상승하여 약 20 sec 까지 29.3 kW의 출력을 보였으며, 이후 감소하여 28 kW의 출력을 유지하는 것으로 나타났다.

엔진 출력이 상승하는 구간에서는 정지 상태에서 구동 된 후 플라이휠을 구동하고 이후 변속기 수확기 구동모터에 동력을 전달해주기 위해 출력이 상승하는 것으로 판단됨. 그 이후 변속기 및 구동부에 충분한 회전속도를 전달하며, 엔진 회전속도가 일정하게 되어 엔진 출력이 일정하게 유지된다.

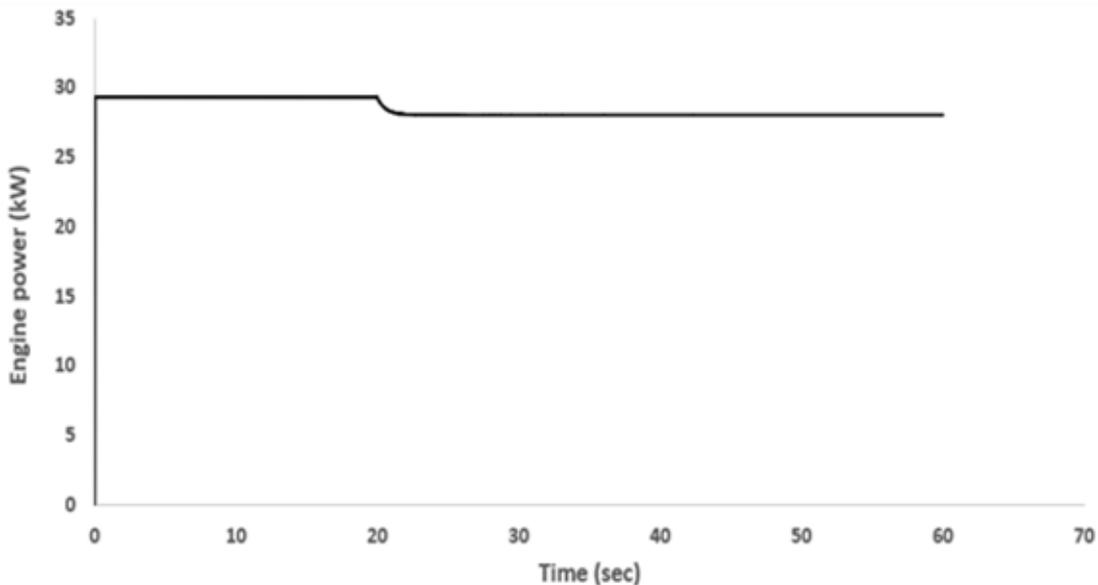


그림 41 <동력전달부 시뮬레이션 엔진 출력 결과>

나. 유압 펌프 유량

유압펌프의 출력은 엔진의 구동과 동시에 엔진으로부터 분기된 동력이 유압펌프에 전달되며, 이후 급격히 상승하여 약 40 L/min의 유량을 보였으며, 이후 유량을 유지하는 것으로 나타났다.

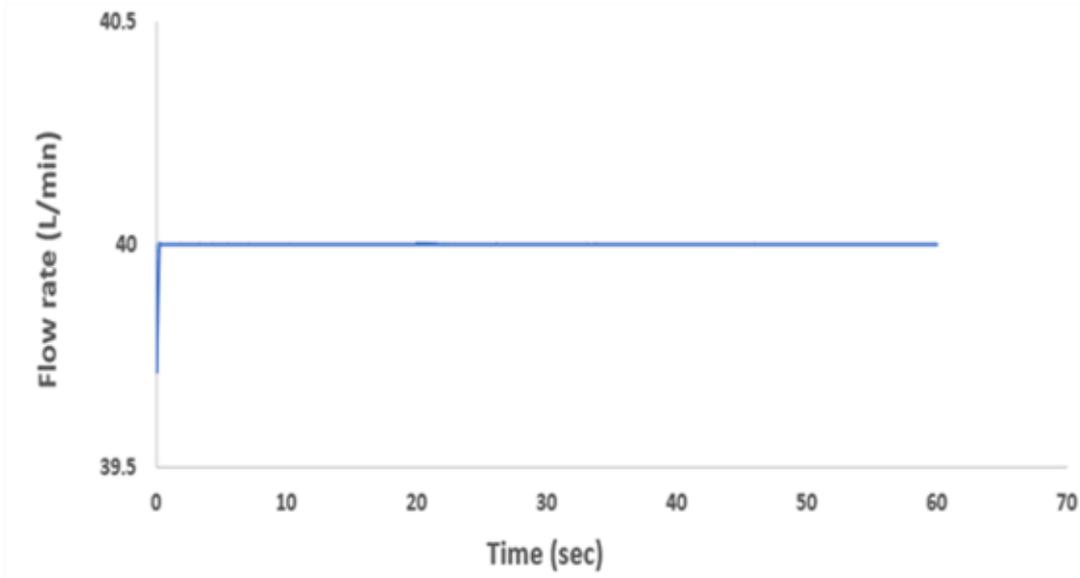


그림 42 <동력전달부 시뮬레이션 유압 펌프 유량 결과>

다. 유압 펌프 출력

유압펌프의 출력은 유압펌프의 구동과 동시에 유량이 공급되어 약 15 kW의 출력을 보였으며, 이후 20 sec 이후에 약 13 kW로 감소한 후 유지하는 것으로 나타남. 단품 모델의 실제 제원들만 적용하였기 때문에 별다른 출력 변화가 발생하지 않는 것으로 판단된다.

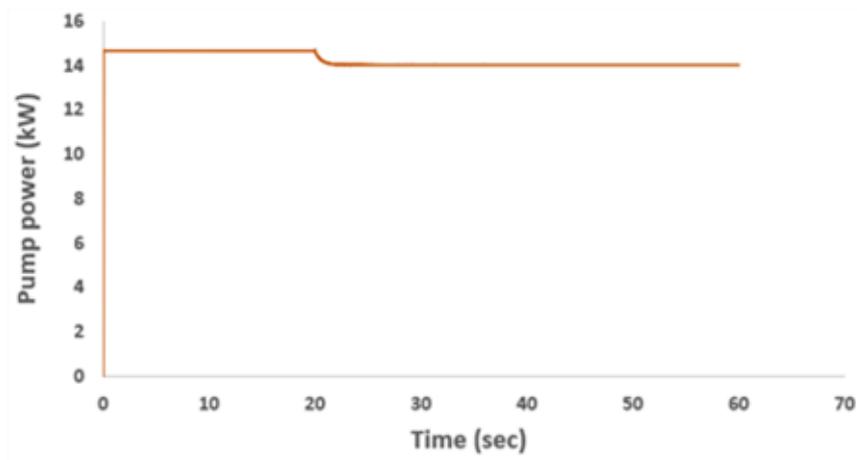


그림 43 <동력전달부 시뮬레이션 유압 펌프 출력 결과>

라. 유압 모터 출력

유압모터의 출력은 유압펌프의 구동과 동시에 유량이 공급되어 작동하기 시작하여 약 10 kW의 소요 동력을 보였으며, 이후 감소하여 약 8.5 kW의 소요 동력을 유지하는 것으로 나타남. 유압모터는 유압펌프와 비슷한 그래프 개형을 나타냈다.

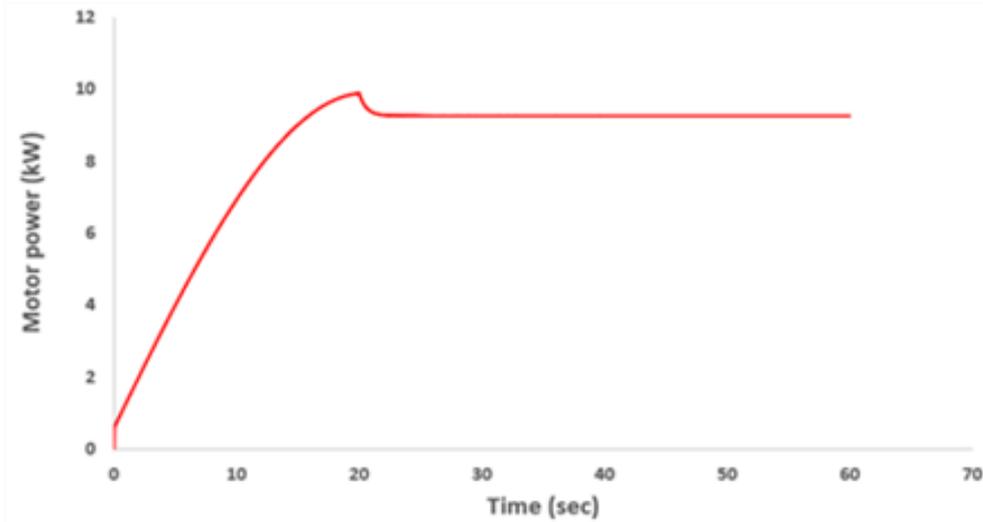


그림 44 <동력전달부 시뮬레이션 유압 모터 출력 결과>

유압펌프와 마찬가지로 별도의 부하모델이 적용되지 않았고 단품 모델의 실제 제원들만 적용하였기 때문에, 안정기 이후 별다른 출력 변화가 발생하지 않는 것으로 판단된다.

마. HST 효율

HST의 효율은 정유압식 무단변속기의 출력 값인 유압모터의 출력 값과 입력 값인 유압펌프의 출력의 비로 계산하였음. 이때, 유압펌프와 유압모터의 출력은 각 shaft의 토크와 회전속도를 이용하여 아래 식과 같이 계산하였다.

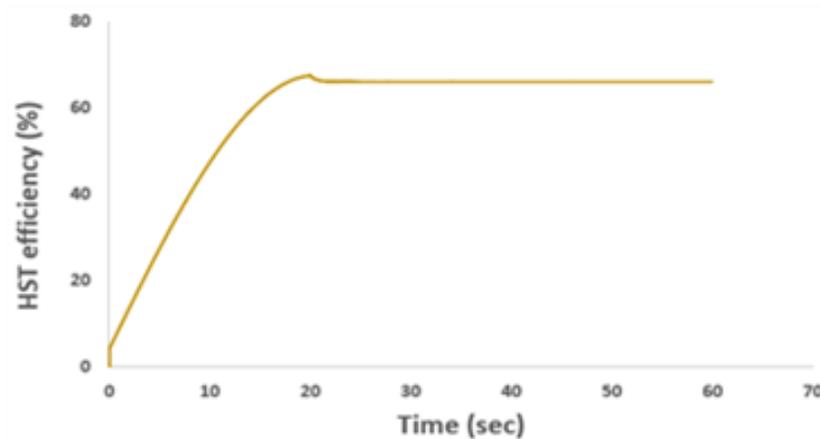


그림 45 <동력전달부 시뮬레이션 HST 효율 결과>

본 연구에서 개발된 시뮬레이션 모델의 HST 효율은 1 sec 이전 초기 구간에서는 유압 펌프와 유압모터의 출력이 상승하는 구간으로 일정하지 않고 변동하였으며, 20 sec 이후부터 약 65%로 나타났다.

시뮬레이션 모델의 각 단품 모델들의 입력 파라미터들이 실제 설계 사양을 반영한 것을 고려할 때, 개발된 HST 동력전달시스템 시뮬레이션 모델의 활용 가능성을 확인할 수 있었다.

본 시뮬레이션은 자주식 무배추 수확기의 단순 주행을 가정하여 시뮬레이션을 진행하였으며, 이에 엔진 출력에 비해 단순 주행에서의 엔진 출력이 높게 나타난 것으로 판단된다.

차후 수확기의 무게 및 수확 작업에 따라 펌프 및 모터 출력은 달라질 것으로 판단되며, 향후 실작업 데이터 측정을 통하여 시뮬레이션을 보완할 계획이다.

기관명	1차년도
전남대학교 산학협력단 (공동연구개발기관)	○무·배추 겸용 수확시스템 개발 -배추 인발부와 이송라인 설계 및 개발 -무 인발부와 이송라인 설계 및 개발 -인발부 교체 구조 설계 및 개발

3) 무·배추 겸용 수확시스템 개발

(1) 배추 인발부 및 이송라인 설계 및 개발

① 국내 배추의 물리적 특성조사

배추수확기의 주반송부 요인 분석을 위한 기초자료로서 수확시기 재배작형별 배추의 기계적 수확에 관련 되는 물리적 특성 조사를 위하여 가을배추(노랑배추) 품종의 배추포장에서 직경, 길이, 무게, 토양 수분함수율에 따른 인발력을 조사하였다. 수확시기의 포장에서 외엽이 묶여진 상태로 배추의 직경, 길이, 무게를 측정하였고, 포장 내에서 20개를 임의 선택하여 측정하였다. 토양 수분함수율은 토양수분계(Soil hygrometer)를 이용하여 측정하고, 배추의 수직인발에 필요한 힘을 디지털 하중계(Digital force gage, 측정범

위 0~200N)로 측정하였다.



그림 46 View of digital force gage(left) and soil hygrometer(right)

② 전처리부 설계

초기 개발된 주반송부에 의한 시작기의 배추 수확 성능 시험 결과 배추의 종류 및 자세에 대한 적응성을 높이고 주반송부의 원활한 이송을 위해 새로운 메카니즘이 추가로 필요하다고 판단되어 초기 설계된 주반송부를 보조할 수 있는 전처리장치로서 유인부와 보조반송부로 구성된 주반송부의 전처리부를 주반송부 전방 부착형식으로 설계하였다.

유인부는 회전날을 회전하면서 토양을 파쇄하여 인발력을 감소시키고 더불어 인발된 배추를 주반송부로 유도하는 기능을 수행하게 된다. 보조반송부는 회전날에서 인발된 배추를 보조반송부 벨트를 통과하여 주반송부 벨트로 정확한 자세로 이동시켜주는 기능을 수행하게 된다. 전처리부의 주요 설계 인자인 유인부의 진입에 따른 배추의 자세변화를 파악하기 위하여 유인부 모형을 제작하여 회전날의 진입각도에 따른 배추 인발자세에 대한 영향을 분석하고자 시험을 실시하여 기초 설계 자료로서 활용하였고, 품종별 재배작형의 배추 물리적 특성을 고려하여 보조반송부를 설계하였다.

가. 회전날 진입각도에 따른 배추 인발자세

가) 전처리부 설계를 위한 유인부 모형

주반송부 벨트의 배추 인발 초기자세 불량으로 인한 배추전도 현상과 인발력 부족으로 인해 인발률이 저조하여 주반송부에 추가적인 전처리부 설계를 위한 기초 자료를 얻고자 유인부 앞부분에 원판형 회전날을 부착한 모형을 제작하였다. 유인부 모형은 배추 수확기의 주반송부 각도에 상응하는 35°와 40°로 제작하여 각도별 전진거리에 따른 배추전도각의 변화를 분석하였다.



그림 47 Induced unit model with including angle

나) 진입각도별 이동거리에 따른 배추 자세

진입각도별 전처리부의 이동거리에 따른 배추 자세를 분석하기 위하여 그림 3과 같이 유인부 모형을 이용하여 시험을 수행하였다. 인발시 배추 전도현상이 발생하지 않으면서 주반송부에 가장 이상적으로 이송되는 배추 상태는 배추수확기의 주반송부와 배추 수직 중심선 사이의 각도가 90° 를 이루었을 경우로 가정하였다. 전처리부의 이동에 따른 배추와 유인부 모형 사이의 각도는 표 8 에서와 같이 전처리부 진입각도 35° 와 40° 의 두 모형 모두 15cm 이상 전진했을 경우에는 배추 뒤쪽으로 토양이 적체되어 배추전도각의 변화는 더 이상 발생되지 않는 것을 확인하였다. 실제 전처리부를 작동할 경우 회전날이 회전하면서 토양을 파쇄하여 인발에 필요한 힘을 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라, 회전날이 안쪽으로 회전함으로써 배추 뿌리 부분을 잡아당기는 효과를 발생시켜 이상적인 반송각인 90° 에 더 근접하게 자세가 조정되어 주반송부로의 이송이 더 효과적일 것으로 판단된다. 35° 와 40° 의 유인부 모형에서 전진거리에 따른 배추전도각은 전진거리 15cm 이상에서 35° 모형과 40° 모형 모두 19° 로 나타나 모형 각도에 따른 배추전도각은 유의성을 나타내지 않았다. 따라서 보조반송부 설계에서 배추를 안정적으로 이송할 수 있는 보조반송부와 배추사이의 각도를 90° 로 조성하기 위해서는 보조반송부의 각도는 지면에서 19° 로 설계되어야 할 것으로 판단되었다.



그림 48 Experiment to find the effect of a preprocessing unit on the pushing behaviour of Chinese cabbage

표 39 Angle of inclination of Chinese cabbage according to the model forward distances

Advance distance of model	35° model		40° model	
	Angle of inclination of Chinese cabbage	Angle between Chinese cabbage and inclination plane of model	Angle of inclination of Chinese cabbage	Angle between Chinese cabbage and inclination plane of model
0cm	0°	55°	0°	50°
5cm	5°	60°	5°	55°
10cm	14°	69°	16°	66°
15cm	18°	74°	18°	68°
20cm	18°	74°	19°	68°
25cm	19°	74°	19°	68°

가. 전처리부의 보조반송부 설계

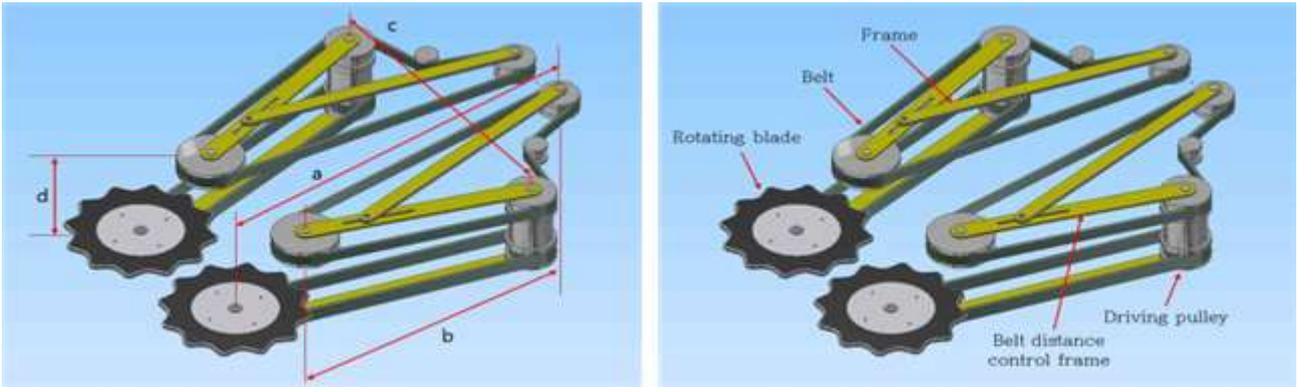


그림 49 Designed structure of preprocessing part of pulling part

낮은 인발 성능에 영향을 미치는 환경적 요인으로는 일정하지 않는 두둑높이 등의 재배지 구조와 배추의 물리적 특성, 토양 특성 등이 있으며, 기계적 요인으로는 수확기 주행부의 궤도 간격과 골과 골 사이의 간격과의 차이, 인발력 부족과 이송되는 배추 자세 불량 등으로 판단되었다. 이로 인하여 인발력이 충분하지 않아 배추를 완전히 뽑지 못하여 반송 도중 벨트 사이로 떨어지는 현상이 발생되거나, 인발된 배추의 인발벨트에 의한 배추 인발 초기자세 불량 때문에 반송중 배추가 전도되는 현상이 발생되었다. 따라서 배추를 충분히 인발하여 주반송부로 안정적으로 이송할 수 있는 보조반송부를 설계하였다. 표 44와 같이 전장(a, 유인부 회전날 중심축에서 고정풀리 중심축까지) 길이 880mm, 아이들풀리 거리(b) 450mm, 전폭(c, 양쪽 구동풀리 거리) 600mm, 전고(d, 유인부 회전날과 보조반송부의 수직거리) 150mm의 치수로 설계되었으며, 보조반송부의 구조는 주반송부 벨트에 의해 구동되는 구동풀리, 풀리를 연결하며 핀 형식을 통해 벨트간격조절이 가능한 프레임, 배추 인발을 위한 V벨트로 구성하였다.

다) 보조반송부의 벨트간격

전처리부 보조반송부에 벨트간격의 조절은 벨트간격조절이 가능한 프레임의 핀형식을 통해 조절이 가능하게 설계하였다. 수확시기 배추의 물리적 특성에 따르면 작형별 배추에 결구폭은 봄배추의 경우 240 ~ 280mm, 가을배추의 경우 170 ~ 280mm, 겨울배추는 290 ~ 340mm 범위로 나타났다. 따라서 전처리부 보조반송부에 벨트간격은 작형별 배추의 크기가 다양하므로 핀형식의 프레임을 조절하여 적절한 벨트간격이 요구된다. 벨트간격 조절 범위는 안정적인 이송을 위해 작형별 결구폭과 압축력을 고려하여 봄배추 작형의 경우 220 ~ 260mm, 가을배추 작형의 경우 150 ~ 260mm, 겨울배추의 경우는 270 ~ 320mm로 조절 가능해야하며 모든 재배작형의 결구폭을 고려했을 경우 전처리부 반송장치의 벨트간격은 220 ~ 320mm 범위로 설계되어야 할 것으로 판단되었다.

표 40 Designed belt distance ranges of auxiliary conveyor in preprocessing unit

Index \ Variety		Spring chinse cabbage (Daetong)	Autumn Chinese cabbage (Norang)	Winter Chinese cabbage(Gyeoul-wangug)
Dia.(mm)	Ave.	309	227	306
	S.D.	14	30	26
Belt distance control range(mm)		220~260	150~260	270~320

라) 보조반송부의 길이 및 높이

유인부 모형을 통한 이동거리에 따른 배추 자세 변화의 시험 결과 모형이 이동거리 15cm이상 전진 시 배추전도각은 더 이상 변하지 않는 것으로 나타났다. 따라서 안정적인 배추 이송을 위해 유인부의 전진거리는 15cm이상 전진하였을 경우 기울어진 배추와 회전날 사이의 각도가 이상적인 값으로 설정한 90°에 도달하게 되므로 유인부 회전날의 중심축과 보조반송부 사이의 수평거리는 15cm이상으로 설계되어야한다. 또한 작형별 배추의 물리적 특성에 따른 배추 결구부의 높이는 봄배추의 경우 290 ~ 320mm, 가을배추의 경우 260 ~ 330mm 범위였고, 겨울배추는 320 ~ 350mm 범위로 나타났다. 따라서 전처리부 보조반송부의 벨트가 배추에 결구부의 중심부분을 잡는 것이 가장 안정적이므로 유인부 저면과 보조반송부의 수직 높이 거리(그림 44(d))는 140 ~ 170mm 범위에서 설계되어야한다.

표 41 Main size of preprocessing part

Index	Size
a	880mm
b	450mm
c	600mm
d	150mm

마) 주행속도와 보조반송부 벨트속도의 속도비

주행속도와 보조반송부의 벨트속도의 적정 속도비를 구하기 위하여 분석을 행하였다. 각도별 유인부 모형의 전진거리에 따른 배추 자세 변화의 시험결과 보조반송부 설계에 있어서 각도는 19°로 설계되어야 함을 도출하였다. 따라서 보조반송부의 각도를 19°로 설정하여 주행속도와 보조반송부의 벨트속도의 속도비 분석을 재 실시하였다. 벨트각도가 19°인 경우, 주행 수평속도가 0.3m/s일 때, 보조반송부 벨트 속도는 0.32m/s가 되고 주행속도가 0.4m/s일 때, 보조반송부 벨트 속도는 0.42m/s가 되며 주행속도가 0.5m/s일 때, 보조반송부 벨트 속도는 0.53이 되어, 주행속도와 보조반송부 벨트의 평균 속도비는 1 : 1.06이 되었다. 주행속도와 인발벨트속도의 속도비와 마찬가지로 배추와

벨트사이의 슬립현상이 발생할 것으로 예상되어 실제 작업 시 주행속도와 보조반송부 벨트의 속도비 또한 일정 비율로 높여 작업을 수행해야 될 것으로 판단된다.

표 42 Speed ratio according to belt speed and driving speed

Pulling angle(°)	Pulling speed(m/s)	Pulling belt speed(m/s)	Ratio of driving speed and pulling belt speed
19	0.3	0.32	1 : 1.07
	0.4	0.42	1 : 1.05
	0.5	0.53	1 : 1.06

(2) 무 인발부 및 이송라인 개발

가. 주 수확부 설계

본 연구에서 개발된 무 수확기의 주 수확부는 무 수확에 있어 가장 중요한 장치라고 할 수 있다. 주 수확부는 무 줄기를 잡아 뽑아내는 인발부와 반송부로 구성되며, 인발부는 무 줄기를 세워주며 인발된 무의 반송부 컨베이어로의 유입을 유도하는 회전날개(수평과 수직)로 이루어진 줄기수집부로 구성된다, 그리고 인발된 무의 이송을 위한 컨베이어 벨트로 구성된 반송부로 이루어져 있다. 인발방법은 전방의 수직날개인 감아올림장치에 의해 무의 눅혀진 줄기를 세워 수평날개인 진입유도장치에 의해 반송부로의 진입을 유도한다. 반송부에 유도된 무는 벨트의 압착과 운송작용에 의해 발생하는 인발력에 의해 인발된다. 인입부 풀리는 컨베이어 벨트를 구동시킬 뿐만 아니라 인발시 무를 밀어주어 인발력을 감소시키는 기능을 수행한다.

표 43 Specifications of inlet pulley

Inside Diameter	Outside Diameter	Thickness	Texture
89.97 mm	175 mm	10 mm	Crude rubber

또한 인발 후 이송되는 무가 이탈되지 않도록 컨베이어 벨트에 압축력을 발생시키기 위하여 컨베이어벨트 텐션 조절 기능을 하는 압축스프링이 설치되어 있다. 반송부의 동력전달은 엔진으로부터 출력된 동력이 유압모터를 작동시킨 후 기어박스, 인입부 풀리, 벨트 순으로 동력이 전달되며, 유량제어밸브를 사용하여 이동속도에 따른 주수확부의 속도 조절이 가능하다. 이는 솔레노이드 및 매뉴얼 밸브, 유량제어를 통해 조절하게 된다. 기존 궤도형 수확기의 단점인 산악지형 또는 요철이 많은 지형에서의 주행성능저하에 따른 인발작용 기능개선을 위하여 주행부 진행속도에 비례한 인발속도 유지를 통해 지형환경별 맞춤형 수확작업이 가능하도록 하였다. 인발부의 수직 및 수평 날개는 12V 직류모터를 사용하여 구동하였다.

나. 인발부 설계

본 연구에서 개발된 무 수확용 시작기의 주 수확부에 의한 수확 성능에 영향을 미치는 주요 설계 요인으로는 인발각, 수확기의 주행속도, 견어올림 속도비 등이 있다. 또한 인발성능에 영향을 미치는 요인으로는 재배지 특성, 무의 물리적 특성, 기계적 특성, 운전자의 숙련도 등이 있다. 특히 토양의 종류, 불규칙한 두둑과 골의 형상 등의 재배지 특성 등과 기계적 요인 중 주행부의 종류 및 형상이 인발성능에 크게 영향을 미친다. 이러한 요인들을 고려한 최적설계가 이루어지지 못하면 인발력이 줄기의 인장파단력보다 커져 줄기가 절단되거나 인발 후 이송 과정에서 떨어지는 현상이 발생하게 된다. 본 연구에서 개발된 자주식 무 수확기는 무의 줄기를 벨트로 인발하여 인발하게 되므로 줄기의 인장파단력이 인발력보다 커야만 줄기가 끊어지지 않고 토양으로부터 인발할 수 있게 된다. 따라서 인발력 감소 및 주수확부로의 원활한 이송을 위해 새로운 메커니즘이 필요

하다고 판단되었고, 초기에 설계된 주수확부를 보조할 수 있는 전처리 장치를 설계하였다. 주수확부의 전처리부는 무의 눅혀진 줄기를 세워 모으는 기능을 하는 감아올림장치, 무 줄기의 수집 및 인입부 폴리로의 진입을 유도하는 진입유도장치 그리고 감아올림장치와 진입유도장치 사이에 부착형식인 도복유인장치로 구성된다. 시작기의 인입부 폴리는 벨트 구동이 주 기능이나 무를 밀어서 인발력을 감소시키는 효과도 유발되었으나 미는 과정에서 상처를 발생시켜 더욱 효과적인 도복유인장치를 설계하게 되었으며, 도복유인장치는 회전하는 롤러가 인발각 만큼 무를 밀어줌으로써 인발력을 감소시키고 더불어 롤러의 회전에 의해 정확한 자세를 유지한 채 반송부로 이동시켜주는 기능을 수행하게 된다. 이 때 무와 직접적으로 접촉되어지는 롤러의 소재는 무의 파손을 억제하기 위해 인입부 폴리에 설치된 완충장치의 재질과 같은 생고무로 설정하였다. 롤러는 자유경첩으로 부착되어 있어 무를 밀어준 후 스프링의 힘에 의해 제자리로 돌아오며, 깔때기 형태의 구조를 지녀 직선 형태일 때보다 접촉 면적이 늘어나 효과적으로 무를 밀어주게 된다. 전처리부는 전장 39 cm, 전고 17 cm, 전폭 42 cm의 치수로 설계되었으며, 도복유인장치에 의해 무가 일정 각도로 넘어가더라도 감아올림장치와 진입유도장치로 이루어진 줄기 수집부에서 줄기를 수집해주지 않는다면 무가 기울어진 상태로 반송부로 진입하게 되어 무 줄기의 인발과 이송이 불가능하게 된다. 따라서 효과적인 줄기 수집을 위해 감아올림장치와 진입유도장치로 이루어진 줄기 수집부의 날개 수는 4개에서 6개 사이에서 결정하면 될 것으로 판단하였다.

(3) 인발부 교체 구조 설계 및 개발

본 자주식 무배추 겸용 수확기는 본체는 공용으로 사용하고 인발부와 이송부가 일체로 제작된 수확부를 수확물 대상에 따라 사진과 같이 교체되도록 개발 되었다. 인발·이송부는 본체에 유압으로 연결되며 작물 및 재배 특성에 따라 그 위치와 각도를 조절할 수 있도록 설계되었다. 그림 50과 51은 무수확의 경우 전처리부의 설계와 제작된 모습을 보여주고 있다.

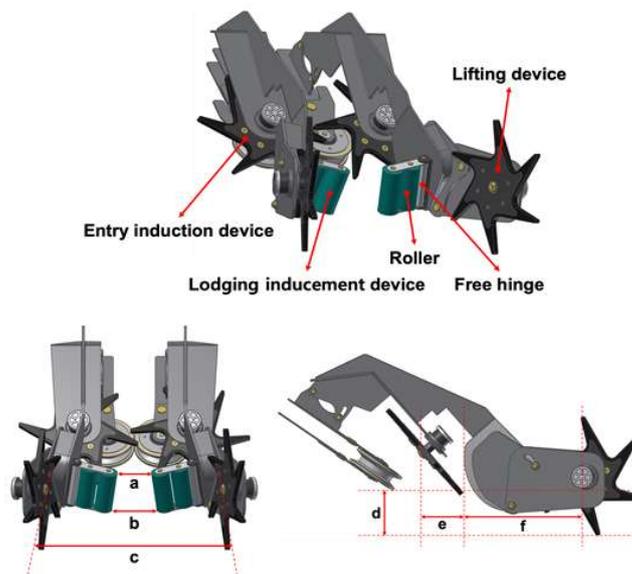


그림 50 Designed structure of preprocessing part of pulling part



그림 51 Experimental design for pulling device

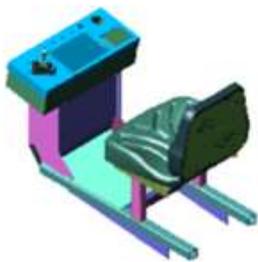
기관명	1차년도
농업회사법인 희망농업기계 주식회사 (주관연구개발기관)	○기술 조사 및 주행 플랫폼 개발 및 제작 -주행 플랫폼 개발(궤도/윤거) -자세 제어 시스템 개발 -수확물 이송 크레인 개발 ○동력 시스템 제작 -HST 기반 동력부 설계 및 제작

4) 기술 조사 및 주행 플랫폼 개발 및 제작

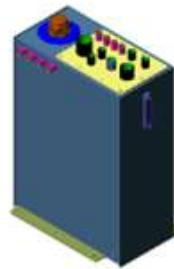
(1) 주행 플랫폼 개발(궤도/윤거)

무·배추 겸용 수확기를 위한 주행 플랫폼의 기본 구성은 메인동력 및 주행부 구동을 위한 디젤엔진부, 인발부, 구굴부, 톤백&리프트부, 무한 궤도(윤거 기능포함)로 나눌 수 있으며, 각각의 구동을 위한 유압펌프와 밸브 제어부, 오일쿨러 등으로 구성되어 있음.

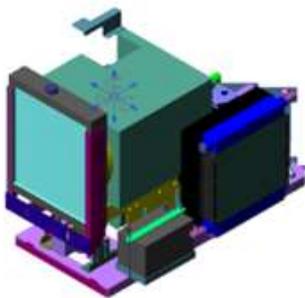
동력 각 부 주요 명칭 및 역할 및 정의는 아래와 같다.



엔진 조작&
주행조작 컨트롤러부



오일탱크



디젤 엔진, 유압펌프, 방향제어 밸브,
쿨러, 좌우 인출용 밸브



메인 프레임

그림 52 주행 플랫폼 주요 부 명칭

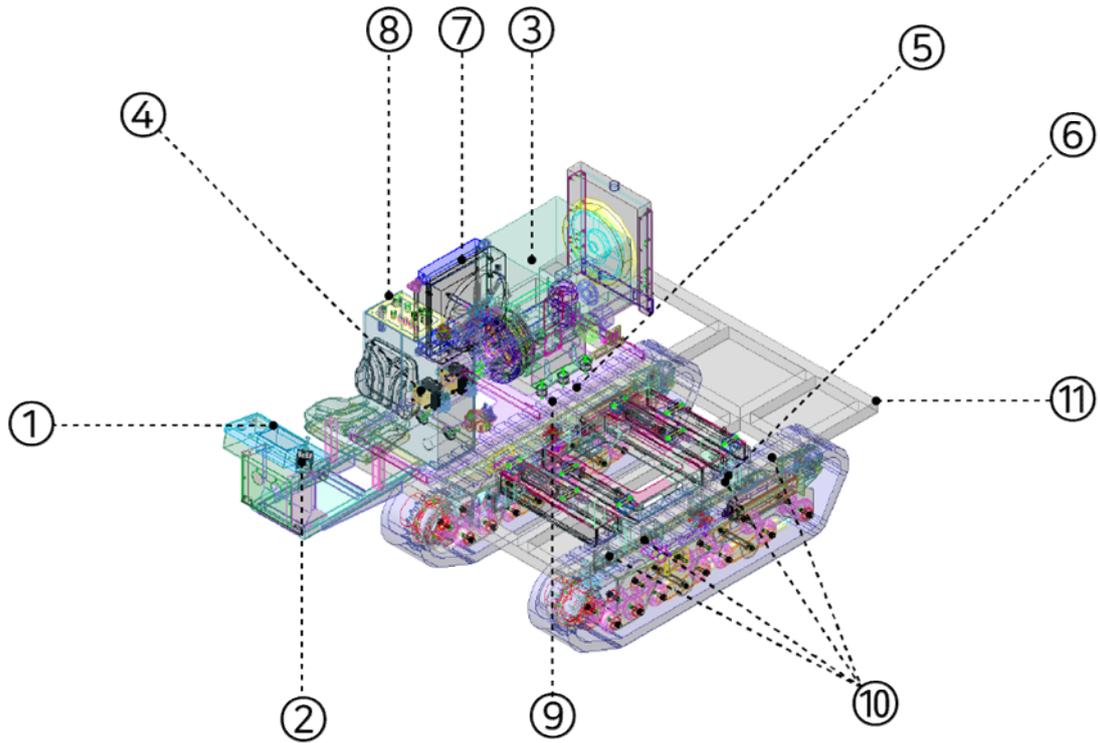


그림 53 무·배추 겸용 수확용 주행플랫폼 LAY-OUT

표 45

번호	명칭	역할
1	엔진조작	엔진동력 활성화를 위하여 디젤엔진의 시동을 켜
2	주행조작컨트롤러부	조이스틱을 사용, 주행모터의 유압을 전달하는 밸브를 제어
3	45마력급 디젤 엔진	유압모터와 체결되어 동력을 발생시킴
4	유압펌프	엔진동력에 의해 실제 구동력을 만들어내는 유압펌프 작동
5	방향제어 밸브	펌프에 의해 생성된 유압력의 방향을 제어하는 방향제어 밸브
6	주행부	밸브로부터 유입된 유압유에 의해 실제 구동력을 발생시켜 궤도 주행
7	쿨러	모터를 거쳐 나온 유압유의 유온을 낮춤. 이후 탱크 복귀.
8	유압유탱크	펌프에 적정량의 유량을 공급. 대용량 적용으로 유온 낮춤 효과
9	좌·우 인출용 밸브	궤도부의 좌·우 시프트를 위한 인출용 밸브. 인출방향 제어.
10	좌·우 인출 실린더	좌·우 궤도부의 폭 조절용 인출 실린더
11	메인 프레임	궤도부 상단에 위치. 엔진 및 주요 요소를 지탱

① 무배추용 궤도장치 컨셉 및 윤거를 위한 어셈블리 설계

무한궤도 장치는 등글게 만든 궤도 안에 바퀴를 넣어서 전진할 때마다 '앞으로 궤도를 뺀어 바퀴가 계속 궤도 위에서 움직일 수 있게 하는 장비이다. 영문으로는 Continuous track 또는 줄여서 Track이라 하거나 Crawler track 혹은 treads라고 한다.

무한궤도는 기본적으로 '바퀴가 빠지지 않게 땅 위에 길을 깔면서 나간다.'라는 발상에서 시작된 것으로, 실제로 여러 바퀴들이 땅에 깔려 있는 궤도 위를 달리는 형태로 나가게 된다. 무한궤도가 굴러가는 것이 아닌, 궤도 자체는 가만히 있고, 전차가 기동륜의 힘으로 그 무한궤도 위를 깔고 지나간다. 궤도는 마치 카펫처럼 깔리고 또 깔리는 방식이다.

차륜형 바퀴보다 표면적이 넓은 궤도로 차체의 무게가 분산되어 땅을 누르는 압력(접지압)이 낮아짐에 따라 진창에 빠지지 않는 것. 즉 차량의 무게는 무거워지지만, 단위면적 당 땅을 누르는 압력이 낮아지는 셈이다.

또한 무한궤도가 장착된 설비가 아스팔트 도로에서 움직이면 무한궤도에서 덜컹거리고 끼리끼리거리는 특유의 소리가 나는데, 듣는 사람에겐 이 소리가 소음이 엄청나기 때문이다

특히 궤도차량 훈련이 많은 전방지역의 경우 차량 자체의 무거운 중량뿐만 아니라 철제 궤도가 아스팔트를 긁어내고 다닐 수 밖에 없기 때문에 도로 파손이 상당할 뿐만 아니라, 험로 주행과 병행할 경우 궤도에 묻었던 흙을 도로에 흘리고 다니는 격이 되어 도로 환경 측면에서도 좋지 않다. 그래서 장거리 작전이나 훈련이 있다면 포장도로에서 직접 주행하지 않고 트레일러(HET)에 운반한다.

이에 본 과제에서는 논/밭 등의 목적에 맞는 비포장 도로에서 적용 할수 있으며 윤거가변이 가능한 타입의 무한궤도를 적용하기 위하여 연구 개발 적용 분석하였다.

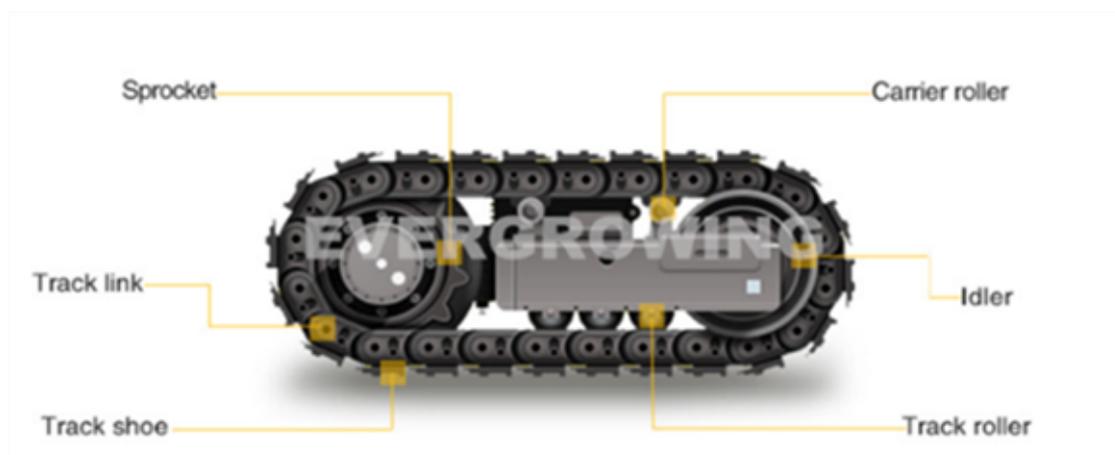


그림 54 일반 무한궤도의 명칭

무한궤도의 통상적인 구조적인 개념은 가동륜(sprocket), 운반롤러(carrier roller), 트랙 연결부(track link), idler, track roller 등으로 구분 지을수 있으며 각부마다 궤도 트랙간의 연결점 및 회전 부를 이어주는 형상으로 구성된다.

본 과제에서는 메인 프레임, 엔진부, 유압펌프부, 밸브부, 유압모터부, 인발제어부, 톤백·리프트부, 이송 크레인부를 포함한 중량으로 약 3ton의 중량을 목적으로 설계·제작 되었으며, 특히 무·배추 밭의 특성에 맞게끔 운거 기능을 포함한 무한궤도를 적용하였다.

무한궤도의 기본적인 구성은 다음과 같다. 동력을 궤도에 전달해주는 장치인 sprocket(기동륜)부, 각 궤도를 연결해주는 링크부, 장력을 조절해주기 위한 텐션롤러부, 하부롤러, 궤도 프레임, 운거 프레임부로 이루어져 있으며, 특히 크롤러(고무궤도)는 300*50.5*86 형식의 크롤러를 선정하여 적용 하였다.

아래 사진은 실제 적용된 무한궤도의 3D 모델링이며 이를 근거로 하여 시작품을 제작 하였다.

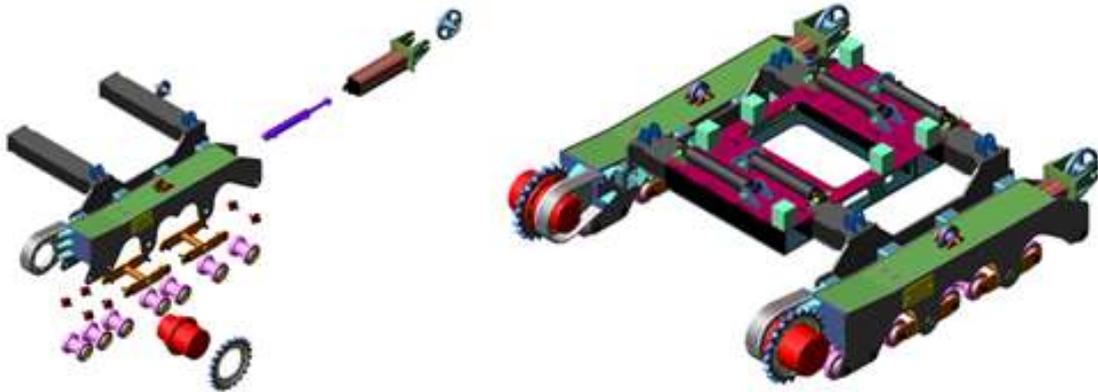


그림 55 무·배추 겸용 수확용에 장착할 무한 궤도 ASS'Y 모듈 3D

작물과 재배방식에 따라 두둑폭의 변화에 대응하기 위해 45마력급 엔진 동력을 이용하여 구동가능한 운거조절프레임에 4EA의 유압 실린더를 적용하여 편측 200mm, 양측 400mm 이내로 조절 가능하도록 컨셉을 설정하였으며, 엔진(구동) ▶ 펌프 ▶ 컨트롤 밸브(조작) ▶ 유압 실린더(작동)순으로 구동 할 수 있도록 프레임을 구성하였다.

구동 유압식 모터의 경우 궤도 주행을 위해 21.4cc,14.8cc의 유량을 가진 유압모터를 적용했다.

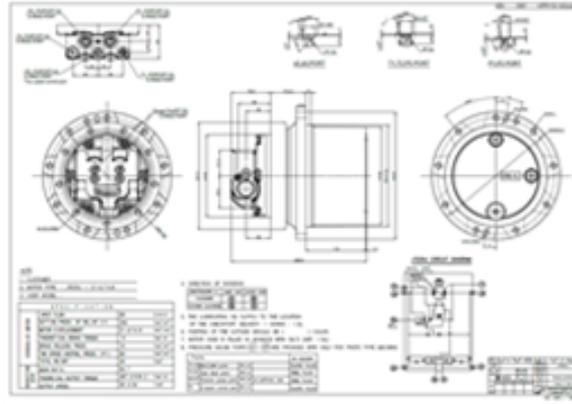


그림 56 무한 궤도용 주행모터 SPEC

아래 그림은 무·배추 주행용 무한궤도 어셈블리 모델링 및 각부 명칭을 정리 한 것이다.

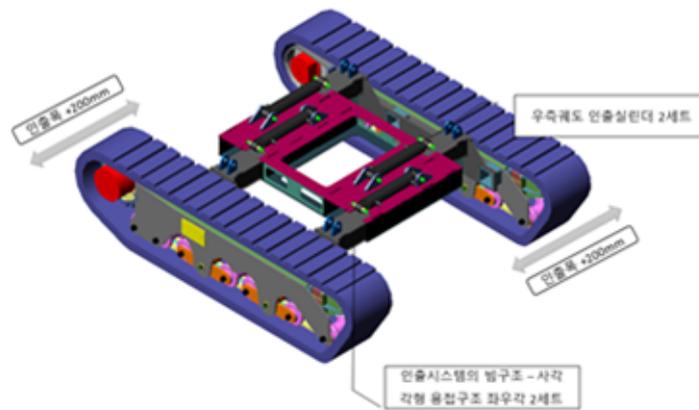


그림 57 무한 궤도 모듈의 최종 ASS'Y 3D

무·배추 겸용 수확용궤도장치를 제작하기 위해 해당부분에 대한 세부 제작 파트 리스트를 아래와 같이 작성했으며, 제품 규격 및 형상에 대한 구성을 나열하였다.

표 46

무한 궤도 파트(R,L) 구성					
A	Sprocket (기동륜)	B	링크(Track link)	C	장력조절 롤러
D	장력조절 실린더	E	하부롤러 (Track roller)	F	궤도 프레임
G	윤거 프레임	H	고무궤도 (크롤러)		



크롤러(고무궤도)



링크 ASS' Y



궤도 프레임



Sprocket



윤거용 메인 프레임



궤도 ASS' Y
(크롤러 부착전)



무·배추 겸용궤도 모듈 ASS' Y 시제품

표 47 무·배추 겸용 궤도부 각 파트별 제작 사진

② 무·배추 수확기의 인발/구굴부 컨셉 및 개발

가. 무 수확기의 인발/구굴부/러그 컨셉 및 개발

무수확기의 인발 및 구굴부의 컨셉으로 1차 설계 및 구조적인 부분을 검토했다. 구동방식은 약 200cc의 유압 모터를 적용하여 구동하며, 줄기수집을 위한 인입부는 무청 수집에 적합한 러그를 적용, 무청 절단은 회전 칼날을 적용하여 각 기능을 수행할 수 있도록 컨셉을 설정하였고, 인발부의 벨트는 V형 벨트 타입으로 적용하는 컨셉을 설정 하였다.

구굴부는 멀칭비닐이 씌워진 두둑에 무가 식재되어 있는 구조에 대해 수확/채취 선행 진행에 따라 비닐의 포장을 회피할 수 있는 아이디어를 설계에 적용했다.

1차년도 1회차 무 수확용 인발/구굴부 설계 및 PART LIST는 아래와 같으며 주요 파트로 인발러그 ASS'Y부, 줄기 절단부, 종단/구동 롤러, 벨트부, 텐션 롤러부, 고정/가변 힌지 축부등으로 구성된다. 구굴부는 보습부, 전기모터 또는 유압모터, 모터 베이스부, 절단 칼날 축 및 칼날부, 베어링 케이스등으로 구성되어 있으며 파트리스트는 아래와 같다.

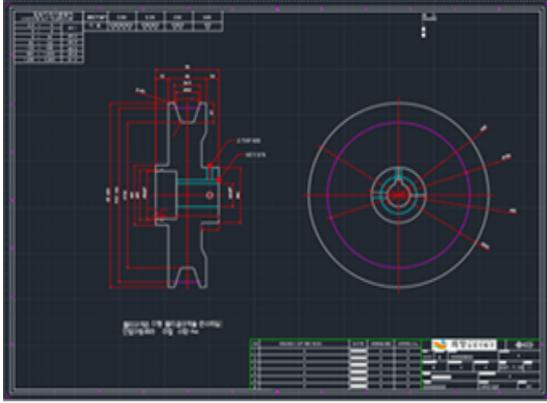
표 48 무 수확용 인발부 PART LIST

명칭	분류	규격/내역
무수확용 인발부	프레임(L,R)	SS400
	벌림방지 지지대	SS400
	모터ASS'Y&ROLLER	유압모터 200cc
	무줄기절단Cutter장치ASS'Y	유압모터6.4cc,원형칼날Φ180
	구동ROLLER	V벨트D형 타입Φ200
	종동ROLLER	V벨트D형 타입Φ162
	TENSION ROLLER	V벨트D형 타입Φ70
	리턴롤러(이탈방지) -평형	평형Φ70
	높이 조절 유압 실린더 ASS'Y	유압실린더 50*30
	상승하강힌지축	도면규격
	힌지 고정축	도면규격
	벨트	V벨트 D형
	유압펌프	유압모터 200cc
	TENSION 스프링	선경2Φ,내경10Φ,회전수:40
	장력 조절 장치 ASS'Y	도면규격

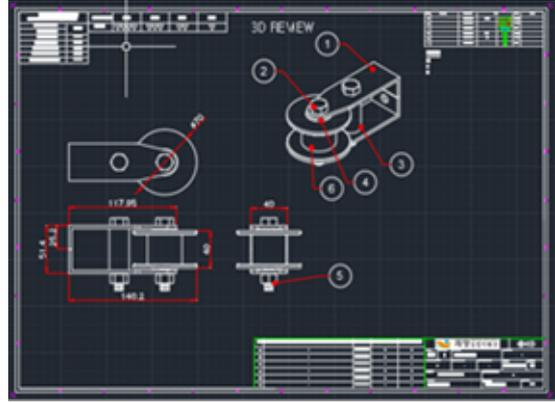
인발러그는 인발러그 루버 ASS'Y(수직/수평)부, 전기 모터부, 러그 고정 플레이트, 고정하우징으로 구성하여 설계했다.

표 49 무 수확용 구굴부 & 인발러그부 PART LIST

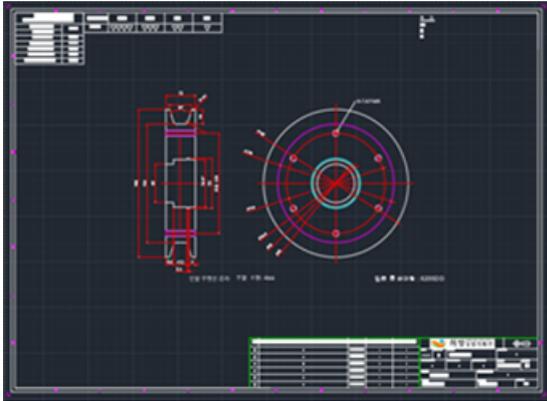
명칭	분류	규격/내역
무 수확용 구굴부 (비닐제거)	보습부	도면규격
	전기모터	유압모터6.4cc변경
	모터베이스	도면규격
	절단칼날	Φ180(SK5)
	절단칼날축	도면규격
	베어링케이스 PL	도면규격
	베어링	도면규격
	리테나 캡	도면규격
무 수확용 인발러그부	인발러그루버 ASS'Y	러그가이드(수직,수평) 10T
	전기모터	유압모터6.4cc
	러그 고정플레이트	도면규격
	고정하우징	도면규격



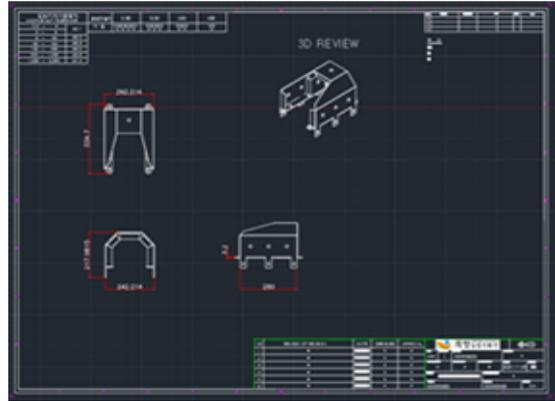
무 인발 구동롤러



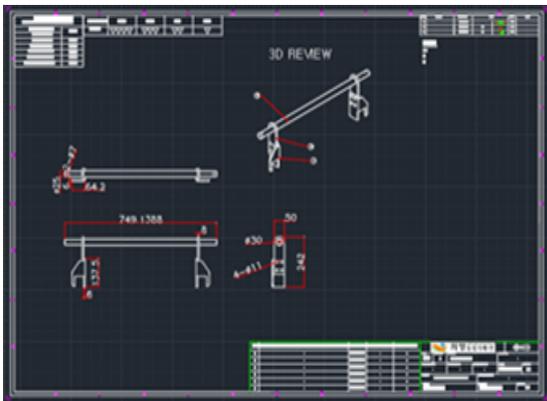
무 인발 리턴롤러 ASS'Y



무 인발 충격롤러



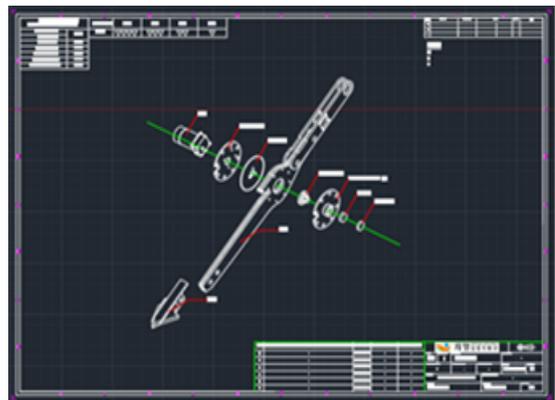
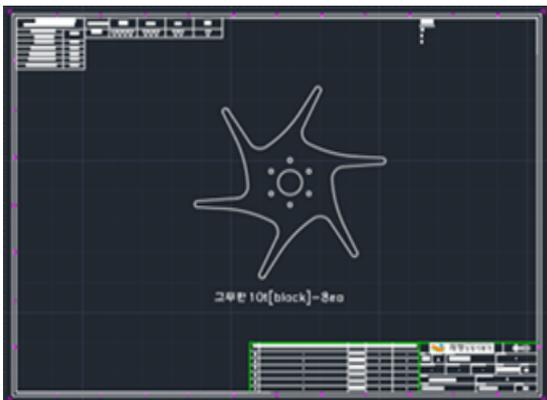
무 인발방지별림지지대 ASS'Y



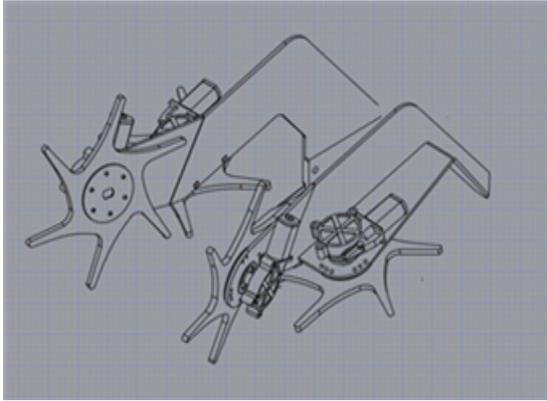
무 인발 상승하강한지축 ASS'Y



무 인발 메인프레임 ASS'Y



무 인발러그루버



인발 러그부 ASS'Y

무 구굴부(비닐제거) ASS'Y



1차년도 무 인발 ASS'Y 도안

무 수확용 인발/구굴/러그 장치의 작동흐름은 다음과 같다. 구굴(보습) 토양 파쇄 ▶ 구굴부를 통한 비닐 제거 ▶ 인발 러그부를 통한 수평/수직 각도 확보 ▶ 무 수확 ▶ 종단롤러 ▶ 무앞 절단 ▶ 구동롤러 ▶ 적재 순으로 작동 흐름을 예상하며, 특히 인발 러그 부를 통한 수평/수직 각도로 무앞을 끌고 갈수 있는 형식으로 무 수확을 순차적으로 진행 할 수 있도록 하는 것이 목적이다.

1차년도 사업계획상에서 진행되는 시작품 제품은 아래와 같이 진행되었으며 인발 ASS'Y 중량은 약 200kg 으로 향후 무 인발 수확 시험을 통해 수정 개선할 예정이다.



텐션 스프링



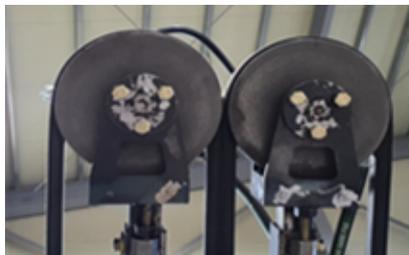
롤러 힌지 축



레이저 커팅 구조 PLATE



V벨트



구동롤러



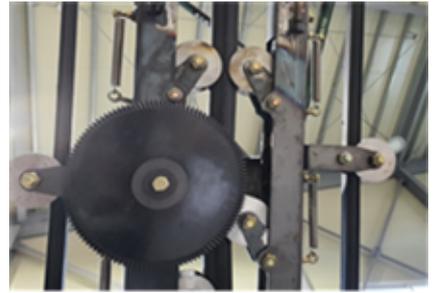
인발러그 구동 모터



중단 롤러



인발 탈착용 ASS'Y



무 앞 커팅 ASS'Y



인발러그 ASS'Y



인발ASS'Y 상승 하강 실린더



구동롤러 유압PUMP ASS'Y



구굴_보습부



구굴부 회전칼날 모터



인발 러그 ASS'Y(L,R)



구굴부 ASS'Y



1차년도 무수확 인밭기 ASS'Y

나. 배추 수확기의 인밭부 컨셉 및 개발

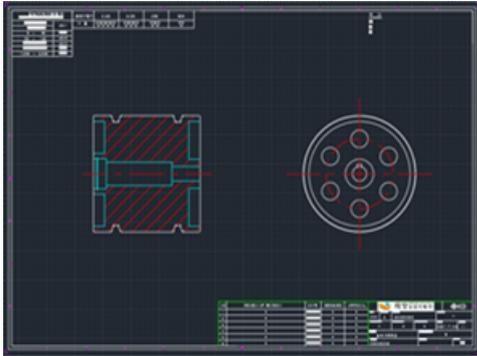
배추 수확기의 인밭 및 구굴부의 컨셉으로 1차 설계 구조적인 부분을 검토 하였다. 구동방식은 약 200cc의 유압 모터를 적용하여 구동 할 것이며, 굴취 및 뿌리 자르는 기능은 배추 형상의 벨트형 지그와 직진형 회전 칼날을 이용하여 절단할수 있도록 컨셉을 설정하였고, 인밭부의 벨트는 RT형 벨트와 2열V벨트 타입으로 적용 할수 있도록 컨셉을 설정 하였다.

배추 수확기 구굴부의 경우 배추 토양과 직접 맞닿는 보습부 파트와 배추 하단에 비닐이 감싸고 있는 구조로 되어 있기 때문에 이부분의 수확/채취를 진행해야 함에 따라 배추 포장 비닐의 포장을 회피 또는 제거할 수 있는 아이디어로 구굴부를 설계 적용 하였음.

1차년도 1회차 배추 수확용 인밭/구굴부 설계 및 PART LIST는 아래와 같으며 주요 파트로 ,배추 뿌리 커팅부, 종단/구동 롤러, 벨트부, 텐션 롤러부, 고정/가변 힌지 축부, 장력조절장치, 뿌리그립용 벨트 부, 배추 이송시 이탈방지 환봉등 으로 구성된다.

또한 구굴부/의 경우 보습부,전기모터 또는 유압모터, 모터 베이스부, 절단 칼날 축 및 칼날부, 베어링 케이스등으로 구성됨. 해당 파트리스트는 아래와 같다. 배추의 경우 별도의 인밭러그가 필요하지 아니하며 배추 수확을 용의 하게 하기 위한 배추가 수확시 기울어 짐

이 발생 할수 있는부분을 잡아주는 별도의 뿌리 그립용 벨트 구간을 약 1미터정도로 설정 하였으며 이송시 발생시 배추가 낙하되는 현상을 줄이기 위한 가이드 환봉을 설치하는 등의 구조적 설계점을 중점적으로 고려하여 1차년도 시작품의 설계 & 제작 진행했다.



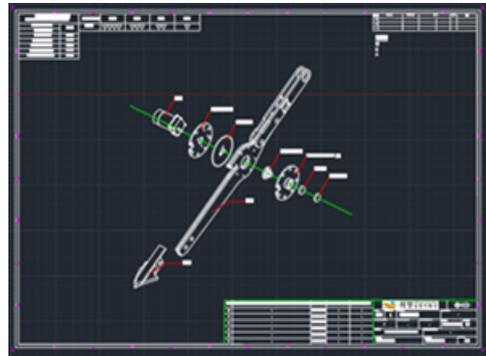
배추 인발 구동롤러



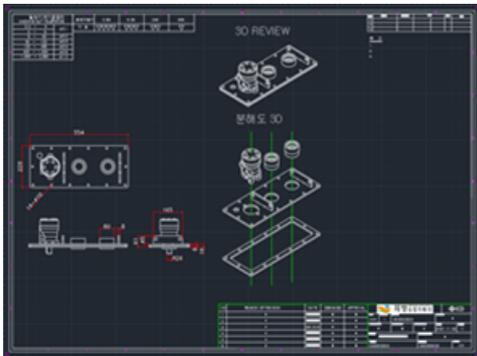
배추 인발 텐션롤러 ASS'Y



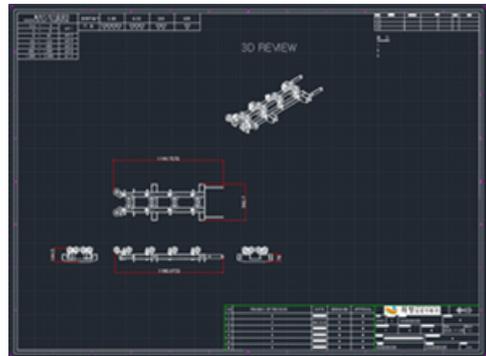
배추 인발 이탈방지롤러 ASS'Y



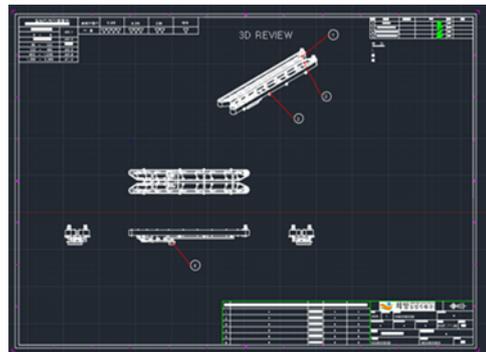
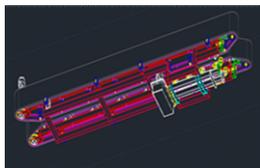
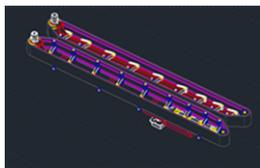
배추 구굴(비닐절단) ASS'Y



배추 인발 뿌리 커팅부 ASS'Y



뿌리 그립용 벨트 ASS'Y



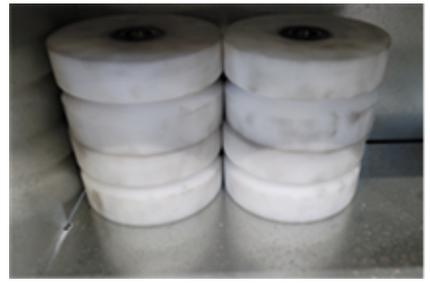
1차년도 배추 인발 ASS'Y 도안



RT&평벨트



텐션 & 구동 롤러



종단롤러



종단 롤러 ASS'Y



구동롤러&유압모터 ASS'Y



배추 인발부 프레임



배추 뿌리 커팅 ASS'Y



텐션롤러 ASS'Y



환봉 이송 가이드 & 배추 뿌리
그림부



인발 탈착용 ASS'Y



인발ASS'Y 상승 하강 실린더



1차년도 배추 수확 인발기
ASS'Y

② 무·배추 수확기의 적재 파트 톤백 장치 컨셉 및 개발

무·배추 각각의 인발부를 통해 수확을 진행후 각각의 인발부 최종단의 종동롤러▶이송▶무잎·배추뿌리 커팅장치▶이송▶종동롤러 의 경로로 이송되는 과정은 동일하기 때문에 이 수확물을 공통적으로 적재되는 과정에 대한 공정이 필요하며, 무의 경우 수확후 적재되는 과정에서 바닥으로 낙하 하여 제품의 손실이 발생할 수 있는 문제가 있다.

단순 톤백을 거치 할 수 있게하는 구조보다는 리프트 형식으로 선반 자체가 상/하 수직 방향 및 횡축으로(R/L)방향으로 가변될 수 있어야 할 것으로 판단되어 이에 맞춰 컨셉을 수립하였다. 아래는 무·배추 수확기의 적재 파트 톤백 장치에 대한 파트리스트를 정리하였다.

표 58

소분류	규격/내역
선반	도면규격
수직이송로울러	도면규격
유압실린더(수직)	ø60 ø40 620mm
체인	RS#60
수평이송로울러	도면규격
유압실린더(수평)	ø60 ø40 620mm 400stroke

가변 횡축 : 200mm이내, 수직선반이송높이조절 : 600mm 이내

작동 흐름도 : 무·배 인발부 수확▶톤백 거치대 톤백 장착▶톤백 리프트 횡축 가변 및 선반 이송 높이 조절▶톤백 적재 (톤백 고리 구조 : 4POINT 수작업 고정)

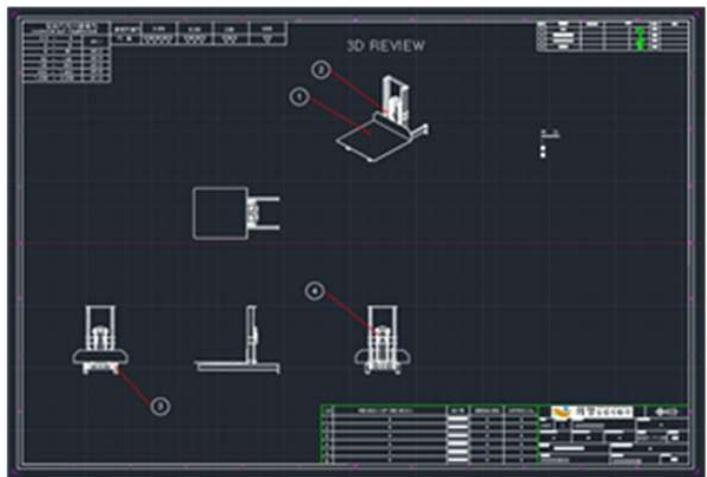
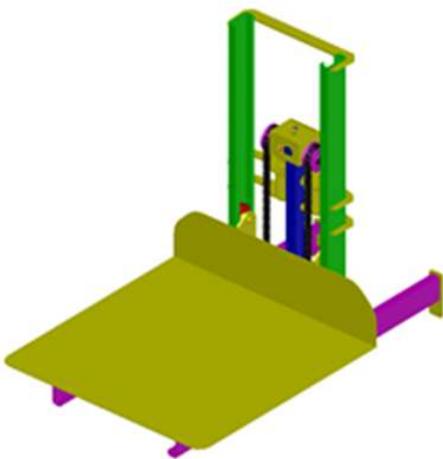


그림 115 무·배추의 적재 파트 리프트 및 톤백 거치대 컨셉 및 2d 설계도



그림 116 무·배추 적재 파트 리프트 및 톤백 가져다 차는도 사제품

③ 무·배추 수확기 주행 컨트롤러 개발 및 주행플랫폼 ASS'Y

무·배추 수확기에 대한 주행플랫폼, 궤도 주행 장치, 궤도 운거장치, 리프트&톤백 장치, 인발부, 인발러그부의 각파트에 대한 부품 개발을 진행 한후 이를 제어하기 위한 구동 유압 펌프 및 연결 메인밸브, 보조밸브 연결에 따른 컨트롤러를 개발하고 주행 플랫폼의 ASS'Y에 대한 시제품을 제작 진행을 아래와 같이 하였다.

세부 컨셉트 레이아웃을 기준으로 주행 플랫폼에 필요한 파트리스트를 작성하고 이에 따른 중분류와 소분류로 부품을 나누어 개발을 진행 함.

가. 무·배추 주행플랫폼 컨트롤러부

무·배추 주행플랫폼 컨트롤러부의 경우 무/배추 인발 및 수확 장치의 기타 기능을 겸용으로 사용 할 수 있도록 구성해야함에 따라 기본적인 주행 RPM 제어 기능 및 궤도 운거 기능을 포함하며, 특히 배추 인발 장치의 경우 무 인발 장치와 다르게, 인발 러그부 즉 앞사귀를 잡아주는 역할을 하지 아니 하기 때문에, 별도의 인발 러그부 장치가 없고, 무인발 장치의 경우 별도의 인발 러그 장치가 구동을 하여야 하기 때문에 별도의 통합 컨트롤러부에 왼쪽면에 이기능을 구현할 수 있도록 컨트롤러를 배치하여 설계 & 제작 하였다.



그림 117 조작부

번호	내용	
1	주행 RPM 제어용 토글부	
2	주행 컨트롤러 (8축조이스틱 컨트롤러부)	
3	궤도 운거용 위한(R/L) 토글부	
4	RPM , 냉각수 온도 , 연료 GAGE부	
5	전조등 ON/OFF부	
6	엔진 알람부 (chage, heat, oil, power)	
7	수확장치 컨트롤러부	무배추 겸용 인발부 높이조절부, 가변 4축 조이스틱
		무 인발 리그 제어부 (RPM속도/ 위치 가변 /ON,OFF)
		무 구굴 제어부 (칼날ON/OFF/ 위치 가변 /ON,OFF)
		배추 구굴 제어부 (칼날 ON/OFF / 위치 가변 / ON,OFF)
		배추 인발 뿌리 자세 제어 장치 조절부 (ON/OFF)
8	무·배추 겸용 톤백 리프트 컨트롤러 부 (횡축 좌/우, 선반 상승/하강)	

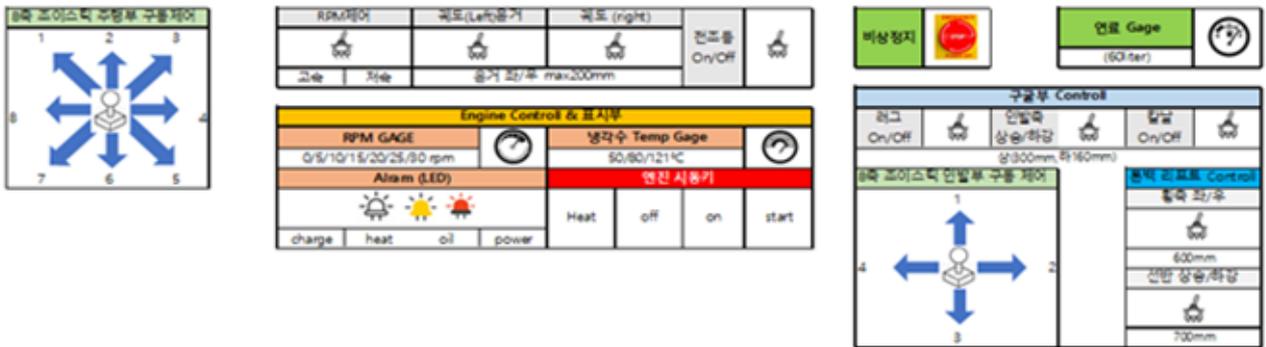


그림 118 무·배추 수확기 주행부 컨트롤러 1차 레이아웃



그림 119 무·배추 수확기 주행부 컨트롤러 2차 레이아웃 (1차년도 최종)

나. 무·배추 수확기 주행플랫폼 및 부가장치의 ass'y

표 60 무·배추 수확기 주행 플랫폼 엔진 및 재원

무·배추 수확기 주행플랫폼 PART LIST			
중분류		소분류	규격/내역
1	주행플랫폼 구동	Digel E/G	45HP
2	주행플랫폼 구동	유압펌프	P1,P2,P3
3	인발부주행모터/ 인발부실린더	유압펌프	P4,P5
4	유압펌프용	오일탱크	100리터급
5	주행플랫폼 구동/패널 구동	구동 배터리	90AH
6	주행플랫폼 엔진용	라디에이터	12VDC
7	주행플랫폼	메인바디프레임	철강재 / 용접구조
8	주행플랫폼 구동	케도타입바퀴(윤거)	고무케도 300X52.5X86
9	윤거조절용	윤거실린더	내경60mm 스트로크 200mm
10	주행플랫폼 조작용	조작패널	시동장치, 조작용 조이스틱등
11	주행차용	시트&조작부 하단프레임	무배추 주행/인발/리프트 제어
12	유압모터	케도주행용	21.4 /14.8

무·배추 수확기 주행 플랫폼의 각부 명칭과 세부 재원은 위의 표와 같이 재 분류하여 PART LIST를 작성하였으며 각 구성부의 구조 형상 간섭을 고려하여 주행 플랫폼의 프레임 크기를 설계 적용 하였음.

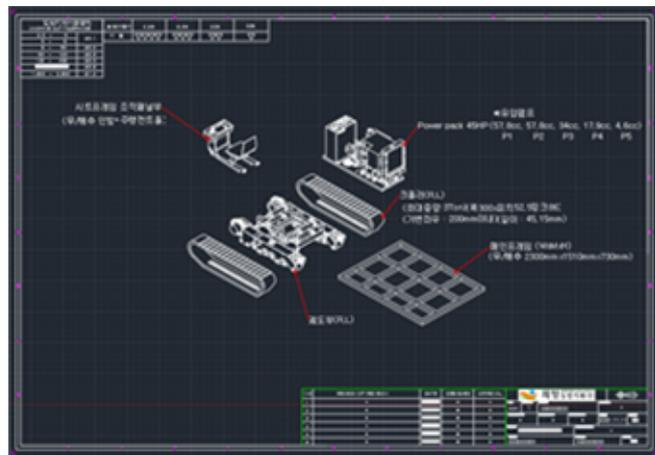


그림 120 무·배추 수확기 플랫폼의 2D LAY-OUT 설계도

표 61 무 배추 주행 플랫폼 주요 부품 리스트

분류	내역			
	제품명칭	동력원 / 규격	회로도명칭	작동부
동력부	주펌프 ASSEMBLY	45HP Diesel E/G 전면 출력부	P1,P2,P3 (sub pump)	P1,P2: 주행,레도 P3 :작업장치,인출장치
유압부	보조펌프 21.1CC	45HP Diesel E/G 후면 라디에이터 폴리 출력부	P4.P5	엔진 + 펌프 + ON/OFF솔레 노이드 밸브 -GALTECH
유압부	PVG밸브	엔진 / 펌프	12VDC	
유압부	ON/OFF밸브 GALTECH	2연 솔레노이드 매뉴얼밸브	12VDC	
배터리	배터리	납산배터리	12VDC	시스템 전원용
컨트롤러 조작부	조이스틱 (4축,8축)	비례제어용 조이스틱	12VDC	
동력부	유압쿨러	유압용 쿨러 전동모터구동식 센서50도	12VDC	
시트부	조작시트	조작자용시트 - PVC	설계도	
유압부	유압유탱크	사각각형 100리터급	설계도	
유압부	유압펌프 커플링	우레탄 커플링 / 스플라이가공	설계도	유압펌프 + 엔진 결합체 결용
구동부	전동액츄 에이터	직진식 리니어 액츄에이터	12VDC	엔진 RPM제어용
플랫폼부	프레임 (무·배추)	상부메인프레임 2300*1510*730	설계도	상부구조 장착용

무 배추 주행 플랫폼의 메인 동력을 위한 구동엔진은 4A220LWS의 45마력급으로 선정하였으며 각부의 상단의 엔진부,유압동력부,밸브부,인발 및 톤백 리프트 구성부를 포함하는 상부 프레임 및 액츄에이터 밸브, 유압펌프등은 위에 당초에 설계한 LAY-OUT을 기본으로 구성 된다. 무배추 45마력급의 적용 주 동력 엔진에 따른 구성의 각 유압펌프의 구성도는 아래와 같다.

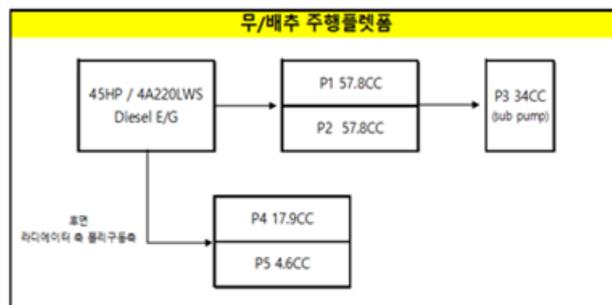


그림 121 무·배추 주행플랫폼 유압 펌프 구성도

1차 메인 동력은 45마력의 디젤엔진에서 연결되며 주변속은 HST+HST타입으로 부변속을 2단(고속, 저속)무단변속 으로 RPM을 제어하게 되며 각 궤도 윤거/주행/인발 기능부에 대한 기능으로 되어 있으며 밸브 연결은 아래와 같다.

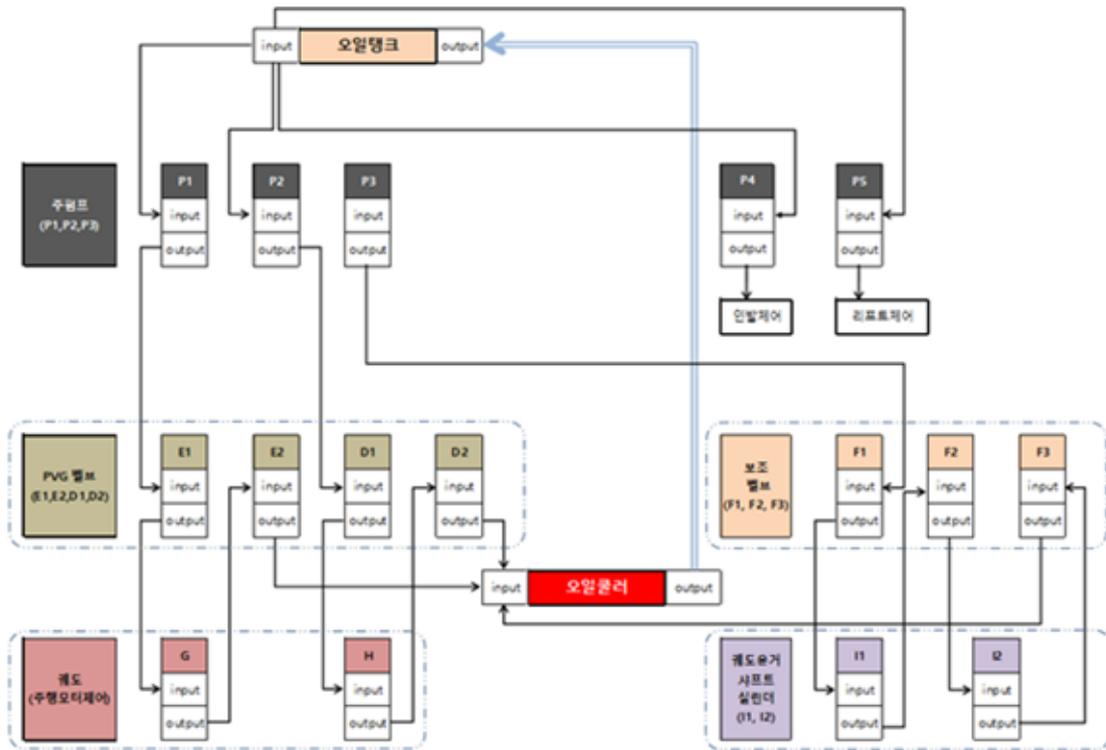


그림 122 무·배추 주행플랫폼 밸브 및 연결 구성도

무배추 주행플랫폼에 적용되는 유압펌프는 P1,P2,P3,P4,P5로 각각의 5개의 유압펌프 출력에서 밸브로 분산되어 나가며 45마력급 엔진 앞단에서 출력을 얻어 유압펌프는 가동 시키게 되며, 각각의 유량은 P1 57.8CC, P2 57.8CC, P3 34CC(SUB), P4 17.9CC, P5 4.6CC이다

유압 구성도로는 엔진->펌프->PVG VALVE/ GALTECH VALVE▶각각의 기능부로 연결되며 작동은 P1,P2는 주행용 궤도 제어 및 출력에 관여하며, P3의 경우 작업장치 및 궤도 인출(=윤거) 장치에 출력에 관여 한다.

그리고 P4와 P5의 경우 각각 17.9CC, 21.1CC의유량으로 엔진 후면에 라디에이터 축의 후면의 폴리 구동축에 연결되어 가동되며, 주로 상부 작업장치(인발/구굴,리프트)장치의 출력에 관여한다.

각각의 무,배추 인발부 및 구굴 구성부의 출력이 다르기 때문에 이에 맞추기위하여 SUB 보조 펌프 및 밸브제어를 각각 다르게 하여야 하였으며, 컨트롤러 부에서 주행컨트롤 제어,리프트 제어, 인발부 제어,구굴부 제어에 각각 작동되는 배치가 다르게 설계 및 적용 하였다.

1차년도 개발한 무 배추 주행 플랫폼의 구성에 대한 각 세부 파트별 상세 규격 및 완성된 자원표를 정리 하였다.

표 62

무·배추 주행플랫폼		
구 분		Specification
엔진	형식 / 출력	디젤 45HP (4B243TLWS)
유압펌프	P1~P5	57.8/57.8/34/17.9/21.1 CC
프레임	W*M*H	2300*1510*730
주행플랫폼 크기		2,651 × 1,400 × 1,403 (L × W × H)
주행부	주변속	HST+HST
	부변속	무단변속(RPM제어)
	바퀴	궤도폭 300mm
	윤거기능	1400~1800mm
탑승자	운전자	1명
	보조 작업자	1명
인발/구굴	보조장치	*무 장치부 : 인발/인발러그부/구굴부 *배추 장치부 : 인발/구굴부
주행속도		작업속도 5km/h 이내
기타 (향후 개선필요사항)		-주행부 조작시스템 전자&유압 세부 제어가 필요 -무/배추 인발,러그,구굴 장치의 성능 개선 & 성능 시험 필요 -컨트롤러부 개선 필요



그림 123 1차년도 무·배추 주행플랫폼

<2차년도 연구수행내용>

기관명	2차년도
한국농업기계화 정책연구원 (위탁연구개발기관)	○표준재배양식(안) 실증시험 -실증시험으로 표준재배양식 제시

5)표준재배양식(안) 실증시험

(1) 실증시험으로 표준재배양식 제시

① 개발 플랫폼을 이용한 실증시험 수행

무·배추 재배양식 분석을 통한 플랫폼 분석

가. 지역별 무 수확량 및 재배양식 분석

자주식 무·배추 수확기는 고랑 사이를 지나가며 작물을 수확하며, 밭의 가장자리에서부터 수확함. 플랫폼을 구성하고 기계화 표준재배양식을 구명하기 위하여 지역별 무 수확량과 재배양식을 조사하였다.

가) 지역별 무 수확량 분석

본 연구에서는 지역별 재배양식을 파악하기 위해 ‘2021 지역별 농산물 소득자료, 농촌진흥청’을 참고하여 본 연구에서는 국내에서 대표적으로 생산하는 봄무, 가을무, 월동무, 고랭지무의 10a 기준 지역별 생산량을 분석함. 분석한 지역별 무 수확량은 아래와 같다.

표 64 전국 주산지 무 수확량

순위/품목	봄무(kg)	가을무(kg)	월동무(kg)	고랭지무(kg)
1	9,239(전북)	7,427(경북)	7,270(제주)	8,941(경북)
2	5,662(충남)	7,388(전남)	-	7,339(강원)
3	-	5,509(충남)	-	-
4	-	3,942(경기)	-	-
5	-	2,676(강원)	-	-

현재 국내 생산되는 무의 종류는 봄무, 가을무, 월동무, 고랭지무로 구분하며, 본 연구의 최종목표인 표준 재배양식 구명 시 수확량이 높은 지역 순을 우선으로 고려하였다.

봄 무는 전북의 수확량이 9,239kg으로 충남 5,662kg에 비해 매우 많은 수확량을 보였다.

가을무는 경북과 전남의 수확량이 각각 7,427kg, 7388kg으로 나타났으며, 두 지역 간 수확량

차이가 크지 않았다. 제주는 유일한 월동무 생산지로 7,270kg의 수확량을 보였다. 고랭지무는 경북이 8,941kg을 생산하여 강원 7,339kg 보다 약 1,600kg 더 많이 생산하였다. 전반적인 생산량은 경북과 전북 순으로 나타났으며, 기계화 표준 재배양식 구명 시 우선 고려 하였다.

나) 지역별 무 재배양식 분석

전국 지역별 무 재배양식 중 정식, 정식 방법, 이랑너비(cm) 및 재식거리를 조사하였으며, 궤도의 폭을 설정하기 위해서 두둑과 고랑의 폭을 우선적으로 고려함. 조사한 결과에 따르면 전국 주산지 무 재배양식은 아래와 같다.

표 65 전국 주산지 무 재배양식

지역	정식		정식 방법			이랑너비(cm)		재식거리(cm)
	정식 방법	정식 인원 (명/10a)	재식 방법	두둑 형태	두둑높이(cm)	두둑	고랑	
경기도	인력	1.5~2	2열	평 두 둑	20~30	70~200	30~45	28~35*25~35
강원도	인력	2	1열	둥근두둑	20~30	40~65	20~60	20~25
충청남도	인력	2	2열	평 두 둑	20~30	60	25~30	22~35*22~35
전라북도	인력	2	4열	평 두 둑	15~20	60~150	30~45	35
전라남도	인력	1	1열	둥근두둑	20~25, 28~30	35~50	20~35	70*25~30, 70*25
경상남도	기계, 인력	2~3	1열	둥근두둑 평 두 둑	25~40	30~100	30	25~30*30~40
제주도	기계, 인력	2	1열	둥근두둑	20	60		60*20

무 재배양식 중 두둑 폭과 고랑 폭은 다양하게 나타났으며, 최솟값은 각각 30cm, 20cm이다. 주로 1열, 2열 재식 방법을 사용하며 전라북도에서만 4열 재식을 하는 것으로 조사됐다. 봄무 최대 주산지인 전라북도에서는 4열 재식 방법을 사용하며, 평두둑 형태임. 4열로 재식하므로 두둑의 폭이 다른 지역에 비해 넓은 것을 확인할 수 있다.

가을무 최대 주산지인 전라남도에서는 1열 재식 방법을 사용하며, 둥근 두둑 형태임. 두둑 폭과 고랑 폭이 다른 지역에 비해 좁은 것이 특징이다. 고랭지무의 최대 주산지인 강원도에서는 1열 재식 방법을 사용하며, 둥근 두둑 형태이다. 두둑 폭과 고랑 폭이 다양한 것을 알 수 있다.

가. 지역별 배추 수확량 및 재배양식 분석

자주식 무·배추 수확기는 고랑 사이를 지나가며 작물을 수확하며, 밭의 가장자리에서 부터 수확한다. 플랫폼을 구성하고 기계화 표준재배양식을 구명하기 위하여 지역별 배추 수확량과 재배양식을 조사하였다.

다) 지역별 배추 수확량 분석

본 연구에서는 지역별 재배양식을 파악하기 위해 ‘2021 지역별 농산물 소득자료, 농촌진흥청’을 참고하여 본 연구에서는 국내에서 대표적으로 생산하는 봄배추, 가을배추, 월동배추, 고랭지배추의 10a 기준 지역별 생산량을 분석함. 분석한 지역별 배추 수확량은 아래와 같다.

표 66 전국 주산지 배추 수확량

순위/품목	봄배추(kg)	가을배추(kg)	월동배추(kg)	고랭지배추(kg)
1	7,731(경북)	9,753(전남)	5,069(강원)	9,741(경북)
2	7,553(경기)	8,941(경북)	4,397(전북)	8,650(전남)
3	7,086(강원)	6,401(전북)	-	-
4	6,692(충북)	6,354(충남)	-	-
5	6,356(충남)	5,180(강원)	-	-
6	-	4,665(충북)	-	-
7	-	3,611(경기)	-	-
8	-	2,808(경남)	-	-

- 국내 배추는 봄배추, 가을배추, 고랭지배추, 월동배추로 구분하며, 플랫폼 구성 및 기계화 재배양식 구명을 위해서 수확량이 높은 지역을 우선으로 하여 고려하였다.
- 현재 국내 생산되는 무의 종류는 봄배추, 가을배추, 월동배추, 고랭지배추로 구분하며, 본 연구의 최종목표인 표준 재배양식 구명 시 수확량이 높은 지역 순을 우선으로 고려하였다.
- 봄 배추는 경북의 수확량이 7,731kg으로 매우 많은 수확량을 보였다.
- 가을배추는 전남과 경북의 수확량이 각각 9,753kg, 8,941kg으로 두 지역의 수확량이 우세한 것으로 나타났다.
- 월동배추는 강원 5,069kg, 전북이 4,397kg으로 나타났다.
- 고랭지배추는 경북이 9,741kg을 생산하여 전남 8,650kg 보다 약 1,100kg 더 많이 생산하였다.
- 전반적인 생산량은 경북과 전남이 높았으며, 기계화 표준 재배양식 구명 시 우선 고려하였다.

라) 지역별 배추 재배양식 분석

전국 지역별 배추 재배양식 중 정식, 정식 방법, 이랑너비(cm) 및 재식거리를 조사하였으며, 궤도의 폭을 설정하기 위해서 두둑과 고랑의 폭을 우선적으로 고려함. 조사한 결과에 따르면 전국 주산지 무 재배양식은 아래와 같다.

표 67 전국 주산지 배추 재배양식

지역	정식		정식방법			이랑너비 (cm)		재식거리 (cm)
	정식 방법	정식 인원 (명/10a)	재식방법	두둑 형태	두둑높이 (cm)	두둑	고랑	
경기도	인력	2	1열	평 두둑	10	90	80	100*45
강원도	인력	2	1열	둥근두둑	20	30~60	20~25	30*40
충청북도	인력	2	1-2열	둥근두둑 평 두둑	20~5	50~90	60	20-150*20-40
충청남도	인력	1.5	1-2열	둥근두둑	20~30	30~75	10~80	20~80*30~45
경상북도	인력	1.5	1열	둥근두둑	20~25	25~45	15~75	40
경상남도	인력	4	2열	둥근두둑	15~30	30~120	30~60	30~45
전라북도	인력	3	2열	둥근두둑	15~30	70~80	25~30	45~60*30~45
전라남도	인력	2	1-2열	둥근두둑 평 두둑	15~30	35~110	20~30	35~70*30~50
제주도	인력	1.5	1열	둥근두둑	20	60		60*30~35

- 이상의 결과, 각도별 재배양식이 매우 상이하여, 기계화정식을 위해서는 봄작형, 여름작형, 가을작형별, 주산지에서 가장 많이 적용될 수 있는 두둑너비, 재식거리를 설정하여, 이에 맞추어 재배한다면 기계화재배율을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

- 배추 재배양식 중 두둑과 고랑 폭의 최솟값은 각각 25cm, 10cm로 나타났다.
- 봄배추 최대 주산지인 경상북도에서는 1열 재식 방법을 사용하며, 둥근두둑 형태임. 두둑과 고랑의 폭이 매우 좁은 것을 확인할 수 있다.
- 가을배추와 월동배추 최대 주산지인 전라남도에서는 1-2열 재식 방법을 사용하며, 둥근 두둑, 평 두둑 모두 사용함. 고랑 폭은 20~30cm로 좁은편이지만, 두둑 폭은 35~110cm로 고랑 폭에 비해 넓은 편으로 나타났다.
- 고랭지배추 최대 주산지인 강원도에서는 1열 재식 방법을 사용하며, 둥근 두둑 형태임. 평균적인 두둑과 고랑의 폭을 확인할 수 있다.

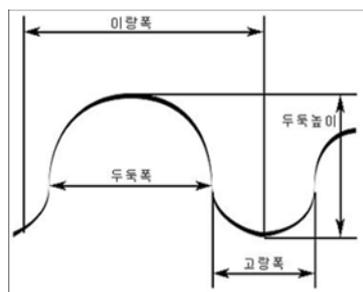


그림 124 둥근 두둑

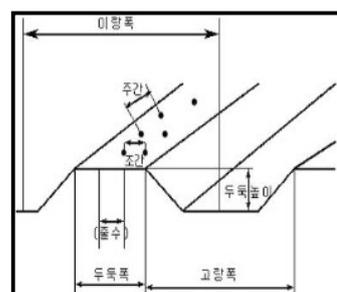


그림 125 평 두둑

- 각 지역별 무·배추 수확량과 재배양식을 분석하였으며, 수확량이 많은 지역을 우선 고려하여 기계화 표준 재배 양식을 설정했다.
- 무의 표준 재배양식은 이랑너비를 60cm, 두둑높이를 0~20cm, 포기 사이 너비를 20~25cm로 하였다.
- 배추의 표준 재배양식은 이랑너비를 60cm, 두둑 높이를 0~20cm, 포기 사이 너비를 30~40cm로 하였다. 배추는 포기당 너비가 무 보다 크므로 5~15cm 넓게 지정하였음.
- 아래는 무·배추 재배의 기계화 표준재배양식을 정리한 표다.

표 68 무·배추 재배의 기계화 표준재배양식(안)

구 분	이랑너비	두둑높이	포기사이
무	60	0~20	20~25
배추	60	0~20	30~40

(단위 : cm)

나. 플랫폼 분석

- 지역별 재배양식이 매우 상이하므로 두둑 폭과 고랑 폭을 통일하면 플랫폼을 이용한 수확 시 효율이 높을 것으로 판단된다.
- 고랑이 너무 좁은 경우 수확 플랫폼의 궤도가 작물을 밟고 지나가 상품성이 떨어질 것으로 판단됨.
- 지역별 고랑 폭을 고려하여 플랫폼의 궤도 폭을 300mm로 설정하였다.
- 두둑 높이를 고려하여 인발부 각도를 조정할 수 있도록 하였으며, 무·배추 모두 주로 멀칭 재배 하므로 비닐을 컷팅할 수 있는 날을 장착하였다.



그림 126 무·배추 겸용궤도 모듈 ASS'Y 시제품



그림 127 무·배추 겸용 자주식 수확기

- 플랫폼 규격에 맞게 무 배추 재배의 기계화 표준재배양식을 설정하였으며, 궤도의 폭은 300mm, 운거는 1,400mm~1,800mm로 설정하였음. 아래 표는 무·배추 수확기 플랫폼의 주행부 제원을 나타냈다.

표 6. 무·배추 수확기 플랫폼 제원

구 분		Specification
엔진	형식 / 출력	디젤 45HP (4B243TLWS)
유압펌프	P1~P5	57.8/57.8/34/17.9/21.1 CC
프레임	W*M*H	2300*1510*730
주행플랫폼 크기		2,651 × 1,400 × 1,403 (L × W × H)
주행부	주변속	HST+HST
	부변속	무단변속(RPM제어)
	바퀴	궤도폭 300mm
	운거기능	1400~1800mm
탑승자	운전자	1명
	보조 작업자	1명
인발/구굴	보조장치	*무 장치부 : 인발/인발러그부/구굴부 *배추 장치부 : 인발/구굴부
주행속도		작업속도 5km/h 이내
기타 (향후 개선필요사항)		-주행부 조작시스템 전자&유압 세부 제어가 필요 -무/배추 인발,러그,구굴 장치의 성능 개선 & 성능 시험 필요 -컨트롤러부 개선 필요

다. 실증시험 수행

- 본 연구에서 제시한 무·배추 재배의 기계화 표준 재배양식의 적합성을 판단하기 위하여 무·배추 수확 실증시험을 수행하였으며, 전남 나주시 다시면 문암길 38 희망농업기계 시험부지에서 진행하였다.
- 본 연구에서는 표준 재배양식을 참고하여 필드 환경 및 실증시험 계획을 수립하였으며, 수립된 필드 시험 계획에 따라 시험을 진행하였다.
- 실증시험에 사용된 무밭은 비닐로 피복하였으며, 둥근두둑을 사용하였음. 무 품종은 청두 무 이며, 8월30일에 파종하였다.

- 실증시험에 사용된 배추밭은 비닐로 피복하였으며, 평두둑을 사용하였다.
- 무 필드 규격은 이랑너비 55~60cm, 두둑높이 15~20cm, 포기사이 20~25cm로 하였으며, 배추 필드 규격은 이랑너비 55~60cm, 두둑높이 15~20cm, 포기사이 30~40cm로 설정하였음. 아래표는 실증시험 재배 규격을 정리한 표이다.

표 70 무 배추 실증시험 시 구성한 재배 규격 (단위 : cm)

구 분	이랑너비	두둑높이	포기사이
무	55~60	15~20	20~25
배추	55~60	15~20	30~40

- 무·배추 실증시험 각각 직진작업 5회 수행하였으며, 기계화 표준 재배양식 평가를 위해 수확 손실률을 측정하였음. 전체 수확량 대비 손실량을 비율로 계산하였으며, 손실률의 수식은 다음과 같다.

$$LR(\%) = \frac{L}{TY} \times 100$$

L : Loss Rate (%)

TY: Total Yield (kg)

L: Loss (kg)

수식 5. 수확 손실률

- 무는 아래 사진과 같이 밑동이 잘리는 경우를 손실로 설정하였다.
- 배추의 수확 시 알배추에 비해 상품 가치가 떨어지는 배추 걸잎의 손실은 손실량에 포함하지 않았으며, 뿌리를 포함한 손실을 완전한 손실로 고려하였다.



그림 128. 무 및 배추의 손실 예시

② 실증시험 분석을 통한 표준 재배양식 개발

무·배추 실증시험 분석을 통한 재배양식 구명

가. 실증시험 결과 및 분석

- 무·배추 실증시험은 각각 5회 수행하였으며, 각 횟수마다 손실률을 계산하였다.
- 아래는 무 실증시험 결과를 나타내는 표이며, 손실률은 소수점 첫 번째 아래로 절삭 하였다.

표 71 무 실증시험 결과

구분		1회	2회	3회	4회	5회	계
전체 수확량(kg)		100	95	84	82	94	455
손실	개수	2	2	0	1	1	6
	중량	2.2, 2.6	2.5, 3.0	-	2.4	2.4	15.2
손실률(%)		4.9	5.7	0	2.9	2.5	3.3

- 무 실증시험 결과 각 회차의 손실률은 4.9, 5.7, 0, 2.9, 2.5%로 나타났으며, 평균 3.2%의 손실률로 매우 낮은 것을 알 수 있다. 다섯 번의 실증시험 동안 총 수확량 대비 손실량으로 손실률을 계산한 결과 3.3%이며, 5% 미만으로 손실이 미미한 수준으로 나타났다.

표 72 배추 실증시험 결과

구분		1회	2회	3회	4회	5회	계
전체 수확량(kg)		121	128	135	139	150	673
손실	개수	-	-	-	-	-	-
	중량	-	-	-	-	-	-
손실률(%)		-	-	-	-	-	-

- 배추 실증시험의 손실은 없는 것으로 나타났으며, 배추는 무와 달리 작물이 땅속에 심겨 있지 않으므로 손실이 매우 적거나 없었다.

나. 기계화 표준 재배양식 구명

- 무·배추 수확 실증시험 결과 본 연구에서 개발한 플랫폼을 이용하여 수확했을 시 손실률이 매우 낮은 것으로 나타났으며, 앞서 제시한 표준 재배양식이 수확 플랫폼에 적합하다는 것을 알 수 있다.
- 지역별 재배 조건과 무·배추 종의 특성에 맞게 유동적으로 5~10cm 간격을 늘리거나 줄여 재배한다면 효율적인 재배와 수확을 할 수 있을 것으로 판단된다.

- 아래의 표는 기계화 표준 재배양식을 나타내었다.

표 73 무·배추 재배의 기계화 표준재배양식

(단위 : cm)

구 분	이랑너비	두둑높이	포기사이
무	55~60	15~20	20~25
배추	55~60	15~20	30~40

③ 생육량 센싱 영상 시스템 및 처리 기술 활용

가. 생육량 센싱을 위한 영상 시스템 활용

본 연구에서는 작물 생육량 측정을 위해 작물 높이 센싱 시스템 개발을 수행하였으며, 작물 높이 센싱 시스템은 스테레오 카메라를 사용하였다. 스테레오 카메라는 사람 눈간격과 비슷한 60~70 mm 수준으로 카메라 두 개를 설치하여 같은 피사체를 측정할 수 있게 구성되었다. 동시에 2장의 이미지를 수집하고, 두 카메라의 시차를 이용하여 피사체까지의 거리와 작물의 높이를 측정할 수 있게 구성하였다. 스테레오 카메라는 e-con system 사의 TARA USB 3.0 Stereo Vision Camera를 이용하였으며 세부제원은 아래 표와 같다.

표 74 TARA USB 3.0 Stereo Vision Camera의 세부제원

Specification/Item	Value
Resolution	(2 × 752) × 480
Frame Rate (fps)	60
output (bit)	8
Size (l × h × d) (mm)	100 × 30 × 35
Depth ranges (cm)	50 ~ 300
Weight (g)	28.5

- 작업 간 실시간으로 이미지 수집을 위해서는 차량 전방에 지그가 부착되어야 하며, 차량 거동에 따른 영상각도 변화의 최소화를 위해 최대한 높이점을 낮추어 부착하여야 한다.
- 다양한 차량에 부착하여 높이조절이 가능하게 알루미늄 프로파일을 이용하여 카메라 부착 지그를 설계하였으며, 해당 시스템의 설계는 아래 그림과 같이 수행되었다.



그림 129 영상 수집을 위한 카메라 지그 시스템

- 해당 시스템은 알루미늄 프로파일을 사용하여 사용자 조건에 따라 각도 및 높이를 조절할 수 있으며, 차량에 따라 기본 브라켓만 추가로 제작하면 범용성 있게 사용할 수 있다.

가. 작물과의 거리 및 높이 측정을 위한 영상 처리 기술 개발

- 거리 및 작물의 높이를 측정하기 위해서는 대응 거리 맵이 생성되어야 한다. 아래 그림은 대응거리 계산을 위한 대응거리 맵핑 작업의 예시이다.
- 거리맵을 이용하여 테두리 검출 작업을 수행하였으며, 테두리 검출작업은 영상 밝기의 불연속점을 추출하여 이를 통해 윤곽선 픽셀을 선별하는 작업이다.
- 피사체의 높이를 측정하기 위해 객체분할 작업을 수행하여야 한다. 객체분할 작업은 알고리즘 상 필요한 부분만 인식하게 하는 작업을 의미하며, 높이 측정에 필요한 부분을 분할하는 과정이다. 분할이 완료되면 카메라와의 초점거리, 피사체와의 거리등을 계산할 수 있다.

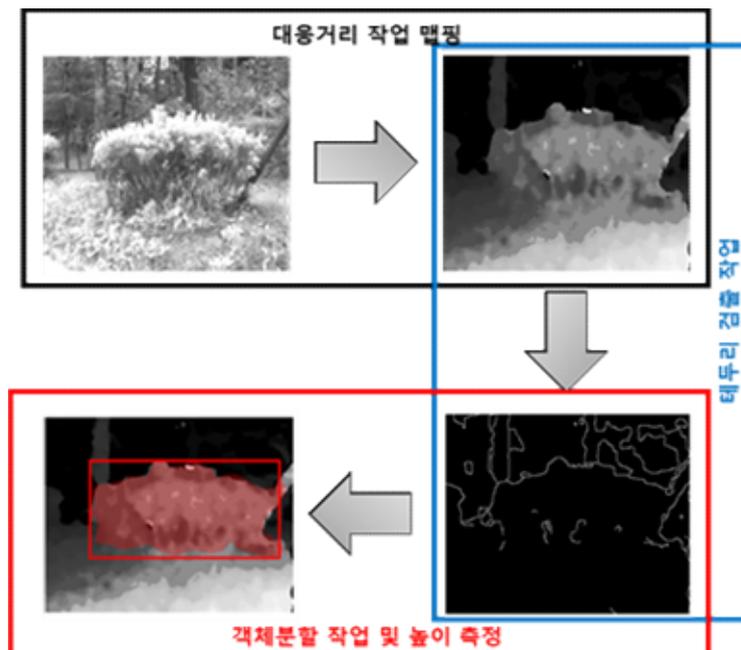


그림 130 높이 측정을 위한 이미지 처리 과정

나. 거리 및 높이 측정 시험 수행

- 개발된 시스템을 시험하기 위해 50cm 높이의 무와 45cm 높이의 배추의 높이를 측정한다.
- 측정거리 3수준(1, 1.5, 2m), 카메라 측정높이 5수준(420, 440, 460, 480, 500cm)으로 작물의 높이를 측정하였다.
- 무의 시험 결과, 작물거리를 1m로 하였을 때 카메라 측정높이 5수준 각각 51.47, 51.03, 51.03, 51.03, 51.03cm로 측정되었다.
- 작물거리 1.5m에서는 카메라 측정높이 5수준 각각 49.79, 50.56, 50.79, 50.22, 49.49cm로 측정되었다.
- 작물거리 2m에서는 카메라 측정높이 5수준 각각 52.13, 51.56, 51.56, 52.86, 51.47cm로 측정되었다.
- 배추의 시험 결과, 작물거리를 1m로 하였을 때 카메라 측정높이 5수준 각각 45.96, 44.56, 46.09, 45.38, 45.84cm로 측정되었다.
- 작물거리를 1.5m에서는 카메라 측정높이 5수준 각각 45.96, 44.56, 46.09, 45.38, 45.84cm로 측정되었다.
- 작물거리를 2m에서는 카메라 측정높이 5수준 각각 45.96, 44.56, 46.09, 45.38, 45.84cm로 측정되었다.
- 무 시험과 배추 시험의 정확도는 각각 평균 2.4, 1.65%의 오차를 보이면서 측정되었다.

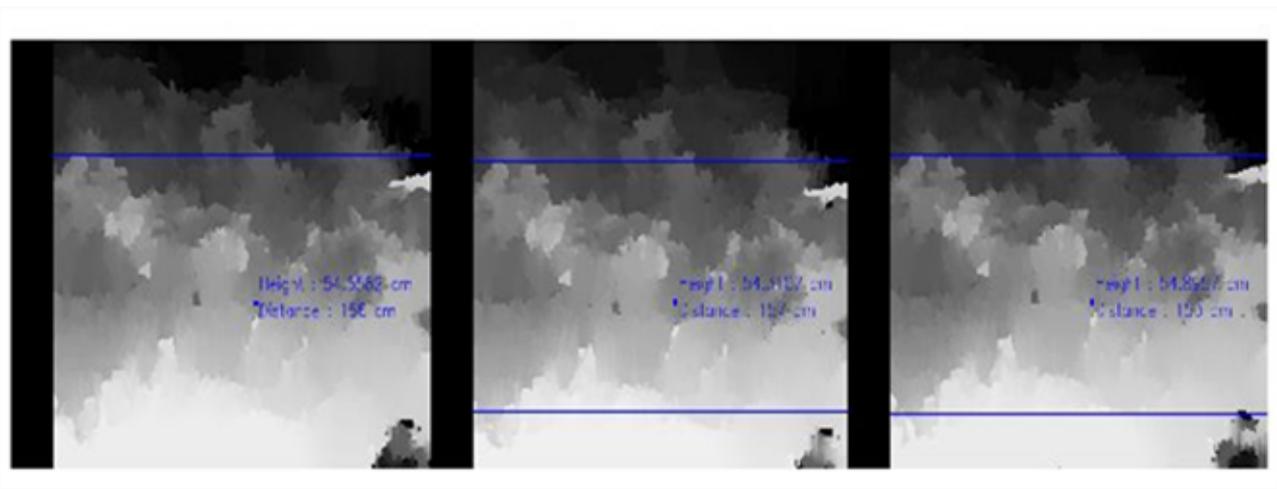


그림 131 대표 작물 높이 측정 영상 (무)

표 75 카메라 높이 및 거리에 따른 무 측정 높이, [측정값 (cm)]

카메라 높이(mm) \ 작물거리(mm)	420	440	460	480	500
1,000	51.47	51.03	51.03	51.03	51.03
1,500	49.79	50.56	50.79	50.22	49.49
2,000	52.13	51.56	51.56	52.86	51.47

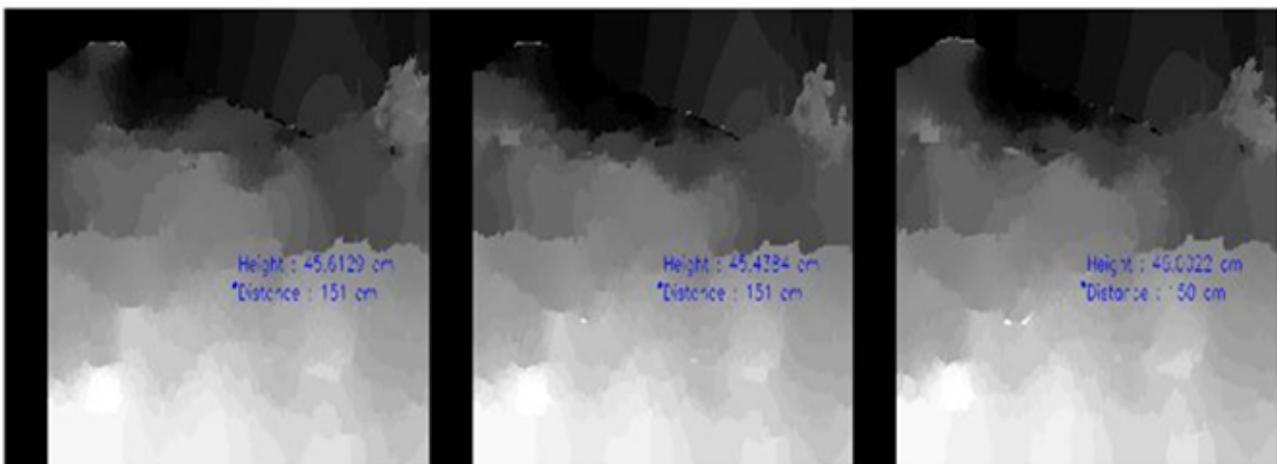


그림 132 대표 작물 높이 측정 영상 (배추)

카메라 높이(mm) \ 작물거리(mm)	420	440	460	480	500
1,000	45.96	44.56	46.09	45.38	45.84
1,500	45.61	45.44	46.00	46.38	45.93
2,000	45.08	45.86	45.43	45.62	43.95

표 76 카메라 높이 및 거리에 따른 배추 측정 높이, [측정값 (cm)]

기관명	2차년도
충남대학교 산학협력단 (공동연구개발기관)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시뮬레이션 모델 검증 및 성능평가 - 모델 검증을 위한 부하 계측 시스템 개발 - 데이터 분석 및 시뮬레이션 모델 보완

6) 시뮬레이션 모델 검증 및 성능평가

(1) 모델 검증을 위한 부하 계측 시스템 개발

① 동력전달 시스템 분석 통한 주요 동력원 선정

무배추 수확기의 경우 엔진에서 2개의 경로를 통해 동력이 분배되며, 총 5개의 유압 펌프로 동력이 분배된다. P1 및 P2 유압 펌프는 두 개의 HST를 구동시켜 플랫폼을 구동시키며, P3는 궤도 운거 조절, P4, P5는 수확기 작업부로 동력이 전달된다.

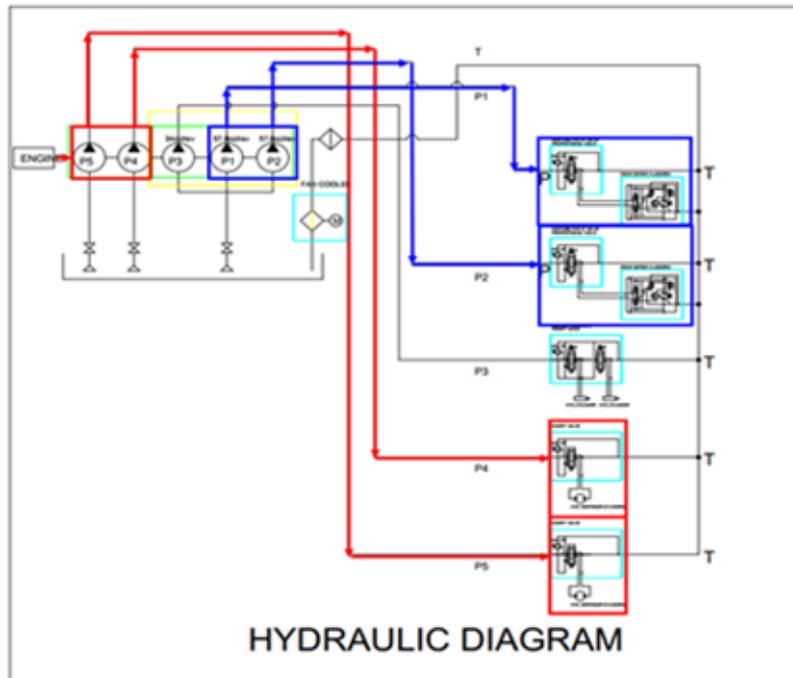


그림 133. 자주식 무배추 수확기 구동부 및 수확부 동력 전달 흐름도

자주식 무배추 수확기 동력 전달 흐름도 기반으로 주요 동력원을 수확부 및 구동부로 설정하였으며, 단순 주행 및 작업 구간에서의 작업 부하를 측정할 계획이다.

주식 무배추 수확기에 대한 시험은 배추를 대상으로 할 예정이며, 속도 단수에 따라 유압 펌프 및 인발부의 유압을 측정하여 분석할 계획이다.

② 센서 및 DAQ(Data acquisition) 선정을 통한 부하계측 시스템 개발

본 연구에서는 자주식 무배추 수확기의 작업 부하를 측정하기 위해 DAQ, 엔진 ECU, 유압 센서로 구성된 부하계측 시스템을 개발하였다.

플랫폼에 사용된 엔진은 대동社의 4A220LWS 디젤 모델을 사용하였으며, 정격 출력은 33.7 kW @ 2,600 rpm이다. 엔진 타입은 4실린더 4행정 수냉식이며, 자세한 제원은 아래 표와 같다.

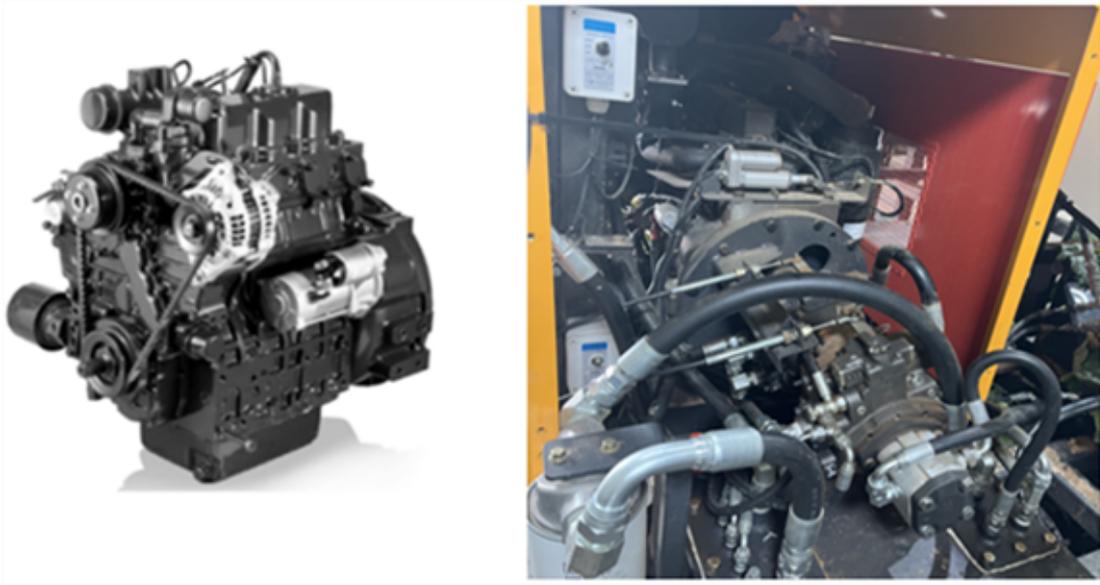


그림 134. 대동 社의 4A220LWS 엔진

표 78. 4A220LWS 디젤 엔진 제원

Item	Specifications
Rated power	33.7 kW
Emission Level	Interim Tier 4
Dimension (L×W×H, mm)	766 × 495 × 669
Engine Type	4-Cylinder, 4-Cycle, In-line, Diesel, Water cooled
Bore × Stroke (mm)	ø87 × 92.4
Displacement (L)	2.197
Compression Ratio	21.7:1
Combustor Type	In-Direct Injection (Swirl Chamber)
Rotation	Counter clockwise viewed from Flywheel

자주식 무배추 수확기 주요 동력원의 유압을 계측하기 위해 유압 센서를 사용하였으며, 이때 유압 센서는 Trafag AG 社의 DPS 8381 모델을 선정하였으며 세부 제원을 다음 표와 같다.



그림 135 Trafag AG 社의 DPS 8381 압력 센서

표 79 Trafag AG 社의 DPS 8381 압력 센서 제원

항목	값
Model	DPS 8381
Pressure range (bar)	0 ~ 250
Overload pressure (bar)	750
Accuracy	$\leq \pm 0.5 \% \text{ FS type}$
Weight (g)	~ 189

필드 시험시 측정되는 엔진 및 유압 데이터는 데이터 수집장치인 DAQ(Data acquisition)를 사용하였으며, 이때 DAQ는 HBM社의 QuantumX 840B를 이용하였으며 세부 제원은 다음 표와 같다.



그림 136 HBM 社의 QuantumX 840B 데이터 수집장치

표 80. QuantumX 840B 제원

Item	Specifications
Model (Company)	QuantumX 840B (HBM)
Dimension (mm)	52.5 × 200 × 121
Weight (g)	980
Accuracy class (%)	0.05
Operating temperature (°C)	-20 to 65
Number of channel	8
Sample rate per channel (kS/s)	40

주요 동력원의 부하를 계측하기 위해 유압 센서를 설치하여 데이터 수집장치인 DAQ를 통해 데이터를 수집하도록 부하 계측 시스템을 구성하였다.

자주식 무배추 수확기의 주요 동력원 중 하나인 주행부의 부하를 측정하기 위해 유압펌프에 센서 설치를 구성하였으며 작업 간 수확기의 수확부 부하를 측정하기 위해 인발부 상단에 위치한 유압 모터에 센서 설치를 구성했다.

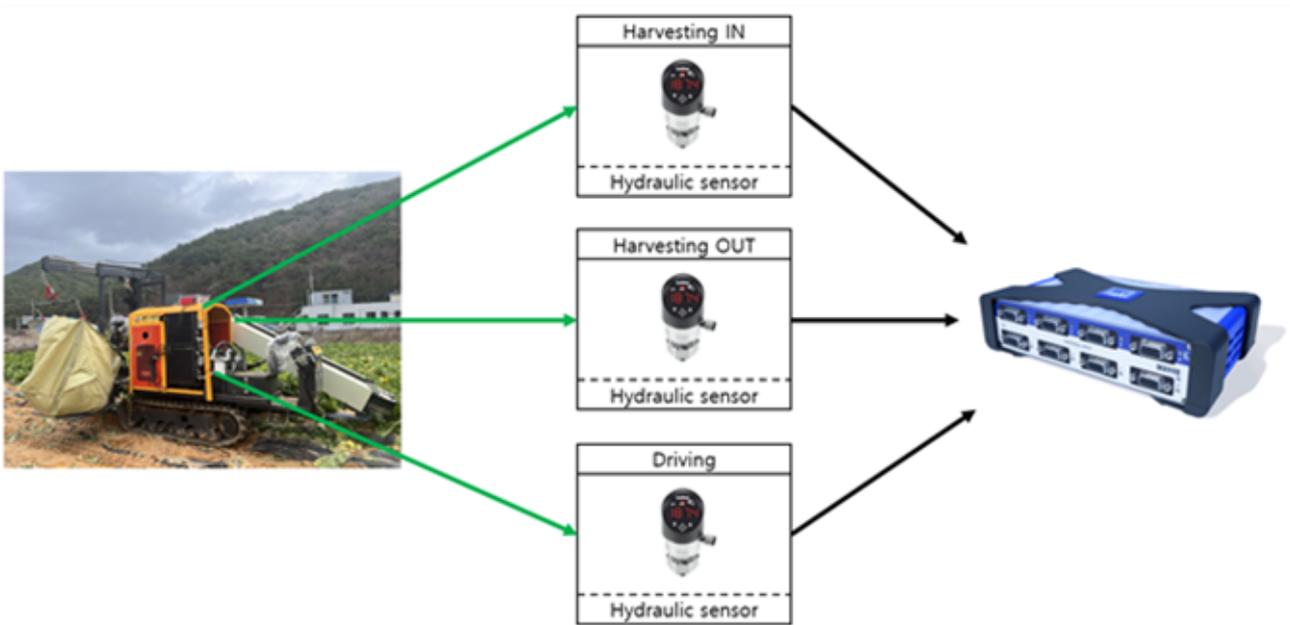


그림 137. 자주식 무배추 부하 계측 시스템

(1) 데이터 분석 및 시뮬레이션 모델 보완

계측 데이터 분석 및 시뮬레이션 모델 보완

① 계측 부하 데이터 분석

시뮬레이션 모델에 대한 성능 평가를 수행하기 위해 주행 및 작업에서의 작업부하를 측정하고 수집된 데이터를 분석하였다.

개발된 부하 계측 시스템을 기반으로 주요 동력원인 수확부 유압 모터와 주행부 유압 펌

프레 각각 유압 센서를 설치했다.

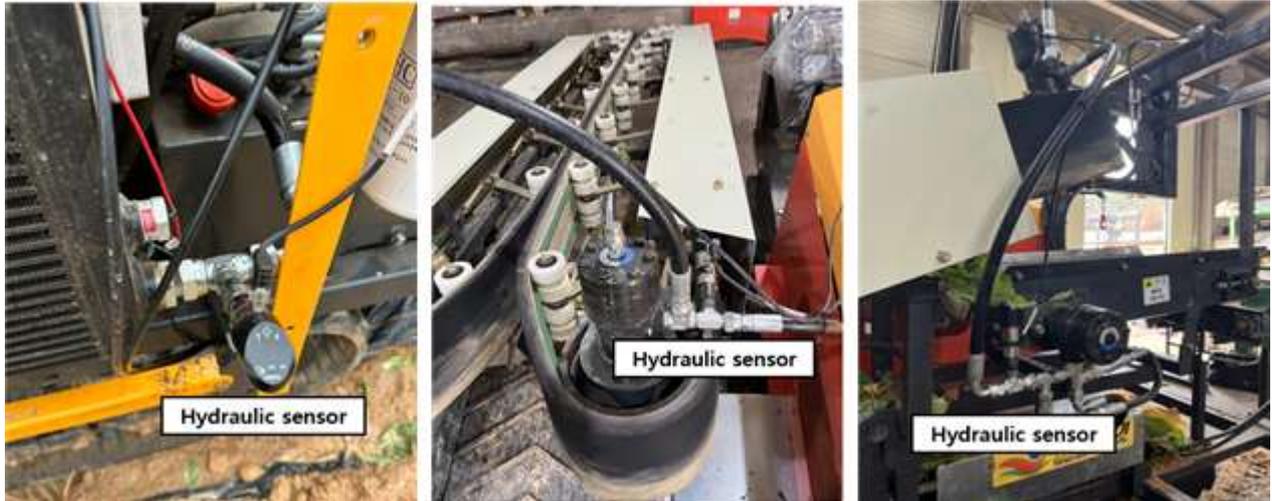


그림 138 주요 동력원 단품 모델에 센서 설치

부하 계측은 전라남도 나주시 다시면 가운리 157-3에 위치한 필드(35°00′46.2″N, 126°40′11.0″E)에서 수행함. 필드 테스트 간 작업조건은 단순 주행 및 작업 시 부하 계측을 수행했다.

배추 수확작업은 작업의 안정성을 위해 연구 개발자가 수행하였으며, 약 100m에 5m 간격으로 심어진 배추를 기준으로 일정한 수확 작업을 진행했다.



그림 139 필드 테스트 장소

필드 테스트 간 작업조건은 단순 주행 및 작업 시 부하 계측을 수행했으며 자주식 무배추 수확기 플랫폼은 아래와 같다.

본 연구에서 사용된 플랫폼은 재배 양식 및 간격에 따라 운거 조절이 가능하며, 작업자가 주행 및 인발부 구동을 통해 배추를 수확하고 후방 톤백에 적재하여 이동하는 방식으로 진행하였다.



그림 140 자주식 무배추 수확기 플랫폼

가. 시뮬레이션 모델에 대한 성능평가 수행

마) 단순 주행 시 작업 부하 및 시뮬레이션 결과 비교 및 분석

자주식 무배추 수확기의 단순 주행 시 주행부 유압 펌프의 소요 동력을 계측했다. 작업 간 평균적으로 유압 펌프에 19.4 kW의 동력이 나타났으며 주행 간 토양조건에 따라 동력이 나타났다. 유압 펌프의 소요 동력의 최소, 평균, 최대, 표준편차는 7.6, 19.4, 25.8, 2.9 kW의 동력이 나타남. 개형은 아래와 같다.

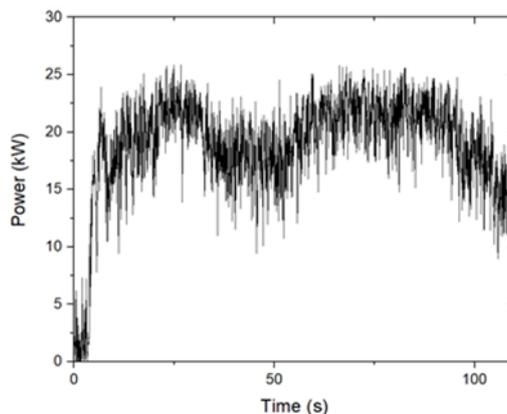


그림 141 단순 주행 시 유압 펌프 소요 동력

본 연구에서는 필드 테스트 단순 주행 시 노지에서 측정하였으며 이랑 및 고랑에 의해 값이 변화하는 것을 보였다.

바) 수확 작업시 작업 부하 및 시뮬레이션 결과 비교 및 분석

수확 작업간 수확부의 부하를 계측하기 위해 유압모터의 들어가는 유압과 나가는 유압의 부하를 분석했다.

작업 간 평균적으로 유압모터에 유압이 유입될 때 부하는 84.9 bar의 안정적인 부하가 나타났으며 초반 인발부의 승/하강 제어시 순간적으로 부하가 120.9 bar까지 상승했으나 작업 시작 이후 일정한 부하가 발생했다. 유압의 최소, 평균, 최대, 표준편차는 각각 24.2, 84.9, 120.9, 16 bar로 나타났다.

작업 간 평균적으로 유압모터에 유압이 방출될 때 부하는 67.9 bar의 안정적인 부하가 나타났으며 초반 인발부의 승/하강 제어시 순간적으로 부하가 107.6 bar까지 상승했으나 작업 시작 이후 일정한 부하가 발생함. 유압의 최소, 평균, 최대, 표준편차는 각각 19.6, 67.9, 107.6, 12.4 bar로 나타남. 개형은 아래와 같다.

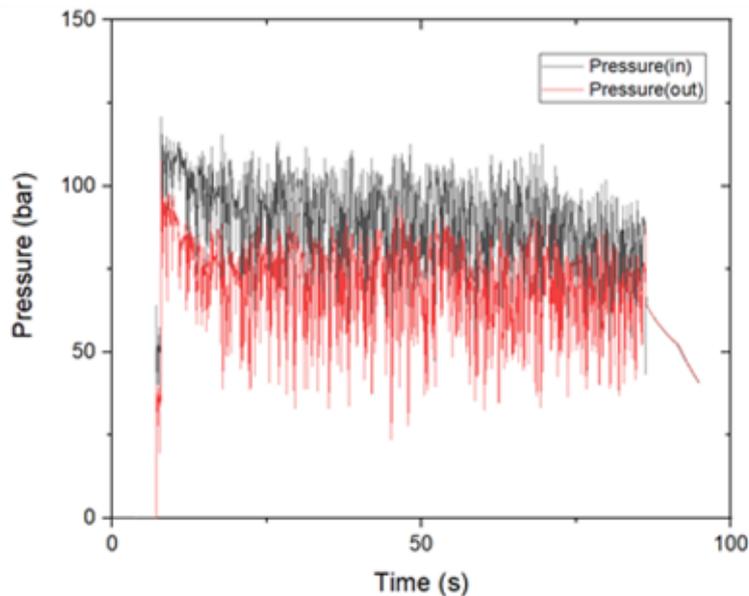


그림 142 유압 모터에 유입, 방출 시 부하 계측

두 유압의 차압을 통해 유압 모터의 소요 동력을 계산했으며 유압 펌프와 유압 모터는 직결되어 있으며 유압 펌프는 엔진과 직결되어 있어 엔진 정격 회전속도를 기준으로 소요 동력을 계산했다.

작업 간 수확부 유압 모터의 소요 동력은 평균적으로 1.58 kW의 동력이 소요되었고 인발부 승/하강 제어 시 4.89 kW까지 상승하였으나 이후 일정한 소요 동력을 보였다. 유압 모터 소요 동력의 최소, 평균, 최대, 표준편차는 각각 0.16, 1.58, 4.89, 0.75 kW로 나타남. 개형은 아래와 같다.

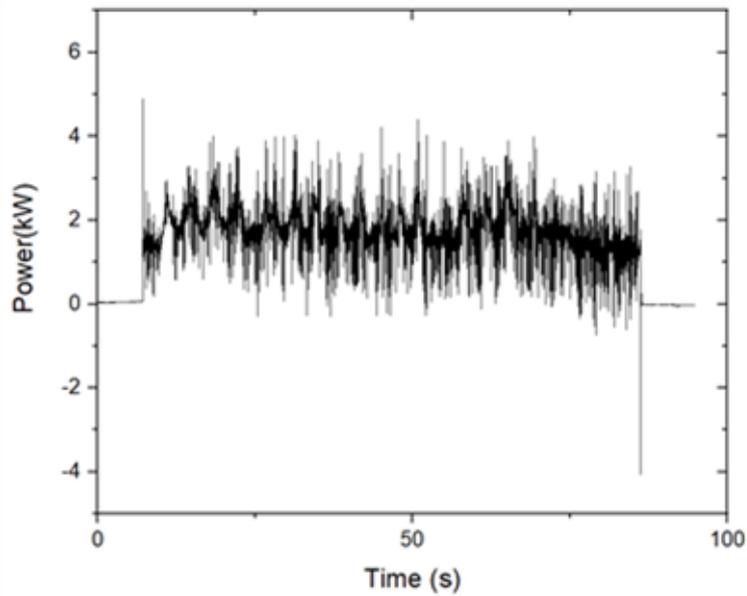


그림 143 작업 간 유압 모터 소요 동력

작업부는 수확부, 이송부로 구성되어 있으며 각각의 유압 모터로 구동된다. 본 연구에서는 필드 시험시 수확부 유압 모터에 대하여 측정하였으며, 이송부는 작업 시 고려하지 않았으므로 1차년도 시뮬레이션 결과와 차이를 보이는 것으로 판단된다.

1차년도 시뮬레이션 결과와 비교했을 때, 1차년도 유압 모터의 소요동력 시뮬레이션 결과 평균적으로 8.5 kW의 동력을 보였으나 필드 테스트 시 계산된 소요 동력은 평균적으로 1.58 kW의 동력을 보인다.

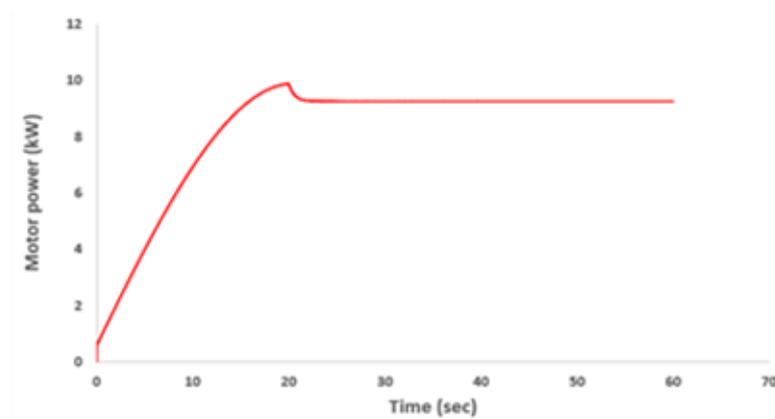


그림 144 1차년도 유압 모터 소요 동력 시뮬레이션

수확 작업 간 주행부의 유압펌프의 부하를 계측하여 소요동력을 계산함. 주행부 유압펌프는 엔진과 직결되어 있어 소요동력 계산 시 엔진 정격 rpm을 기준으로 분석했다. 작업 간 주행부 유압펌프의 소요 동력은 평균적으로 14.5kW의 동력을 나타냈으며 시동을 걸 때 순간적으로 값이 상승하였으나 이후 일정한 소요동력을 보였다. 유압펌프의 소요동력의 최소,

평균, 최대, 표준편차는 각각 3.39, 14.5, 57.1, 9.5 kW로 나타났다. 개형은 아래와 같다.

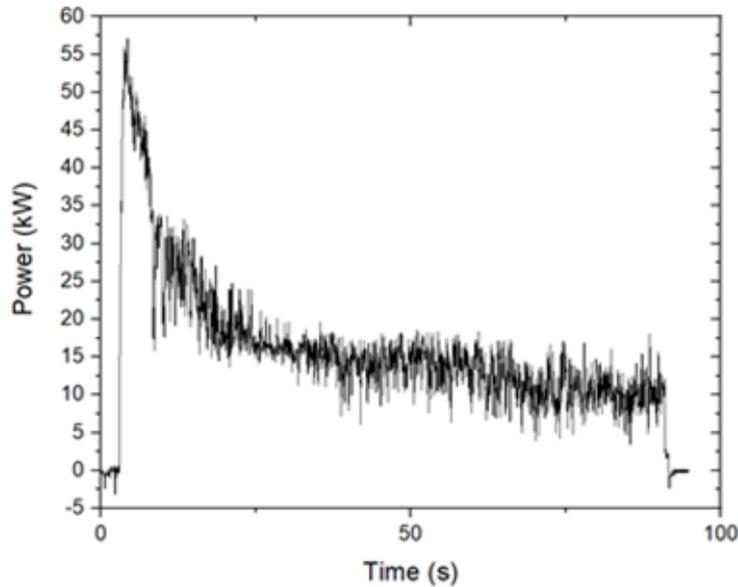


그림 145 작업 간 유압 펌프 소요 동력

본 연구에서는 필드 시험 시 주행부 유압펌프에 대하여 측정하였으며, 초반 순간적으로 값이 상승하는 현상을 제외하면 1차년도 유압펌프 소요 동력 시뮬레이션 결과와 비교했을 때 비슷한 그래프 개형을 보이며 평균 소요 동력 또한 일치했다.

1차년도 시뮬레이션 결과와 비교했을 때, 1차년도 유압 펌프의 소요동력 시뮬레이션 결과 평균적으로 14 kW의 동력을 보였으며 필드 테스트 시 계산된 소요 동력 또한 평균적으로 14 kW의 동력을 보였다.

이에 따라, 자주식 무배추 수확기 플랫폼의 주행 성능은 데이터의 안정적인 수치로 보이며 설계된 플랫폼의 주행 성능은 안정적인 것으로 분석됐다.

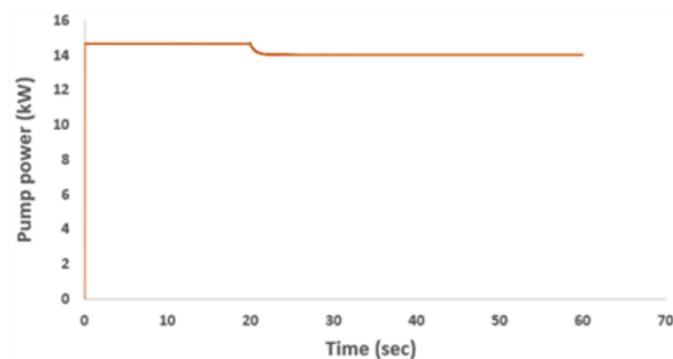


그림 146 1차년도 유압 펌프 소요 동력 시뮬레이션

사) 시뮬레이션 모델 추가 구성

전년도에 개발하였던 시뮬레이션 모델에 경우 자주식 무배추 수확기 구동부로만 구성하였으며, 이번 년도에는 구동부 외 작업부를 추가로 개발하였다.

궤도 윤거 조절부의 경우 사용 빈도가 적으며, 일반적으로 사용되는 동력이 작기 때문에 시뮬레이션 모델 구성시 제외하였다.

시뮬레이션 추가 모델 구성은 1D 해석 소프트웨어인 LMS AMESim software (Ver.: 16, Imagine S. A. company, France)를 이용하여 구성하였다.

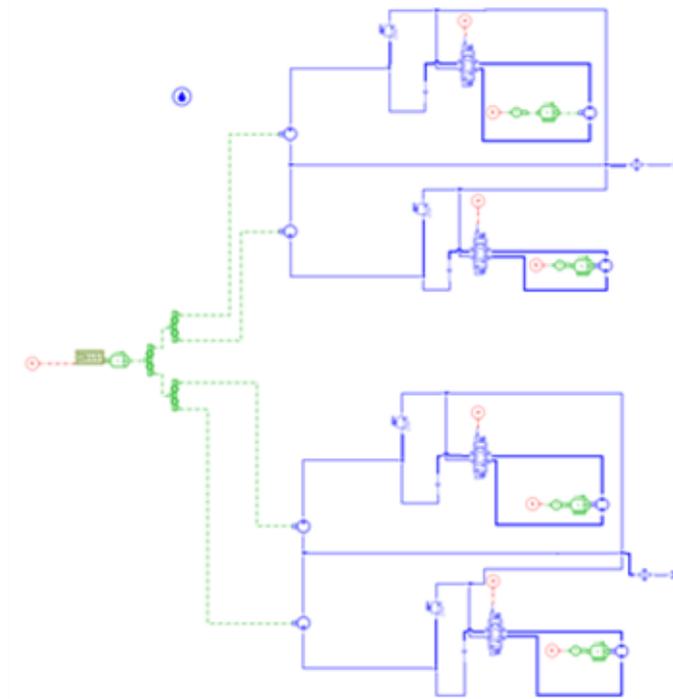


그림 147 자주식 무배추 수확기 동력전달 시뮬레이션 모델

P1 및 P2 유압 펌프는 1차년도와 동일하게 좌·우 HST의 유압 모터로 동력을 전달하며, P3, P4 유압 펌프를 추가하여 주행부 및 작업부에 동시에 동력이 전달될 수 있게 개발하였다.

주행 모드인 경우, P1, P2의 유압 펌프만 구동하도록 구성하였으며, 작업 모드인 경우 모든 유압 펌프를 구동하도록 설정하여 시뮬레이션을 진행하였다.

수확부의 경우, 주행부와 동일하게 엔진 동력에 의해 구동되는 유압 펌프에서 동력을 받아 작동되기 때문에 주행부 모델과 유사하게 개발하였으며, 2개의 모터에 부하 신호 모델을 이용하여 부하를 입력하였다.

기관명	2차년도
전남대학교 산학협력단 (공동연구개발기관)	○현장 실증 시험 및 성능평가 -인발부 작동 성능 확인 및 테스트 -품종 및 재배양식에 따른 실증시험 준비 및 최적화

6) 현장 실증 시험 및 성능평가

(1) 품종 및 재배양식에 따른 실증시험 준비 및 최적화인발부 작동 성능 확인 및 테스트

① 배추수확기의 인발 성능 시험

가. 수확성능 평가시험 포장 조성



그림 148 Figure 5. Test field for harvesting performance test

개발된 시작기의 수확성능을 평가하고 보완을 위한 추가 설계 인자 도출을 위해 배추 포장은 가을배추 작형으로 조성하기 위해 1줄, 두둑높이 15cm, 두둑폭 25cm, 고랑폭 70cm, 조간×주간 95×40cm의 배추 포장을 조성하였다 (품종: 추광배추). 배추수확기의 수확성능 평가를 위한 시험은 전남 나주시 남평읍 광촌리 693-2 소재 밭에서 2022년 11월 22일 실시하였다.

표 82 Farming practice

Ridge standard(cm)			planting standard(cm)		
Ridge type	Furrow width	Furrow height	NO.of row	Row spacing	Hill spacing
Round	25	15	1	95	40

나. 주반송부 인발 및 반송 성능 시험

주반송부 설계 주요 요인으로는 인발각도, 인발벨트와 주행속도의 속도비, 인발벨트 간격 등이 있다. 본 시험에서는 인발각도, 주행속도와 인발벨트의 속도비의 영향을 평가하고자 하였다. 인발각도, 주행속도와 인발벨트의 속도비는 배추의 인발 및 반송 성능에 직접적인 영향을 미치게 되는 설계 요인이다. 인발각도는 35°로 설정하였고, 주행속도와 인발벨트의 속도비는 1 : 1~1.5 범위에서 3수준으로 설정하였다. 표에 성능 시험의 수준을 나타내었다.

수확 성능 시험은 인발 각도, 주행속도와 인발벨트속도의 속도비에 따른 인발률, 이송률, 손상률을 측정하였고, 각 시험 수준에서 10m의 작업구간에서 2회 반복하여 수행하였다. 인발률은 배추를 인발벨트로 인발하여 배추의 뿌리가 지면에서 완전히 뽑힐때까지의 배추 개수이고, 이송률은 인발 후 배추가 인발벨트에서 떨어지지 않고 적재함 이송벨트까지 이송된배추의 개수이다. 손상률은 시험 구간당 전체 배추에서 찌힘이나 인발벨트의 압축력에 의한 무름 등 상품성을 잃었다고 판단되는 배추를 판별하여 결정하였다.

$$\text{인발률(\%)} = \frac{\text{인발된 배추의 개수}}{\text{구간당 전체 배추의 개수}} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{이송율(\%)} = \frac{\text{벨트에 헐지된 배추의 개수} - \text{이송중 떨어진 개수}}{\text{벨트에 헐지된 개수}} \times 100 \dots \dots (2)$$

$$\text{손상률(\%)} = \frac{\text{손상된 배추의 개수}}{\text{구간당 전체 배추의 개수}} \times 100 \dots \dots \dots (3)$$

표 83 Table 6. Experimental design for performance test of the developed harvester

Experiment factor Analysis	Analysis content	Experiment method
-Pulling belt distance -Pulling angle : 35° -Speed ratio of driving speed and pulling belt speed	-Pulling rate -Damaged rate -conveying rate	-1row/ working section setup -Record the amount of in working section -Investigation of Pulling rate Damage rate and Transfer rate

다. 결과 및 고찰

가) 주행속도와 인발벨트속도의 속도비가 수확에 미치는 영향

적정 주행속도와 인발벨트속도의 속도비를 구명하기 위하여 수확기의 인발각도는 배추수확기의 인발각도 범위를 고려하여 35°로 하였고, 주행속도는 기존 채소수확기의 주

행속도 범위인 0.3m/s, 0.4m/s, 0.5m/s로 하였다. 이에 비례하는 인발벨트속도의 속도비는 이론분석을 통하여 계산된 값의 평균값으로 하였지만, 실제 포장 작업에 있어서 배추 겉잎의 수분으로 인해 배추와 벨트인발부분에 슬립현상이 발생하여 이론속도비에 20%를 높여 시험하였다. 주행속도 0.3, 0.4, 0.5m/s에 따른 인발벨트와의 속도비 1:1.39로 설정하여 시험한 결과 인발률의 평균은 96.3%, 이송률의 평균은 98.6%, 손상률은 0.2%로 나타났다. 주행속도 0.4m/s, 인발벨트속도 0.56m/s에서 상대적으로 더 우수한 결과를 보였다.

표 84 Harvesting performance at a speed ratio of 1 : 1.39

Speed ratio of driving speed and pulling belt speed	Driving speed (m/s)	Pulling belt speed (m/s)	Pulling rate (%)	conveying rate (%)	Damaged rate (%)
1 : 1.39	0.3	0.42	97	100	0.0
	0.4	0.56	97	98	0.3
	0.5	0.7	95	98	0.4

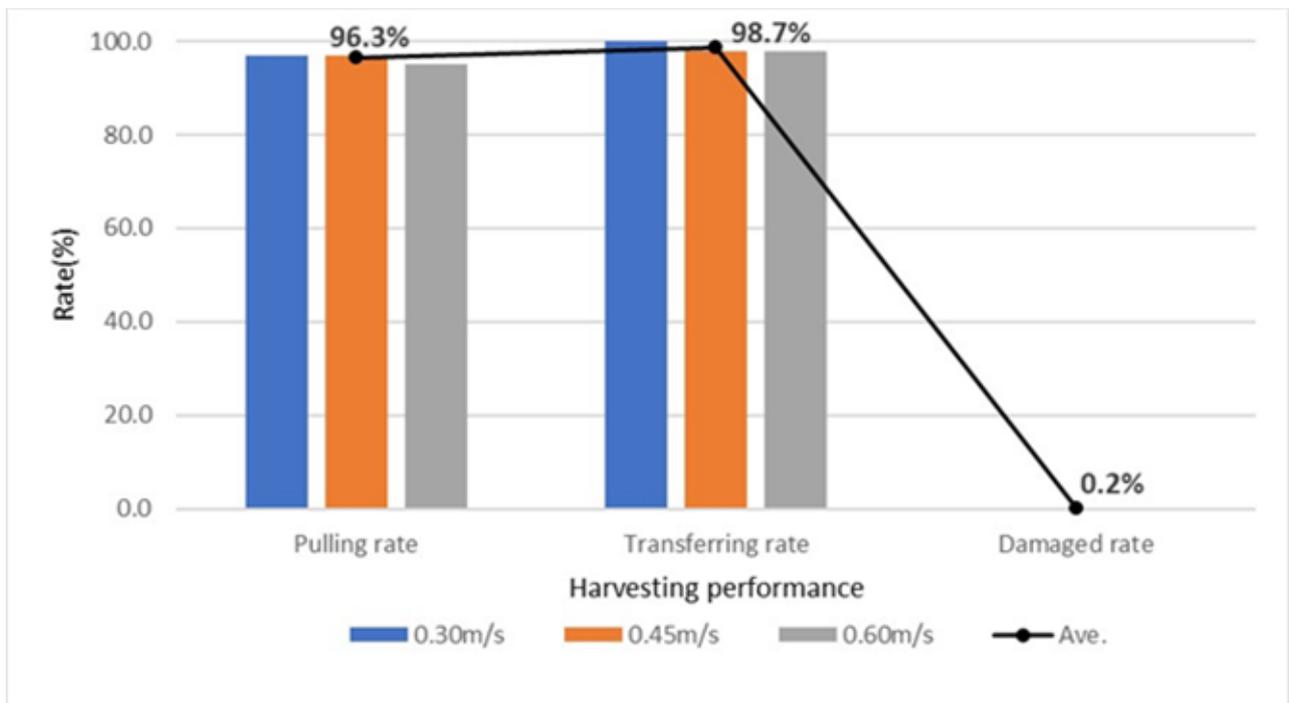


그림 150 Average harvesting performance at various driving speeds of 0.3, 0.4, 0.5m/s with speed ratio of 1 : 1.39

주행속도 0.3, 0.4, 0.5m/s에 따른 인발벨트와의 속도비 1 : 1.47로 설정하여 시험한 결과 인발률의 평균은 98%, 이송률의 평균은 99%, 손상률은 0.3%로 나타났다. 주행속도 0.4m/s, 인발벨트속도 0.59m/s에서 인발률 95%, 이송률 100%로 가장 높은 인발성능을 나타냈다.

표 85 Harvesting performance at a speed ratio of 1 : 1.47

Speed ratio of driving speed and pulling belt speed	Driving speed (m/s)	Pulling belt speed (m/s)	Pulling rate (%)	conveying rate (%)	Damaged rate (%)
1 : 1.47	0.3	0.44	98	100	0.2
	0.4	0.59	99	100	0.3
	0.5	0.74	96	98	0.4

표 86 Harvesting performance at a speed ratio of 1 : 1.56

Speed ratio of driving speed and pulling belt speed	Driving speed (m/s)	Pulling belt speed (m/s)	Pulling rate (%)	conveying rate (%)	Damaged rate (%)
1 : 1.56	0.3	0.74	98	100	0.3
	0.4	0.62	98	98	0.4
	0.5	0.78	94	98	0.4

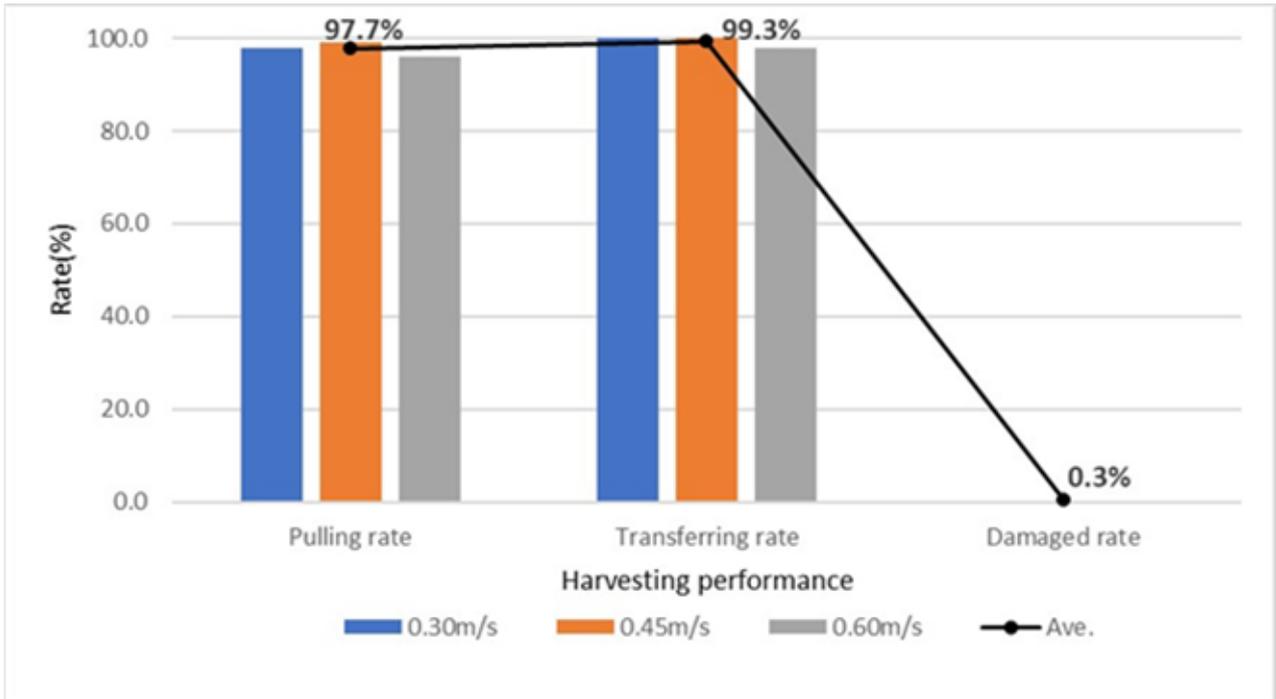


그림 151 Average harvesting performance at various driving speeds of 0.3, 0.4, 0.5m/s with speed ratio of 1 : 1.47

주행속도 0.3, 0.4, 0.5m/s에 따른 인발벨트와의 속도비 1 : 1.56로 설정하여 시험한 결과 인발률의 평균은 96.7%, 이송률의 평균은 98.6%, 손상률은 0.4%로 나타났다. 주행속도 0.3m/s, 인발벨트속도 0.74m/s에서 인발률 93%, 이송률 100%로 상대적으로 높은 인발성능을 나타냈다.

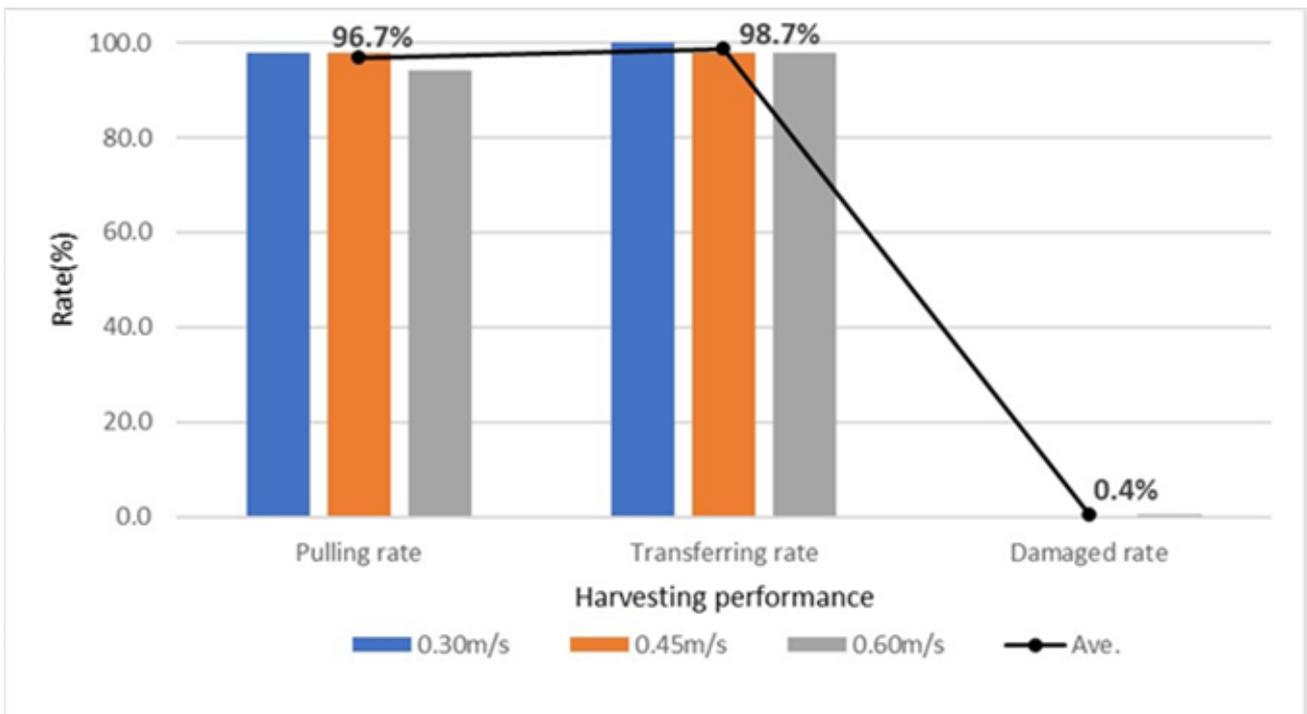


그림 152

표 89는 인발각도 35°에서 세 수준의 속도비에서 주행속도의 세 수준(인발벨트의 속도는 속도비에 따라 자동 결정됨) 에서 측정된 배추 수확 성능을 평균하여 나타낸 것이다. 주행속도와 인발벨트의 속도비 1 : 1.47에서 인발률 93%, 이송률 99%, 손상률 0.3%로 가장 우수한 성능을 나타냈다.

표 87 Table 10. Average harvesting performance according to a speed ratio

Speed ratio	Pulling rate(%)	Conveying rate(%)	Damaged rate(%)
1 : 1.39	96.3	98.6	0.2
1 : 1.47	98.0	99.3	0.3
1 : 1.56	96.7	98.6	0.4

나) 인발각도가 수확에 미치는 영향

주반송부의 적정 인발각도를 구명하기 위하여 주행속도 0.4m/s, 인발벨트속도 0.59m/s로서 속도비 1: 1.47로 고정하였으며, 인발각도는 35° 에서 수확성능을 시험하였다. 인발각도 조절에 따른 수확 성능 시험 결과, 표 11과 같은 수확 성능이 나타났으며, 이 결과는 속도비에 따른 수확 성능과 마찬가지로 인발각도를 변화하여도 인발률이나 이송률에 있어서 기대했던 성능을 나타내었다. 따라서 인발식 배추수확기의 수확 성능을 획기적으로 높일 수 있는 주반송부를 보조할 수 있는 장치를 설계하여 배추를 안정적으로 인발 및 이송할 수 있는 전처리장치가 성공적으로 개발되었다고 판단된다.

표 88 Table 11. Harvesting performance according to pulling angle

Pulling angle(°)	Pulling rate(%)	Conveying rate(%)	Damaged rate(%)
30	97	95	0.2
35	98	99	0.2
40	96	96	0.3

② 무 수확기 시작기의 인발 성능 평가

가. 수확 성능 평가시험 포장

개발된 시작기의 수확 성능의 평가와 보완을 위한 추가 설계 인자 도출을 위해 2022년 8월 30일에 전라남도 나주시 다시면 가운리 168-5 소재 밭에서 무 포장을 조성하기 위해 무를 정식하였다. 본 연구를 위한 무 포장은 가을 무 작형으로 조성하기 위해 작형별 재식간격 및 지역별 재배양식의 기준과 표준 기계화 재배양식을 기준으로 1줄, 두둑 높이 15 cm, 두둑 폭 40 cm, 고랑 폭 35 cm, 조간×주간거리 75×30 cm, 둥근두둑의 무 포장을 조성하였다. 무 품종은 청두무이고, 무 수확기의 수확 성능평가 시험은 2022년 11월 24일에 실시하였다.



그림 153 Test field for harvesting performance test

표 89 Table 16 Farming practice

Ridge standard(cm)				Planting standard(cm)		
Ridge type	Ridge width	Ridge height	furrow width	NO. of row	Interrowspacing	Hill spacing
Round	40	15	35	1	75	30

나. 주수확부 인발 및 이송 성능 시험

주수확부 주요 설계 요인으로는 감아올림장치 간격, 인발각, 주행속도와 감아올림장치 속도의 비 등이 있다. 본 시험에서는 무의 인발 및 이송 성능에 큰 영향력을 끼치는 설계 요인인 인발각, 주행속도와 감아올림장치 속도의 비인 견어올림 속도비의 영향을 평가하고자 하였다. 인발각은 기존에 보고된 근채류 수확기의 인발각과 본 연구에서 개발된 수확기의 각도조절 범위를 고려하여 30° 수준으로 설정하였다. 견어올림 속도비는 4.16 수준에서 시작기의 주행속도는 0.30, 0.45, 0.60 m/s의 세수준으로 설정하였다. 수확 성능 시험은 인발각, 견어올림 속도비에 따른 인발률, 이송률, 손상율을 측정하였고, 각 시험 수준별로 10 m의 작업구간에서 3회 반복하여 수행하였다. 인발률은 무의 줄기를 인발벨트로 인발하여 무의 뿌리가 지면에서 완전히 뽑힐 때까지의 무의 개수이고, 이송률은 인발 후 무가 인발벨트에서 떨어지지 않고 배출부의 수평 컨베이어까지 이송된 무의 개수이다. 손상율은 시험 구간당 전체 무에서 인입부 폴리에 의한 무름이나 찌름 등 상품성을 잃었다고 판단되는 무를 육안으로 판별하여 결정하였다. 인발률, 이송률, 손상율은 배추 수확기 성능평사 실험에서 사용한 공식을 동일하게 사용하였다.

다. 무수확기 인발부 보완

1차 시작기를 이용한 수확성능 실험 결과 목표로 하는 성능을 발휘하지 못하였다. 개발되는 무 수확 성능은 일반 무 뿐만이 아니라 단무지용 무 등에도 적용이 가능하도록

개발 목표를 설정하였다. 예비 실험 결과 일반 무에 대해서도 재배상태, 포장상태 등의 영향으로 충분한 인발성능을 발휘하지 못하였으며 단무지용 무 등은 재배상태가 많이 달라 시작기의 적응이 더욱 어려웠다. 따라서 여러 종류의 무에 적용이 가능한 수확기의 인발부를 개발하기 위해서는 인발부의 구조 및 작동 조건을 변화시키는 요인 실험을 통해 최적의 설계조건을 찾고자 하였다. 이를 위하여 견어올림 휠의 속도 조절이 가능하고 유인부 및 휠과 이송부의 위치를 조절할 수 있는 그림 10과 같은 가변형 인발부를 설계하였다.

라. 주수확부 인발 및 이송 성능 시험

무 수확기의 성능 평가는 아래 식과 같은 인발률, 이송률, 손상률로 나타내었다.

$$\text{인발률(\%)} = \frac{\text{인발된 무의 개수}}{\text{구간당 전체 무의 개수}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{이송률(\%)} = \frac{\text{벨트에 협지된 무의 개수} - \text{이송중 떨어진 개수}}{\text{벨트에 협지된 개수}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{손상률(\%)} = \frac{\text{손상된 무의 개수}}{\text{구간당 전체 무의 개수}} \times 100 \quad (3)$$

표 91 Experimental design for harvesting performance test of the developed harvester

Factors		Measurements	Remarks
Pulling angle	25°	<ul style="list-style-type: none"> - Pulling rate - Conveying rate - Damaged rate 	<ul style="list-style-type: none"> - Radish variety: Cheongdu - Traveling distance: 10 m - Average no. of radish: 100
	30°		
	35°		
Speed ratio	2.60		
	3.47		
	5.20		

1조식의 무 수확기를 설계 및 제작하였다. 시작기는 주행부, 인발부, 반송부, 동력전달부, 적재부 등으로 구성되었다. 인발부의 감아올림장치에 의해 무의 눕혀진 줄기를 세워 모은 후 진입유도장치에 의해 무 줄기의 반송부 진입을 유도한다. 반송부에 진입된 무는 2개의 인발벨트의 압착력에 의해 줄기 부분이 인발되어, 반송부의 전면 경사에 따라 무가 지면에서 뽑혀 올라오게 된다. 인발된 무는 적재부로 이송되면서 인발벨트에서 이탈되지 않도록 2개의 인발벨트가 서로 무 줄기를 누르면서 인발하게 된다. 인발벨트는 반송부에서 인발된 무를 배출부로 이송시키는 기능도 수행하게 된다.

이때 무 줄기를 인발하는 힘은 인발벨트의 텐션을 유지시켜주는 압축스프링에 의해 조정되도록 하였다. 또한 필요한 경우에는 반송부에서 이송되는 동안에 무의 줄기를 제거하는 공정을 추가할 수 있도록 하였다. 반송부의 끝부분에 연결된 배출부는 수평 컨베이어를 포함하고 있으며, 수평 컨베이어는 수확된 무를 적재함으로 이송하는 기능을 담당한다. 인발벨트 끝부분까지 이송된 무는 인발벨트를 벗어나게 되며 자중에 의해 배출부의 수평 컨베이어 위로 떨어지고, 인발벨트의 끝부분과 배출부 컨베이어 사이의 높이는 무의 길이를 고려하여 8 cm 이내로 제작하여 무의 낙하에 의한 손상은 없도록 하였다.

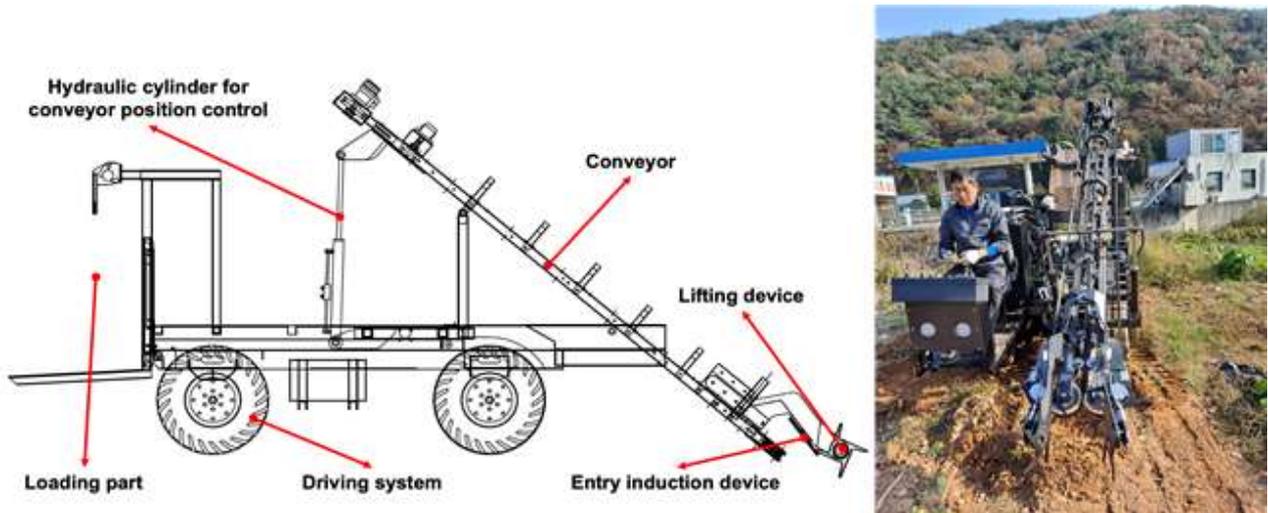


그림 154 Developed self-propelled radish harvester

가) 걷어올림 속도비가 인발성능에 미치는 영향.

걷어올림 적정 속도비를 찾기 위하여 인발각은 기존에 보고된 근채류 수확기의 인발각과 본 연구에서 개발된 수확기의 각도조절 범위를 고려하여 30°로 하였으며, 주행속도는 무 수확기의 저속 및 고속 주행속도를 고려하여 0.30 m/s, 0.45 m/s, 0.60 m/s로 하였다. 이에 비례하는 걷어올림 속도비는 이론분석을 통하여 계산된 값의 평균값으로 설정하였지만, 실제 포장 작업에 있어서 무 줄기의 수분으로 인해 무 줄기와 감아올림장치 사이에 슬립현상이 발생하였기 때문에 이론 속도비에 20%를 높여 시험하였다.

주행속도 0.30 m/s, 0.45 m/s, 0.60 m/s에 따른 걷어올림 속도비를 3.12로 설정하여 시험한 결과 평균 인발률은 97.7%, 평균 이송률은 98.7%, 평균 손상율은 0%로 나타났다. 모든 주행속도에서 목표치 3% 이내의 우수한 수확성능을 나타내었다.

표 92 Harvesting performance at pulling speed ratio of 3.12

Pulling speed ratio	Driving speed (m/s)	Lifting device speed (m/s)	Pulling rate (%)	Transferring rate (%)	Damaged rate (%)
3.12	0.30	0.94	98	98	0
	0.45	1.40	98	100	0
	0.60	1.87	97	98	0

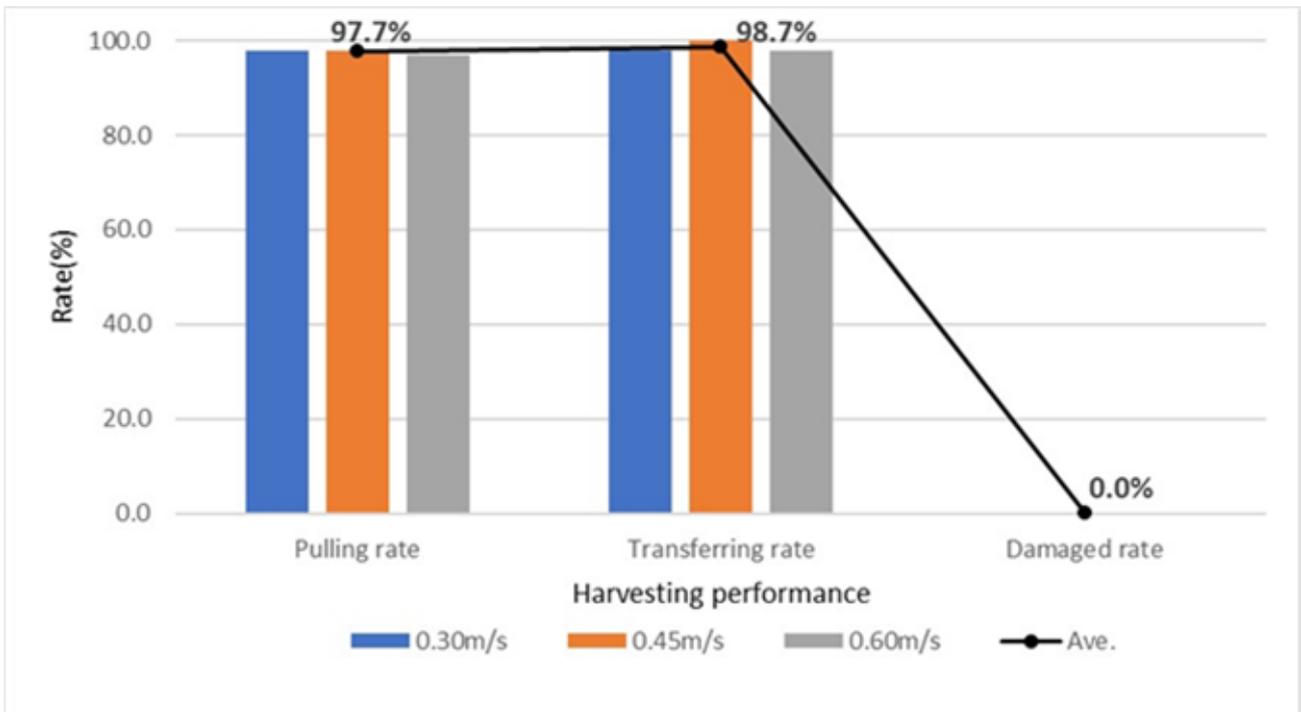


그림 155 Harvesting performance at various driving speeds of 0.30 m/s, 0.45 m/s, 0.60 m/s with pulling speed ratio of 3.12

주행속도 0.30 m/s, 0.45 m/s, 0.60 m/s에 따른 견어올림 속도비를 4.16으로 설정하여 시험한 결과 평균 인발률은 98.3%, 평균 이송률은 98.7%, 평균 손상율은 0%로 나타났다. 이는 견어올림 속도비 4.16에서도 3.12와 거의 유사하게 목표 수확성능을 나타내어 재배조건이나 포장상태의 어느정도 변이에도 적응할 수 있는 것으로 판단되었다.

표 93 Harvesting performance at pulling speed ratio of 4.16

Pulling speed ratio	Driving speed (m/s)	Lifting device speed (m/s)	Pulling rate (%)	Transferring rate (%)	Damaged rate (%)
4.16	0.30	1.25	98	99	0
	0.45	1.87	100	100	0
	0.60	2.50	97	98	0

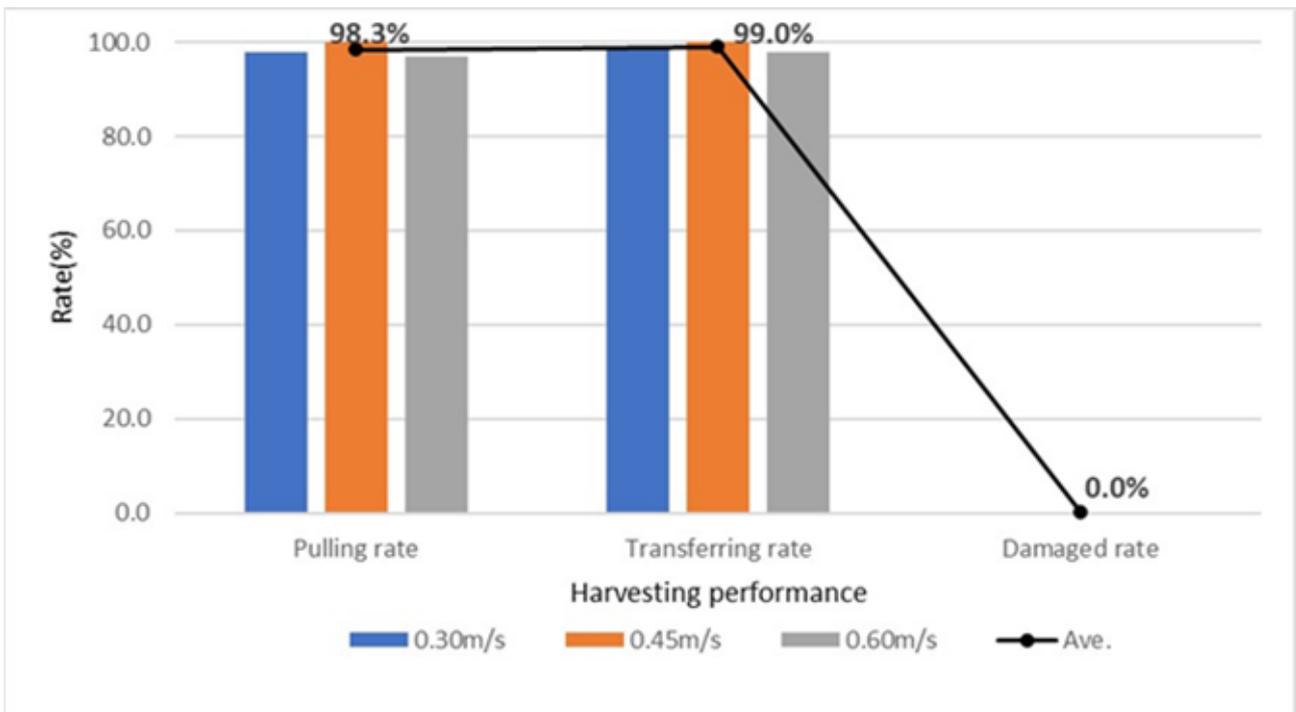


그림 156 Harvesting performance at various driving speeds of 0.30 m/s, 0.45 m/s, 0.60 m/s with pulling speed ratio of 4.16

주행속도 0.30 m/s, 0.45 m/s, 0.60 m/s에 따른 견어올림 속도비를 6.24로 설정하여 시험한 결과 평균 인발률은 97.0%, 평균 이송률은 99.3%, 평균 손상율은 0%로 나타났다. 견어올림 속도비 6.24에서도 다른 속도비와 마찬가지로 목표 수확성능을 초과하는 것으로 나타났으며 그 차이는 유의하지 않는 것으로 판단되었다.

표 94 Harvesting performance at pulling speed ratio of 6.24

Pulling speed ratio	Driving speed (m/s)	Lifting device speed (m/s)	Pulling rate (%)	Transferring rate (%)	Damaged rate (%)
6.24	0.30	1.87	98	100	0
	0.45	2.81	97	100	0
	0.60	3.74	96	98	0

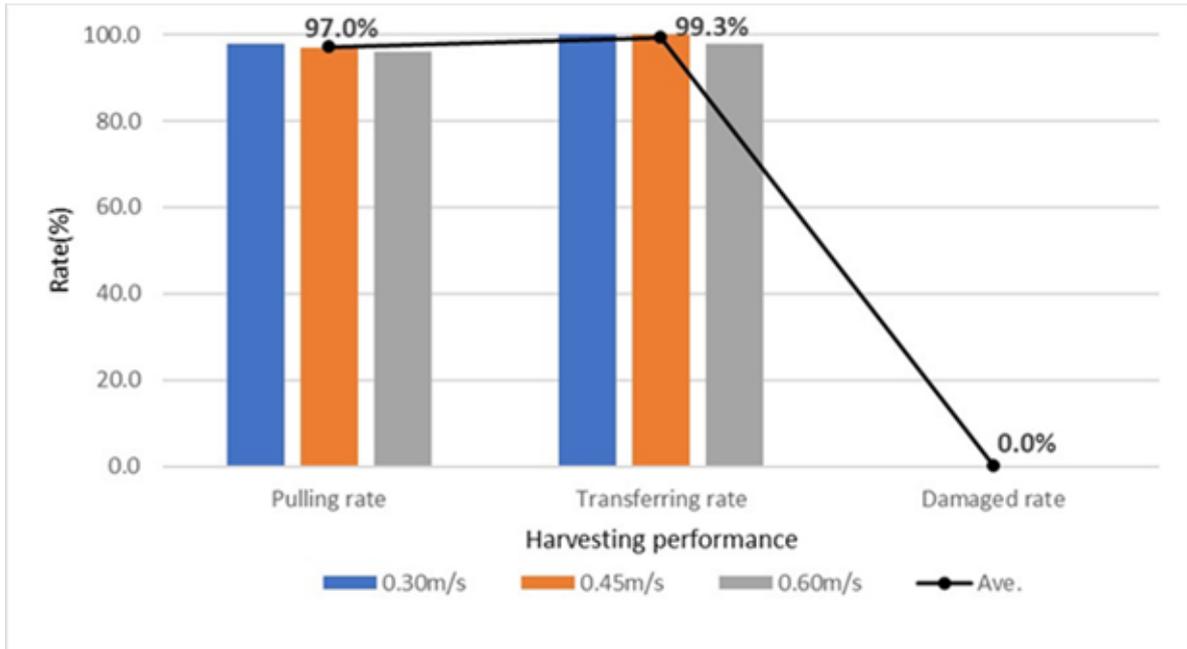


그림 157 Harvesting performance at various driving speeds of 0.30 m/s, 0.45 m/s, 0.60 m/s with pulling speed ratio of 6.24

나) 인발각이 인발성능에 미치는 영향

주수확부의 적정 인발각을 찾기 위하여 주행속도 0.45 m/s, 견어올림 속도비를 4.16로 고정하였다. 이에 따라 감아올림장치의 속도는 1.87 m/s, 인발각은 25°, 30°, 35°의 3수준에서 수확 성능을 시험하였다. 인발각 조절에 따른 수확 성능 시험을 수행한 결과 표 21과 같은 수확 성능이 나타났으며, 이 결과는 견어올림 속도비에 따른 수확 성능과 마찬가지로 인발각을 변화하여도 인발률, 이송률 그리고 손상율에 있어서 기대했던 성능은 충분히 달성되는 것으로 나타났다.

표 95 Harvesting performance according to pulling angle

Pulling angle (°)	Pulling rate (%)	Transferring rate (%)	Damaged rate (%)
25	96	100	0
30	98	100	0
35	99	100	0

마. 결론

개발된 무배추 겸용 수확기는 성능평가 결과 개발 목표치인 무손실률 3%, 배추손실률 5%, 무손상을 5%를 초과하여 달성함으로써 실용화가 가능한 것으로 판단되었다. 또한 농업기계 전문성능평가 기관에 의뢰한 성능시험 성적 결과(첨부)도 목표치를 달성하는 것으로 확인되었다.

기관명	2차년도
농업회사법인 희망농업기계 주식회사 (주관연구개발기관)	○수확 시스템 제작 -배추 인발, 이송 시스템 제작 및 테스트 -무 인발, 이송 시스템 제작 및 테스트 ○인발부와 자세제어 시스템과 연동 테스트 -자세제어 발동각도 최소화

7) 수확 시스템 제작

(1) 무·배추 인발, 이송 시스템 제작 및 테스트

1대의 주행플랫폼에 유닛형태로 적용이 가능하도록 설계된 무, 배추의 인발장치의 컨셉에 따라 제작 및 주행플랫폼에 적용했다.

① 무 인발시스템 제작

무 인발장치에 방호장치를 적용하여 ASS'Y제작을 완료하였으며, 작물수확테스트가 가능하도록 주행플랫폼에 적용하였다.



그림 158 무 인발장치가 적용된 시제품



그림 159 무
인발장치의 ASS'Y



그림 160 인발러그 ASS'Y



그림 161 무 인발

② 배추 인발시스템 제작

배추인발장치 또한 방호장치를 적용하여 ASS'Y제작을 완료하였으며 작물수확테스트가 가능하도록 주행플랫폼에 적용하였다.



그림 162 배추인발장치
ASS'Y



그림 163 배추 인발장치가 적용된 시제품

③ 무·배추 이송시스템 제작

무 인발장치는 인발부 후방에 배치된 회전칼날에 의해 무의 줄기가 잘린 후 후방에 설계된 리프트기능이 적용된 적재대에 거치된 톤백으로 자유낙하하는 방식으로 이송 및 수집됐다.



그림 164 회전칼날이 적용된 인발장치와 리프트기능이 적용된 적재대

자체 테스트 당시 인발성능에 큰 문제점은 발견되지 않았으나 이물질이 작물과 함께 무분별하게 톤백에 혼입되었으며, 상품성이 떨어지는 작물이 정상작물에 손상을 입혔고, 줄기와 뿌리 절단은 균일하게 이루어지지 않았다.

이에 따라 작물의 선별이 가능한 작업공간과 필요에 따라 무 청과 배추의 밑동 절단을 육안확인 후 수행되도록 설계된 이송컨베이어를 적용했다.

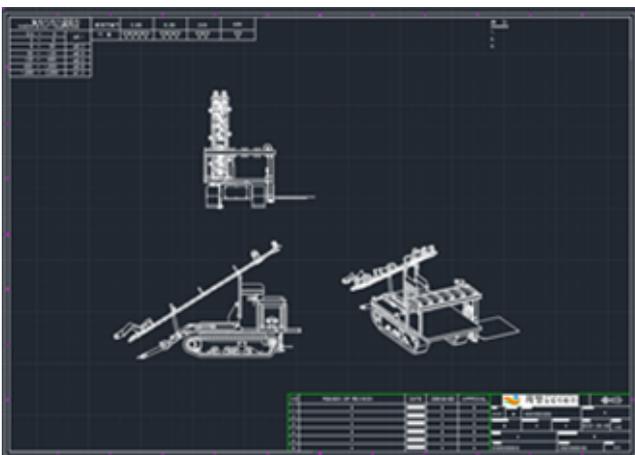


그림 165 이송컨베이어가 적용된 컨셉도면



그림 166 이송컨베이어가 적용된 작업공간



그림 167 배추 밑동 절단



그림 168 무청 절단



그림 169 이송컨베이어 장력 조절장치

선별작업에 필요한 2명의 작업자가 작업할 수 있는 공간을 확보하였으며, 이송컨베이어의 후방에 회전칼날을 적용하여 무청 뿐만아니라 기존에 절단이 어려웠던 배추의 뿌리 컷팅까지 육안확인 후 절단할 수 있는 구조로 개선되었다.

절단 된 작물은 이송컨베이어 끝단, 메인프레임 우측에 적용된 높이조절이 가능한 리프팅장치가 적용된 적재대에 거치된 톤백에 낙하한다. 이는 작물의 선별뿐만 아니라 수집시 혼입 될 수 있는 이물질의 배출까지도 용이하다.

작물하역의 경우 기존의 방식으로는 후크형 거치대에 적재된 톤백의 인력에 의한 지면으로 하역이 이루어졌으나, 이는 작물의 손상, 노동강도 상승등의 문제점이 있었다. 다른 방법으로는 트랙터 또는 지게차의 사용이 필요했는데 이는 작업 도중 밟으로 진입하는데 낭비되는 시간과 물적요소들이 많았다. 이를 해소하기 위해 턴테이블식 유압크레인을 적용했다.

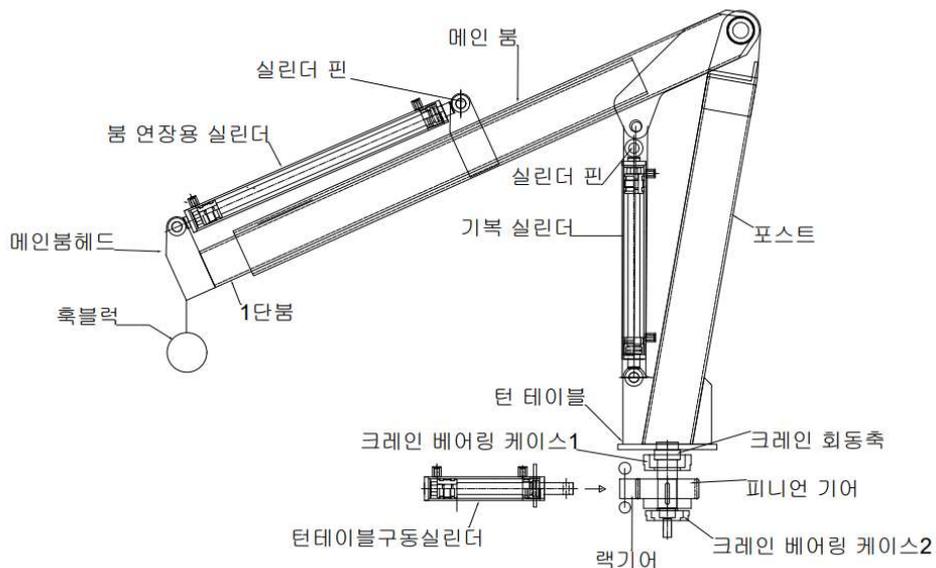


그림 170 1차 적용 크레인의 설계



그림 171 1차 적용 크레인(턴테이블)

그러나 앞서 논의 되었던 이송컨베이어와 선별작업을 위한 공간확보를 위해서 회전반경이 큰 턴테이블식 유압크레인은 부적합하게 판단되었다.



그림 172 턴테이블 유압크레인의 회전반경

변경 된 메인프레임에 이송컨베이어와 적재대를 적용하였으며, 작업공간에 간섭을 최소화하며 작물 하역시 하중을 분산시킬 수 있는 구조로 설계된 상하각도가변형 유압크레인을 적용하였다.

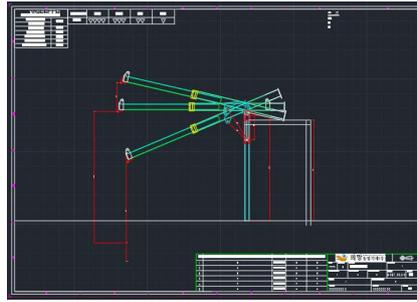


그림 173 상하각도가변형 유압크레인 설계도면

적용된 유압크레인은 끝단에 톤백의 거치가 용이한 흑블럭을 적용하였으며, 작업대에 설치된 리모컨 조작으로 길이와 각도의 가변하여 적재대에서 편리하게 하역이 가능하다.



그림 174 톤백의 거치가 용이한 흑블럭



그림 175 유압크레인 리모컨



그림 176 크레인에 의한 작물 하역



그림 177 톤백이 적용된 흑블럭



그림 178 상하각도가변형 유압크레인의 길이 및 각도 조절

작업공간의 확보를 위해 메인프레임의 길이를 기존 2,500mm에서 3,520mm로 확장하였으며, 허용하중을 높이기 위해 프레임을 기존 4T에서 5.8T로 변경하였다.

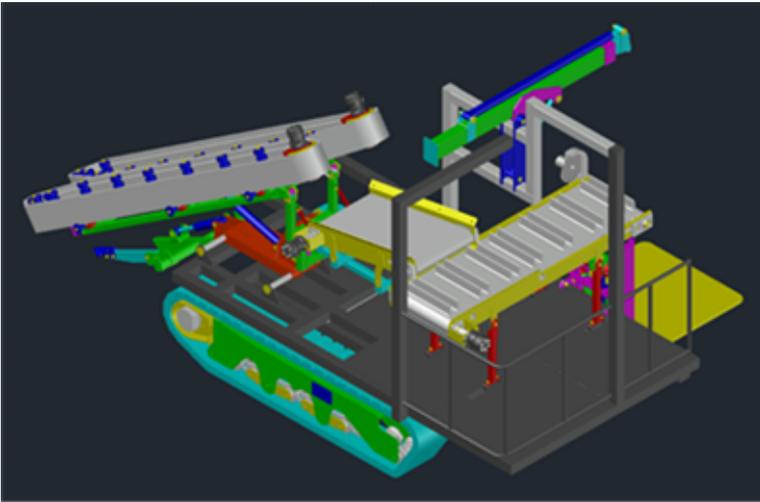


그림 179 이송, 적재, 하역이 개선된 시제품 컨셉 3D



그림 180 선별작업이 가능한 작업부

새롭게 추가된 파트들을 고려했을 때 엔진의 스펙업이 필요하다고 판단되었으며, 공동 연구개발기관과 시뮬레이션 내용을 검토해 아래 엔진을 선정하여 교체했으며, 쿨링이 가능한 구조의 엔진 케이싱 작업을 수행했다.



그림 181 대동공업의 4B243TLWS



그림 182 엔진부 케이스

표 97

적용 엔진의 제원	
Type	4B243TLWS
Rated RPM	2600
Rated Power (kw/HP)	44 / 59
Max. Torque (N·m/rpm)	190 / 1800
Engine Type	4-Cylinder, 4-Cycle, In-line, Diesel, Water cooled, Turbo

④ 무·배추 인발 및 이송시스템이 적용된 시제품의 성능시험

무·배추 수확 성능 성적 도출을 위해 전남 나주시에 당사에서 보유한 테스트배드와 섭외한 농가에서 한국농업기계화정책연구원의 입회하에 성능시험을 진행하였다.



그림 183 시험포장 1



그림 184 시험포장 2

성능시험은 평균작업속도, 포장작업능률 등을 확인하는 작업능률시험과 작물의 손실율, 손상율 등을 확인하는 작업정도시험으로 두 가지 종류의 시험을 1대의 주행플랫폼에 각 수확장치를 적용하여 각각 1회씩 진행하였다.

표 98 자주식 무·배추 겸용수확기의 성능시험 성적

항목		시험조건	
		무	배추
포장조건	종류	밭	밭
	두둑형상	등근두둑(1조)	등근두둑(1조)
	두둑높이	15 cm	15 cm
	두둑폭	40cm(골폭 35cm)	25cm(골폭70cm)
	조간×주간	75×30 cm	95×40 cm
공시작물		청두무	추광배추
작업자 수		3명(운전 1, 선별 2)	3명(운전 1, 선별 2)
항목		시험성적	
		무	배추
작업능률	평균작업속도	0.23 m/s	0.12 m/s
	포장작업능률	1.80 h/10a	2.76 h/10a
	연료소비량	-	4.4 L/h
작업정도	평균작업속도	0.23 m/s	0.17 m/s
	손실률	2.9 %	0.0 %
	손상률	0.0 %	0.4 %

성능시험의 조건과 시험결과는 위의 표와 같으며, 모든 성적은 목표했던 성적과 같거나 초과달성했다.



그림 185 성능시험

8) 인발부와 자세제어 시스템과의 연동 테스트

⑤ 자세제어 발동각도 최소화

자주식 수확기의 경우 주행플랫폼 위에 인발장치가 배치되어있는 형태이다. 때문에 지면의 굴곡, 또는 요철등에 의해 주행플랫폼의 각도가 기울게 되면 인발장치도 함께 기울어지게 되는데, 이는 작물이 인입부에 안정적으로 진입하지 못하는 원인이 된다.



그림 186 배추의 인입부 진입장면

위와 같은 문제를 완화하기 위해 지면의 각도에 따라 대응할 수 있는 구조가 필요했다. 현재 개발되어있는 농업기계 중 콤바인에 적용되어있는 수평조절장치의 경우 어떠한 지형에서도 수평을 유지하여 각도변형에 따라 지면에 닿을 수 있는 작업부의 손상을 방지하며, 수직으로 자란 작물의 수확 또한 용이하도록 설계되어있다.

그러나 이러한 구조의 시스템은 본 연구의 시제품에 적용하기에는 필요로 하는 공간 및 장치의 중량 차지가 상당하여 이미 고중량의 해당제품에 적용하기 위해서는 원가상승이 불가피 했으며, 이는 농민의 소득과 생산효율을 증가시킨다고 보기에 어렵다고 판단되었다.

이에 따라 밭에서 작물 수확시 본 연구를 통해 개발된 제품이 수평이 유지되지 못하도록 하는 요인을 조사하여 이에 적합한 파트에 대한 설계 및 개발을 통해 경제적으로나 기능적으로나 효율적인 수평제어시스템을 개발하고자 했다.

이에 대한 연구개발 내용은 아래와 같다.

⑥ 각도에 따라 대응이 가능한 인발부 각도 조절장치

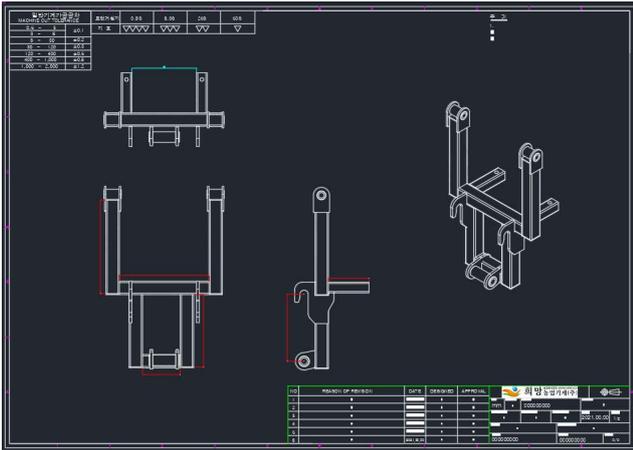


그림 187 수평조절장치 설계 2D

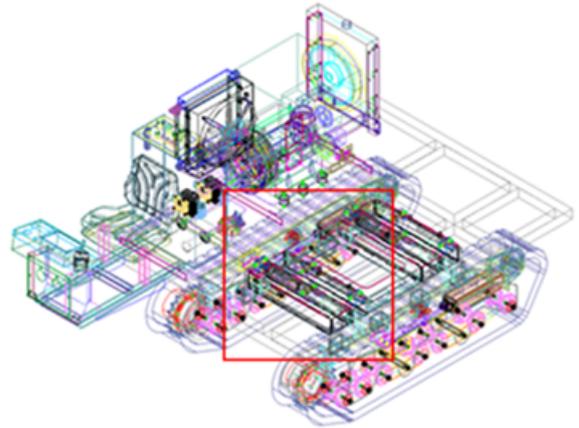


그림 188 수평조절장치 배치 표시

메인프레임의 좌측전방에 배치된 수평조절장치는 좌·우로 약 5°씩 각도 조절이 가능한 구조로 설계되었다.

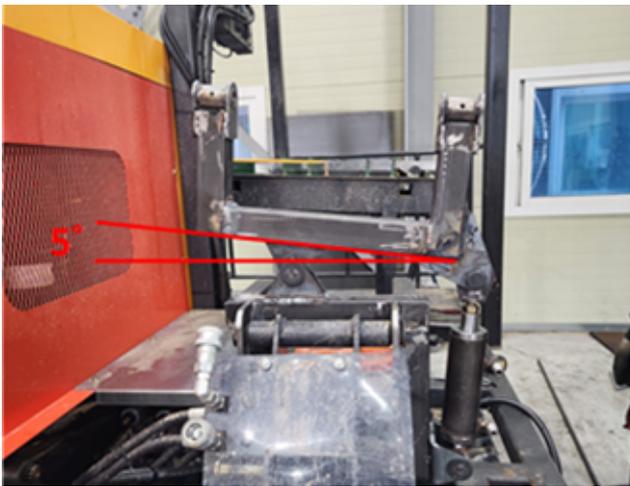


그림 189 실린더 후진행정



그림 190 실린더 전진행정

수평제어장치의 측면에 배치된 유압실린더의 행정운동에 의해 1개의 축으로 결합된 프레임이 좌·우 가변되는 구조이며, 유압실린더의 경우 조작부에 배치된 레버에 의해 작동된다.



그림 191 각도조절 유압실린더



그림 192 수평조절장치의 측면



그림 193 수평조절장치 작동레버



그림 194 수평조절장치가 적용된 인발장치의 사진. 왼쪽부터 실린저 후진행정, 수평, 전진행정

⑦ 윤거조절장치 전도방지센서 적용

인발장치 외에 추가적으로 지면의 상태에 따라 대응할 수 있도록 윤거조절장치에 전도방지센서를 적용하였다. 이는 밭에 진입한 작업기가 윤거와 두둑의 간격이 맞지않아 일정 각도 이상 기울게 되면 윤거를 넓혀 고랑에 맞춰 배치될 수 있도록 경보를 울리며 작동하게 된다. 해당 기능은 On/Off가 가능하여 상황에 따라 적용할 수 있도록 설계되어있다.



그림 195 밭두둑의 규격에 대응한 윤거조절장치



그림 196 수평제어 센서

해당 기능은 공인기관(한국농업기술진흥원)에서 전도시험을 진행하여 작동되는 지점이 좌 14.6° 우 14.3°임을 확인하였다. 이는 당초 목표치인 15°보다 약 4% 초과 달성한 것으로 볼 수 있다.

항목		내용
주행장치	차륜의 종류	무한궤도
	무한궤도 폭	300 mm
	차륜거리	1 400~1 800mm (경사 시 자동조절되는 구조)
전도시험	시험방법	전도 시 전도예방장치 작동(차륜조절) 시점까지 경사판 상승
	전도예방장치 작동각도	좌 14.6° 우 14.3°

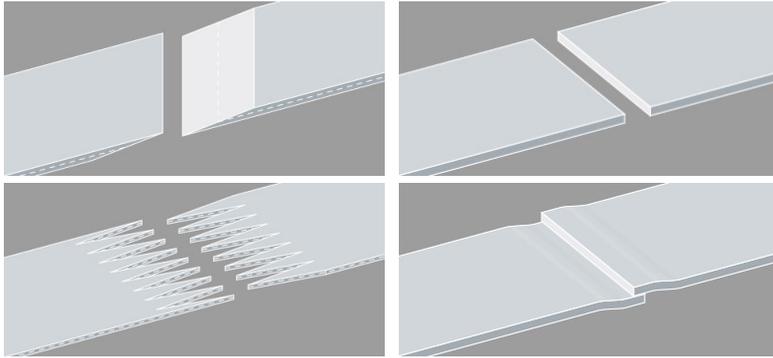


그림 197 전도시험 장면. 좌측부터 수평, 수평제어 작동 전, 작동 후

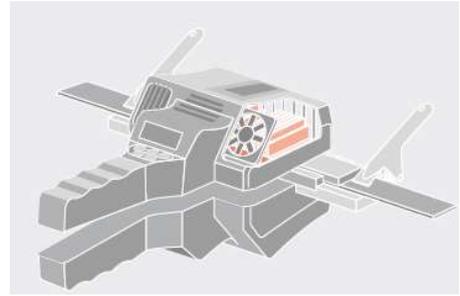
9)향후 제품화를 위한 기술 문제점 도출 & 방안 모색 & 사업화 전략

a.벨트 비용 절감 및 A/S 비용 절감을 위한 방안의 구체화

본과제에서 적용하는 무/배추 수확기의 경우 평 벨트 및 CR스펀지 벨트를 적용 하여 사용 중에 있으며 가격에 대한 획기적인 절감 방안은 원가에 대한 부분임으로 발주 물량의 수량을 대량 주문하여 단가 부분을 최소화 시키는 방안을 제안함.



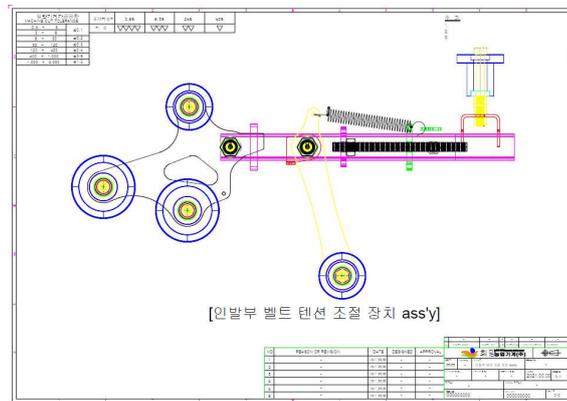
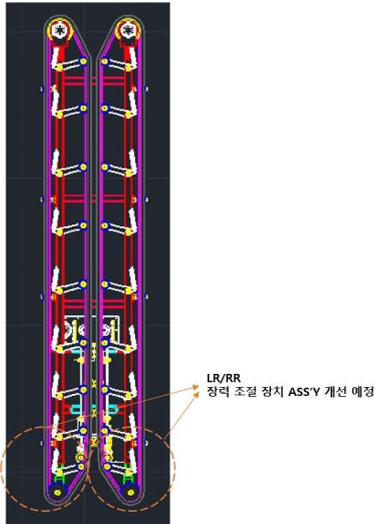
벨트 A/S 유지 보수의 형상 예시



용착 설비의 예

A/S의 경우 일부 벨트의 마모&CRACK&SCRATCH등의 요인에 의해 파손되거나 결손되는 부위의 유지 보수를 위한 절삭,연삭,본딩,분리/박피,용착,클램핑등의 유지보수 장치/장비를 내부적으로 갖춰 향후 A/S 되는 비용에 대한 절감을 꾀할 수 있도록 할 것임.

b.자주식 무,배추 검용 수확기에서 교체용 부품들(벨트 등) 교체 용이성 &편이성에 대한 고찰



벨트 교체의 용이성을 위한 방안으로 첫 번째로 개선 Tension 조절 장치를 고안하여 이를 적용 시킨 제품으로 교체할 수 있도록 할 것이며, 특히 좌우에 위치하는 인발부 케이스의 탈착을 용이 하게끔 기존 볼트 체결 조립방식에서 개폐 할 수 있는 클램프 방식으로 구조 및 설계를 반영 시켜 개선 시킬 계획임.

차후 A/S 사업부와의 연계를 통해 작업자 벨트 교체 교육을 도입하여 실 고객(개인/업체/기관)의 손쉬운 교체 용이성을 극대화 할 것임.

c. 사업화 전략

◎사업화 전략 시기 및 방법

24년 말 기준으로 자주식 무/배추 겸용 수확기의 검정성적을 취득후 조달청&한국농기계공업협동조합 통한 판매를 개시할 계획임. 농업기계 모델등록 및 판매 개시 시기는 소요 시기는 약 2년 정도 소요 될 것으로 예상됨.

◎제품 홍보

- ✓ 국내외 전시회 참가를 통한 귀농. 귀촌 전시회 참가하여 제품의 편의성 및 우수성 홍보
- ✓ 온라인 홈페이지 및 동영상을 이용한 홍보 활동
- ✓ 기존 당사 제품을 납품한 농기계 임대사업소에 교육, 홍보 실시
- ✓ 신장비 임대 지원 (보조사업)을 통한 기계 출고,
- ✓ 장비사용/유지보수 운용 기술교육을 활용

기존 당사 제품 납품한 전국 농기계 임대사업소 현황												
광주	정읍시	김제시	횡성군	나주시	영광군	청주시	순창군	고창군	공주시	화순군	고흥군	군산시
수원시	남원시	진안군	평창군	담양군	장성군	청원군	부안군	구미시	당진시	장흥군	의령군	남원시
화성시	김제시	임실군	양구군	곡성군	완도군	영동군	전주시	상주시	홍성군	강진군	함안군	동해시
연천군	진안군	순창군	원주시	구례군	진도군	괴산군	군산시	고령군	태안군	해남군	합천군	서천군
여주시	임실군	부안군	홍천군	보성군	신안군	전주시	정읍시	성주군	서산시	무안군	하동군	함평군

◎전국 총판(대리점)을 활용한 홍보 진행

번호	총판 이름
1	서부총판(희망농기계)
2	남부총판(희망농기계)
3	경북총판(희망농기구)
4	충남.전북총판(제트스타)
5	강원도·충북총판(만도종합기계)
6	경기총판(대동이천대리점)
7	경기중부총판(엘엠아이)



구분		2024 년	2025 년	2026 년
국 내	기계화율(%)	5%	10%	25%
	판매량(단위: 대)	2	5	12
	판매단가(원)	70,000,000	70,000,000	70,000,000
	국내매출액(백만원)	120	300	720
해 외	판매량(단위: 대)	0	1	3
	판매단가(\$)	54,200	54,200	54,200
	해외매출액(\$)	0	54,200	162,600
당사 생산능력		5대/month	10대/month	15대/month

◎제품의 고도화 및 생산 프로세스의 정립

수확기 제품의 제작을 위한 각 요소 기술로 인발부,플랫폼부의 각각의 파트리스트 및 BOM을 최종적인 REV. 및 양산 도면화 할것이며, 생산 기반 주요 공정인 가공,용접,조립 등에 대한 세부 개발 프로세스를 정립하여 각 주요 공정에 대한 작업표준서 등을 정립 이를 반영한 제작 원가표를 작성하여 관리할 계획임.

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

연구목표	연구개발 성과
① 기술 조사 및 주행 플랫폼 개발 및 제작	- 윤거조절이 가능한 주행장치가 적용된 궤도부 - 윤거조절 400mm 가능(공인기관성적) - 경사에 따른 대응이 가능한 자세제어 시스템 개발 - 인력 소요를 최소화한 수확물 이송크레인 개발
② 동력 시스템 제작	- HST 기반의 안정화된 동력시스템 설계 및 개발
③ 무·배추 겸용 수확시스템 개발	- 한 대의 주행플랫폼에 두 가지의 작물수확기능 적용이 최적화된 이송라인 설계 및 개발 - 인발장치의 교체구조 최적화
④ 동력전달부 시뮬레이션 모델 개발 및 분석	- 시스템 분석 및 동력전달에 있어서 중요인자 도출을 통한 시뮬레이션 모델 개발 - 주요부품 재원을 이용한 시뮬레이션 모델 개발로 동력전달부의 최적화
⑤ 무·배추 재배양식 현황 조사 및 분석	- 작물수확 기계화에 적합한 표준재배양식안 구명
⑥ 수확 시스템 제작	- 무·배추 인발 및 이송시스템 제작 - 테스트를 통한 문제점 도출 및 보완
⑦ 인발부와 자세제어 시스템과 연동 테스트	- 공인기관 성능시험을 통한 자세제어시스템 성능 검증 - 당초 목표치였던 자세제어시스템 발동각도 15°보다 초과 달성한 좌 14.6°, 우 14.3° 달성
⑧ 현장 실증 시험 및 성능평가	- 공인기관 성능시험을 통한 인발부 작동성능성적 도출 - 포장작업능률 목표: 3h/10a -> 달성: (배추) 2.76%, (무) 1.80 h/10a - 무 손실을 목표: 3 % -> 달성: 2.9% - 배추 손실을 목표: 5 % -> 달성: 0% - 무 손상률 목표: 3% -> 달성: 0% - 작업속도 목표: 0.1 ~ 0.3 m/s -> 달성: (배추1) 0.12 m/s, (배추2) 0.17 m/s, (무) 0.23 m/s - 목표성능에 달성을 위한 실증시험 최적화
⑨ 시뮬레이션 모델 검증 및 성능평가	- 부하 예측 시스템 개발을 통한 시뮬레이션 모델 검증 - 데이터 분석을 통한 시뮬레이션 모델의 보완
⑩ 표준재배양식(안) 실증시험	- 현장실증을 통한 표준재배양식 제시

(2) 정량적 연구개발성과(해당 시 작성하며, 연구개발과제의 특성에 따라 수정이 가능합니다)

< 정량적 연구개발성과표 >

(단위 : 건, 천원)
(단위 : 건, 천원)

성과지표명		연도	1차년도 (2021)	2차년도 (2022)	계	가중치 (%)
전담기관 등록·기탁 지표 ¹⁾	특허출원	목표(단계별)	2	-	2	10
		실적(누적)	2	1	3	
	특허등록	목표(단계별)	-	1	1	10
		실적(누적)	-	2	2	
	비SCI 논문	목표(단계별)	-	1	1	-
		실적(누적)	-	1	1	
	학술발표	목표(단계별)	1	1	2	10
		실적(누적)	1	1	2	
연구개발과제 특성 반영 지표 ²⁾	기술실시 (이전)	목표(단계별)	-	1	1	10
		실적(누적)	-	1	1	
	기술료	목표(단계별)	-	13,160	13,160	10
		실적(누적)	-	16,000	16,000	
	제품화	목표(단계별)	-	1	1	10
		실적(누적)	-	1	1	
	매출액	목표(단계별)	-	-	-	10
		실적(누적)	-	-	-	
	고용창출	목표(단계별)	-	1	1	10
		실적(누적)	-	2	2	
	교육지도	목표(단계별)	1	1	2	10
		실적(누적)	1	1	2	
	홍보전시	목표(단계별)	-	1	1	10
		실적(누적)	-	1	1	
	계	목표(단계별)	4	13,168	13,172	100
		실적(누적)	4	16,011	16,015	

- * 1) 전담기관 등록·기탁 지표: 논문[에스시아이 Expanded(SCIE), 비SCIE, 평균Impact Factor(IF)], 특허, 보고서원문, 연구시설·장비, 기술요약정보, 저작권(소프트웨어, 서적 등), 생명자원(생명정보, 생물자원), 표준화(국내, 국제), 화합물, 신물질 등을 말하며, 논문, 학술발표, 특허의 경우 목표 대비 실적은 기재하지 않아도 됩니다.
- * 2) 연구개발과제 특성 반영 지표: 기술실시(이전), 기술료, 사업화(투자실적, 제품화, 매출액, 수출액, 고용창출, 고용효과, 투자유치), 비용 절감, 기술(제품)인증, 시제품 제작 및 인증, 신기술지정, 무역수지개선, 경제적 파급효과, 산업지원(기술지도), 교육지도, 인력양성(전문 연구인력, 산업연구인력, 졸업자수, 취업, 연수프로그램 등), 법령 반영, 정책활용, 설계 기준 반영, 타 연구개발사업에의 활용, 기술무역, 홍보(전시), 국제화 협력, 포상 및 수상, 기타 연구개발 활용 중 선택하여 기재합니다
(연구개발과제 특성별로 고유한 성과지표를 추가할 수 있습니다).

< 연구개발성과 성능지표 >

평가 항목 (주요성능 ¹⁾)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 ²⁾ (%)	세계 최고		연구개발 전 국내 성능수준	연구개발 목표치		목표설정 근거
			보유국/보유기관	성능수준	성능수준	1차년도 (2021)	2차년도 (2022)	
1 포장작업능 률	hr/10a	20	2~4 (일본/Yanmar)	3	3	-	3	땅속작물수 기 검정기:
2 무손실율	%	10	3	일본/ Yanmar	3	-	3	땅속작물수 기 검정기:
3 배추손실율		10	5	·	5	-	5	
4 무 손상률	%	15	3(일본/Yanmar)	5	3	-	3	땅속작물수 기 검정기:
5 윤거조절폭 (최대-최소)	mm	15	400mm±10mm	310mm	400mm±10mm	-	400mm±10m m	·
6 수평제어 발동 각도	°	15	15°이하	·	15°이하	-	15°이하	·
7 작업속도	m/s	15	0.1~0.3 (일본/Yanmar)	0.1~0.3	0.1~0.3	-	0.1~0.3	땅속작물수 기 검정기:

- * 1) 정밀도, 인장강도, 내충격성, 작동전압, 응답시간 등 기술적 성능판단기준이 되는 것을 의미합니다.
- * 2) 비중은 각 구성성능 사양의 최종목표에 대한 상대적 중요도를 말하며 합계는 100%이어야 합니다.

(3) 세부 정량적 연구개발성과(해당되는 항목만 선택하여 작성하되, 증빙자료를 별도 첨부해야 합니다)

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Development of simulation model of hydraulic power transmission for agricultural multipurpose driving platform	Precision Agriculture Science and Technology	서종빈	4	대한민국	2022 Korean Society of Precision Agriculture	비SCI	2022-12-30	pISSN : 2672-0086 eISSN : 2713-5632	30%

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	드라이브·컨트롤 2021년 추계학술대회	이준호	(2021-11-11)	일산킨텍스1전시관207호	대한민국
2	2022년도 IT융합부문 춘계학술대회	이준호	(2022-05-25)	안동그랜드호텔	대한민국

[기술적 성과]

지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	무 수확기	대한민국	이리중	21-12-16	10-2021-0180424	10-2418741	이리중	22-07-05	10-2418741	100	
2	무 수확기용 피복 제거장치	대한민국	이리중	21-12-22	10-2021-0185400	10-2439042	이리중	22-08-29	10-2439042	100	
3	무 수확기의 인발장치	대한민국	이리중	22-07-04	10-2022-0081689		이리중			100	

○ 지식재산권 활용 유형

※ 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타
1	√	√	√							
2	√	√	√							
3	√	√	√							

[경제적 성과]

시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	자주식 무·배추 겸용수확기	2022.11.2.	농업회사법인 희망농업기계 주식회사	농업회사법인 희망농업기계 주식회사	농업용	2년		

기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	특허권 양도	트랙터 기어펌프의 작동유 산화 감지 시스템 및 방법	충남대학교 산학협력단	2022.12.19	16,000,000	

* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과		-		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	-		
	소요예산(천원)	-		
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후
		-	-	-
	시장 점유율	현재까지	3년 후	5년 후
	단위(%)			
	국내	-	-	-
	국외	-	-	-
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	-		
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후
		-	-	-
	수출	-	-	-

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2021년	2022년	
1	자주식 무·배추 겸용수확기 개발	농업회사법인희망농업기계주식회사	2	-	2
합계			2	0	2

□ 고용 효과

구분		고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력	1
		생산인력	1
	개발 후	연구인력	2
		생산인력	0

[사회적 성과]

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	전시회참가	KIEMSTAR 2022	대한민국국제농기계자재박람회	2022.11.2. - 11.5
2	SCNU 뉴스(대학)	웹사이트	융합바이오시스템기계공학과, 희망농업기계(주)·(주)금철과 인력 양성 업무 협약 체결	2022.12.07

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
-	-	-	-	-	-	-

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
① 기술 조사 및 주행 플랫폼 개발 및 제작	- 윤거조절이 가능한 주행장치가 적용된 레도부 - 윤거조절 400mm 가능(공인기관성적) - 경사에 따른 대응이 가능한 자세제어 시스템 개발 - 인력 소요를 최소화한 수확물 이송크레인 개발	100
② 동력 시스템 제작	- HST 기반의 안정화된 동력시스템 설계 및 개발	100
③ 무·배추 겸용 수확시스템 개발	- 한 대의 주행플랫폼에 두 가지의 작물수확기능 적용이 최적화된 이송라인 설계 및 개발 - 인발장치의 교체구조 최적화	100
④ 동력전달부 시뮬레이션 모델 개발 및 분석	- 시스템 분석 및 동력전달에 있어서 중요인자 도출을 통한 시뮬레이션 모델 개발 - 주요부품 재원을 이용한 시뮬레이션 모델 개발로 동력전달부의 최적화	100
⑤ 무·배추 재배양식 현황 조사 및 분석	- 작물수확 기계화에 적합한 표준재배양식안 구명	100
⑥ 수확 시스템 제작	- 무·배추 인발 및 이송시스템 제작 - 테스트를 통한 문제점 도출 및 보완	100
⑦ 인발부와 자세제어 시스템과 연동 테스트	- 공인기관 성능시험을 통한 자세제어시스템 성능 검증 - 당초 목표치였던 자세제어시스템 발동각도 15°보다 초과달성한 좌 14.6°, 우 14.3° 달성	100
⑧ 현장 실증 시험 및 성능평가	- 공인기관 성능시험을 통한 인발부 작동성능성적 도출 - 포장작업능률 목표: 3h/10a -> 달성: (배추) 2.76%, (무) 1.80 h/10a - 무 손실을 목표: 3 % -> 달성: 2.9% - 배추 손실을 목표: 5 % -> 달성: 0% - 무 손상률 목표: 3% -> 달성: 0% - 작업속도 목표: 0.1 ~ 0.3 m/s -> 달성: (배추1) 0.12 m/s, (배추2) 0.17 m/s, (무) 0.23 m/s - 목표성능에 달성을 위한 실증시험 최적화	100
⑨ 시뮬레이션 모델 검증 및 성능평가	- 부하 계측 시스템 개발을 통한 시뮬레이션 모델 검증 - 데이터 분석을 통한 시뮬레이션 모델의 보완	100
⑩ 표준재배양식(안) 실증시험	- 현장실증을 통한 표준재배양식 제시	100

4. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

○농업기계 분야

- 굴취, 수확, 후처리, 수집, 이송작업기의 일원화
- 임대사업소 등 관련 기관들에 대한 교육을 통해 개발품의 우수성 홍보하고, 이에 따른 보급률 상승
- 미약한 수확기계 시장에 자주식 무·배추 겸용수확기 도입으로 기술경쟁력 상승
- 다양한 작업이 동시 수행 가능한 제품 개발로 부품설계 및 제조기술 확보
- 연구개발성과인 시제품의 제품화로 시장선점 및 기업의 매출향상
- 장비구입비 절감을 통한 농가 부담 완화
- 농업기계의 생산 및 판매역량 확보를 위한 고용창출

○밭농업 기계화 분야

- 밭농사 주요작업 중 하위권의 기계화율을 가진 수확작업의 기계화율 향상
- 기계화에 적합한 재배양식 제시로 밭의 규격화 방법 제시
- 밭의 규격에 따른 대응이 가능한 주행플랫폼으로 논농사 대비 불리한 환경의 밭농사 기계화 활성화
- 수확작업시 소요되는 인건비, 인력수급에 대한 농가부담완화

(단위 : 백만원, %)

총괄과제명	세부과제명	기관명	유형	총 연구개발비 (A)	정부지원 연구개발비 (B)	정부지원 연구개발비 비율 (C=B/A)	성과 유형	기술기여도	
								산정 근거	비율
자주식 무·배추 겸용수확기 개발	자주식 무·배추 겸용수확기 개발	농업회사 법인희망 농업기계 주식회사	중소기업 (영리)	1,091.3	633	58%	신규 기술개발	11-①	58%
계				1,091.3	633	58	-	-	-

5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

[판매전략]

- 연구개발종료 후 종합검정 및 모델등록을 통한 판매준비
- 전국 기술센터 및 임대사업소 홍보를 통한 판로 확보
- 주관연구개발기관 보유한 전국 총판 교육을 통한 홍보 및 판매
- 농업기계 관련 언론, 유튜브, 웹사이트 등 다양한 매체를 통한 홍보 및 판매

[홍보방안]

- 농업기계 신문, 월간지 등의 언론 매체 투고
- 개발품의 작업과정, 소개등의 영상제작
- 국내·외 전시·박람회 참가를 통한 홍보

[투자계획]

- 특허출원을 통한 기술경쟁력 확보
- 제품 생산을 위한 생산라인 구축과 인력채용
- 지속적인 연구개발비 투입

[생산 및 판매계획]

- 수확, 굴취, 후처리, 수집, 이송까지 하나의 주행플랫폼에 적용된 제품 생산
- 무와 배추 인발장치의 유니트화로 구매자의 작업용도에 따라 구입 가능

표 124 유닛 및 세트별 소비자가격 계획

(단위 : 천원)

Price/Unit	주행플랫폼	무인발장치	배추인발장치	무·배추겸용수확기
가격	47,000	10,000	13,000	70,000

- 연구개발 종료 후 아래와 같이 매출액 및 기술료 달성을 계획하고 있음.

표 125 연구개발 종료 매출액 및 기술료 달성 목표

(단위 : 천원)

금액/년도	2023	2024	2025	2026	2027
매출액	120,000	300,000	600,000	1,200,000	1,800,000
기술료	835	2,088	4,176	8,353	12,529

< 연구개발성과 활용계획표 >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)	연구개발 종료 후 5년 이내					
	2023	2024	2025	2026	2027	
국외논문	SCIE	-	-	-	-	
	비SCIE	-	-	-	-	
국내논문	SCIE	-	-	-	-	
	비SCIE	-	-	-	-	
특허출원	국내	1	-	-	1	
	국외	-	-	-	-	
특허등록	국내	-	1	-	-	
	국외	-	-	-	-	
인력양성	학사	-	-	-	-	
	석사	-	-	-	-	
	박사	-	-	-	-	
사업화	시제품개발	-	-	-	-	
	상품출시	-	1	-	-	
	기술이전	-	-	-	-	
	공정개발	-	-	-	-	
	매출액(단위 : 천원)	120,000	300,000	600,000	1,200,000	1,800,000
기술료(단위 : 천원)	835	2,088	4,176	8,353	12,529	
비임상시험 실시		-	-	-	-	
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상	-	-	-	-
		2상	-	-	-	-
		3상	-	-	-	-
	의료기기	-	-	-	-	-
진료지침개발		-	-	-	-	
신의료기술개발		-	-	-	-	
성과홍보		-	-	-	-	
포상 및 수상실적		-	-	-	-	
정성적 성과 주요 내용		-	-	-	-	

※ 기술료 산정 = 예상매출액 × 기술기여도(정부지원연구개발비/총연구개발비=58%) × 기술료율(중소기업 5%) × 감면율(과제참여 80%) × 일시납추가감면(30%)

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항		별첨 자료
1.	-	1) 자체평가의견서
		2) 연구성과 활용계획서
2.	-	1) 참고문헌
		2) 증빙자료
		3) 시험성적서

[별첨1-1]

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		121030-2	
사업구분	농식품기술개발사업				
연구분야	농림축산분야			과제구분	단위
사업명	첨단농기계사업화기술개발				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	자주식 무배추 겸용 수확기 개발			과제유형	개발
연구개발기관	농업회사법인희망농업기계주식회사			연구책임자	이리중
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2021.04.01. - 2021.12.31	400,000	65,000	465,000
	2차년도	2022.01.01. - 2022.12.31	533,000	93,300	626,300
	계	2021.04.01. - 2022.12.31	933,000	158,300	1,091,300
참여기업	농업회사법인 희망농업기계 주식회사				
상대국	상대국연구개발기관				

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2022년 12월 31일

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
농업회사법인 희망농업기계 주식회사	대표이사	이리중

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	이리중	
----	-----	---

[별첨1]

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		121030-2	
사업구분	농식품기술개발사업				
연구분야	농림축산분야			과제구분	단위
사업명	첨단농기계사업화기술개발				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	자주식 무배추 검용 수확기 개발			과제유형	개발
연구개발기관	농업회사법인희망농업기계주식회사			연구책임자	이리중
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2021.04.01. - 2021.12.31	400,000	65,000	465,000
	2차년도	2022.01.01. - 2022.12.31	533,000	93,300	626,300
	계	2021.04.01. - 2022.12.31	933,000	158,300	1,091,300
참여기업	농업회사법인 희망농업기계 주식회사				
상대국	상대국연구개발기관				

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2022년 12월 31일

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
농업회사법인 희망농업기계 주식회사	대표이사	이리중

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	
----	--

I. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수

본 연구개발의 결과물인 작물의 수확, 굴취, 후처리, 수집, 이송 등의 작업이 동시에 수행가능한 자주식 무·배추 겸용 수확기체는 한 대의 플랫폼으로 두 가지의 작물의 수확작업이 가능하다. 이는 기존 국내 시장에 도입되지 않은 기술로서 우수성과 창의성을 인정할 수 있다 판단되며, 인력수급, 인건비, 장비구입비 등의 절감이 가능해 농가의 경영부담을 줄여줄 수 있다.

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수

- 국내에 생성되지 않은 무, 배추 수확기 시장 개척
- 기계활용성능을 상승 시킬 수 있는 재배규격제시로 발작물 재배과정 중 가장 낮은 수확과정의 기계화율을 향상
- 다양한 작업이 일괄적으로 가능한 수확기계 제조기술 확보
- 연구개발을 통해 확보된 기술로 기업의 경쟁력 향상
- 인력수급, 인건비, 장비구입비등의 농가 부담 완화
- 수확작업속도의 향상으로 상품성 보존범위 확대
- 자주식 무·배추 겸용수확기체의 생산, 판매 증가를 통한 고용창출

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수

- 개발된 주행플랫폼을 활용, 무·배추 외 다른 작물들의 수확기계 개발 가능
- 기계 수확에 적합한 재배규격 제시로 발농업의 규격화 가능
- 개발 된 수확기체의 보급을 통한 농업기계 임대사업 활성화
- 작물 재배 인력수급 안정화

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수

- 개발품의 설계, 개발, 현장실증의 결과를 분석, 연구, 보완하는 일련의 과정에 있어서 적극적인 상호협력
- 연구개발기간 내 목표한 성과를 모두 달성 또는 초과달성
- 기술이전을 통해 전문기술을 공유하여 첨단농기계 산업화 기술개발을 성실히 수행

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수

○학술발표

- 드라이브·컨트롤 2021년 추계학술대회 논문집 “무배추 수확기 동력전달부 시뮬레이션 모델 개발에 관한 연구” 이준호,강영선,김용주(충남대) (2021-11-11)
- 2022년도 IT융합부문 춘계학술대회 논문집 “자주식 무배추 수확기 동력전달부 및 인발부 시뮬레이션 모델 개발” 이준호,강영선,김용주(충남대) (2022-05-25)

○특허출원/등록

- 등록번호 제 10-2418741호 / 무수확기 / 출원: 2021-12-16 / 등록: 2022-07-05
- 등록번호 제 10-2439042호 / 무 수확기용 피복제거장치 / 출원: 2021-12-22 / 등록: 2022-08-29
- 출원번호 제 10-2022-0081689호 / 무 수확기의 인발장치 / 출원: 2022-07-04

○논문

- 비SCI논문 : Development of simulation model of hydraulic power transmission for agricultural multipurpose driving platform / Jong Bin Seo¹, Hyeon Ho Jeon², Seung Yun Baek², Seung Min Baek², Yong Joo Kim^{1,2} / 2022-12-30

○기술이전

- 특허 제 10-2382381호의 특허권을 양도받아 기술이전 성과를 달성함

○기술료

- 상기 기술이전의 기술료를 16백만원으로 이전받아 기존 목표했던 기술료의 22%를 초과달성함

목표한 성과를 성실히 달성하였으며, 지식재산권의 경우 당초 목표한 2건의 출원보다 1건 더 수행하여 총 3건으로 초과달성, 기술료는 기존 목표금액 13.16백만 원의 의 약 22%인 2.84백만 원을 초과달성함

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
기술 조사 및 주행 플랫폼 개발 및 제작	10	100	관련 기술 조사와 보유기술을 통한 주행플랫폼, 자세제어시스템, 수확물 이송크레인의 개발을 성실히 수행함
동력 시스템 제작	10	100	전문적인 분석을 통해 HST기반의 동력부 설계 및 제작을 성실히 수행함
무·배추 검용 수확시스템 개발	10	100	무·배추 인발부와 이송라인의 효과적이고 실용적인 시스템의 분석 및 개발함
동력전달부 시뮬레이션 모델 개발 및 분석	10	100	시스템 분석 및 중요인자를 도출하여 동력전달부와 주요부품의 정확도 높은 시뮬레이션 모델을 개발함
무·배추 재배양식 현황 조사 및 분석	10	100	기계화에 적합한 표준재배안을 구명함
수확 시스템 제작	10	100	무·배추의 효과적인 인발 및 이송시스템을 제작하였으며, 이에 관련한 테스트를 통해 신뢰성을 확보
인발부와 자세제어 시스템과 연동 테스트	10	100	공인기관의 성능시험을 통해 자세제어 시스템과 인발부의 연동을 확인함
현장 실증 시험 및 성능평가	10	100	최적화된 실증시험 준비를 통해 인발부의 작동성능을 확인하고, 개발 된 재배양식의 적합성을 검토함
시뮬레이션 모델 검증 및 성능평가	10	100	개발품에 대한 부하계측시스템을 개발하여 모델을 검증하고, 데이터 분석을 통해 시뮬레이션 모델을 보완함
표준재배양식(안) 실증시험	10	100	실증시험을 통한 표준재배양식의 구체화와 현실성있는 표준재배양식을 제시함.
합계	100	100	당초 계획한 목표에 적합한 연구개발을 통해 우수한 성과를 달성함.

Ⅲ. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

국내에서 생산되는 발작물 중 상당량을 차지하는 무, 배추의 효율적인 수확이 가능한 자주식 플랫폼을 개발하였으며, 개발품에 대한 인발부 개선, 동력시스템 분석, 기계화에 적합한 재배모델 개발등을 통해 당초 계획했던 성과보다 기능이 확대된 수확기계를 개발함.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

개발품의 기능구성에 있어서 당초 계획되지는 않았으나, 단순히 계획에만 맞춘 구성이 아닌 효과적이고 현실적인 필요기능을 도출 및 개발하여 적용하였음.

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

개발이 완료된 자주식 무·배추 겸용 수확기의 원활한 보급을 위해 생산라인을 증설하고, 농민들의 사용상의 문제점 해결, 의견수집등을 위해 서비스센터, 웹사이트 등 다양한 인프라를 구축하고자 하며, 개발된 플랫폼을 활용하여 다양한 작물의 수확기를 개발하여 발농업기계화의 활성화를 도모하고자 함.

Ⅳ. 보안성 검토

해당사항 없음

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

해당사항 없음

2. 연구개발기관 자체의 검토결과

해당사항 없음

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야	농림축산분야	
연구과제명	자주식 무·배추 겸용 수확기 개발			
주관연구개발기관	농업회사법인 희망농업기계 주식회사	주관연구책임자		
연구개발비	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타	총연구개발비
	933,000천 원	158,300천 원	-	1,091,300천 원
연구개발기간	2021년 04월 01일 ~ 2022년 12월 31일 (1년 9개월)			
주요활용유형	<input type="checkbox"/> 산업체이전 <input checked="" type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input checked="" type="checkbox"/> 기타(제품 개발 및 제품화) <input type="checkbox"/> 미활용(사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
①기술 조사 및 주행 플랫폼 개발 및 제작	- 윤거조절이 가능한 주행장치가 적용된 케도부 - 경사에 따른 대응이 가능한 자세제어 시스템 개발 - 인력 소요를 최소화한 수확물 이송크레인 개발
②동력 시스템 제작	- HST 기반의 안정화된 동력시스템 설계 및 개발
③무·배추 겸용 수확시스템 개발	- 한 대의 주행플랫폼에 두 가지의 작물수확기능 적용이 최적화된 이송라인 설계 및 개발 - 인발장치의 교체구조 최적화
④동력전달부 시뮬레이션 모델 개발 및 분석	- 시스템 분석 및 동력전달에 있어서 중요인자 도출을 통한 시뮬레이션 모델 개발 - 주요부품 재원을 이용한 시뮬레이션 모델 개발로 동력전달부의 최적화
⑤무·배추 재배양식 현황 조사 및 분석	- 작물수확 기계화에 적합한 표준재배양식안 구명
⑥수확 시스템 제작	- 무·배추 인발 및 이송시스템 제작 - 테스트를 통한 문제점 도출 및 보완
⑦인발부와 자세제어 시스템과 연동 테스트	- 공인기관 성능시험을 통한 자세제어시스템 성능 검증 - 당초 목표치였던 자세제어시스템 발동각도 15°보다 초과 달성한 14.3° 달성
⑧현장 실증 시험 및 성능평가	- 공인기관 성능시험을 통한 인발부 작동성능성적 도출 - 목표성능에 달성을 위한 실증시험 최적화
⑨시뮬레이션 모델 검증 및 성능평가	- 부하 계측 시스템 개발을 통한 시뮬레이션 모델 검증 - 데이터 분석을 통한 시뮬레이션 모델의 보완
⑩표준재배양식(안) 실증시험	- 현장실증을 통한 표준재배양식 제시

3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표											연구기반지표									
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구 활용등)	
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T 평 규 준 응 급	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논 문		논 문 평 균 I F			학 술 발 표	정 책 활 용		홍 보 전 시
													S C I	비 S C I							
단위	건	건	건	평 규 준 응 급	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치	10	10	-	-	10	10	10	10	-	10	-	-	-	-	10	10	-	-	10	-	
최종 목표	4	2	-	BB	1	13. 16	2	4,0 20	-	3	-	-	1	-	2	4	-	-	1	-	
당해 년도	목표	1	-	-	1	13. 16	1	-	-	-	-	-	1	-	1	1	-	-	1	-	
	실적	1	2	-	-	1	16	1	-	-	-	-	1	-	1	1	-	-	1	-	
달성률 (%)	초 과 달 성	200	-	-	100	122	100	-	-	-	-	-	100	-	100	100	-	-	100	-	

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	무 수확기
②	무 수확기용 피복제거장치
③	무 수확기의 인발장치
④	배추 수확기의 인발장치

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복 제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장에로 해 결	정책 자료	기타
①의 기술		√				√				
②의 기술		√				√				
③의 기술		√				√				
④의 기술		√				√				
·										

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	밭의 규격에 대응이 가능한 플랫폼으로 다양한 환경에 투입 가능
②의 기술	멀칭비닐의 유무에 관계없이 작물의 수확이 가능
③의 기술	위치가변형 인발장치로 차량의 위치와 다양한 밭의 규격에서 수확이 가능
④의 기술	인발력이 향상된 인발장치로 작물의 손상을 최소화하여 수확이 가능

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표											연구기반지표									
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구 활용등)	
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	S M A R T 평 준 등 급	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논 문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시		
												SCI	비 SCI	논 문 평 균 I F							
단위	건	건	건	건	건	건	건	백만원	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건	건	
가중치	10	10	-	-	10	10	10	10	-	10	-	-	-	10	10	-	-	10	-	-	
최종목표	4	2	-	BB	1	13.16	2	4,020	-	3	-	-	-	1	-	2	4	-	-	1	-
연간내 달성실적	3	2	-	-	1	16	1	-	-	2	-	-	-	1	-	2	2	-	-	1	-
연구종료후 성과창출 계획	2	1	-	BB	1	13.16	1	4,020	-	2	-	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾			
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간		실용화예상시기 ³⁾	
기술이전시 선행조건 ⁴⁾			

- 1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
- 2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리
통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
- 3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
- 4) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

[별첨 3] - 참고문헌

<표>

- 표 4 논벼의 기계화율 (KOSIS) 7
- 표 5 밭작물 기계화율 (KOSIS) 7
- 표 6 2021 채소 생산량 (KOSIS) 7
- 표 7 작물별 직접노동 투하량 (KOSIS) 7
- 표 8 밭작물 수확기계화율 (KOSIS) 9
- 표 9 농가 및 농가인구 (통계청 「농업조사」, 「농업총조사」) 10
- 표 10 농업경지면적 (KOSIS) 11
- 표 11 노지채소 재배면적(가을무, 가을배추) KOSIS 12
- 표 12 가을배추·무 재배면적 및 생산량 (KOSIS) 14
- 표 13 관행 무 생산 작업체계 및 노동투하시간(국립농업과학원 무배추 생산 전과정 기계화 기술 개발 참고) 15
- 표 15 2022 농업과학기술 경제성분석 자료집 참고 16
- 표 16 2022 농업과학기술 경제성분석 자료집 참고 17
- 표 17 <http://soil.rda.go.kr/soil/soilact/shape.jsp>(우리나라 밭토양 분포비율) 17
- 표 19 종업원 규모별 농업기계 생산업체 현황 (한국농기계공업협동조합 2021) 18
- 표 24 농촌진흥청 영농활용 中 전국 8도 16개 주산지 재배양식 현황 22
- 표 25 농촌진흥청 영농활용 中 전국 8도 16개 주산지 재배양식 현황 22
- 표 38 <KIOTI 社의 4A220LWS 엔진 제원표> 43
- 표 39 <J. I. Hydraulic 社의 JT03VJ 유압 펌프 제원표> 44

<그림>

- 그림 6 <농업면적조사(통계청), 농업생산기반정비사업통계연보(한국농어촌공사)> 10
- 그림 7 연도별 경지면적 추이 (2021년 경지면적조사결과 보도자료) 11
- 그림 8 <가을 배추 · 무 재배면적(통계청)> 12

<그 외>

- 농촌진흥청, 2021년 지역별 농산물 소득자료
- 농사로, 2019, 전국 주산지 무 재배양식
- 농사로, 2019, 전국 주산지 배추 재배양식
- 농촌진흥청, 2012, 무 배추 재배의 기계화 표준재배양식(안)
- 농업기계연구소, 2002, 기계화 표준재배양식 설정
- 2022년 가을배추·무, 콩, 사과, 배 생산량조사 결과
- 통계청2022.12.2122p정책해설자료
- Chang YC, Noh KM and Park JG. 1999. Development of a lifting type garlic harvester. roceedings of the KSAM. 1999 Summer Conference 4(2): 77-88.
- Choi Y, Park HJ, Hong JT, Jun HJ, Kim YK and Kim JD. 2001. Development of digging type radish harvester. The Korean Society of Agricultural Machinery, pp.53-58.
- Choi Y. 2002. (A) Fundamental study for development of carrot harvester. M.S. Thesis, Chonnam National University, Kwangju, Korea.

- Choi Y, Park WJ, Hong JT, Jun HJ and Yoon MK. 1998. Development of harvester for radish and carrot. Proceedings of the KSAM 1998 Winter Conference 3(1):49-55.
- Chung CJ. 1988. Agricultural machinery. Seoul National University Press, pp.231-233.
- Dongdong D, Xie L, Wang J and Deng F. 2016. Development and tests of a self-propelled cabbage harvester in China. 2016 ASABE Annual International Meeting, 162459786.
- Du, D, Wang J, Xie L and Deng F. 2019. Design and field test of a new compact self-propelled cabbage harvester. Transactions of the ASABE 62(5): 1243-1250.
- Hachiya M, Amano T, Yamagata M and Kojima M. 2004. Development and utilization of a new mechanized cabbage harvesting system for large fields. JARQ 38(2):97-103.
- Hong JT, Sung JH, Jun HJ, Kim YK and Lee KM. 2000. Development of Chinese cabbage harvester (1) - A fundamental study for developing a Chinese cabbage harvester. Society for agricultural machinery in Korea. 5(2): 59-66.
- Hong JT, Y. Choi, Sung JH and Kim YK. 2000. Development of Chinese cabbage harvester (2) - Design factor study for manufacturing of Chinese cabbage harvesting device. Society for agricultural machinery in Korea. pp.67-74.
- Hong JT, Choi Y, Park HJ, Jun HJ and Lee CH. 2000. Development of Chinese cabbage harvester (3)-Field test of Chinese cabbage harvester for high precision. Proceedings of the KSAM 2000 Summer Conference 5(2): 75-80.
- Hong JT, Choi Y, Kim YK, Jun HJ, Park WK and Hwang H. 2000. Development of Chinese cabbage harvester (4) - Manufacture and performance test of the prototype harvester. Society for agricultural machinery in Korea. pp.114-120.
- Hong, SH, Choi KH, Kim JD and Ha CS. 2020. Development of riding-type self-propelled welsh onion harvester. Proceedings of the KSAM 2020 Autumn Conference. 25(2): 116.
- Jung, YJ, Jeon HH, Jung HJ, Choi CH and Kim YJ. 2018. Finite element analysis of radish harvesting part. 2018 ASABE Annual Meeting, Paper Number 1801090.
- KOSTAT. 2017. Chinese cabbage cultivation area and production trend.
- Lee YS, Kim JM, Kim YJ, Jeong DU, Kang TK, Lee SH and Chung SO. 2017. Analysis of recent research trends for development of radish and cabbage collector. Proceedings of the KSAM & ARC 2017 Autumn. Conference 22(2): 126.
- MAFRA. 2020. Annual statistics.
- Maw BW, Smittle DA, Mullinix BG and Cundiff JS. 1998. Design and evaluation of principles for mechanically harvesting sweet onions. Transactions of the ASAE 41(3): 517-524.
- NAMRI(National Agricultural Mechanization Research Institute, Korea). 1997. Standardization of mechanized cultivation models for radish and Chinese cabbage.
- Noh KM, Chang YC, Park JG and Yong SH. 2002. Off-Road machinery system engineering : Development of a walking garlic harvester with pulling mechanism. Society for agricultural machinery in Korea. 27(6): 513-520.
- Roger Chagnon, P. Eng., Dr Marie Thérèse Charles, Sylvain Fortin, P. Eng., Jérôme Boutin, P. Eng., Isabel Lemay and Dominique Roussel. 2004. Development of a cabbage harvester. Paper number 041025, 2004 ASAE Annual Meeting.
- Stout BA, Bakker-Arkema FW and Ries SK. 1966. Developing a mechanical cabbage harvester. Transactions of the ASABE 9(6): 860-861.

[별첨 4] 증빙자료

1. 특허출원 - 목표 2건, 달성 3건

1차년도	2차년도
<p style="text-align: center;">관인생략</p> <p style="text-align: center;">출원번호통지서</p> <p>출원일자 2021.12.16 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 출원번호 10-2021-0180424 (접수번호 1-1-2021-1459068-77) (DAS접근코드23AB) 출원인명칭 농업회사법인 희망농업기계 주식회사(1-2012-066544-1) 대리인성명 이종한(9-2013-001988-2) 발명자성명 이리중 발명의명칭 무수확기</p> <p style="text-align: center;">특 허 청 장</p> <p style="text-align: center;"><< 안내 >></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; font-size: small;"> <p>1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허로 홈페이지(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다.</p> <p>2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 통보된 납입명수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다. ※ 납부자번호: 0131(기관코드) + 접수번호</p> <p>3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.</p> <p>4. 기타 심사 절차(제도)에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고객상담센터☎ 1544-8080)에 문의하여 주시기 바랍니다.</p> <p>※ 심사제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-지식재산제도</p> </div>	<p style="text-align: center;">관인생략</p> <p style="text-align: center;">출원번호통지서</p> <p>출원일자 2022.07.04 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 출원번호 10-2022-0081689 (접수번호 1-1-2022-0693405-05) (DAS접근코드11FA) 출원인명칭 농업회사법인 희망농업기계 주식회사(1-2012-066544-1) 대리인성명 이종한(9-2013-001988-2) 발명자성명 이리중 발명의명칭 무수확기의 인발장치</p> <p style="text-align: center;">특 허 청 장</p> <p style="text-align: center;"><< 안내 >></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; font-size: small;"> <p>1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허로 홈페이지(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다.</p> <p>2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 통보된 납입명수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다. ※ 납부자번호: 0131(기관코드) + 접수번호</p> <p>3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.</p> <p>4. 기타 심사 절차(제도)에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고객상담센터☎ 1544-8080)에 문의하여 주시기 바랍니다.</p> <p>※ 심사제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-지식재산제도</p> </div>
<p style="text-align: center;">관인생략</p> <p style="text-align: center;">출원번호통지서</p> <p>출원일자 2021.12.22 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 출원번호 10-2021-0185400 (접수번호 1-1-2021-1489137-77) (DAS접근코드1AC3) 출원인명칭 농업회사법인 희망농업기계 주식회사(1-2012-066544-1) 대리인성명 이종한(9-2013-001988-2) 발명자성명 이리중 발명의명칭 무수확기용 피복 제거장치</p> <p style="text-align: center;">특 허 청 장</p> <p style="text-align: center;"><< 안내 >></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; font-size: small;"> <p>1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허로 홈페이지(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다.</p> <p>2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 통보된 납입명수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다. ※ 납부자번호: 0131(기관코드) + 접수번호</p> <p>3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.</p> <p>4. 기타 심사 절차(제도)에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고객상담센터☎ 1544-8080)에 문의하여 주시기 바랍니다.</p> <p>※ 심사제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-지식재산제도</p> </div>	<p style="text-align: center;">- 여백 -</p>

2.특허등록 - 목표 1건, 달성 2건

2차년도

특허증
CERTIFICATE OF PATENT

특허 제 10-2439042 호
Patent Number

출원번호 제 10-2021-0185400 호
Application Number

출원일 2021년 12월 22일
Filing Date

등록일 2022년 08월 29일
Registration Date

발명의 명칭 Title of the Invention
무 수확기용 피복 제거장치

특허권자 Patentee
농업회사법인 희망농업기계 주식회사(205511-*****)
전남 나주시 다시면 문암길 38,

발명자 Inventor
이리중(690609-*****)
전남 나주시 다시면 문암길 38

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허원부에 등록되었음을 증명합니다.
This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.

2022년 08월 29일
특허청장
COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE
이인실

2차년도

특허증
CERTIFICATE OF PATENT

특허 제 10-2418741 호
Patent Number

출원번호 제 10-2021-0180424 호
Application Number

출원일 2021년 12월 16일
Filing Date

등록일 2022년 07월 05일
Registration Date

발명의 명칭 Title of the Invention
무 수확기

특허권자 Patentee
농업회사법인 희망농업기계 주식회사(205511-*****)
전남 나주시 다시면 문암길 38,

발명자 Inventor
이리중(690609-*****)
전남 나주시 다시면 문암길 38

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허원부에 등록되었음을 증명합니다.
This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.

2022년 07월 05일
특허청장
COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE
이인실

3.비SCI논문

2차년도

Precision Agriculture Science and Technology

RESEARCH ARTICLE

Development of simulation model of hydraulic power transmission for agricultural multipurpose driving platform

Jong Bin Seo¹, Hyeon Ho Jeon², Seung Yun Baek¹, Seung Min Baik¹, Yong Joo Kim^{1*}

¹Department of Biosystem Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Department of Smart Agriculture System, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

*Corresponding author: babina@onu.ac.kr

Abstract

Rollover accidents of tractors frequently occur in the upland field in Korea, accounting for more than 50% due to the sloping land. A new type of platform that can be highly stable to perform agricultural operations on the sloping field like an upland field, should be developed. In this study, a simulation model of the platform was developed using AMESim (19.2, SIMENSE, Germany). Therefore, this is a basic study for the development of the new platform focused on stability in the upland field. The hydraulic simulation model of the platform was validated for performance evaluation during the driving conditions. The driving system of the developed platform is configured with the hydraulic pump, relief valve, hydraulic motor, control valve, and hydraulic tank. The hydraulic component of the model was tuned using the manufacturing specifications of each component. The input load of the simulation model was set as the torque of the driving unit, and the hydraulic pressure and vehicle speed generated by the hydraulic pump were selected for validation. A measurement system was installed to measure the actual field test data. Validation of the simulation model was carried out through comparative analysis of measurement and simulation results. The results show that there is an error between the pressure of the simulation and measurement, which is approximately 30%. In the future, the simulation model of the hydraulic part according to real conditions will be conducted through Co-simulation between the hydraulic simulation model and the dynamic model.

Keywords: driving system, hydraulic, measurement, platform, simulation

Introduction

국내 밭 면적은 국토 농지 면적의 44.8%이며 밭에서 수행되는 주요 농작업은 경운, 파종, 방제, 운반, 수확 등이 있다(KOPIA, 1983). 우리나라는 대부분 소규모 농가이므로 기존 방식인 트랙터 부착형 다목적 발작물 작업기의 신뢰반경이 깊어 다목적 농작업을 하는데 있어 아직까지 인력에 의존하고 있다. 따라서 국내 환경에 적합한 형태의 신뢰반경을 줄일 수 있고 승진작업이 우수한 다목적 발작물 플랫폼 개발이 필요한 실정이다. 이에 따라, 최근 밭작업 환경에 적합한 플랫폼 개발을 위한 연구가 수행되고 있다. Jun 등(2021)은 유압동력 전달 시스템을 이용한 다목적 농작업 플랫폼

2차년도

Development of simulation model of hydraulic power transmission for agricultural multipurpose driving platform

플랫폼에 대한 연구를 수행하였으며, 다목적 플랫폼의 계원을 이용하여 시뮬레이션 모델을 구성하고 모델 검증도 수행하였다. Kim 등(2020)은 밭작업 환경에 적합한 새로운 플랫폼 개발에 대한 연구를 수행하였으며, 다목적 플랫폼에 자율주행 시스템을 적용시켜 자율작업을 위한 연구를 수행하였다. Lee 등(2016)은 전기 동력 시스템을 이용하여 이동로봇 농작업 플랫폼에 대한 연구를 수행하였으며, 플랫폼에 대한 구조 및 시스템을 설계하고 해당 플랫폼에 대한 안전성 분석을 수행하여 신뢰성 확보를 위한 연구를 수행하였다. Byeon 등(2020)은 저농형 농작업을 위한 사륜구동 이동 로봇 플랫폼에 대한 연구를 수행하였으며, 플랫폼에 대한 구조 및 시스템을 설계하고 분석을 수행하였다. 농작업 플랫폼의 동력전달 시스템은 차량의 작업 성능에 많은 영향을 끼친다. 특히, 다양한 작업을 수행하여야 하는 다목적 플랫폼의 특성에 따라, 여러 작업을 수행할 수 있는 동력전달 시스템 선정이 필요하다. 동력전달 시스템의 신뢰성 확보는 연구개발 단계에서 수행되어야 한다. 그러나 시제품을 이용한 테스트는 많은 비용과 시간을 필요로 하기 때문에, 이를 해결하기 위해 시뮬레이션을 이용한 연구들이 활발히 수행되고 있다. 시뮬레이션을 활용하여 단품 및 전체장 모델을 개발하고 이를 활용하여 부품 선정 및 차량 개선 등에 대한 연구를 수행하고 있다. Kim 등(2011)이 다목적 만능도시 산악작업차 개발을 목적으로 기본 차체 계원과 엔진, 유압회로, 유압모터를 선정할 후 동력전달방식은 HST (Hydro Static Transmission) 시스템을 적용하여 설계 및 제작에 대한 연구를 수행하였다. 건설기계 및 농업기계 분야에서는 시뮬레이션을 이용한 연구들이 다양하게 수행되고 있다. 그러나 레도형 플랫폼 동력전달 시스템에 대한 연구는 부족한 실정으로 본 연구에서는 발작업 연의 정확도를 위한 크롤러 방식의 유압식 주행부 개발을 위한 기초 연구로서 동력전달 시뮬레이션 모델을 개발하고 계측데이터를 이용하여 모델 검증하기 위해 수행하였다.

Materials and Methods

다목적 주행 플랫폼

농업용 다목적 플랫폼은 헤드 타입의 주행 시스템을 적용하고 있으며, 유압모터에 스프라켓을 부착시켜 구동된다. 유압 동력전달 시스템은 Fig. 1과 같이 엔진, 컨트롤 밸브, 릴리프 밸브, 기어박스, 유압모터, 유압탱크로 구성되어 있다. 구동 시스템은 컨트롤 밸브를 제어함으로써 전 후진 작업 및 조향이 가능하다. 또한, 조향 장치에 의해서 구동되는 3방향 제어밸브를 구성하였으며, 컨트롤 밸브의 제어에 따라 유압모터의 전진 및 후진을 제어할 수 있게 구성되어 있다. 본 연구에서 다목적 플랫폼은 국내 밭 보정 면적을 고려하여 정격 출력 22 kW, 정격 회전속도는 2,600 rpm인 엔진을 사용하였다. 최대 토크는 2,000 rpm일 때 85 Nm이며, 엔진의 정격회전속도인 2,600 rpm에서는 55.4 Nm의 토크를 출력한다. 엔진에 연결된 유압모터는 회전당 31.2 cc의 유량을 토출할 수 있으며, 릴리프 밸브의 시스템 내의 최대 압력을 245 bar까지 설정이 가능하다. 해당 압력 이상 발생시 릴리프 밸브가 작동하여 탱크로 유압이 유입되면서 유압회로를 보호되게 구성하였다. 유압모터는 감속비는 42.6이며, 최대 출력 토크는 2.353 Nm, 유압모터의 배제용량은 19.4 cc/rev이다.

Fig. 1. Schematic diagram of hydraulic power transmission for agricultural multipurpose driving platform.

시뮬레이션 모델

시뮬레이션 모델은 상용 프로그래밍 AMESim(19.2 SIMENSE, Germany)을 이용하여 개발하였다. 엔진 회전속도는 계속 시험간 2,600 rpm으로 고정하여 수행하였으며, 이를 반영하여 엔진 모델의 회전속도는 2,600 rpm으로 입력하였다. 유압 펌프 모델은 가변형 유압펌프로 선정하였으며, 제어 값에 따라서 유량을 변화시킬 수 있게 구성하였다. 모터 모델의 배제 용적은 실 부품의 제원을 반영하여 15.6 cc/rev로 설정하였다. 릴리프 밸브 모델은 250 bar에서 밸브가 작동하여 회로도들 보 포함 수 있게 구성하였다. 다목적 플랫폼에 실제 구성되어 있는 시스템을 구현하기 위해서 시뮬레이션 모델에 2방향 제어 밸브를 구성하였다. 또한 조향 장치에 의해서 구동되는 3방향 제어밸브를 구성하였으며, 컨트롤 밸브의 제어 값에 따라 유압 모터의 회전 및 후진을 제어할 수 있게 구성되어 있다. 실제 계속 시 모든 방향제어밸브의 개방량은 절반으로 설정하여 수행하였기 때문에 시뮬레이션 모델에서도 동일하게 설정하였다. 유압 모터는 19 cc/rev의 유량이 입력될 경우 1회전을 할 수 있도록 설정하였으며, 감속기와 연결되어 부하인력 값에 따라 모터의 회전속도 및 토크가 출력되도록 구성하였다. 최종 감속기에는 실제 계속된 부하 값을 입력할 수 있게 구성하였으며, 계속데이터의 값에 따라 변동부하를 입력할 수 있게 구성하였다. 시뮬레이션 모델은 Fig. 2와 같이 구성하였으며, 엔진 회전속도 및 유압 모터에 발생하는 부하를 입력 데이터로 선정하였으며 모델 검증은 차량 속도 및 유압에 대해서 수행하였다.

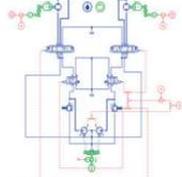


Fig. 2. Hydraulic simulation model of multipurpose platform using AMESim

계속시스템 및 필드 시험

시뮬레이션 모델의 검증은 위해서는 다목적 플랫폼의 주행 시에 발생하는 부하 측정이 필요하다. 이를 위하여 본 연구에서는 다목적 플랫폼 구동부의 스프라켓에 작용하는 부하를 스트레인 게이지를 이용하여 측정하였다. 펌드부에 위치한 스프라켓의 경우 추가적인 센서부착이 어려우므로 스프라켓 자체를 센서화하여 계속시험을 수행하였다. 스트레인 게이지는 Fig. 3과 같이 스프라켓의 홈에 부착하였으며, 정확한 데이터 측정을 위해 교정 작업을 수행하였다. 교정작업은 비틀림 시험기(215.45 MKS, USA)를 이용하여 수행하였다. 비틀림 시험은 차량 제원을 고려하여 구동 가능 범위인 5.5 kNm 까지 수행하였으며, 계속 시 부하 데이터의 신뢰성을 확보하였다. 텔레메트리(PTO Flansch, Serial No. 70246, MANNER, Germany) 시스템은 회전체의 진동 현상을 고려하여 설치하였다. Fig. 4와 같이 고정된 축에 송신기를 설치하고, 계속기에는 수신기를 연결하여 회전체의 데이터를 실시간으로 수집하였다. 계속시스템은 차량속도, 스프라켓의 토크, 구동부 유압을 측정하기 위해 플랫폼 내에 설치하였다. 유압센서는 작업 중 발생하는 유압모터의 입력을 측정하기 위해 250 bar까지 측

정 가능한 센서 (HDA4744-A-250, HYDAC, Germany)를 이용하여 계측을 수행하였다. 유압센서는 Fig. 5와 같이 유압펌프 출력단자에 병렬로 보트를 제작하여 유압을 측정할 수 있게 구성하였다. 차량의 속도는 GPS Receiver (18x USB, GARMIN, USA)를 이용하여 계속하였다. 계속기는 토크 값 2세널, 유압 2세널, GPS 1세널 총 5개의 채널을 이용할 수 있는 계속기로 선정하였으며, 유니버설 데이터 계속기(Quantum X 840, HBM, Germany)를 이용하여 계측을 수행하였다. 계속기는 각 센서들의 채널을 고려하여 데이터 수집속도를 200 Hz로 설정하였다.



Fig. 3. A photo of sprocket with strain gage to measure driving torque



Fig. 4. A photo of the receiver to collect data from the rotating body in real time

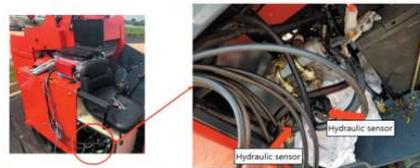


Fig. 5. A photo of hydraulic pressure sensor installed to measure hydraulic pressure

필드시험 조건

계속시험은 충남 당진(36°35'46.8" N, 126°37'57.37"E)에 위치한 필드에서 수행하였다. 엔진의 회전속도는 정격회전 조건인 2,600 rpm으로 고정하여 계측을 수행하였고, 계속 속도는 1.5 km/h로 설정하였다. 또한, 계속시험을 3번 반복 작업을 하여 데이터의 신뢰성을 향상시켰다.

Results and Discussion

계속데이터 분석

데이터 분석의 입력 값인 스프라켓 토크 측정 결과를 Fig. 6과 같이 나타냈다. 첫 번째 계속 시험 결과, 좌측 스프라켓의 토크는 평균 989.1 Nm, 우측 스프라켓의 토크는 평균 960.4 Nm이다. 두 번째 계속 시험 결과, 좌측 스프라켓의 토크는 평균 937.9 Nm, 우측 스프라켓의 토크는 평균 977.4 Nm이다. 세 번째 계속 시험 결과, 좌측 스프라켓의 토크는 평균 1,098.1 Nm, 우측 스프라켓의 토크는 평균 1,140.4 Nm이다. 데이터 분석의 결과 값인 유압 포트 유압 계속 시험 결과는 Fig. 7과 같이 나타냈다. 첫 번째 계속 시험 결과, 좌측 유압포트에서 발생한 압력은 평균 83.6 bar, 우측 유압포트에서 발생한 압력은 평균 84.7 bar이다. 두 번째 계속 시험 결과, 좌측 유압포트에서 발생한 압력은 평균 83.4 bar, 우측 유압포트에서 발생한 압력은 평균 83.1 bar이다. 세 번째 계속 시험 결과, 좌측 유압포트에서 발생한 압력은 평균 91.0 bar, 우측 유압포트에서 발생한 압력은 평균 98.6 bar이다.

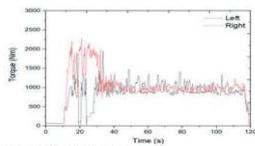


Fig. 6. The measurement result of sprocket torque data

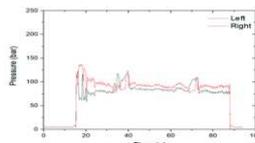


Fig. 7. The measurement result of hydraulic data of hydraulic pump

모델 검증

시뮬레이션 모델 검증은 위해서 유압 포트에서 발생하는 시뮬레이션 결과값과 계속 값을 비교 분석하기 위해 Fig. 8과 같이 나타냈다. 좌측 유압포트에서 발생한 평균 유압의 경우 각각 약 80.6 bar, 86 bar, 우측 유압포트에서 발생한 평균 유압의 경우 각각 약 82.1 bar, 88.8 bar이다. 평균값은 Table 1과 같이 좌측에서 약 6%, 우측에서 약 7%의 오차를 보이며 계속 값과 시뮬레이션 값과의 차이는 모든 조건에서 10% 이내로 나타났다. 해당 모델은 개발된 플랫폼의 동력전달 시뮬레이션을 수행하기 적합하다고 판단된다.

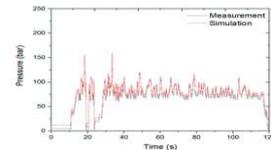


Fig. 8. The results of comparison between simulated and measured values

Table 1. Comparison table of simulated and measured values.

Error	Value	Left hydraulic port		Right hydraulic port	
		Simulation (bar)	Measurement (bar)	Simulation (bar)	Measurement (bar)
First	Simulation (bar)	79.1	76.8		
	Measurement (bar)		83.6		84.7
	Error (%)	4.5	7.9		
	Simulation (bar)	75.0	78.2		
Second	Measurement (bar)		83.4		93.1
	Error (%)		8.4		4.9
	Simulation (bar)	87.8	91.2		
	Measurement (bar)		91.0		98.6
Third	Error (%)		3.2		7.4

Conclusion

본 연구는 개발 중인 다목적 플랫폼의 동력전달 시스템 시뮬레이션 모델을 개발하고 이를 검증하기 위해 수행되었다. 시뮬레이션 모델은 실제 사용된 부품의 제원을 반영하여 개발하였다. 시뮬레이션 모델은 상용 프로그래밍 AMESim을 이용하여 수행되었다. 실제 검증은 철저한 검증을 통해 수행되었으며, 모델 검증을 위한 데이터는 플랫폼에 대한 계속시스템을 개발하여 수집하였다. 실차 시험을 통해 스프라켓에 발생하는 부하와 유압포트에서 발생하는 유압을 계속하였다. 부하 계속는 1.5 km/h의 정속 주행 조건에서 수행하였으며, 엔진은 최대 회전속도인 2,600 rpm으로 설정하여 수행하였다. 시뮬레이션 모델의 엔진에는 계속 간 설정된 엔진 회전속도인 2,600 rpm을 입력하여 유압모터를 구동하였으며, 유압모터에는 스프라켓에 발생하는 부하를 입력하였다. 계속데이터와 시뮬레이션 결과값을 비교 및 분석한 결과 그레드부 유압상태를 보이며, 평균값은 10% 이내로 발생하였다. 본 연구에서는 개발된 모델을 활용하여 작업 조건을 구현한 동력전달 시뮬레이션을 수행할 예정이다.

Acknowledgements

본 연구는 농림식품기술기획평가원의 첨단농기계산업육성기술개발사업(21030-2)과 농림식품기술기획평가원의 기술사업화지원사업(21035-43)의 지원을 받아 연구되었음.

References

Baek SM, Kim WS, Kim YS, Baek SY, Kim YJ. 2020. Design of the Hydro-Mechanical Transmission for a 55 kW-Class Agricultural Tractor. The Korea Fluid Power Systems Society. 17(2): 19-28.

Cao Hui, Guo Hui. 2011. Optimization of PID Parameters of Hydraulic System of Elevation Wheelchair Based on AMESim. Advanced in Control Engineering and Information Science. 3710-3714

Choi SW, Kim YJ, Joo DW, Jeong CS, Lee SH, Yang SY. 2018. A Study on Hydraulic System Design and Simulation of Small Hydraulic Crane of 1.5 Ton Class for Marine Engine Room. The Korea Fluid Power Systems Society. 38-104.

Chung YK, Park SH, Jeong CS, Jeong YM, Yang SY. 2010. A Study on Modeling and Simulation of Hydraulic System for a Wheel Loader using AMESim. The Korea Fluid Power Systems Society. 7(4): 76-83.

Jo HS, Lee JM, Park YI, Lim WS. 1999. A Performance Simulation of Vehicle Power train for Fuel Economy and Drive ability Analysis. Transaction of the Korean Society of Automotive Engineers. 7(2): 408-423.

Kim JH, Park SJ. 2011. Development of the Semi-Crawler Type Mini-Forwarder. Journal of Korean Forest Society. 100(2): 154-164.

Kwon SK, Lee HS, Lee CD, Yang SY. 2008. A Study on the Hydraulic Simulation of Automatic Excavation System. Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers. 32(11): 984-989.

Lee DY, Lee HS, An SY, Park YJ. 2017. Modeling and Simulation of A Small Hydraulic Actuation System for the Tactical Missile. Journal of the Korean Society for Aeronautical & Space Sciences 45(4): 349-357

Lee JY, Kim SC. 2021. Development of Shaft Analysis Model for Power Transmission System Optimization. The Korean Society of Manufacturing Process Engineers. 20(5): 8-16

Lee YJ, Chang YH, Ryoo YJ. Platform Design of Caterpillar Typed Electrical Vehicle. 2016. Journal of Korean Institute of Intelligent Systems. 26(4): 279-285.

Pan J, Khajepour A, Li Y, Yang J, Liu W. 2021. Performance and power consumption optimization of a hydraulic variable valve actuation system. Mechatronics 73. 102479.

Park YJ, Kim SC, Lee GH. 2015. Analysis of Power Transmission Characteristics on the Hydro mechanical Transmission for Agricultural Tractor. The Korea Fluid Power Systems Society. 12(4): 96-100.

- 여백 -

4. 학술발표

1차년도	2차년도
 <p>2021 Autumn Conference on Drive and Control 드라이브·컨트롤 2021년 추계학술대회 논문집</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 일시 : 2021년 11월 11일(목)~12일(금) ■ 장소 : 일산 킨텍스 1전시장 207호 온라인(https://cafe.naver.com/ksfc) ■ 주최 : 유공입건설기계학회 <p>KSFC 유공입건설기계학회 The Korean Society for Fluid Power & Construction Equipment</p>	<p>1945 ~ 2022</p> <p>2022년도 IT융합부문 춘계학술대회 논문집</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>일 시 : 2022년 5월 25일 (수) - 27일 (금) 장 소 : 인동 그랜드호텔 주 최 : 대한기계학회 주 관 : 대한기계학회 IT융합부문, 인동대학교 북부융합기계연구센터 주 원 : (주)스프링클라우드, (주)아인엔지니어, 한국기계연구원 신북양광기연구실, 인동대학교 Linc3.0 사업단, 전북대학교 전라남도기계재료센터(Linc3.0 IOC센터), 영서대학교 디자인융합기술연구원</p> </div> <p>대한기계학회 KSME</p>

1차년도

농기계 시스템		Session S-5
S5-1	무배추 수확기 동력전달부 시뮬레이션 모델 개발에 관한 연구 *이준호, 강영선, 김용주(충남대학교)	71
S5-2	86kW 급 농업용 트랙터 변속기 기어 수명 개선 *박승민, 김용주(충남대학교)	72
S5-3	다목적 농작업 플랫폼의 유압동력 전달 시스템 시뮬레이션 모델 개발 *선현호, 김용주(충남대학교)	73
S5-4	하모니 감속기용 플랫폼 스피클라인의 비틀림 강성 측정 장치 개발 *고대권, 김용길, 신주성, 김우영(한국로봇융합연구원)	74

성능측정 및 시연 2		Session S-6
S6-1	벼짓의 운동 방식을 이용한 굴착기 작업량의 추정 *정왕준, 이민수, 신영일, 조기용(건설기계부품연구원)	77
S6-2	전기구동 다목적 관리기의 시뮬레이션 모델 개발 및 성능 평가 *백승훈, 김용주(충남대학교)	82
S6-3	충전 전류 및 전압 특성을 이용한 리튬 배터리의 잔여 사용 수명 추정 *필계기, 류하오, 이재선, 이용욱, 신민성(경명대학교)	83

2차년도

▶ 2022년 5월 26일(목) 오후

시 간	발표장	1 발표장 (1층 세미나실)	2 발표장 (2층 세미나실)	3 발표장 (1층 그라운드)
동 속	09:00 - 18:00	로비 접수대		
구 두 발 표 (3) / 특 별 세 션 (1)	IT융합일반 (3)	IT융합 자동차와 시스템 / 영상물성신호 전시 및 처리	[특별세션] 스마트 농업 (1) (ANU LINC3.0 연계)	
과 장	이정환	노재규	황희윤	
1	13:00 - 13:15	문예진	임 준	13:30 - 14:00 Invited Talk : 이철희
2	13:15 - 13:30	경윤진	유나현	
3	13:30 - 13:45	신승철	역상윤	
4	13:45 - 14:00	최민준	정우봉	
5	14:00 - 14:15	배철희	전해명	
구 두 발 표 (4) / 특 별 세 션 (1)	IT융합 로봇 시스템 (1)	IT융합 로봇 시스템 (2)	[특별세션] 스마트 농업 (2) (ANU LINC3.0 연계)	
과 장	김휘수	임 준	황희윤	
1	14:30 - 14:45	송상혁	최윤호	백승민
2	14:45 - 15:00	강 연	박상용	이준호
3	15:00 - 15:15	김휘수	Hassen Nigatu	전현호
4	15:15 - 15:30	김영래	최성현	
5	15:30 - 15:45	유승진	윤진곤	

시 간	발표장	포스터 발표장 (1층 복도 Section1)	포스터 발표장 (1층 복도 Section2)
포 스 터 발 표 (1)	[특별세션] 캡스톤디자인 경진대회	3D 프린팅 및 센싱 / IT융합 로봇 시스템 / IT융합 자동차 시스템	
과 장	권백순, 양대중	유승환	
1	13:00 - 15:00	전현준	이예분
		김예진	김동욱
		강성범	윤인환
		황수정	조현준
		김상문	이상현
		김성현	이상원
		임도연	이정환
주영현			

2021년 11월 11-12일 KSFC Conference S5-1

무배추 수확기 동력전달부 시뮬레이션 모델 개발에 관한 연구
A study on the Development of simulation model for radish and Chinese cabbage harvester power transmission system

*이준호(충남대학교), 강영선(충남대학교), *김용주(충남대학교)
*J. H. Lee, Y. S. Kang and *Y. J. Kim

Key Words: Radish harvester(수확기), AMESim software(아메시 소프트웨어), Power transmission system(동력전달 시스템), Simulation model(시뮬레이션 모델), Hydraulic system(유압 시스템)

*Corresponding Author, E-mail: bobina@jnu.ac.kr

Abstract : 국내 발작물에 대한 기계화율은 매우 낮으며 수확 작업이 많은 인력을 필요로 한다. 농업 연구의 고령화 및 감소가 심화되고 있으며, 농촌 노동력이 감소하고 있다. 무- 배추는 경우 경지, 비닐피복, 방제에 경우 대부분 기계화가 되었으나 수확작업은 인력에 의존하고 있어 개발이 필요하다. 따라서 본 연구는 무- 배추 수확이 가능한 수확기 개발을 위한 기초 연구로서, 무- 배추 수확기 동력전달부 시뮬레이션 모델 개발을 위해 LMS AMESim software (Ver.: 16, Imagine S. A. company, France)를 활용하여 모델을 개발하였다. 무- 배추 수확기 동력전달부는 엔진, 유압펌프, 2개의 정유압 무단 변속기(Hydrostatic Transmission, HST), 레도 윤거 조절 실린더 및 인발부 구동을 위한 모터로 구성되어 있으며, 유압시스템 회로도를 기준으로 모델을 개발하였다. 엔진으로부터 출력된 동력은 엔진 크랭크축으로부터 동력을 전달받는 2 개의 유압펌프를 통해 각 파르트로 분배된다. 정유압 무단변속기(Hydrostatic Transmission, HST) 모델은 비례제어밸브 및 21.4 cc/rev 용량의 구동모터 시브모델을 이용하여 단일 모델을 구성하였으며, 유압라인을 일원화하여 단일 프랑테어로 구성하였다. 수확기 레도 윤거조절부는 비례제어밸브와 릴리프 밸브, 유압 액추에이터 시브모델을 이용하여 모델을 구성하였으며, 인발부 모델은 비례제어밸브 및 유압실린더 시브모델을 이용하여 구성하였다. 향후 수확기 필드시험을 통한 부하 데이터를 이용하여 모델 검증 및 작업부 고도 해석을 진행할 예정이다.

후기 본 연구는 농림수산식품기술기획평가원의 첨단농기계산업화기술개발사업(과제번호:121030-2) 지원으로 수행되었음.



Fig. 1 Simulation model of radish and Chinese cabbage harvester

KSME 22IT-Th03D02

자주식 무-배추 수확기 동력전달부 및 인발부 시뮬레이션 모델 개발

이준호^{1*}, 강영선², 김용주^{3*}

¹충남대학교 스마트농업시스템학과, ²충남대학교 농업과학연구소, ³충남대학교 바이오시스템기계공학과

Development of simulation model for radish and Chinese cabbage harvester power transmission system and pulling part

Jun-Ho Lee^{1*}, Young-Sun Kang² and Yong-Joo Kim^{1,3*}

¹ Dept. of Smart Agriculture Systems, Chungnam National University.

² Inst. of Agricultural Science & Technology, Chungnam National Univ.

³ Dept. of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National Univ.

Keywords: Radish harvester(수확기), AMESim software(아메시 소프트웨어), Power transmission system(동력전달 시스템), Hydraulic system(유압시스템)

초록: 현재 농가의 지속적인 고령화 및 여성화로 인하여 농업 인구는 지속적으로 감소하고 있다. 발작 물은 기계화율이 매우 낮으며 많은 인력을 필요로 하고 있기 때문에 지속적인 농촌인구 감소는 발작 물 을 제배하는 농가에게는 많은 영향을 끼치고 있으며, 특히 무 및 배추는 동시작이 많은 인력을 필요로 하 기 때문에 노동력 부족문제에 많은 영향을 받고 있다. 는 농업 기계화를 대비 낮은 발 농업 기계화율을 향상시키기 위해 발작물 수확기 개발이 필요하다. 본 연구는 자주식 무-배추 수확기 개발에 대한 기초 연구로, 동력전달부 및 인발부의 시뮬레이션 모델을 개발하고 제언에 따른 성능을 분석하였다. 본 연구 의 동력전달부 및 인발부의 유압 모델은 LMS AMESim software (Ver.:16, Imagine S. A. company, France)를 활 용하여 모델을 개발하였다. 수확기 동력전달부는 두개의 정유압 무단 변속기(Hydrostatic Transmission, HST) 으로 이루어져 있으며, 엔진 동력을 이용하여 유압 펌프 및 모터를 가동하여 동력을 생산한다. 인발부의 경우, 작물을 이송하는 인베이어 벨트 및 수확물 전달을 위한 기어 모터로 이루어져 있다. 동력전달 시 스템 시뮬레이션 조건은 엔진, 유압 펌프, 유압 모터 등 주요 부품의 제원을 기반으로 수행하였습니 다. 시뮬레이션 시간은 60초로 설정하였다. 시뮬레이션 결과, 엔진 출력은 엔진 구동 후 급격히 상승하여 약 29.3 kW의 결과를 보였으며, 이후 안정화되어 28 kW를 유지하였다. 시뮬레이션 모델의 HST 표준 산출 결과, 유압 펌프와 유압 모터의 윤력이 상승하는 구간으로 20sec까지 상승하였으며, 이후 안정화되어 약 65%로 나타났다. 향후 개발된 플랫폼을 기반으로 실제 수확작업을 수행하여 계속하여 데이터를 기반으 로 시뮬레이션 성능 평가를 수행하고 시뮬레이션 모델 최적화를 진행할 예정이다.

후 기

본 연구는 농림수산식품기술기획평가원의 첨단농기계산업화기술개발사업(과제번호:121030-2) 지원으로 수행되었음

참고문헌

- (1) Lee, J. H., Kang, Y. S. and Kim, Y. J., 2021, "A study on the Development of simulation model for radish and Chinese cabbage harvester power transmission system" 2021 Spring Conference on Drive and Control, pp.71.
- (2) Kook, H. J., Choi, Y. S. and Cho, Y. H., 2021, "Pulling Performance of a Self-Propelled Radish Harvester and Design of a Preprocessing Unit" Journal of Agriculture & Life Science, Vol. 55, No. 2, pp. 117-125.

5.기술실시(이전)

2차년도

기술이전계약서

계약기술 : 국내등록특허 제10-2382381호
(트랙터 기어핀프의 작동유 산화 감지 시스템 및 방법)



2022. 12. 19.

양도인 : 충남대학교 산학협력단 단장 정종율
양수인 : 농업회사법인 희망농업기계(주) 대표 이리중

제14조(계약의 성립 및 효력) 이 계약은 "양도인"과 "양수인"이 모두가 날인한 때 성립하고 효력이 발생한다.

제15조(해석) 이 계약에 명기되지 아니하거나 이 계약상의 해석상 의의가 있는 사항에 대하여는 쌍방의 합의에 의하여 결정한다.

이 계약의 체결을 증명하기 위하여, 계약서 2통을 작성하여 "양도인", "양수인"이 각각 기명날인을 한 후 1통씩 보유하기로 한다.

계약 체결일 : 2022년 12월 19일

양도인
기관명 : 충남대학교 산학협력단
대표 : 정종율
주소 : 대전광역시 유성구 대덕로 99

양수인
기관명 : 농업법인회사 희망농업기계(주)
대표 : 이리중
주소 : 전라남도 나주시 다시면 문암길 38(가운리)

충남대학교 산학협력단

6.기술료

2차년도

전자세금계산서				승인번호	
등록번호	314-82-09264	회사명	충남대학교 산학협력단	등록번호	412-81-40179
주소	대전광역시 유성구 대덕로 99 (공통)	대표	정종율	회사명	(주)희망농업기계
대표	정종율	대표	정종율	주소	전라남도 나주시 다시면 문암길 38 (가운리, 희망농업기계)
이메일	kyj0702@onu.ac.kr	이메일	gmkhd5985@hotmail.net	이메일	
작성일자	2022-12-26	금액	16,000,000	세액	1,600,000
월	12	일	26	합계금액	17,600,000

본 인쇄물은 국세청 홈택스(www.hometax.go.kr)에서 발급 또는 홈택스로 전송된 전자(세금)계산서입니다.
발급사실 확인은 상기 홈페이지의 '조회/발급' 전자세금계산서) 제3차 발급사실 조회"를 이용하시기 바랍니다.

이체확인증

● 이체처리결과 건별 상세정보입니다. 현재시간 : 2022년 12월 29일 12시 15분 07초

매체구분	기업인 단넷명	이체일자/시간	2022/12/29 11:41:03
출금계좌번호	351-0659-****-03	출금금액	17,600,000 원
출금계좌명	농업회사법인희망농업	이체수수료	17,600,000 원
출금종량 표시내용		이체수수료	0 원
입금은행	하나	CMS수수료	
입금계좌번호	66091016617105	처리결과	정상처리되었습니다.
입금계좌명	충남대학교 산학협력단	이체메모	
입금종량 표시내용	농업회사법인 희망농	CMS 거래처 코드/ 기관코드&세류코드	
보내는분 연락처 (타입)	010-862-47222	타입처리번호	012774276419E

2022.12.29

7.제품화 - 제품의 개발은 완료되었으며, 판매를 위한 농업기계 모델등록을 위해 종합검정 신청을 해 두었으며, 작물을 수확할 수 있는 2023년 11월에 검정 및 등록하여 판매 계획중에 있다.

2차년도



그림 229 무 수확기



그림 230 배추 수확기

■ 농업기계화 촉진법 시행규칙 [별지 제2호서식] <개정 2014.3.6>

농업기계 (종합) 검정신청서

접수번호	접수일	처리기간 종합검정 45일, 안전검정 30일, 국제규범검정 60일, 기술지도검정 30일, 반검검정 20일
신청인 (대표자)	성명 이리중 주소 전남 나주시 다시면 문암길 38 농업회사법인희망농업기계주식회사 상호 농업회사법인 희망농업기계 주식회사	사업자등록번호 412 81 40179 (법인등록번호) 205611 0030198 (전화번호) 061 334 0985
검정 용도의 제품	기종명 동력수확기(승용자주식, 무) 형식명 HMR-59 형식 및 규격 HMR / 1조식 제조번호	
검정번호		
검정의 생략사항		
검정 용도의 제품 제출 장소 및 날짜	전남 나주시 다시면 문암길 38	(년 월 일)

「농업기계화 촉진법」 제9조제1항 및 같은 법 시행규칙 제3조에 따라 위와 같이 농업기계의 검정을 신청합니다.

2023년 1월 12일

신청인
이리중 (인)

한국농업기술진흥원장 귀하

첨부서류	1. 종합검정, 안전검정 : 규격 및 성능 설명서, 농업기계의 외관도 1부, 사용설명서와 원동기배출가스 인증서 사본(농업을 트랙터, 콰이어) 각 1부 2. 국제규범검정 또는 기술지도검정 : 규격 및 성능설명서 1부 3. 반검검정 : 반검내용 및 그 사유를 적은 서류 1부	수수료 농업특신식물부정원이 고시한 금액
작성 방법		
<p>1. 검정번호는 접수기관에서 부여하므로 빈칸으로 합니다.</p> <p>2. 검정 용도의 제품 제출 장소 및 날짜란은 검정 용도의 제품을 시험 견적지 보관하기 어렵거나, 포장 또는 현장에서 검정시험을 실시하는 경우로서 검정 용도의 제품을 별도로 제출하는 경우에만 작성합니다.</p> <p>3. 원동기배출가스 인증서는 「대기환경보전법 시행규칙」 별지 제32호의2서식을 제출합니다.</p>		

210mm×297mm(백상지 80g/㎡)

8.매출액 - 2023년 제품 모델등록 완료 후 매출성과 발생 예정

9.고용창출

1차년도						2차년도							
출력일시 : 2021.12.20 14:55						출력일시 : 2021.12.20 14:55							
4대 사회보험 사업장 가입자 명부						4대 사회보험 사업장 가입자 명부							
발급번호	20211220137052	발급일시	2021-12-20 14:54	사업장 관리번호	41281401790	발급번호	20211220137052	발급일시	2021-12-20 14:54	사업장 관리번호	41281401790		
구분	국민연금	건강보험	산재보험	고용보험		구분	국민연금	건강보험	산재보험	고용보험			
사업자등록번호	412-81-40179	412-81-40179	412-81-40179	412-81-40179		사업자등록번호	412-81-40179	412-81-40179	412-81-40179	412-81-40179			
사업장 명칭	희망농업기계주식회사	희망농업기계주식회사	희망농업기계주식회사	희망농업기계주식회사		사업장 명칭	희망농업기계주식회사	희망농업기계주식회사	희망농업기계주식회사	희망농업기계주식회사			
■ 가입 내역(발급일자 현재기준) 1 / 2						■ 가입 내역(발급일자 현재기준) 1 / 2							
연번	주민(외국인)등록번호	성명	국민연금	건강보험	산재보험	고용보험	연번	주민(외국인)등록번호	성명	국민연금	건강보험	산재보험	고용보험
1							1						
2							2						
3							3						
4							4						
5							5						
6							6						
7							7						
8							8						
9							9		사성완	2021.10.01	2021.10.01	2021.10.01	2021.10.01
10							10						
11							11						
12							12						
13							13						
14							14						
15							15						
16		권다운	2021.12.01	2021.12.01			16						

10.교육지도

1차년도	2차년도
<p>< 교육 지도 ></p> <ol style="list-style-type: none"> 방문 일시 : 2021년 10월 14일 (목) 방문 장소 : (주)희망농업기계(광주광역시 광산구 평동산단7번로 92 (연산동)) 참여 기업 : (주)희망농업기계(이해나 대리, 서성완 부장) 충남대학교(강영선 교수, 이준호 연구원) 교육 지도 내용 <ul style="list-style-type: none"> - 무 배추 수확기 플랫폼 관련 회의 및 지도 현장 참여 - 무 배추 수확기 플랫폼 관련 동력 시스템 및 구조 관련 자문 - 플랫폼 세부 품목 (유압 모터, 펌프, 엔진) 제원 점검 및 자문의견 전달 증빙 자료 <div style="display: flex; justify-content: space-around;">  </div> <p style="text-align: center;">< 두 줄 무 수확기 플랫폼 관련 현장 지도 ></p> 	<p style="text-align: right;">농·축산과학기술 전문제작 리더그룹</p> <p style="text-align: center;">농업회사법인 희망농업기계 주식회사 <small>“나보다 무리만큼 뛰어야”</small></p> <p style="text-align: center;">전남 나주시 다시면 문양길 98 / 전화 : 061-334-0985 / 팩스 : 061-331-2343 / 웹 : 희망농업기계.kr</p> <hr/> <p style="text-align: center;">교육지도</p> <hr/> <p>교육기관 : 농업회사법인 희망농업기계주식회사 교육일시 : 2022년 10월 31일 교육장소 : 농업회사법인 희망농업기계주식회사 교육실 교육대상 : 농촌인적자원개발센터 교육생</p> <hr/> <p style="text-align: center;">- 교육 지도 내용 -</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 자주식 배추수확기의 개발 배경 및 과정 2. 자주식 배추수확기 주요 특징 3. 자주식 배추수확기 사용 요령 4. 자주식 배추수확기 원동 시연 관람 <hr/> <p style="text-align: center;">- 품 방 사 건 -</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">  </div> <p style="text-align: center;">< 자주식 무배추 겸용 수확기 원동 시연 현장 ></p>

복사본 시험 성적

22-KOATMP-594

1. 기종명 : 동력수확기
2. 시험번호 : 22-KOATMP-594
3. 형식명 : HMRH-1000
4. 형식 : 승용자주행
5. 규격 : 1조
6. 시험성적



6.1. 성능시험

6.1.1. 작업능률시험

시험조건

· 포장조건

종류	밭
두둑형상	평단두둑(1조)
두둑높이	15 cm
두둑폭	25 cm (골폭 70 cm)
조간×주간	(95 × 40) cm

· 공시작물

추장배추

· 작업자 수

3명(운전 1, 선별 2)

시험성적

· 평균작업속도	0.12 m/s
· 포장작업능률	2.76 h/10a
· 연료소비량	4.4 L/h

7. 시험제품 개요

본 기대는 무·배추를 수확하기 위해 개발된 승용자주행 1조식 동력수확기로 포장작업능률은 2.76 h/10a 로 나타남

8. 시험결과

본 시험성적은 「분석시험의위 및 처리규칙」 제5조제2항의 규정에 따라 실시한 성능시험 성적으로 신청자와 협의하여 정한 시험방법으로 실시되었음

2-1

한국농업기술진흥원

복사본 시험 성적

22-KOATMP-594

성명연구원 조태경

연구관 정진우

복사본 COPY



복사본 COPY

복사본 COPY

2-2

한국농업기술진흥원

제 M-22-01419호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 이리중
- 나. 사업자 등록번호 : 412-81-40179
- 다. 주소 : 전라남도 나주시 다시면 문암길 36
- 라. 상호 : 농업회사법인 희망농업기계(주)

2. 시험용도의 제품

- 가. 기종명 : 동력수확기
- 나. 형식명 : HMRH-1000
- 다. 형식 및 규격 : 승용자주행, 1조

3. 시험번호 : 22-KOATMP-595

4. 시험성적 : 불일

「한국농업기술진흥원 분석시험의위 및 처리규칙」 제4조 제2항에 따라 시험 신청한 기대에 대한 성능시험 성적입니다.

2022년 12월 30일

한국농업기술진흥원장



한국농업기술진흥원

복사본 시험 성적

22-KOATMP-595

1. 기종명 : 동력수확기
2. 시험번호 : 22-KOATMP-595
3. 형식명 : HMRH-1000
4. 형식 : 승용자주행
5. 규격 : 1조
6. 시험성적



6.1. 성능시험

6.1.1. 작업정도시험

시험조건

· 포장조건

종류	밭
두둑형상	평단두둑(1조)
두둑높이	15 cm
두둑폭	25 cm (골폭 70 cm)
조간×주간	(95 × 40) cm

· 공시작물

추장배추

· 작업자 수

3명(운전 1, 선별 2)

시험성적

· 평균작업속도	0.17 m/s
· 손실률	0.0 %
· 손상률	0.4 %

7. 시험제품 개요

본 기대는 무·배추를 수확하기 위해 개발된 승용자주행 1조식 동력수확기로 손실률은 0.0 %, 손상률은 0.4 % 로 나타남

8. 시험결과

본 시험성적은 「분석시험의위 및 처리규칙」 제5조제2항의 규정에 따라 실시한 성능시험 성적으로 신청자와 협의하여 정한 시험방법으로 실시되었음

2-1

한국농업기술진흥원

22-KOATMP-596

선정연구팀 조태경 연구원 정진우

복사본 COPY

복사본 COPY

KOAT

복사본 COPY

복사본 COPY

2-2

제 M-22-01420호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인
 가. 성명 : 이리중
 나. 사업자 등록번호 : 412-81-40179
 다. 주소 : 전라남도 나주시 대신면 문암길 36
 리, 상호 : 농업회사법인 희망농업기계(주)

2. 시험용도의 제품
 가. 기종명 : 동력수확기
 나. 형식명 : HMRH-1000
 다. 형식 및 규격 : 승용자주형, 1조

3. 시험번호 : 22-KOATMP-596
 4. 시험성적 : 불입

「한국농업기술진흥원 분석시험의뢰 및 처리규칙」 제4조 제2항에 따라 시험 신청한
 기대에 대한 성능시험 성적입니다.

2022년 12월 30일

한국농업기술진흥원

22-KOATMP-596

시험 성적

1. 기종명 : 동력수확기
 2. 시험번호 : 22-KOATMP-596
 3. 형식명 : HMRH-1000
 4. 형식 : 승용자주형
 5. 규격 : 1조
 6. 시험성적



6.1. 성능시험

6.1.1. 최고주행속도시험

시험조건
 · 포장종류 : 밭
 · 변속단수 : 무단(기관 최고회전속도)

시험성적
 · 최고주행속도 : 1.0 m/s

7. 시험제품 개요
 본 기대는 부·배추를 수확하기 위해 개발된 승용자주형 1조식 동력수확기로
 최고주행속도는 1.0 m/s 로 나타남

8. 시험결과
 본 시험성적은 「분석시험의뢰 및 처리규칙」 제5조제2항의 규정에 따라 실시한
 성능시험 결과로 신청자와 협의하여 정한 시험방법으로 실시되었음

선정연구팀 조태경 연구원 정진우

복사본 COPY

복사본 COPY

1-1

제 M-22-01421호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인
 가. 성명 : 이리중
 나. 사업자 등록번호 : 412-81-40179
 다. 주소 : 전라남도 나주시 대신면 문암길 36
 리, 상호 : 농업회사법인 희망농업기계(주)

2. 시험용도의 제품
 가. 기종명 : 동력수확기
 나. 형식명 : HMRH-1000
 다. 형식 및 규격 : 승용자주형, 1조

3. 시험번호 : 22-KOATMP-597
 4. 시험성적 : 불입

「한국농업기술진흥원 분석시험의뢰 및 처리규칙」 제4조 제2항에 따라 시험 신청한
 기대에 대한 성능시험 성적입니다.

2022년 12월 30일

한국농업기술진흥원

22-KOATMP-597

복사본 COPY 시험 성적

1. 기종명: 동력수확기
2. 시험번호: 22-KOATMP-597
3. 형식명: HMRH-1000
4. 형식: 승용자주형
5. 규격: 1조
6. 시험성적



6.1. 성능시험

6.1.1. 작업능률시험

시험조건

· 표상조건

종류	밭
두둑형상	중근두둑(1조)
두둑높이	15 cm
두둑폭	40 cm (골폭 35 cm)
조건×주간	(75 × 30) cm

- 공시작물: 청두부
- 작업자 수: 3명(운전 1, 선별 2)

시험성적

평균작업속도	0.23 m/s
포장작업률	1.60 h/10a

7. 시험제품 개요

본 기대는 무·배추를 수확하기 위해 개발된 승용 4륜형 1조식 동력수확기로 포장작업능률은 1.80 h/10a 로 나타남

8. 시험결과

본 시험성적은 「분석시험의뢰 및 처리규칙」 제5조제2항의 규정에 따라 실시한 성능시험 성적으로 신청자와 협의하여 정한 시험방법으로 실시되었음

2-1

22-KOATMP-597

복사본 COPY 시험 성적

신원외국환
조태경

연구원
김진우

복사본 COPY



복사본 COPY

복사본 COPY

2-2

제 M-22-01422호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 신청: 이리중
 나. 사업자 등록번호: 412-81-40179
 다. 주소: 전라남도 나주시 다시면 문암길 36
 라. 상호: 농업회사법인 피할농업기계(유)

2. 시험용도의 제품

- 가. 기종명: 동력수확기
 나. 형식명: HMRH-1000
 다. 형식 및 규격: 승용자주형, 1조

3. 시험번호: 22-KOATMP-598

4. 시험성적: 불입

「한국농업기술진흥원 분석시험의뢰 및 처리규칙」 제4조 제2항에 따라 시험 신청한 기대에 대한 성능시험 성적입니다.

2022년 12월 30일

한국농업기술진흥원



한국농업기술진흥원

22-KOATMP-598

복사본 COPY 시험 성적

1. 기종명: 동력수확기
2. 시험번호: 22-KOATMP-598
3. 형식명: HMRH-1000
4. 형식: 승용자주형
5. 규격: 1조
6. 시험성적



6.1. 성능시험

6.1.1. 작업경도시험

시험조건

· 표상조건

종류	밭
두둑형상	중근두둑(1조)
두둑높이	15 cm
두둑폭	40 cm (골폭 35 cm)
조건×주간	(75 × 30) cm

- 공시작물: 청두부
- 작업자 수: 3명(운전 1, 선별 2)

시험성적

평균작업속도	0.23 m/s
손실률	2.9 %
손상률	0.0 %

7. 시험제품 개요

본 기대는 무·배추를 수확하기 위해 개발된 승용자주형 1조식 동력수확기로 손실률은 2.9 %, 손상률은 0.0 % 로 나타남

8. 시험결과

본 시험성적은 「분석시험의뢰 및 처리규칙」 제5조제2항의 규정에 따라 실시한 성능시험 성적으로 신청자와 협의하여 정한 시험방법으로 실시되었음

2-1

복사본 COPY



복사본 COPY

복사본 COPY

1. 신청인
 가. 성명 : 이리준
 나. 사업자 등록번호 : 412-81-40179
 다. 주소 : 전라남도 나주시 다산면 문암길 36
 라. 상호 : 농업회사법인 희망농업기계(주)

2. 시험용도의 제품
 가. 기종명 : 등력수확기
 나. 형식명 : HMRH-1000
 다. 형식 및 규격 : 승용자주형, 1조

3. 시험번호 : 22-KOATMP-599
 4. 시험성적 : 불일

「한국농업기술진흥원 분식시험의뢰 및 처리규칙」 제4조 제2항에 따라 시험 신청한 기대에 대한 성능시험 성적입니다.

2022년 12월 30일

한국농업기술진흥원



1. 기 종 명 : 등력수확기
2. 시험번호 : 22-KOATMP-599
3. 형 식 명 : HMRH-1000
4. 형 식 : 승용자주형
5. 규 격 : 1조
6. 시험성적



6.1. 성능시험

6.1.1. 작업농플시험

시험조건

· 포장조건

종류	밭
두둑형상	등면두둑(1조)
두둑높이	15 cm
두둑폭	40 cm (완폭 35 cm)
조간×주간	(75 × 30) cm
· 풍시작물	청두루
· 작업자 수	3명(운전 1, 선별 2)

시험성적

평균작업속도	0.23 m/s
--------	----------

7. 시험제품 개요

본 기에는 운·매수를 수확하기 위해 개발된 승용자주형 1조식 등력수확기로 평균작업속도는 0.23 m/s 로 나타남

8. 시험결과

본 시험성적은 「분식시험의뢰 및 처리규칙」 제5조제2항의 규정에 따라 실시한 성능시험 성적으로 신청자와 협의하여 정한 시험방법으로 실시되었음

복사본 COPY



복사본 COPY

복사본 COPY

제 M-22-01424호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 이리풍
- 나. 사업자 등록번호 : 412-81-40179
- 다. 주소 : 전라남도 나주시 다시면 문암길 36
- 라. 상호 : 농업회사법인 최광농업기계(주)

2. 시험용도의 제품

- 가. 기종명 : 동력수확기
- 나. 형식명 : HMRH-1000
- 다. 형식 및 규격 : 승용자주형, 1조

3. 시험번호 : 22-KOATMP-600

4. 시험성적 : 불일

「한국농업기술진흥원 분석시험의뢰 및 처리규칙」 제4조 제2항에 따라 시험 신청한 기대에 대한 성능시험 성적입니다.

2022년 12월 30일

한국농업기술진흥원



22-KOATMP-600

시험 성적

1. 기종명 : 동력수확기
2. 시험번호 : 22-KOATMP-600
3. 형식명 : HMRH-1000
4. 형식 : 승용자주형
5. 규격 : 1조
6. 시험성적



6.1. 성능시험

6.1.1. 작업정도시험

시험조건

- 포장조건
- 종류 : 밭
- 두둑형상 : 둥근두둑(1조)
- 두둑높이 : 15 cm
- 두둑폭 : 40 cm (관폭 35 cm)
- 조건×주간 : (75 × 30) cm
- 공시작물 : 콩두두
- 작업자 수 : 3명(운전 1, 전별 2)

시험성적

- 손실률 : 2.9%

7. 시험제품 개요

본 기대는 분·배추를 수확하기 위해 개발된 승용자주형 1조식 동력수확기로 손실률은 2.9%로 나타났다.

8. 시험결과

본 시험성적은 「분석시험의뢰 및 처리규칙」 제5조 제2항의 규정에 따라 실시한 성능시험 성적으로 신청자와 협의하여 정한 시험방법으로 실시되었음

신청연구팀 조태경 연구팀 정진우

조태경 정진우

1-1

제 M-22-01425호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 이리풍
- 나. 사업자 등록번호 : 412-81-40179
- 다. 주소 : 전라남도 나주시 다시면 문암길 36
- 라. 상호 : 농업회사법인 최광농업기계(주)

2. 시험용도의 제품

- 가. 기종명 : 동력수확기
- 나. 형식명 : HMRH-1000
- 다. 형식 및 규격 : 승용자주형, 1조

3. 시험번호 : 22-KOATMP-601

4. 시험성적 : 불일

「한국농업기술진흥원 분석시험의뢰 및 처리규칙」 제4조 제2항에 따라 시험 신청한 기대에 대한 성능시험 성적입니다.

2022년 12월 30일

한국농업기술진흥원



22-KOATMP-601

시험 성적

1. 기종명 : 동력수확기
2. 시험번호 : 22-KOATMP-601
3. 형식명 : HMRH-1000
4. 형식 : 승용자주형
5. 규격 : 1조
6. 시험성적



6.1. 성능시험

6.1.1. 작업정도시험

시험조건

- 포장조건
- 종류 : 밭
- 두둑형상 : 둥근두둑(1조)
- 두둑높이 : 15 cm
- 두둑폭 : 40 cm (관폭 35 cm)
- 조건×주간 : (75 × 30) cm
- 공시작물 : 콩두두
- 작업자 수 : 3명(운전 1, 전별 2)

시험성적

- 손실률 : 0.0%

7. 시험제품 개요

본 기대는 분·배추를 수확하기 위해 개발된 승용자주형 1조식 동력수확기로 손실률은 0.0%로 나타났다.

8. 시험결과

본 시험성적은 「분석시험의뢰 및 처리규칙」 제5조 제2항의 규정에 따라 실시한 성능시험 성적으로 신청자와 협의하여 정한 시험방법으로 실시되었음

신청연구팀 조태경 연구팀 정진우

조태경 정진우

1-1

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 이리중
- 나. 사업자 등록번호 : 412-81-40179
- 다. 주소 : 전라남도 나주시 다시면 문암길 36
- 라. 상호 : 농업회사법인 희망농업기계(주)

2. 시험용도의 제품

- 가. 기종명 : 동력수확기
- 나. 형식명 : HMRH-1000
- 다. 형식 및 규격 : 승용자주형, 1조

3. 시험번호 : 22-KOATMP-002

4. 시험성적 : 불일

「한국농업기술진흥원 분석시험의뢰 및 처리규칙」 제4조 제2항에 따라 시험 신청한 기대에 대한 성능시험 성적입니다.

2022년 12월 30일

한국농업기술진흥원



복사본 시험 성적

- 1. 기 종 명 : 동력수확기
- 2. 시험번호 : 22-KOATMP-002
- 3. 형 식 명 : HMRH-1000
- 4. 형 식 : 승용자주형
- 5. 규 격 : 1조
- 6. 시험성적



6.1. 성능시험

6.1.1. 작업정도시험

시험조건

· 포장조건

종류

밭

두둑형상

둥근두둑(1조)

두둑높이

15 cm

두둑폭

40 cm (골폭 35 cm)

조건×주간

(75 × 30) cm

· 공시작물

청두무

· 작업자 수

3명(운전 1, 선별 2)

시험성적

평균작업속도

0.23 m/s

7. 시험제품 개요

본 기에는 무·베추를 수확하기 위해 개발된 승용자주형 1조식 동력수확기인 평균작업속도는 0.23 m/s 로 나타남

8. 시험결과

본 시험성적은 「분석시험의뢰 및 처리규칙」 제5조제2항의 규정에 따라 실시한 성능시험 성적으로 신청자와 협의하여 정한 시험방법으로 실시되었음

신청자명 조태경

접수일 2022.12.30

접수인 이리중

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단농기계산업화기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단농기계산업화기술개발 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.