

319043

-3

승용자주식양파정식기개발

최종보고서

2021

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)

첨단생산기술개발산업 연구개발사업 2021년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004035-01

승용자주식 양파정식기개발

2022.03.24

주관연구기관 / (주)티와이엠
공동연구기관 / 국제종합기계
공동연구기관 / 국립농업과학원
공동연구기관 / 경남농업기술원

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “승용자주식 양파정식기 개발”(개발기간 : 2019.04.01 ~ 2021.12.31)
과제의 최종보고서로 제출합니다.

2022.03.24

주관연구기관명 : ㈜티와이엠	(대표자) 김희용
공동연구기관명 : 국제종합기계	(대표자) 김희용
공동연구기관명 : 국립농업과학원	(대표자) 김상남
공동연구기관명 : 경남농업기술원	(대표자) 정재민



주관연구책임자 : 김승동
공동연구책임자 : 황선국
공동연구책임자 : 최용
공동연구책임자 : 박길석

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

< 요약 문 >

사업명						총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)	
내역사업명 (해당 시 작성)						연구개발과제번호	
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB0801	90%	LB0802	10%		
	농림식품 과학기술분류	RC0101	80%	RC0103	20%		
총괄연구개발명 (해당 시 작성)							
연구개발과제명		승용 자주식 양파 정식기 개발					
전체 연구개발기간		2019.04.01. - 2021.12.31					
총 연구개발비		총 2,435,000 천원 (정부지원연구개발비: 1,460,000 천원, 기관부담연구개발비: 975,000 천원, 지방자치단체: 천원, 그 외 지원금: 천원)					
연구개발단계		기초[] 응용[] 개발[<input checked="" type="checkbox"/>] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준(30) 종료시점 목표(70)	
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)							
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)							
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정식작업능률 향상과 관련된 작업속도를 고속화하기 위해 양파 모종을 트레이 공급 후 취출, 이송, 정식, 진압 작업을 일괄 자동화로 수행하는 고속 정식시스템 개발임 ○ 국내 양파 재배의 포장 여건과 여러 재배방식 및 제약조건을 기계정식에 맞게 재배체계 표준화하여 작업 능률과 효율 증대를 통한 양파 산업의 경쟁력 제고 ○ 정식 작업의 편리성을 위해 핸들방식의 조향제어 시스템과 두둑 높낮이를 자동으로 추종하여 정식깊이를 균일하게 유지할 수 있는 유압제어시스템을 구비한 자주식 승용 양파 정식기 개발임 ○ 전자동 기계 정식시 본답에서의 결주와 직결되는 양파육묘의 결주율 저감을 위한 육묘 생육 장애 구멍 등 기계정식용 육묘 기술을 연구 및 보급하고 현장실증, 공인검인증을 시행하여 국내 재배 실정에 맞고 작업능률이 높은 승용 자주식 양파정식기의 제품 실용화를 실현함으로써 양파 재배체계에서 정식 기계 화율을 촉진하기 위함 					

<p style="text-align: center;">연구개발 목표 및 내용</p>	<p style="text-align: center;">전체 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (주)티와이엠: 고속 전자동 정식시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 육묘 손실 및 결주를 최소화 할 수 있는 취출, 반송, 이송, 정식 등 전 공정에 대한 자동화 시스템 개발 - 육묘 취출 및 반송 방식이 유리하고 조간거리를 좁히기 위한 육묘상자크기 및 투입 위치 검토 - 육묘상자 연속공급을 위한 자동 공급 및 배출 시스템을 갖춘 묘탑재대 시스템 개발 - 국내 재배 조건에 맞는 조간 및 조수 사양 검토 및 시스템 개발 - 기계부하를 최소화 할 수 있는 정식호퍼 작동 방식 개발 ○ 국제종합기계(주): 승용 자주식 양파 정식기 주행부 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 가을철 습답에서도 정식 작업이 가능한 승용 양파 정식기 주행부 개발 - 국내 작업 환경에 따른 육묘 정식자세 제어 및 두둑에 맞는 차륜 폭 조절이 가능한 주행부 개발 - 고품의성 정식 작업을 위한 핸들 방식의 조향 시스템 개발 - 두둑의 경로에 따라 자동으로 조향이 가능한 제어시스템 개발 - 포장지에서 선회 반경을 최소화 할 수 있는 선회 시스템 개발 - 작업능률 향상 및 육묘 공급시간을 최소화 할 수 있는 예비묘탑재대 개발 ○ 충남대학교: 정식 시스템 신뢰성 분석 및 안전성 구명 <ul style="list-style-type: none"> - 묘취출 및 정식장치에 대한 기구 합성 및 운동해석 - 동력전달 시스템 및 주요 부품 구조 해석 - 시작품의 안전성 해석 및 문제점 개선 방안 도출 ○ 프로토라인: 양파정식기 고속화를 위한 정식부 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 육묘 이송부 고속 작업 적합화 설계 - 이송부 개선 및 시제품 제작 ○ 국립농업과학원: 승용 양파정식기 식부 메커니즘 구명 및 현장실증 <ul style="list-style-type: none"> - 지역별 재배양식 조사 및 시작기 설계요인 도출 - 승용 양파 정식기 고속 식부 메커니즘 구명 및 시험기 성능 시험 - 승용 양파 정식기 시작기 성능시험 및 현장 실증 ○ 경남농업기술원: 기계화 육묘기술 및 생육장애 방지 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 육묘 결주 원인 및 생육장애 요인 조사 - 기계화 육묘기술 실증 및 육묘 방법 확립 - 기계화 육묘 기술 보급
---	--	--

	1단계 (해당 시 작성)	목표	
		내용	
	n단계 (해당 시 작성)	목표	
		내용	
연구개발성과		<ul style="list-style-type: none"> ○ 승용 자주식 양파 정식기 개발 <ul style="list-style-type: none"> -국내 양파 농가 정식작업의 중노동 및 인력난 해소를 통해 농가의 소득 증대에 기여 -국내에 공급되는 수입 정식기보다 저렴하고 편리한 기계 보급 -양파 정식기의 국내 보급 및 해외 시장 진출 모색(중국 및 아시아 국가) -국내외 특허 및 논문 발표로 발작물 기계 원천 기술 확보 및 기술 축적 -정식기계, 관련자재 개발로 양파 기술 패키지화 개발 및 보급 가능 -지역별 재배양식에 맞는 기계개발 및 실증 시험으로 농업 현장에 바로 적용이 가능한 상품성이 뛰어난 제품 개발 가능 -양파 수입대응 경쟁력 및 생산기반 확보로 양파 수급 및 가격 안정기여 ○ 매출발생 등 상용화 목표 성과 <ul style="list-style-type: none"> - 승용 자주식 양파 정식기 공인기관 검·인증 실시 - 실용화 보완 및 제품 상용화(과제종료 2년 이내) - 주관 기관인 (주)티와이엠의 국내외 판매망을 활용하며 매출 촉진 - 상용화 가격: 수입품 기계 대비 약 80%이하로 개발 	
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과		<ul style="list-style-type: none"> ○활용방안 <ul style="list-style-type: none"> -개발 기술에 대한 산업재산권 등록 및 상품화 -농업인 영농활용 기술보급: 트레이 육묘방법, 정적 묘크기, 올바른 정식 시기 등 -기계 활용에 의한 농업의 규모화, 집단화, 기계 산업의 첨단화 -본 연구에서 개발한 자율조향 및 두둑 추종 시스템은 다른 유사 정식기 및 이앙기 등에 적용하여 개발비 절감 및 관련 기술 발전에 기여 ○기대성과 <ul style="list-style-type: none"> - 한국 농촌실정에 맞는 양파 산업의 기계화 및 자동화 증대 - 적기 정식 작업에 의한 수확량 증가 및 농산품 품질 향상 - 보행정식기 대비 높은 작업효율로 생산비 절감 및 농장 규모화 가능 - 효율성 향상으로 인건비 및 생산비 경감에 의한 농가 소득 증대 - 국내 농기계 산업의 자족기능 강화 수입제품대비 낮은 가격 기계 공급 - 국내 재배 방식이 비슷한 중국, 인도, 일본 등에 수출을 모색하고 기계 수출시장 다변화를 위한 제품 라인업 확대에 선진 및 후발업체와의 경쟁력 강화 	

연구개발성과의 비공개여부 및 사유												
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 ·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
	4	4						생명 정보	생물 자원		정보	실물
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)	양파		승용정식기		자주식		조향제어		작업 능률			
영문핵심어 (5개 이내)	Onion		Riding type transplanter		Self-propelled		Steering control		work efficiency			

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요	9
가. 연구개발의 목표 및 개발개요	9
나. 연구개발 대상의 국내 현황	14
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용	27
가. 1차년도	27
나. 2차년도	94
다. 3차년도	140
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	216
4. 목표 미달 시 원인분석	264
5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도	265
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	265

1. 연구개발과제의 개요

가. 연구개발의 목표 및 개발개요

1) 연구개발의 목표

양파 정식기의 투입시간은 전 작업의 26%를 점하며 전적으로 인력에 의존함으로 인력 수급난이 심화되고 있으며, 특히 양파 정식 시기는 전 작물인 벼의 수확 시기와 맞 물려 작업 기간이 한정됨으로써 노동 경합이 심하여 적기 정식작업이 이루어지지 못할 경우 생산성 및 품질 저하와 저장 중 부패 증가를 초래함

국내 연구진에 의해 개발된 보행형 양파 정식기는 정식 노력을 관행의 50.2시간에서 3시간/10a 이내로 작업을 완료할 수 있어 노동력 절감 효과가 기대되었으나 보행형 정식기의 경우 가을철 습답이나 경사지에서 바퀴가 빠져 작업이 불가하거나 슬립으로 인해 정확한 주간거리를 정식하지 못하는 문제점이 나타남. 또한 벼의 가격 하락에 의한 돌파구로 논 답에 양파 재배를 하는 경우와 같은 포장지나 경사지 작업, 우천 시 작업 등 다양한 작업 환경에서 정식이 가능한 기계가 현장에서 요구되고 있음

본 연구 과제는 양파 생산 생력화를 위한 고성능 정식 시스템 개발로 양파 묘의 트레이 이 공급 이후 취출, 이송, 정식, 진압 과정을 일괄 자동으로 작업 가능한 승용 자주식 양파 정식기를 개발하는 것을 목적으로 함

2) 개발 개요

국내 양파 재배 단지의 포장 여건과 재배방식 등의 여러 가지 제약조건에 적응이 가능하고 정식작업의 편리성을 위해 핸들 방식의 조향제어 시스템과 두둑 높낮이를 자동으로 추종하여 멀칭 작업이 되어 있는 포장지에서도 비닐을 찢지 않고 정식 깊이를 균일하게 유지할 수 있는 유압 제어 시스템을 구비한 자주식 승용 양파 정식기 개발임



그림 1 승용 자주식 양파 정식기

정식작업능을 향상과 관련된 정식 속도를 고속화하기 위해 양파 모종 전용 트레이에 재배하여 묘탑재대에 공급 후 정식부에 구성된 링크 시스템을 통해 취출, 이송, 정식, 진압을 일괄 자동화로 수행하며 모종 공급 시간을 단축하여 연속 작업이 될 수 있게 최대한 많은 모종 트레이를 적재할 수 있는 적재함을 갖춘 구조로 구성함

전자동 기계 정식 시 본답에서의 결주와 직결되는 양파 육묘의 결주율 저감을 위한 육묘 생육 방법 및 장애 규명 등 기계 정식용 육묘기술을 연구 및 보급함

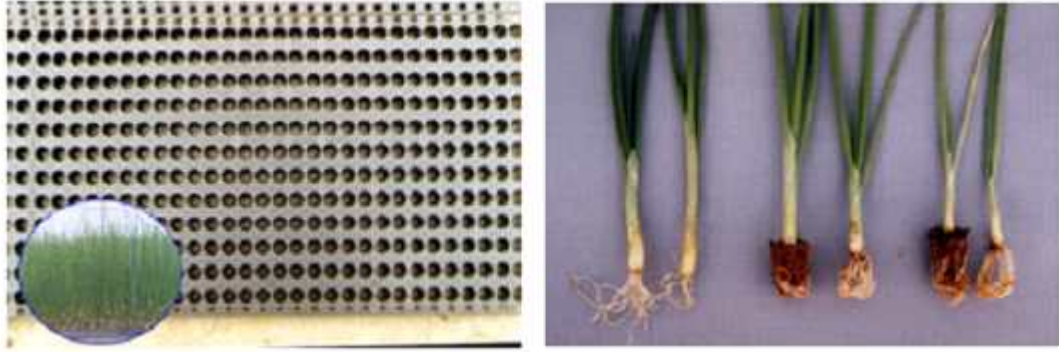


그림 2 육묘 트레이와 양파 플러그묘

현장실증, 공인 검증을 시행하여 국내 양파 재배 실정에 맞고 정식 작업 능률이 높은 승용 자주식 양파 정식기의 제품 실용화를 실현함으로써 양파 재배 체계에서 정식 기계 화율을 촉진하고 지속적인 제품 개선을 통해 국내와 비슷한 작부 체계를 가지고 있는 해외 지역에 수출하여 국내 농업기계 산업의 경쟁력 제고 등에 이바지함



그림 3 포장 성능 시험 평가(보행 양파 정식기)

□ 핵심 기술

○ 분기부

기존 제품의 구조강도 해석 등의 설계 프로세스를 통하여 작업자의 거주 공간을 확대하고 조향핸들 방식을 적용하여 미 정식을 최소화할 수 있는 조향 시스템

두둑을 추종할 수 있는 센스와 두둑을 따라 주행부를 자동 조향할 수 있는 조향 모듈을 제어할 수 있는 컨트롤러를 구비하여 비닐피복 상태에서도 토양, 포장 경사 등이 고려된 조향량 조절 시스템으로 안전한 작업을 할 수 있는 두둑 추종 자율 조향 기술

주행부와 정식부가 매칭되는 유압 승하강 제어를 비례제어밸브를 활용한 전자제어시스템으로 구성하여 두둑 높낮이에 정밀하게 감지 및 반응하여 정식 깊이를 일정하게 유지할 수 있는 제어시스템

전륜 서스펜션을 구비한 주행부와 정식부가 장착되는 히치부에 롤링제어 유압실린더를 장착하여 두둑의 좌우 높이차를 조정하여 정식 깊이를 제어할 수 있는 롤링시스템

국내 양파 재배 규격에 맞는 가변형 차륜폭(wheel tread) 개발 및 지역별 두둑 형상, 토양조건 등의 조사를 토대로 설계 요인 도출

지역별, 품종별로 상이한 재배 규격에 맞게 운전석에서 주간 조절을 할 수 있는 PTO 시스템

육묘 공급 시간을 줄여 작업 효율을 향상시키기 위해 최대 많은 트레이 적재가 가능하고 묘탑재대에 공급이 용이한 대형 적재함 구성



그림 4 자주식 승용 양파 정식기 시스템 구성 요소

전자식 제어 기술을 적용한 직진 및 자율 조향 시스템 구성하고 ICT 융합 정밀농업 및 자동화의 기반 기술을 활용이 가능하며, 원천기술 확보가 가능한 자체 기술 개발

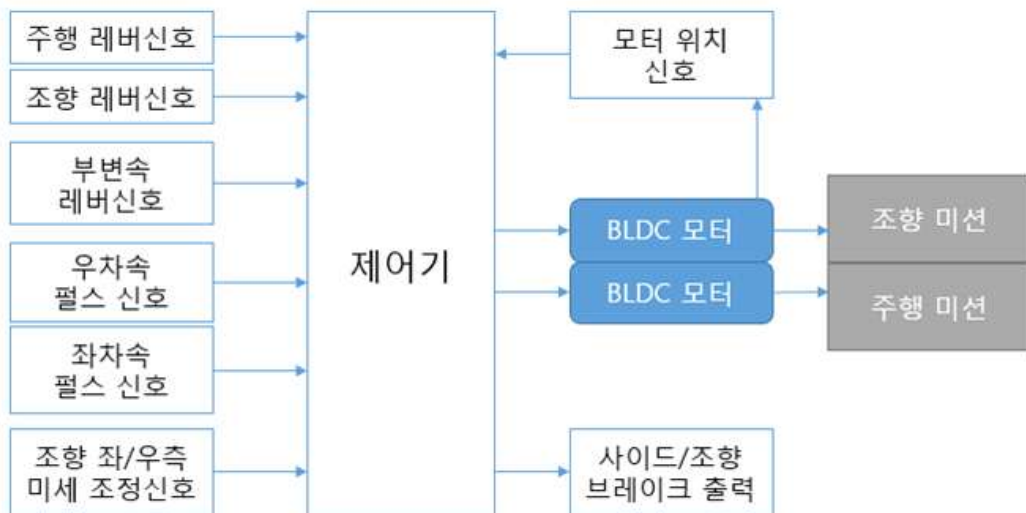


그림 5 주행 및 조향장치 구성 블럭도

정식기 주행 및 조향 제어기는 그림 5와 같이 구성되고 본기에서 다양한 센서 신호를 받아들여 제어 알고리즘을 통해 BLDC 모터의 회전각을 제어하여 전, 후진 속도 및 선회 방향, 선회 궤적을 제어함

○ 정식부

육묘 손실을 최소화할 수 있는 후방 밀어 내기식 취출 및 모이송 방식 개발

- 1회 7줄 동시 취출, 벨트 수평이송 방식 설계
- 롤러회전에 의한 모종 강제 투입 방식 설계



그림 6 취출 및 모이송 방식

국내 두둑사양 및 관행정식 방식에 적합한 조수와 조간거리가 구현 가능한 정식 시스템 개발

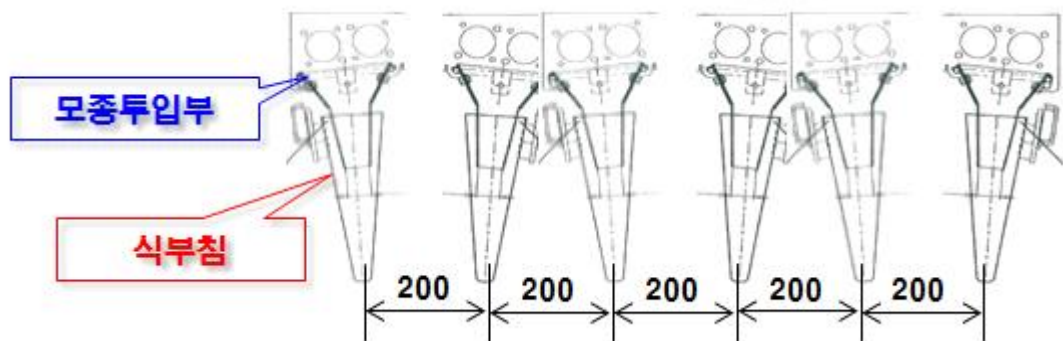


그림 7 조간 및 조간거리 설정

정식부의 탈부착이 가능한 작업부를 개발하여 본기와의 탈부착 편의성 향상을 위해 원터치 히치 시스템 및 매칭 기술 개발

- 조립 및 정비성 향상



그림 8 정식부 탈부착 시스템

○ 정식부 미션

주간거리 10~15cm(양파 생육에 유리), 작업속도 0.24m/s(능력54분/10a)를 만족 시키는 정식부 미션 설계

- 미션 기본 Layout 구성
- 기어 트레인 해석 프로그램을 이용한 강도 분석 모델 구성
- 모델 강도 해석 수행 및 상세 설계 수행

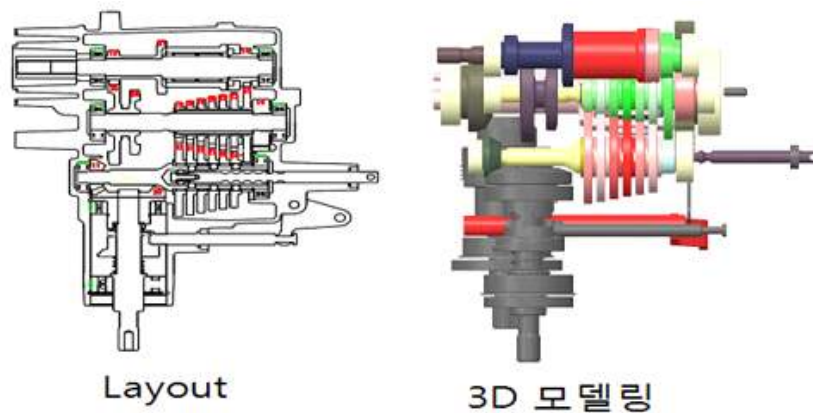


그림 9 트랜스 미션 Layout 및 3D 모델링

○ 묘탑재대

작업자의 편의성을 고려한 트레이 공급 및 회수 방식 개발

- 전방(후경사)공급 방식의 기구설계
- 육묘 취출 후 다시 전방으로 회수되는 구조 개발



그림 10 트레이 공급 및 회수 방식

나. 연구개발 대상의 국내 현황

1) 국내, 기술 수준 및 시장 현황

○ 기술 및 시장 현황

국내 양파 생산량은 2018년 기준으로 152만 969톤으로 전년대비 37만 6,476톤 (32.9%) 증가함. 2017년도 양파 가격 상승 영향으로 재배면적이 크게 증가하였으나 10a당 생산량은 5,756kg으로 전년 대비 5,858kg보다 1.7% 감소함. 이는 겨울 한파로 인해 초기 생육이 부진하였으며, 알이 굵어지는 시기에 잦은 비로 인한 습해 및 병해충 발생으로 생육이 부진하였기 때문임. 10a당 생산량은 소폭 감소하였으나, 재배면적이 35.2% 크게 늘어 생산량은 152만 969톤으로 전년의 114만 4,493톤보다 32.9% 증가함.

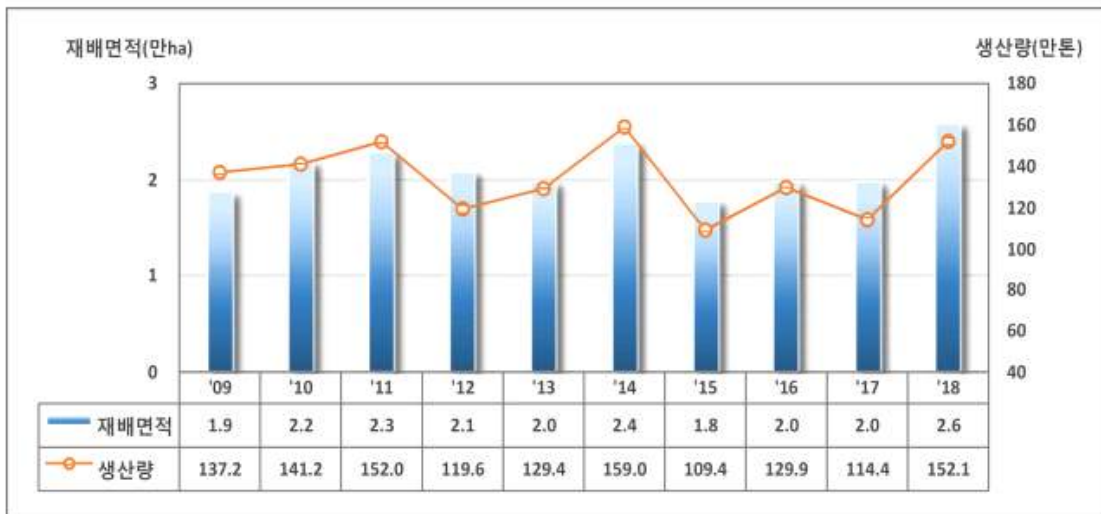


그림 11 연도별 양파 재배면적 및 생산량(통계청 2018)

재배면적 및 수확량은 증가하고 있으나 양파 재배 전체 작업 중 소요되는 노동력의 26%를 점하고 있는 정식작업은 기계화가 미흡함. 10a당 34,000주로 밀식으로 정식하기 때문에 노동 강도가 높고 심는 시기가 벼 수확 시기와 맞물려 노동력 경합으로 적기 작업이 이루어지지 않고 있음. 정식시기에 맞춰 적은 노동력으로 국내 작업환경에 맞춰 고속 작업을 할 수 있는 승용 자주식 양파 정식기 개발이 필요함.

정부에서는 밭농업 기계화를 향상, 특히 정식, 수확 작업에 대한 기계화를 중점적으로 추진하고 있으며, 임대 사업장을 2025년까지 820개소로 현재의 2배 이상으로 확대할 계획이므로, 국내 시장 전망은 긍정적으로 평가됨.

정부에서는 밭농업 기계화를 향상, 특히 정식, 수확작업에 대한 기계화를 중점적으로 추진하고 있으며, 임대사업장을 2025년까지 820개소로 현재의 2배 이상으로 확대할 계획이므로, 국내 시장 전망은 긍정적으로 평가됨.

국내 정식기 시장은 파종, 정식기 전체 기계화율이 10% 미만으로 이제 시작 단계이며 국내 보급대수가 통계에 잡히지 않을 정도임.

밭, 작업 농기계는 아직 개발 초기 단계 수준이며, 표준화는 진행되지 않고 있음.

표 1 농작업별 기계화율

작목	계	주요 농작업별 기계화율				
		경운 정지	파종 정식	비닐피복	방제	수확
고추	46.1	99.5	0.0	44.6	86.3	0.0
양파	60.2	99.7	8.8	72.8	98.3	21.3
콩	62.2	99.9	22.8	65.8	93.7	28.6
감자	67.4	99.8	5.8	77.2	88.9	65.2
고구마	60.1	99.7	0.0	67.8	81.6	51.6
무	60.2	100.0	0.0	93.2	98.8	8.9
배추	55.3	99.7	1.0	81.6	94.0	0.0
마늘	57.1	99.8	15.1	45.6	94.1	31.0
전체	58.3	99.9	8.9	66.8	92.0	23.9

*출처: 농촌진흥청(2016. 농업기계 이용실태조사)

2000년 경남농업기술원 양파 시험장에서 개발된 승용관리기 부착형 6조식 양파 정식기는 기계의 견고성과 정밀성이 떨어지고, 적합한 표준 육묘방법이 없어서 결주율이 20%(육묘 시 10%, 정식기 5~10%)로 높고, 수확 등 타 작업공정에 부합하지 않고, 승용관리기와 정식기의 구입비용이 부담되므로 개선 요구됨



그림 12 승용관리기 부착형(경남농업기술원) 정식기와 반자동 정식기(농진청)

2009년 국립 농업과학원에서 개발된 전자동 양파 정식기는 인력 공급 방식이며 속도가 느리고 작업능률이 떨어져 실제 농민들은 자동 정식기를 선호하고 있음.

자율주행식 정식기 관련 연구 시행 사례는 있으나 기계구조, 내구성, 사용재료 및 제작 공정기술 및 디자인이 미흡하여 상품화 단계에는 미치지 못하였으며 농기계 전문 회사의 재설계와, 작업 정밀도를 향상시킬 수 있는 실용화가 절실함.

2012년 국내 연구진에 의해 개발된 보행형 양파 정식기는 정식 노력을 관행의 50.2 시간에서 2.5시간/10a 이내로 작업을 완료할 수 있어 노동력 절감 효과가 기대되었으나 보행형 정식기의 경우 가을철 습답에서 바퀴가 빠져 작업이 불가하거나 슬립으로 인해 정확한 주간거리가 나오지 않는 문제점이 발생함.



그림 13 습답에서 전복된 보행형 양파정식기 및 슬립이 발생하는 모습

보행형 양파 정식기 보급으로 기계 정식에 대한 수요자들의 요구 수준이 높아졌으나 보행보다는 작업 속도가 빠르고 조작이 편리하며 포장지 환경에도 영향을 적게 받는 승용형 자주식 정식기에 대한 요구가 증가하고 있음. 현재 수입되어 판매되고 있는 승용형 양파 정식기 경우는 기계 사양이 국내 멀칭 재배 환경과 맞지 않으며 가격 또한 매우 고가이기 때문에 일반 농민들에게 보급되기는 어려운 실정임.

벼 가격하락에 의한 돌파구로 논 답에 이모작으로 양파재배를 하는 경우 빠짐이 심한 포장지나 또는 경사지 작업, 우천 시 작업등 다양한 작업 환경에서 정식이 가능한 기계 또한 개발이 요구됨.



그림 14 2모작 및 습전에 정식된 양파



그림 15 동양물산 TOP-6A

티와이엠에서는 2012년 첨단생산기술개발 사업으로 개발한 6조 보행형 양파정식기를 생산, 판매하고 있음. 육묘 트레이를 묘탑재대에 장착하면 기계적으로 뽑기, 이송, 정식 과정이 동시 가능한 양파정식기로 두둑의 높이를 자동으로 감지하여 정식깊이를 일정하게 심는 게 가능하며 트레이에서 자동으로 육묘를 취출 해주기 때문에 속도가 빠르고 작업이 편리함. 타사 보행 정식기에 비하여 정식조수가 많아 농민들에게 좋은 호응을 받고 있음.

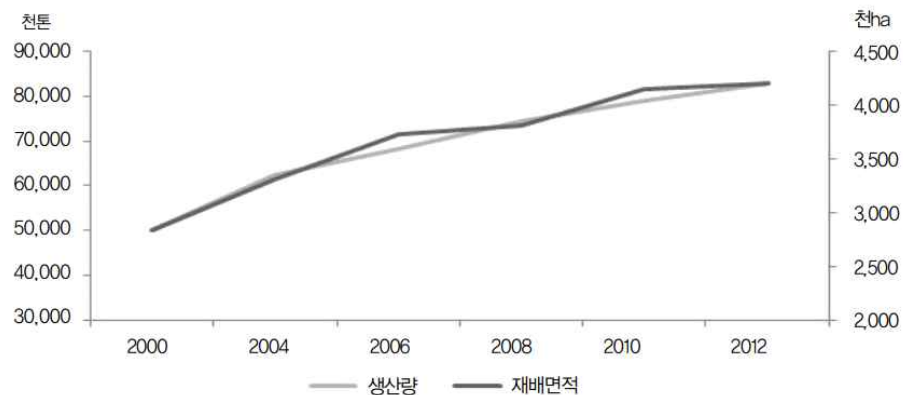


그림 16 조은농기계 A5-1200

조은 농기계에서는 승용 자주식 8조 정식기를 판매하고 있음. 전진 4단, 후진 2단으로 1조~8조까지 조수 조절이 가능하며 양파 전용 정식기가 아닌 여러 작물의 정식이 가능한 다목적 정식기이기 때문에 전용 트레이를 사용하지 않는 장점이 있으나 여러 조수에 인력으로 묘를 직접 공급하는 반자동 방식이기 때문에 작업속도가 매우 느리고 작업능률이 낮음.

2) 국내, 기술 수준 및 시장 현황

양파는 세계 3대 채소로 자리 잡아 토마토, 마늘과 함께 세계에서 가장 건강한 웰빙 식품중의 하나로 알려져 있으며 세계적으로 매년 4%씩 소비량이 증가 하고 있음.



자료: FAO Stat(2012).

그림 17 세계 양파생산량과 재배면적

세계 양파 시장 규모는 재배 면적 4,204천 ha 연간 생산량은 약 8천2백만 톤임

- 중국, 인도 재배 면적은 100만ha 내외로 가장 큼

러시아와 유럽 국가를 포함한 전 세계적인 기후 변화로 신선한 채소 생산량이 현저하게 줄어들고 시장에서 양파와 마늘 같은 뿌리채소에 대한 수요가 증가하고 있음. 중국본토의 양파에 대한 수요 또한 급속도로 증가하고 있어 중국은 세계에서 가장 큰 양파의 생산자이자 수출국 임에도 가격이 상승하고 있음.



그림 18 세계 양파 소비량(농촌경제연구원 2014)

세계 농업기계 시장은 2015년 1,720억 달러에서 2017년 1,909억 달러로 매년 급성장하고 있음.

(단위 : 백만달러, 천대)

구분	2008		2013		2018		CAGR (2013~2018)	
	금액	대수	금액	대수	금액	대수	금액	대수
농용트랙터	44,850	2,280	54,500	2,550	76,800	3,180	7.1	4.5
수확기계	21,200	335	27,200	380	39,750	495	7.9	5.4
이식기및시비기	8,520	555	10,650	610	15,150	770	7.3	4.8
건초기계	7,630	960	9,200	1,030	12,850	1,285	6.9	4.5
축산기계	7,390	1,660	8,690	1,740	11,900	2,140	6.5	4.2
경운기계	5,700	585	7,570	690	10,800	875	7.4	4.9
기타농기계	4,210	935	5,190	1,030	7,100	1,255	6.5	4.0
부품	20,500	-	26,000	-	33,650	-	5.3	-
계	120,000	7,310	149,000	8,030	208,000	10,000	6.9	4.5

자료 : The Freedom Group, Inc, World Agricultural Equipment, 2014, 7

그림 19 세계 농기계 수요 예측

특히, 향후 중국, 인도, 인도네시아, 필리핀, 이집트 등 국가의 농업기계화가 가속화 될 것으로 전망되고 있어, 외국산 농업기계의 국내시장 잠식에 대응이 시급한 실정임.

유럽에서는 최근 원통형 종이 포트묘가 농가에 보급이 되는 초기 단계임.

일본에서의 정식기계화는 한국에 비해 4년 정도 앞서가는 것으로 판단되며 당사의 본 정식기 개발은 세계최고수준인 일본의 정식기의 정식속도와 동일 수준으로 기대하고 있음



그림 20 유럽형 정식기, 일본형 정식기

일본에서는 양파정식기가 일반 농가에 보급되고 있으며 멀칭재배에서 4조로 정식이 가능한 자동정식기와 무 멀칭에서 정식하는 2조, 4조식의 자동 및 반자동 정식기를 실용화하고 있음(미노루, 구보다, 안마 농기 등) 이들 기종들은 24,000~28,000주/10a정도 정식하게 되어 우리나라와 같은 33,000주/10a 이상 밀식 재배하는 방식에는 적응성이 떨어지며 정식기 본체와 육묘자재를 수입 할 경우 비용을 더 많이 지불해야 하는 부담을 안고 있음.



그림 21 일본의 양파 정식기 및 유럽형 반자동 정식기

일본내 자동 정식기에 사용되는 트레이, 이송 및 정식 방식은 아래와 같으며 대부분 육묘 트레이에서 밀어내기 방식을 선택하고 있으며, 취출한 육묘를 이송하는 방식에만 차이점이 나타남.

표 2 자동정식기에 적용된 자동 묘취, 이송 및 식부 방식(경남 농업 기술원)

트레이	묘발 방식	이송방식	식부 방식	장 단 점	생산 회사
페이퍼, 펄프 몰드	절단 및 집어내기	핑거로 직접 식부	핑거	트레이 가격이 비쌌. 활착률 증가	미노루, 구보다
플 라 스 틱	꽃아내기	송곳 이송	식부 호퍼	초장 제한, 묘상해, 엽채류 (20cm이상)	얀마농기
	밀어내기	버킷 벨트	식부호퍼	이송 벨트 상의 헝클어짐 결 주율 큼, 초장 20cm이하	구보다
평벨트 (수평+수직)		디스크		이송 벨트 상의 헝클어짐 결 주율 큼, 초장 20cm이하, 양 파 정식용	미노루

일본의 KUBOTA社는 보행 4조 양파 정식기를 일본에서 수입하여 판매 중임. 전자동 방식으로 전용 육묘 트레이(448공)를 묘탁 재대에 공급 하면 7개의 육묘를 동시에 취출하여 벨트로 육묘를 이송하고 식부컵에 육묘를 넣어 정식하는 시스템임. 벨트로 취출된 묘를 이송하는 방식이므로 경사지가 많은 국내 포장지에서는 결주가 발생하며 취출된 육묘가 바람에 의해 이동 되는 경우가 있어 정식 작업에 어려움이 있음. 또한 4조 이기 때문에 많은 조수를 심기 원하는 국내 사양에는 적합하지 않음.



그림 22 KUBOTA OP-40-KR

일본의 MINORU社는 국내에 죽암기계社를 통해 한국에 양파 정식기를 판매하고 있음. 승용 전자동 4조 정식기로 KUBOTA와 같은 전용 육묘 트레이(448공)를 사용하며 왕복 8조 정식기 가능함. 보행형에 비해 편리하고 작업 속도도 매우 빠른 장점이 있음. 하지만 기대가 너무 고가이기 때문에 일반 농민이 구입하기에는 부담스러움. 또한 8조 정식을 위해선 왕복으로 2번 작업을 해야 하기 때문에 작업 능률이 떨어짐.



그림 23 MINOTU OPR-4/8

기종	OP-40-KR(보행)	TOP6(보행)	JOPR-4/8(승용)	승용 6조(목표)		
적용 상자	448	384	448	448		
취출방식	7개 동시 취출 (2열)	1개씩 취출 (3열)	7개 동시 취출 (2열)	7개 동시 취출 (2열)		
반송방식	벨트 수평이송	핑거 수직 낙하	벨트 수평이송	벨트 수평이송		
정식방식	식부컵 방식	식부컵 방식	식부컵 방식	식부컵 방식		
조수	4	6	4/8	6		
조간거리	24	14	28(왕복 14)	20		
두둑간거리	24x3+60=132	14x5+60=130	14x7+60=158	20x5+60=160		
두둑외폭(바퀴내폭)	102	100	128	130		
평균 조간거리	132/4=33	130/6=21.7	158/8=19.8	160/6=26.7		
평당 주수계수	1000	1521	1667	1236		
주간거리	10~13	12~15	12~15	10~15		
주수, 주/평 (주/10a)	최대	100(30,000)	127(38,100)	139(41,700)	124(37,200)	
	최소	77(23,100)	101(30,300)	111(33,300)	80(24,000)	
최고작업속도	0.2	0.11	0.24/0.12	0.24		
작업능력	min(hr)/10a	78.9(1.315)	145.7(2.428)	109.9(1.831)	54.3(0.904)	
	주/hr	최대	22,810	15,690	22,770	41,150
		최소	17,570	12,480	18,190	31,530



그림 24 국내 판매 기종 사양 비교

미국이나 유럽은 우리나라와 다르게 파종, 정식의 과정을 거치지 않고 밭에 직파를 하고 있으며 대규모 경작지에 생육 환경이 또한 매우 좋기 때문에 파종, 정식 과정을 생략하고 직파를 함.

육묘를 키워 정식하는 방식이 아니기 때문에 기계 또한 파종기 형태로 되어있음.



그림 25 프랑스 MONOSEM社 양파 파종기

3) 국내·외 지식재산권현황

양파 정식기 관련 기술에서 한국, 미국, 일본, 유럽에 등록된 특허는 218건으로 관련 특허 정보들을 중심으로 특허 분석(Patent Mapping)을 수행함.

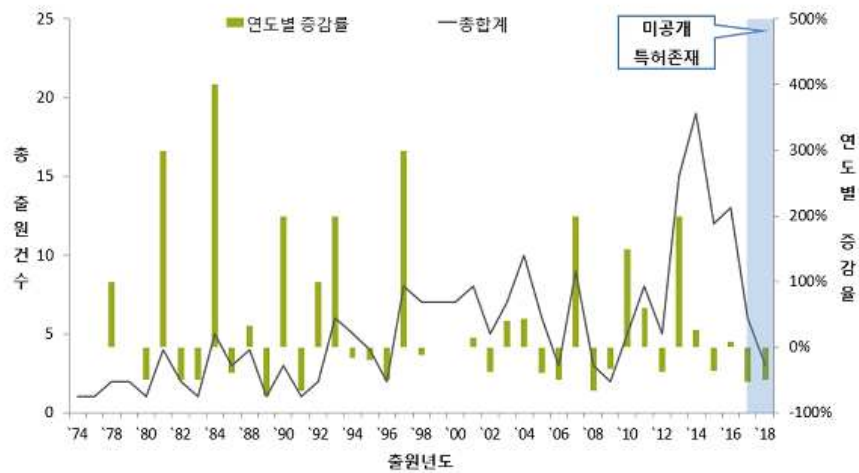


그림 26 조사 범위

(※미공개 출원 건 범위는 조사 일로부터 1년 6개월 전)

연도별 출원 동향을 살펴보면, 1990년대 중반부터 꾸준히 출원되고 있으며, 2014년에 출원 건수가 최대이고, 그 이후로도 출원이 지속적으로 이루어짐.

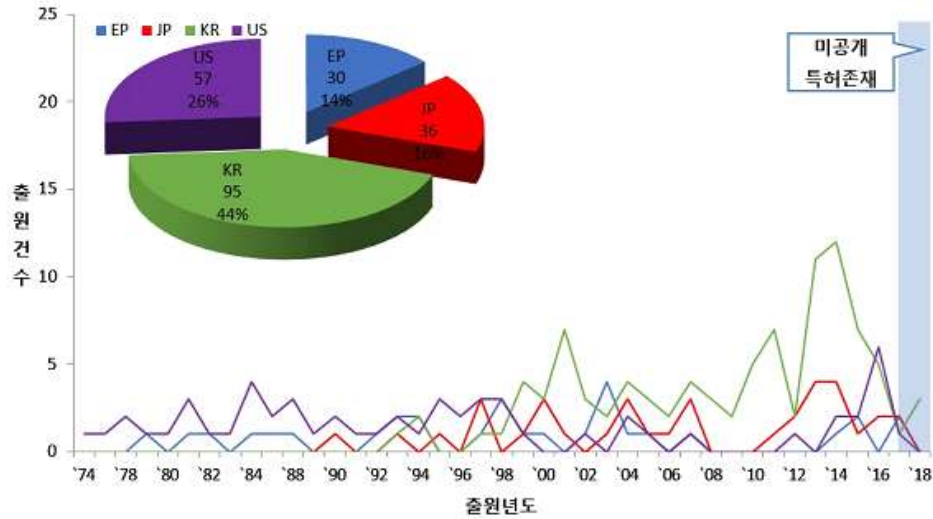


그림 27 국가별 출원 동향

(※미공개 출원 건 범위는 조사일로부터 1년 6개월 전)

국가별 출원동향을 살펴보면, 한국 44%, 미국 26%, 일본 16% 및 유럽 14%의 점유율로 나타남. 미국은 1774년부터 유럽은 1979년부터 현재까지 꾸준히 출원한 것으로 나타나며, 한국은 1993년에 처음 출원됨.

정식기 관련 기술 분야의 주요 출원인(4개사)의 출원동향을 보면 아래와 같음.

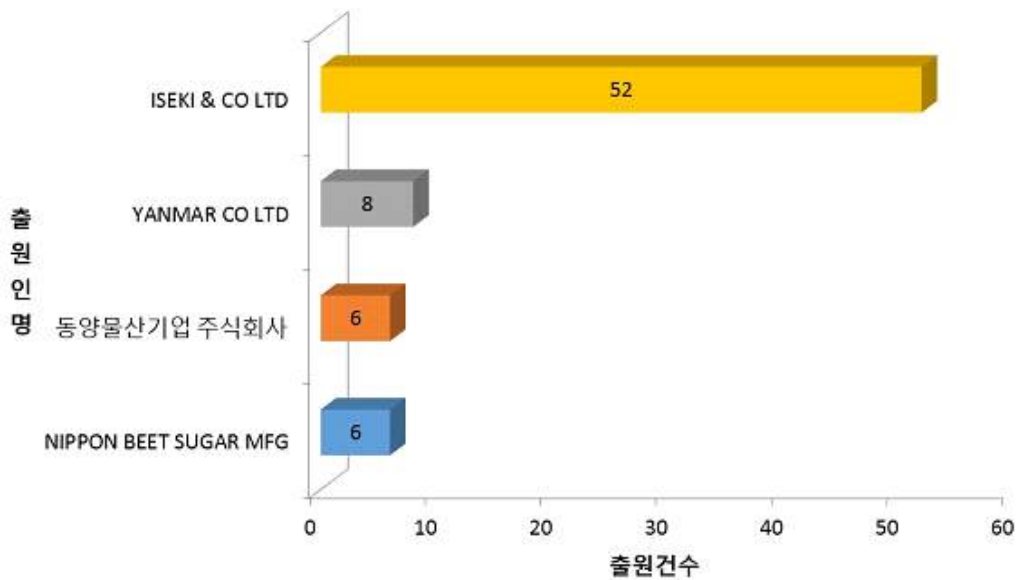


그림 28 주요 출원인의 출원 동향

전체 출원 대비 주요 Key player에 의한 출원의 비중이 높은 것으로 나타나고, 이는 다수 기업에 의하여 양과 정식기 기술이 개발되는 것으로 판단됨 주요 Key player는 일본 ISEKI社, YANMAR社, 티와이엠, NIPPON, BEET SUGAR社 임.

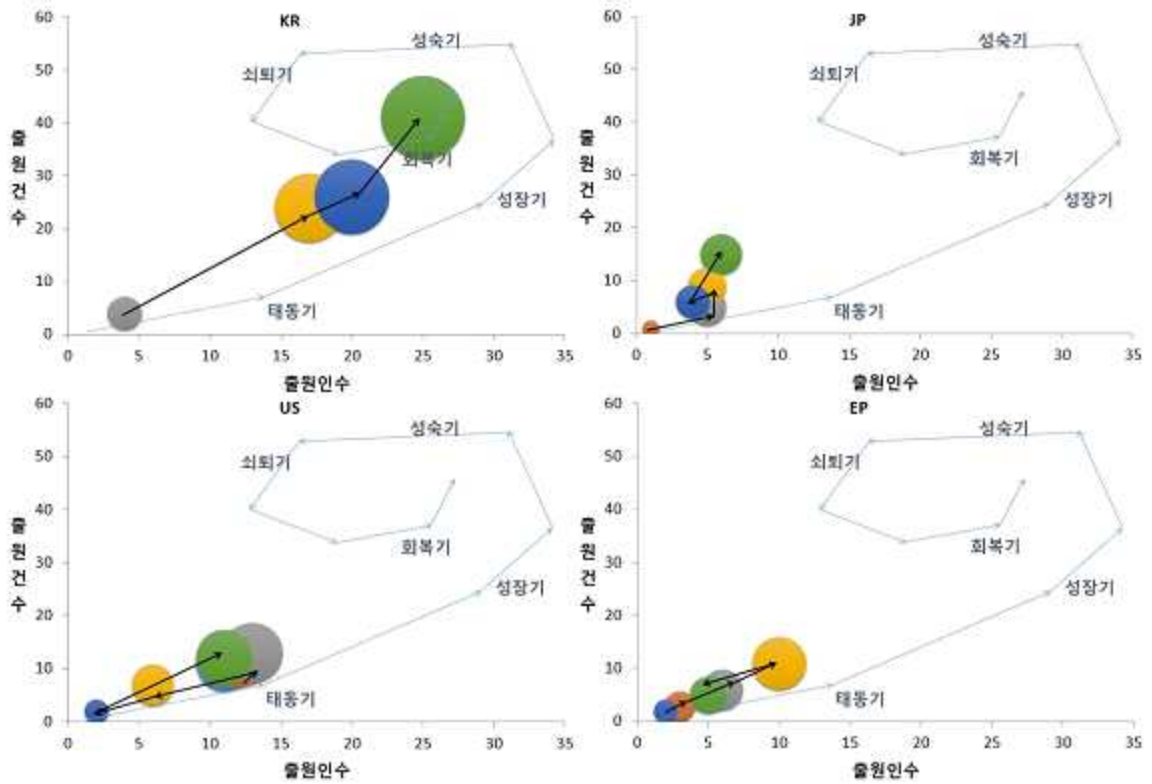


그림 29 기술 수명주기 현황

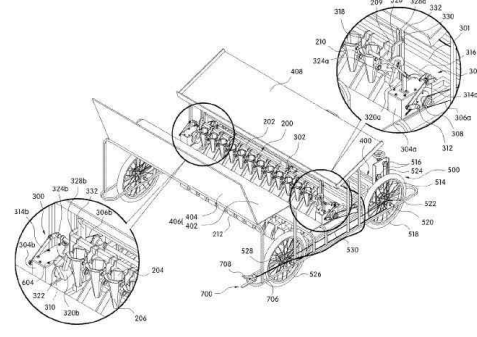
특허 출원인의 수 및 출원 건수를 나타내어 특허 출원 동향을 통한 기술의 위치를 살펴볼 수 있으며, 각 구간은 1구간(1974년~1983년), 2구간(1984년~1990년), 3구간(1997년), 4구간(1998년~2004년), 5구간(2005년~2011년), 6구간(2012년~2018년)으로 나누어 각각의 구간별 특허 출원인의 수 및 출원 건수를 나타내어 특허 출원 동향을 통한 기술의 위치를 살펴볼 수 있음. (버블의 크기는 출원인의 수임)

이때 기술 성장 단계 그래프에서 “출원 건수”의 증가는 기술개발의 활동 정도가 활발함을 의미하고, “출원인의 수”의 증가는 시장의 신규 진입자가 증가하는 것으로서 해당 기술 분야의 시장 확대를 의미함.

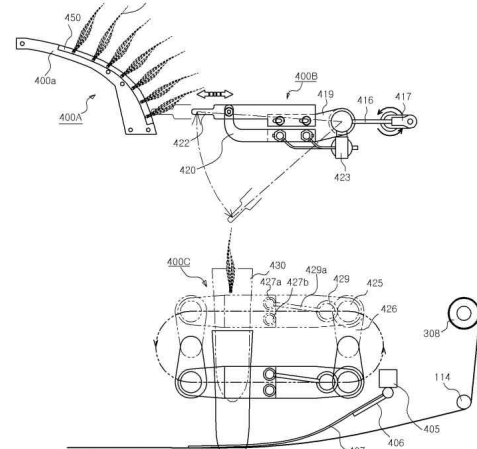
양파 정식기 기술 분야는 전체 시장을 기준으로 볼 때, 2구간(1984년~1990년)부터 4구간(1998년~2004년)까지 출원 건수와 출원인의 수가 증가하지만, 4구간(1998~2004년)부터 5구간(2005년~2011년)까지 출원 건수와 출원인의 수가 감소한 후, 5구간(2005년~2011년)부터 6구간(2012년~2018년)까지 출원 건수와 출원인의 수가 증가하는 것으로 보아 성장기에서 성숙기 단계로 보임.

4) 주요특허

- 특허 번호 KR 2008-0120031

	<p>반자동 양파 정식기에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 상하 직선운동을 하는 식부 장치 및 일정 거리로 주행하는 주행장치를 이용하여, 양파 묘를 일정한 간격을 유지시키며 수직으로 똑바로 심을 수 있도록 한 반자동 양파 정식기에 관한 것</p>
<p>목적: 양파묘를 일정간격으로 유지</p>	<p>해결 수단: 식부 장치, 주행</p>

- 특허 번호 2009-0037413

	<p>본 발명은 로터리 작업, 약제 살포 작업, 멀칭 작업, 정식 작업이 순차 진행하도록 로터 베이터부, 분무부, 피복부, 정식부로 이루어진 양파 정식장치임</p> <p>로터 베이터부는 후사면부에 복토배출구가 형성되며, 후면커버프레임양편에는 배토날을 설치하고, 분무부와 양액통을 상단에 형성하고, 분무기로 양액통의 양액을 양액배출구로 분출해 호스를 통하여 분사파이프에 배관을 연결함</p> <p>상기 로타베이터부 상단커버에는 유압밸브블럭과 동력전달조인트축상에 콘트롤박스를 부착하고, 피복부는 로터 베이터 양편의 측면커버 외상측단에 롤비닐설치원뿔를 부착 조립하고, 하단에 비닐진압바퀴가 조립되며, 비닐유도봉을 부착 구성하고, 정식부는 하단에 비닐누르개를 부착하고, 측판의 상측 일면에 유압모터를 설치하고 측판 후 하단모서리에 주행바퀴가 설치됨을 특징으로 하는 다기능 양파 정식장치에 관한 것임</p>
<p>목적: 노동력 절감</p>	<p>해결수단: 양파묘를 일정간격으로 유지</p>

- 특허번호 JP 2003-118292

	<p>비닐을 피복한 지면에서의 정식이 가능함과 동시에, 구성요소를 줄임으로써 구성 전체가 간단하고 소형화되어 있고 정식 작업의 단계가 최소화되고 정식 효율의 증대가 가능한 양파 정식기임</p> <p>소정의 트레이 이송 장치, 모종 제거 장치, 모종 공급 장치, 정식 장치 및 트레이 실어 받침대 이동 장치로 구성되는 양파 정식기임</p> <p>모종 제거 장치의 압출봉과 모종 공급 장치의 핑거를 트레이의 1행의 셀 수보다 적고 구성하고, 소정의 트레이 실어 받침대 이동 장치에 의해 트레이 실어 받침대를 좌우로 이동시키도록 하고 모종 공급 장치의 핑거가 구성됨</p>
<p>목적: 작업 효율 향상/소형화</p>	<p>해결수단: 정식부 궤적 가이드</p>

- 특허번호 KR 2017-0055708

	<p>본 발명은 자동주행기능을 탑재한 모종 정식장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 모종 트레이의 교체를 위한 보조 작업자 없이 1인 작업자에 의한 주행과 모종 트레이 교환이 동시 구형이 가능하도록 구성하여, 정식작업에 따른 작업의 연속성을 확보하면서 인력을 절감하도록 한 자동조향기능을 탑재한 모종 정식 장치임</p>
<p>목적: 작업 효율 향상/소형화</p>	<p>해결 수단: 정식부 궤적 가이드</p>

2. 연구 개발 과제의 수행 과정 및 수행 내용

가. 1차년도

□ (주)티와이엠(주관기관)

1) 승용 양파 정식기 B/M 기대 조사

가) 기대 사양 조사

(1) 공급, 취출, 이송은 I사 제품, 정식부는 K사 제품 조사 실시

- I사제품과 K사 제품 구입하여 정식부 및 묘공급부 조사·분석

I사 양파 정식기는 작업 속도는 매우 빠르나 노지 사양으로 비닐멀칭 위에서는 정식 작업이 불가하며 국내에서는 양파 정식시 대부분 멀칭 작업을 하기 때문에 노지 사양의 정식은 국내 사양하고는 맞지 않는 정식 시스템이다.

묘공급 방향은 후 경사 식으로 구조는 다소 복잡하고 관련된 부품 수가 매우 많지만 이양기의 묘공급 방향과 같아 농민들이 익숙하게 육묘를 공급 할 수 있다.

K사 양파 정식기는 보행형 정식기로 승용에 비해 속도가 느리며 4조 정식으로 작업 능률이 다소 낮다.(국내에는 대부분 6조 이상으로 정식함). 하지만 정식부가 회전식 로터리 방식으로 취출 후 이송된 모종을 호퍼로 받아 정식을 하기 때문에 비닐 멀칭 위에 정식이 가능한 장점이 있다. 두 기대에 대한 세부 사양은 아래와 그림과 같다.

제작사	I사	K사	비고
형식	PVT4	OPT-40-KR	
플랫폼	TM16J 트랙터	보행형	
중량,kg	1,015	378	
조수	4	4	
조간,cm	27(OPT28.5)	24	
주간,cm	9~13	10~13(6단)	
예비묘탑재수,매	50	23	묘탱크 포함
작업속도,m/s	0.4~0.75	0.13~0.2	
묘탑대 방향	후경사	전경사	
자율조향	O	X	두독추종형



그림 30 B/M 조사 기종 사양

(2) 승용 양파 정식기 기대 밸런스 측정 및 기능 조사

양파정식기와 같은 발작물 기계는 경사지에서 작업하는 경우가 많기 때문에 무게 밸런스가 맞지 않으면 전도의 문제가 있으며, 특히 기대 운반 상하 차시 안전에 위험이 있기 때문에 기계 밸런스가 매우 중요하다. 기계 밸런스를 확인하기 위해 전륜, 후륜 4곳의 무게를 측정 하였으며 작업자가 탔을 때와 타지 않았을 때, 그리고 정식 부가 상승했을 때와 하강했을 때(작업이)의 무게를 측정하였고 결과는 아래와 같다.



그림 31 무게 측정

표 3 중량 측정 장비 사양

Item	Specification
Model / Company / Nation	R-3000 / CAS / KOREA
Length / Width / Height [mm]	1000 / 1000 / 90
Maximum load [kg]	3000

좌, 우 밸런스는 5:5 정도로 균형을 이루었으나 정식부 상승시 2:7정도로 후방에 무게가 집중되었으며 정식부 하강시 5:5정도로 다시 균형을 이루었다.

정식부 단독 무게는 413kg 이었으며 현재 측정 무게가 4조인 경우를 감안 하면 향후 6조 개발 시 정식부의 무게는 당연히 증가할 것으로 예상되며 이를 줄일 수 있는 방안, 실린더의 양력을 증대하는 방안 및 분담 하중을 전방으로 이동 시킬 수 있는 방안 등 본기에 부착 시 검토가 필요함을 확인 하였다.

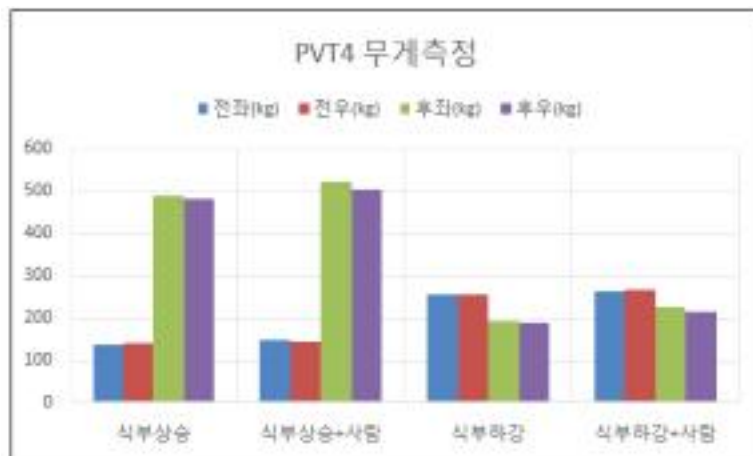


그림 32 무게 측정

나) 기대 성능 조사(조작 및 성능 시험)

○ 정식 시험 및 조작 관계 시험

벤치마킹 견본기의 성능 시험은 충남 논산에 위치한 시험장(실내)에서 진행 하였으며, 승용 1대와 보행 1대를 동시에 시험 하였다. 시험 전 로터리 작업을 수행하였고 현재 국내에 상용화되어 있는 두둑 성형기로 두둑 성형을 하였으며, 승용의 경우 두둑이 필요 없는 노지형 이기 때문에 별도의 두둑 작업은 하지 않고 시험을 하였다.



그림 33 보행 및 승용 정식 시험

트레이는 기계 전용 448공을 사용하였고 실제 농가에서 기계 정식을 목적으로 파종한 육묘를 구매하여 사용하였다. 육묘는 약 70여일 정도 생육된 상태이며, 상태는 아래 사진과 같다. 초장은 전엽기로 잎을 잘라주어 150mm로 일정하며 육묘는 잔뿌리가 흙에 잘 감겨 있어서 손으로 으깨도 흙이 잘 떨어지지 않아 기계로 정식하기 적당한 상태였다.



그림 34 육묘 크기 및 주간 거리 측정

승용 4조의 경우 조간 거리 28.5cm, 주간 거리는 10cm를 세팅 후 정식 작업을 실시하였으며 조간 거리는 고정이라 변화가 없고 주간 거리는 세팅 된 거리에서 $\pm 1\text{mm}$ 내, 외로 크게 벗어나지 않고 정식 되었다. 다만 트랙터 부착형으로 PTO의 속도가 일정하기 때문에 주간 거리 변경시 정식부쪽으로 연결되는 스프로킷을 분해하여 조립해야 하는 번거로움이 있으며 운전시 정식 상태가 잘 보이지 않는 단점이 있었다.

보행 4조의 경우 조간 거리 24cm, 주간 거리는 10cm를 세팅 후 정식 작업을 실시하였으며 조간 거리는 변화가 없었으며 조간 거리 역시 세팅 된 거리에서 $\pm 2\text{mm}$ 내, 외로 크게 벗어나지 않고 정식 되었다. 육묘정식시 이송벨트에서 호퍼 사이로 투입되는 과정에서 일부 결주가 발생 하였고 승용에 비해 작업 속도가 느린 단점이 있

었다.

2) 주요 작동부 조사 및 궤적 분석

가) 정식부 주요 작동부 조사

정식부는 크게 모종 공급부, 취출부, 이송부, 정식부 4개로 나누어지며 전방의 본기 PTO에서 나오는 동력을 이용하여 각 부분이 작동되었다.

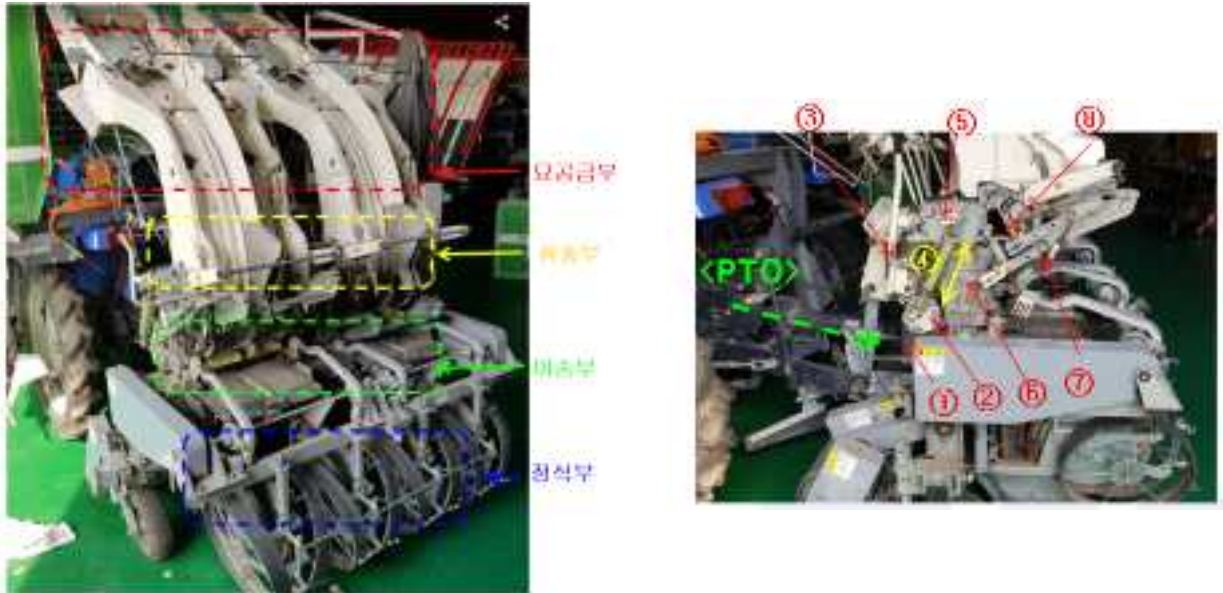


그림 35 정식부 구조 및 동력 전달 구조

PTO를 통해 나온 동력은 정식부 중간에 위치한 정식부 미션과 체인 케이스를 통해 모종을 취출, 이송하는 부분과 정식하는 부분으로 나뉘어진다. 모종 취출부와 이송부는 각 부분의 위상을 맞추는 게 매우 중요하며 위상이 맞지 않을 경우 기계가 파손되거나 결주가 발생한다. 또한 이송된 모종은 정식부에 정확히 투입되어야 하기 때문에 정식부의 위상도 매우 중요하다 볼 수 있다. 따라서 구조가 매우 복잡하고 각부의 타이밍을 조절하는 부분이 많아 이를 식별이 쉽고 조정이 편리한 보다 간단한 구조로 개선 보완이 필요할 것으로 판단되었으며 이를 중점적으로 설계를 진행하였다.

모종 취출에 있어 가장 복잡하고 조절이 어려운 부분은 모종 취출과 이송 부분이며 정식부 미션에서 동력이 전달되어 회전 캠→압축 스프링 실린더→크랭크암→모종 취출핀으로 동력이 전달되며 이는 회전운동이 왕복운동으로 변경되고 기어를 통해 다시 4절 링크를 작동 시키는 방식으로 구조가 매우 복잡하고 궤적 및 작동 거리가 매우 중요한 관계로 이 부분은 별도로 초고속 카메라를 이용하여 궤적 및 작동 거리를 측정하였다.

나) 초고속 카메라를 이용한 식부 궤적 및 작동 거리 분석

● 궤적 분석용 실험 장치

초고속카메라는 일본 Photron社의 FASTCAM ULTIMA의카메라를 이용하였다. 이 카메라의 최대해상도는 512×512이고 최대 fps는 2,000이며외형은 78×90×56.3mm이고 Ethernet을 이용하여 컴퓨터와 통신하여 데이터를 전송할 수 있다. 영상 획득용 프로그램은 Photron社의 Photron FASTCAM Analysis를 사용하였다.

조명은 ARRI 사의 ARRILITE 1000 Plus 1개를 사용하였다. ARRILITE 1000 Plus는 1,000 watt 할로겐램프를 사용하여 초고속 영상촬영 시 충분한 시야를 제공한다.



그림 36 초고속 카메라 촬영

표 4 ARRILITE 1000 사양

Specification(ARRILITE 1000)	
Manufacture	ARRI(Germany)
Power	1,000 Watt
Operation	AC
Color temperature	3200K
Light output in LUX	14528(3m, 21°)

표 5 PFA(Photron FASRCAM Analysis) 사양

Specification(Photron FASRCAM Analysis)	
Manufacture	Photron(Japan)
Version	1.2.1.1

표 6 FASTCAM ULTIMA51 사양

Specification(FASTCAM ULTIMA512)	
Manufacture	Photron(Japan)
Lens	C mount standard (Interchangeable)
Maximum resolution	512 x 512(0.262 megapixels)
Native resolution	512 x 512pixels x 10bits at 2000 FPS
Light output in LUX	14528(3m, 21°)

다) 정식부 궤적 및 작동 거리 분석

모종 취출과 이송부분의 궤적의 중요 부분 크게 3가지이다.

①회전캠→압축 스프링 실린더, 우(압출 및 트레이 이송)

②4절링크(모종 운반)

③압축 스프링 실린더, 좌→ 크랭크암(4절링크 작동, 모종 이송)

벤치마킹 견본기의 정식부 궤적을 고속카메라로 촬영하기 위해 기준 및 중요 회동 지점에 계측용 스티커를 부착하였다. 본 측정은 정지 상태에서 정식부의 궤적을 분석 하였으며 각 부품의 이동속도, 가속도 등은 고려하지 않았다. 계측 결과 Point 1의 궤적에 의해 반원의 Point 2와 Point 3의 궤적이 결정 되는 것을 확인 할 수 있었으며 각 부분의 궤적 그래프는 아래 그림과 같다.

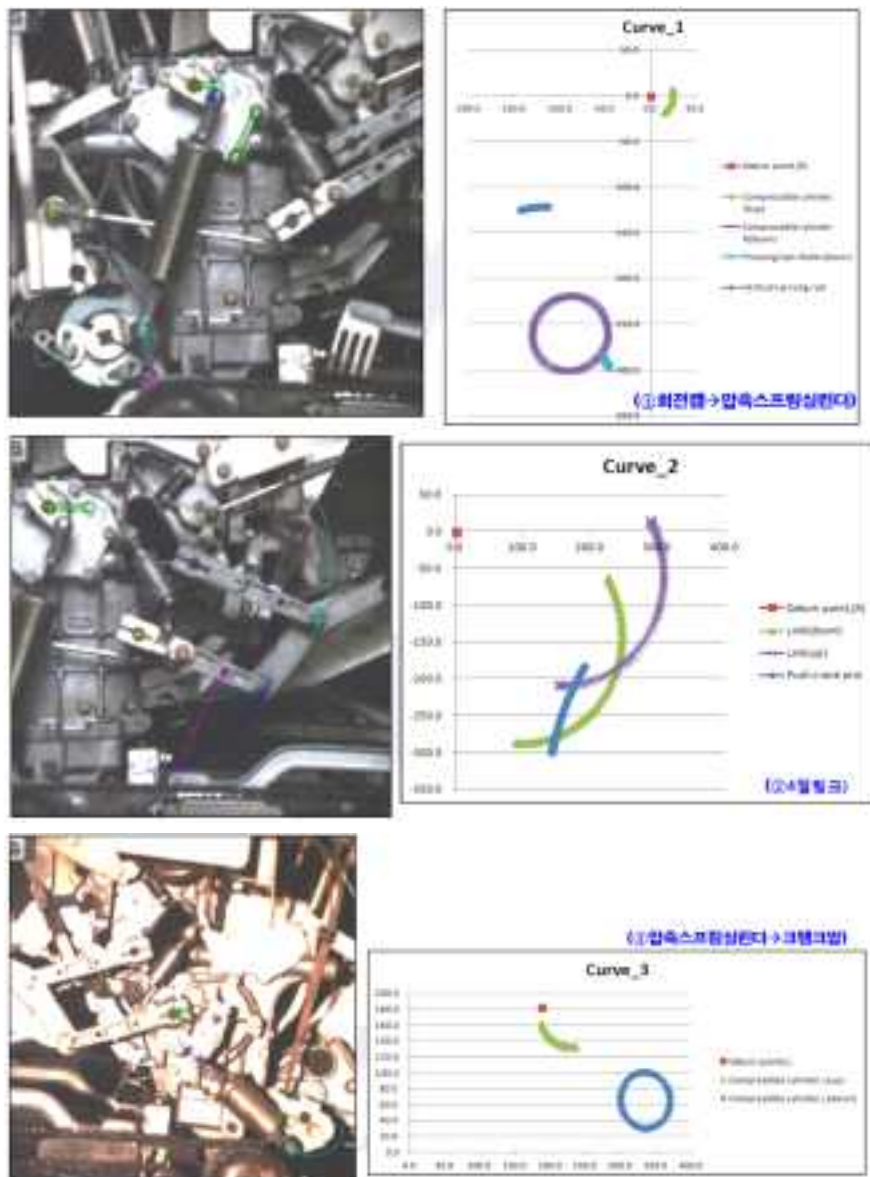


그림 37 각 주요부 궤적

3) 양과 정식부 개념 설계

가) 주요 연관 특허 분석 및 대응, 회피 방안 수립

● 정식부 관련 특허 분석 실시

양과 정식부 관련 조사를 실시하였으며, 조사된 특허는 총 218건이며 그 중에 우리와 관련이 있을 것으로 판단되는 국내외 5사 기준 특허는 총 72건이었다. 검색된 특허에 관한 분석한 결과 현재 Concept에 대응이 필요한 특허는 총 4건으로 나타났으며, 전문가의 의견을 수렴하여 특허 회피 방안을 수립하였다.

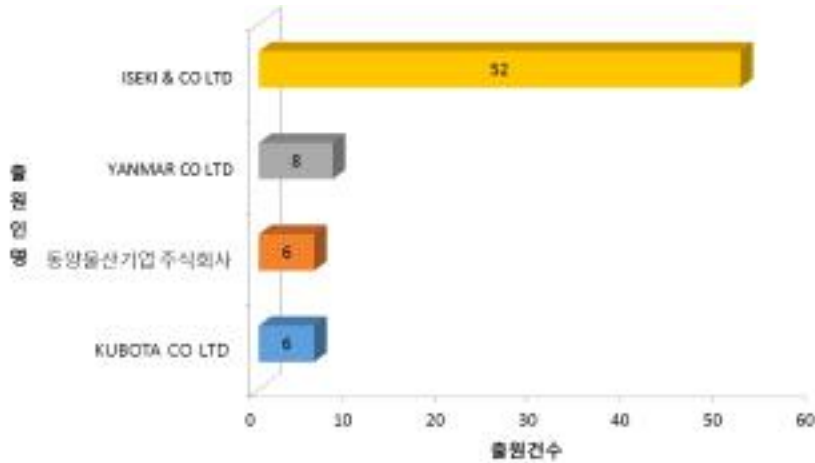


그림 38 주요 출원인 동향

주요 특허 4건의 청구 범위 및 회피 방안

①특허 출원 번호 2004-339640(P2004-339640), 출원인 KUBOTA社



②특허 출원 번호 2004-93296(P2004-93296), 출원인 KUBOTA社



그림 39 KUBOTA 특허 2건

○청구 범위

두 개의 특허는 서로 유사한 청구 범위를 가지고 있어 한 범위를 하나로 압축하여 진행협지 롤러(59)가 식부컵(19)위에 좌, 우 한 쌍으로 배치 되며와 이 두개가 서로 경사진 상태로 배치되어 있으며 내측에서 외측으로 경사진 것을 특징으로 하며 중간에 고정된 안전통(82)이 설치되어 있는 것.

○회피 방안

협지 롤러(59)를 경사진 상태에서 평행한 상태로 변경하여 특허 침해를 회피함. 롤러가 경사진 이유는 투입되는 모종을 경사진 각도로 보내는 게 목적이므로 롤러의 크기와 회전 속도를 다르게 하여 롤러가 평행한 상태에서도 모종이 경사진 방향으로 이동할 수 있게 개선 설계를 진행함.

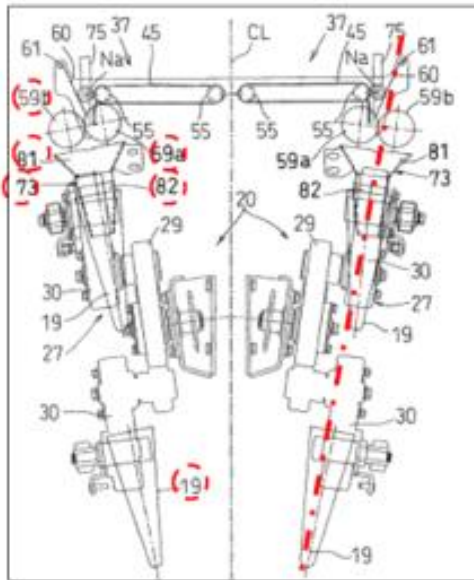


그림 40 KUBOTA 청구 범위

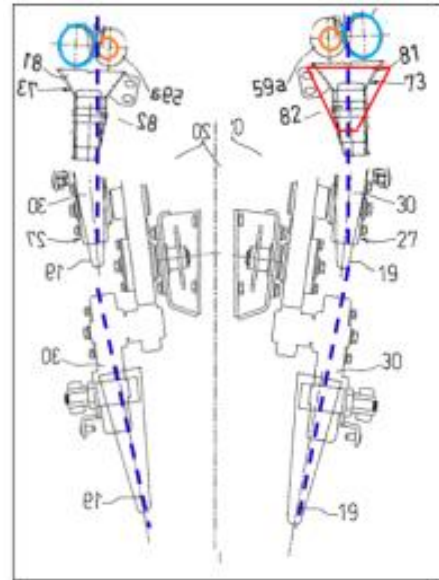


그림 41 TYM 회피 방안

③특허 출원 번호 2009-106554(P2004-106554), 출원인 ISEKI社

(19) 日本国特許庁(JP)	(12) 特許公報(B2)	(11) 特許番号 特許第4370671号 (P4370671)
(45) 発行日 平成21年11月25日(2009.11.25)	(24) 登録日 平成21年9月11日(2009.9.11)	
(51) Int. Cl. A01C 11/02 (2006.01) F1 A01C 11/02 302E		
請求項の数 2 (全 25 頁)		

그림 42 ISEKI 청구 범위 (1)

④특허 출원 번호 2014-242307(P2014-242307), 출원인 ISEKI社

(19) 日本国特許庁(JP)	(12) 特許公報(B2)	(11) 特許番号 特許第6274088号 (P6274088)
(45) 発行日 平成30年2月7日(2018.2.7)	(24) 登録日 平成30年1月19日(2018.1.19)	
(51) Int. Cl. A01C 11/02 (2006.01) F1 A01C 11/02 301B A01C 11/02 302D		
請求項の数 3 (全 13 頁)		

그림 43 ISEKI 청구 범위 (2)

○청구 범위

두 개의 특허는 서로 유사한 청구 범위를 가지고 있어 한 범위를 하나로 압축하여 진행함. 모종(N)의 사이를 칸막이하는 하강 보내기 돌기(37a)를 반송 피치에 맞게 설치하며, 모종(N)의 뿌리를 헐지하여 반송하는 탄성 부재(82)를 설치하는 것을 주요 기술로 하며 공급 벨트(36)의 이송 돌기보다 모종 하강 이송 벨트(37)의 돌출량이 더 큰 구성을 가지는 모종 이식 기계

○회피 방안

현재 국내에 판매되고 있는 정식기의 벨트에는 탄성 부재(82)가 부착되어 있는 기계는 없음. 탄성 부재 부착시 모종을 안전하게 받는 역할은 하겠지만 개선 효과는 크지 않을 것으로 판단되어 탄성 부재를 제거하여 개선 설계 진행 요 보급 벨트의 돌기 부분은 노지 사양 작업에 적합하며 회전 로타리식 방식의 정식부 시스템을 적용시 필요하지 않은 부분으로 돌기가 삭제된 롤러로 개선 설계 진행

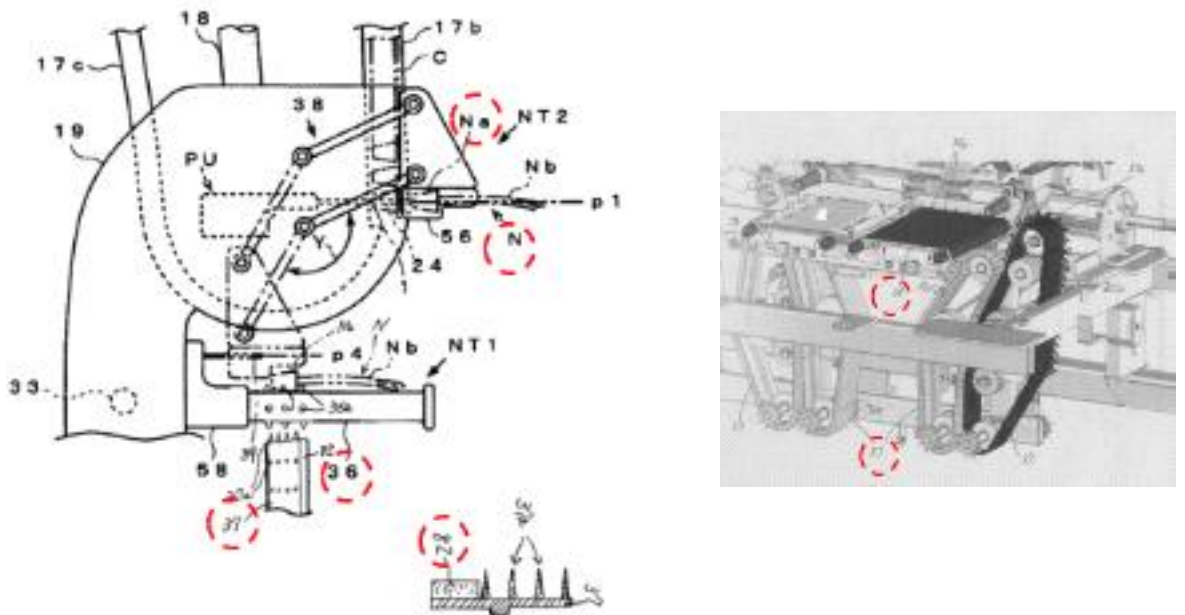


그림 44 ISEKI 청구 범위 (2)

나) 기계 사양 및 작동 방식 확정

(1) 전체 Layout 설계

승용 6조 양파 정식기의 동력 전달도 구성은 다음과 같이 구성하였다.

1개의 모공급부에 2개조씩 정식 호퍼가 배치되며 조간은 20cm가 되도록 구성하여 두둑의 폭이 120cm 이하에서 정식이 가능하게 배치하였으며 이에 맞게 각종 링크 및 동력 전달부를 최소화 하여 3개의 모종 공급부의 간격은 460cm로 확정 하였다.

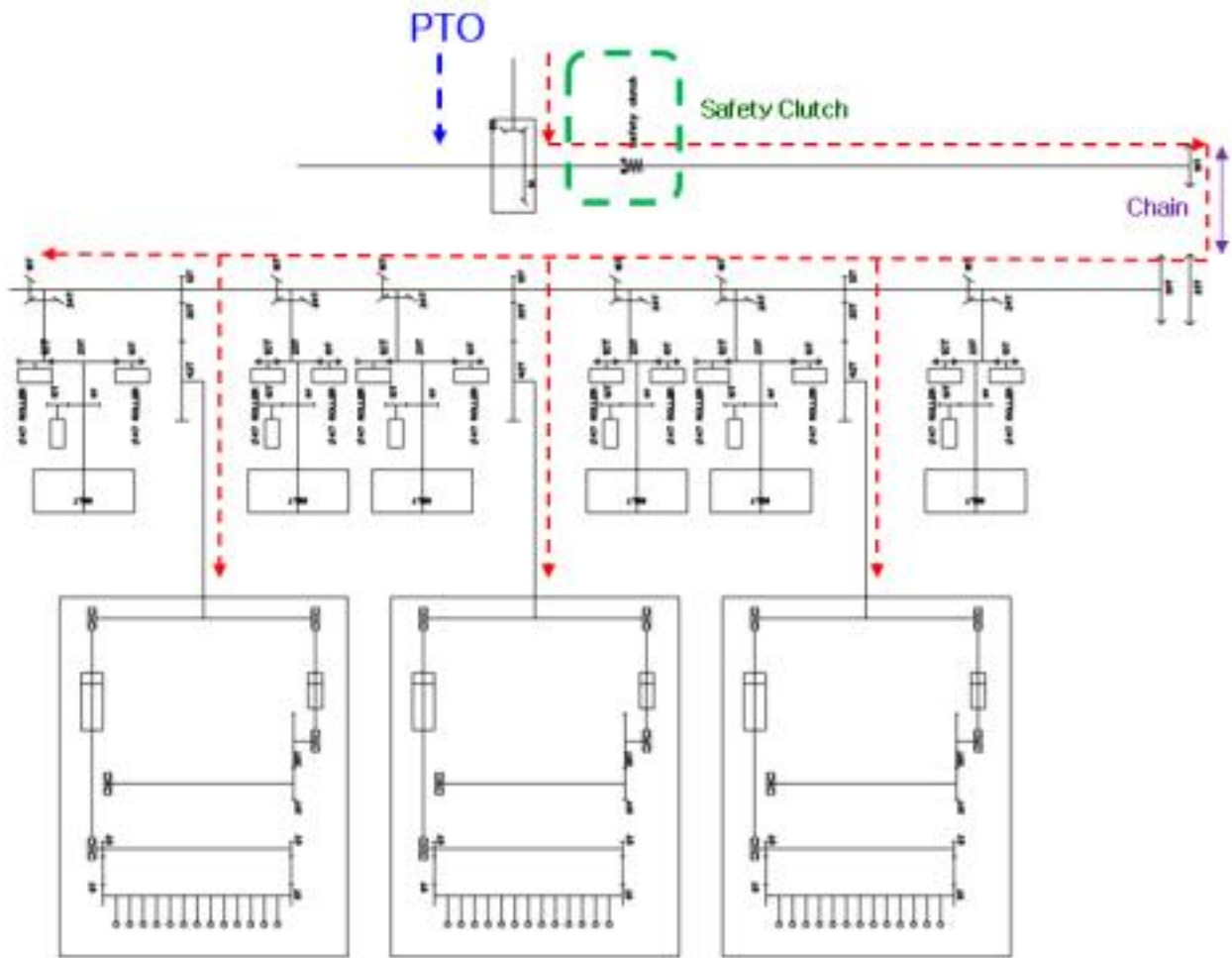


그림 45 TOP-6R 동력 전달도

시작기에 적용 될 식부 미션은 본기의 주행 미션 후방에 배치되어 있고 주간 조절이 가능한 변속장치가 적용 되며, PTO 출력축을 통해 동력을 정식부와 묘 공급 장치에 전달하게 된다. 묘공급 장치와 정식부에 과부하가 걸릴 경우 기계 파손을 방지하기 위해 정식부에 동력이 전달되기 전 단계에 안전클러치를 배치하여 위험을 최소화 하였다.

기계 전용 육묘 상자는 개발비 절감을 위해 현재 개발되어 있는 448공 육묘 상자를 사용하기로 하고 1개 트레이당 2조씩 정식하는 6조 형식으로 배치하며 모종 투입부와 정식부는 구보다社의 회전 로터리 방식을 적용하되 각 조마다 정식부의 각도를 변경 가능 하게 하여 조간 20cm에 맞게 세팅이 가능한 독자 시스템으로 개발 사양 확정함.

(2) 정식부는 개발 사양

호퍼 작동 방식은 각조가 동시에 두둑에 삽입되는 방식과 각조마다 삽입 시기가 다른 삽묘 방식이 있으나 전조가 동시 두둑에 삽입되는 경우 6조인 경우 정식부에 무리를 줄 수 있어 각조 마다 삽입 시기가 다른 방식으로 사양이 적합함.

정식부는 2단 로터리 식으로 구현하여 조간 거리를 최대한 가까이 배치함.

흙제거기(스크래퍼): 스크래퍼 위치는 고정되고 정식기 호퍼가 스크래퍼 사이로 이동하는 방식으로 개발 진행(캠구동 방식은 내구성 문제 발생 소지 있음)

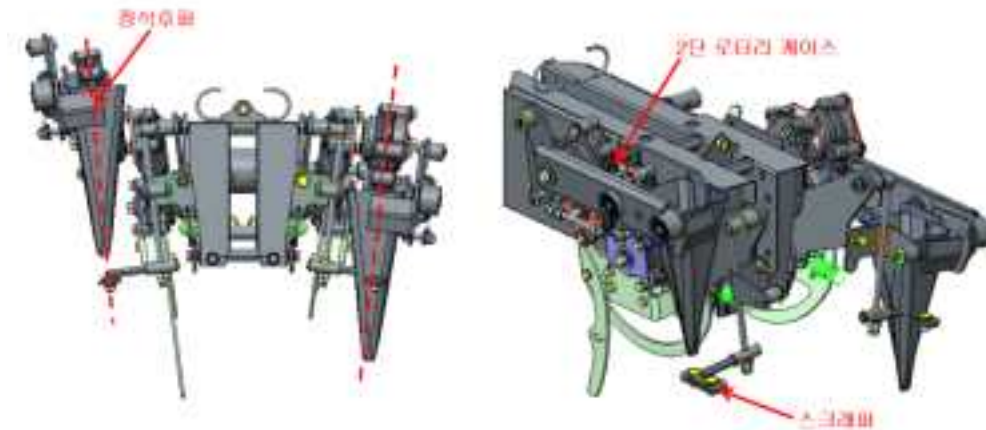


그림 46 TOP-6R 정식부 모델링

국내 재배 방법에 적합한 주간 거리는 10~15cm(양파 생육에 유리)이며 이를 위해 (주)국제종합기계에서 생산하고 있는 승용형 정식기의 주행부의 속도 표를 참조하여 양파 정식기 정식부에 맞게 속도 비를 설정하였고 이에 따라 주간거리는 7.7~17.4cm 까지 구현이 가능하게 하였다. 향후 제작될 1차 시작에서 여러 조건에 맞는 다양한 시험을 통해 기계 정식에 적합한 주간 거리를 확인할 계획이다. 계산된 속도 비의 구성은 아래와 같다.

정식	부품명	회전속도		정식부				주행부				구속비	전도비			
		회전속도	회전속도	회전속도	회전속도	회전속도	회전속도	회전속도	회전속도	회전속도	회전속도					
3000	부품명	187.5	4.425	5	14	0.05	14	25	34	14	12	3	3.85	구속비	전도비	
1단 전진	3500	360.0	8.88	10	28	0.1	28	50	68	28	24	6	7.7	116.2	1.25	
2단 후진	3500	360.0	8.88	10	28	0.1	28	50	68	28	24	6	7.7	116.2	1.25	
3	4.0	3.75	0.32	92.21	50.00	0.47	104.70	81.66	11.00	121.14	118.70	222.99	1185.51			
1단 전진	3500	360.0	8.88	42.0	114.0	0.44	114.0	217.0	186.0	120.0	120.0	34.5	1.999	24.9	1.25	
2단 후진	3500	360.0	8.88	42.0	114.0	0.44	114.0	217.0	186.0	120.0	120.0	34.5	1.999	24.9	1.25	
		3.75	0.32	14.30	8.70	0.60	17.30	9.30	25.30	25.30	41.40	248.00				
4W	회전속도(회/분)	회전속도(회/분)	회전속도(회/분)	회전속도(회/분)				회전속도(회/분)				구속비	전도비			
	H	C	H	C	H	C	H	C	H	C	H	C	구속비	전도비		
	14	18	14	18	12	28	24	24	148.8	173.1	24	227.9	17.4	11.1		
	14	18	14	18	12	28	24	24	173.1	173.1	24	227.9	17.4	11.1		
	14	18	14	18	12	28	24	24	248.8	248.8	24	227.9	17.4	11.1		
704.8	354.9	170.1	12	28	24	24	11	144.0	11	144.0	11	144.0	11	144.0		
			14	18	14	18	12	28	24	24	148.8	173.1	24	227.9	17.4	11.1

그림 47 TOP-6R 정식부 속도비

본기에서의 주행 속도 및 주간 거리가 결정되면 이 속도에 맞춰 정식부의 육묘 투입, 취출,이송,정식의 단계가 정확한 속도와 타이밍을 맞춰야만 정상적인 기계 정식이 가능하다. 각 기능별로 작동되는 속도와 기어비를 계산하였으며 트레이에서 모종을 1회 취출(7개)시 횡이송이 7회가 되도록 시스템을 구성하였으며 횡이송에 맞추어 정식부가 같은 속도로 동작이 구현 될 수 있도록 설정하였다. 계산된 속도 비는 아래와 같다.



그림 48 TOP-6R 정식부 속도비

(3) TYM 정식부 사양 결정

기대 조사 및 분석을 통해 승용 자주식 양파 정식기 사양 결정 하였고 사양은 아래 표와 같으며 조간 거리는 20cm로 확정 하였다. 현재 TYM에서 생산하는 양파정식기의 핑거 수직 낙하 방식의 반송 방식을 적용하여 9조 배치 시 작업 속도 0.11m/s(능률 110분/10a), 주간 거리 12~15cm로 양파 생육에 유리하며 평당 115~144주 작업이 가능하다. 이와 다른 방식의 벨트 수평 이송 방식으로 6조를 배치 시 작업 속도는 0.24m/s(능률55분/10a), 주간 거리 10~13cm로 Minoru社 와 동일하며 평당 95~124주 작업이 가능하다.

작업 능률면에서 벨트 수평 이송 방식에 6조 배치가 유리하며 재식밀도(수확량)와 관련하여서는 핑거 수직 낙하 방식의 9조 배치가 유리 하나 양파 정식기 본체 크기와 경사지 및 포장지 면적이 적은 국내 환경을 고려하면 작업 능률이 뛰어난 벨트 수평 이송 방식의 6조 사양이 가장 적합한 것으로 확인 되었다. 이에 맞춰 수입 기종과 현재 TYM양산 사양과 개발 예정이 승용 6조의 성능 및 작업 능률을 검토해 보으며 결과는 아래 표와 같다.

기종	OP-40-KR(보행)	JOPR-4/8(승용)	TOP6(보행)	승용 6조(목표)		
적용 상자	448	448	384	448		
취출 방식	7개 동시 취출 (2열)	7개 동시 취출 (2열)	1개씩 취출 (3열)	7개 동시 취출 (2열)		
반송 방식	벨트 수평이송	벨트 수평이송	핑거 수직 낙하	벨트 수평이송		
정식 방식	식부컵 방식	식부컵 방식	식부컵 방식	식부컵 방식		
조수	4	4/8	6	6		
조간거리	24	28(왕복14)	14	20		
두둑간거리	24x3+60=132	14x7+60=158	14x5+60=130	20x5+60=160		
두둑외폭(바퀴내폭)	102	128	100	130		
평균 조간거리	132/4=33	158/8=19.8	130/6=21.7	160/6=26.7		
평당 주수계수	1000	1667	1521	1236		
주간거리	10~13	12~15	12~15	10~13		
주수, 주/평 (주/10a)	최대	100(30,000)	139(41,700)	127(38,100)	124(37,200)	
	최소	77(23,100)	111(33,300)	101(30,300)	95(28,500)	
최고작업속도	0.2	0.24/0.12	0.11	0.24		
에 작업 비율	min(hr)/10a	78.9(1.315)	109.9(1.831)	145.7(2.428)	54.3(0.904)	
	주/hr	최대	22,810	22,770	15,690	41,150
		최소	17,570	18,190	12,480	31,530

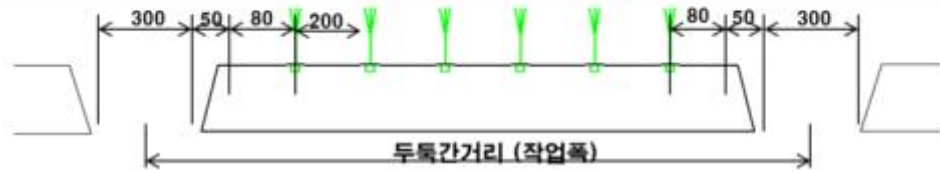


그림 49 TOP-6R 정식부 속도비

6조 사양 확정시 바퀴 외폭은 1600mm이하로 설계가 가능하며 이는 실제 양파 재배 농민들과 농업 기계 임대 사업소에서 운반에 사용하는 일반화물차의 적재함 크기에 적합하여 기계의 활용도를 높일 수 있을 것으로 판단된다.



그림 50 운반차량 규격 및 기대 폭

육묘 상자는 시중에 판매되고 있는 Minoru 448공으로 개발비를 줄이고 7개 동시
취출이 가능한 육묘상자를 선정하였고 크기는 620x354x25mm이다. 재질은 P.P+기
타 혼합물로 탄성이 매우 좋으며 400g 전후의 무게를 가진다.

규격	Minoru 448
가로x세로x높이	619x315x25
포트크기(입구x바닥)	16x10
구멍수(가로x세로)	448(14x32)
구멍피치(가로x세로)	20x19
사용 기계	Minoru 양파, 포트이양기
취출방식	7개 동시 취출(2열)
반송방식	벨트 수평 이송

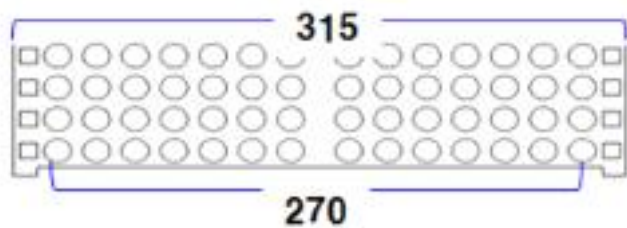


그림 51 트레이 규격

4) 정식 주요부 상세 설계 및 부품제작

가) 3D 스캔 및 모델링

- 묘 공급, 취출, 이송은 I사 제품, 정식부는 K사 제품 3D 스캔

3D 스캐너는 HANDYSCAN 700를 이용하였다. 이제품의 해상도는 0.05mm이며
용적 정확도는 0.02mm+0.06mm로 매우 정밀한 스캔이 가능하며 7개의 레이저가
교차하여 480,00/s 의 속도로 275x250mm의 면적을 스캔 할 수 있다.

소프트웨어는 Handy SCAN 3D VElements Software를 사용하였으며 스캔 데이
터를 이용해 역엔지니어링을 진행하였다. 스캔의 부품의 정확도를 높이기 위해 아래
그림과 같은 회전이 가능한 고정 지그를 제작하였으며 스캔 포인트 지점의 흔들림을
최소화 하였다.

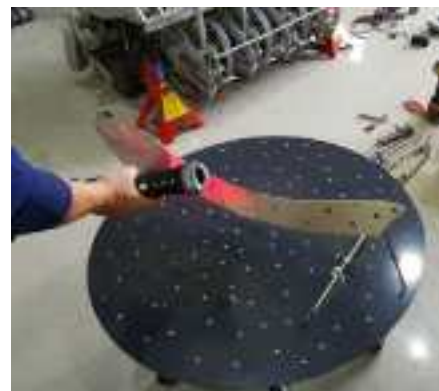


그림 52 3D 스캔 장비

표 7 3D 스캔 장비 사양

Specification	
Weight	0.85kg(1.9lb)
Dimensions	77x122x294mm
Measurment Rate	480,000measurmants/s
Resolution	0.050mm
Volumetric Accuracy	0.02mm+0.06mm/m
Scannig Area	275x250mm
Light source	7 laser crosses(+1 extra line)
Software	VXelements
Certificarions	EC Compliance, IP50, WEEE

벤치마킹 기대의 정식부의 필요한 부분을 분해하여 3D스캔을 하였다. 스캔의 정밀도를 높이기 위해 부품에 묻어 있는 기름을 제거하였고 초음파 세척기를 사용하여 표면의 불순물을 제거 후 스캔 및 모델링을 실시하였다.

스캔한 부품의 총량은 I社제품의 요공급 및 취출부 부품이 1263종이며 K社제품의 정식부 부품은 468종을 작업 하였다.

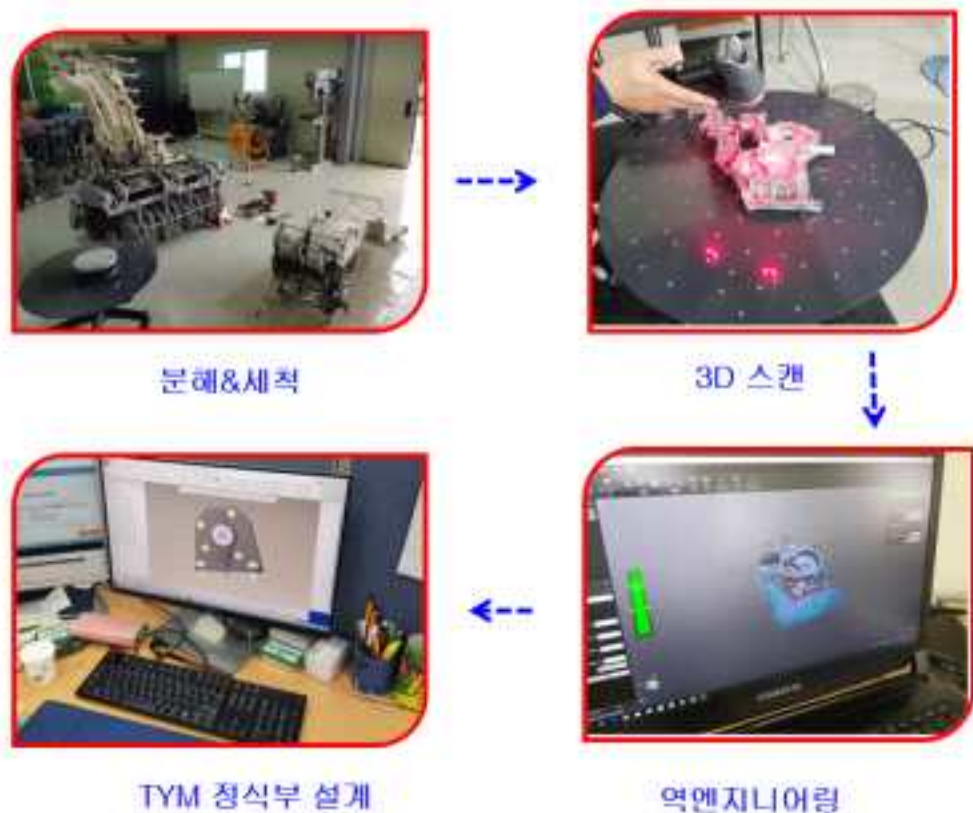


그림 53 3D 스캔 장비

스캔 데이터를 참조로 하여 티와이엠 정식부의 상세 설계를 위한 참고 부품의 모델링 진행 하였으며 각 부품의 종류와 재질은 아래와 같다.

표 8 3D 모델링 현황

NO	종류	재질	부품수(종)	비고
1	다이캐스팅	ADC12	22	
2	주물	AC4B	5	
3	기어, 축류	SCM 415	120	일부 가공품 포함
4	판금, 용접	STEEL	730	일부 가공품 포함
5	사출	ABS, P.P	20	

나) TYM 정식부 상세 설계

(1) 묘공급부, 취출, 이송부 설계

조간거리 20cm는 체인케이스 폭을 축소하고 내부 구조를 변경하여 조간거리를 확보함

묘탱크 간격은 460mm로 하고 폭을 줄일 때 발생하는 부분에 대한 개선 설계 진행함

케이스 및 링크류 구조 변경 및 재설계로 전체적인 간격 축소

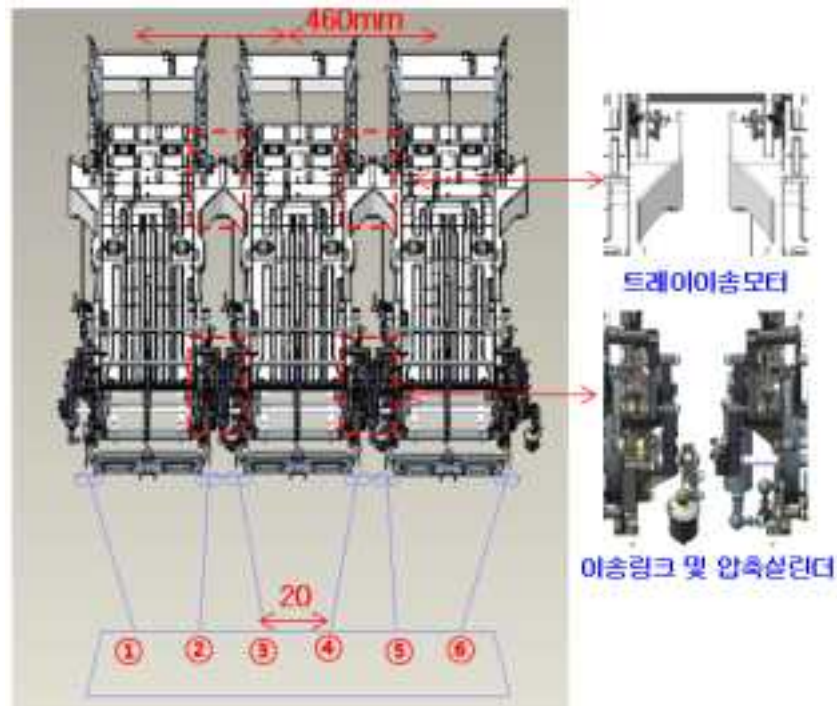


그림 54 정식부 모델링

6조 배치 시 조간거리(20cm) 축소를 위해 내부 2조는 경사각도가 작지만 외부 1,6조는 경사각이 커지는 문제점을 해결하기 위해 각 조별로 경사각을 조절할 수 있는 구조로 설계를 진행 하였다.

로터리 방식의 사양으로 정식부 설계를 진행하면서 묘취 출 후 이송된 모종을 정식부로 투입 시켜 주는 이송 기대 후방에서 링크를 작동하여 모종의 상토를 눌러 정식부에 투입되는 모종을 세워 주는 방식으로 설계를 진행 하였다.

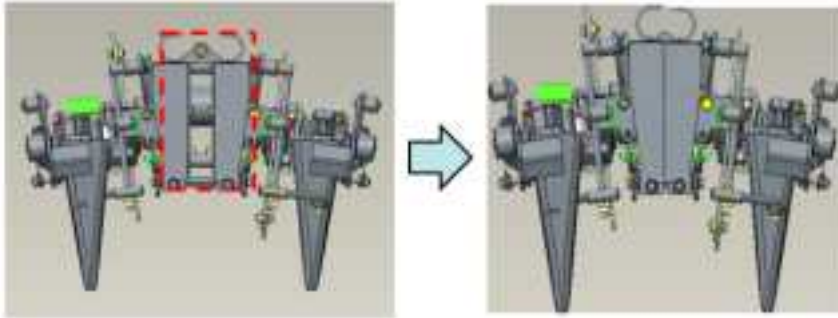


그림 55 정식부 간격 및 경사각 조절

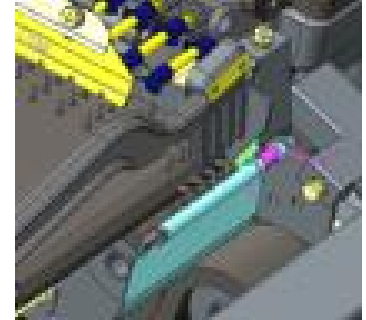


그림 56 모종 이송집계

(2) 압축 실린더 해석 실시

실린더 (하)링크가 회전운동에서 (상)링크 왕복 운동으로 변경 시 발생하는 작동 거리와 실린더 내부에 받는 하중을 해석하여 초고속 카메라로 촬영한 벤치마킹 기대의 궤적 데이터와 TYM에서 설계한 3D모델링 궤적을 비교하여 설계 적으로 오차가 없는지 확인 하였다. Point1에서는 X축은 변화량의 차이가 없었으나 Y축으로는 약 7mm정도의 오차가 발생 하였다. 이는 토출핀의 이동거리가 짧아 오차가 많이 발생한 것으로 판단되며 실제 부품 설계는 관련 부분이 20mm이상 조절이 가능하게 설계하였으며 향후 실제 테스트를 거쳐 셋팅 길이를 확정 하도록 하였다.

표 10 실린더 링크 위치 표

구분	시험		해석		비고
	X	Y	X	Y	
Point 1 (mm)	24.20	8.00	25.98	1.11	X:1.78mm, Y: 6.89mm의 오차 발생 (Y 축에서 작동 거리가 짧아 해석과 시험에서의 토출 핀 이동 거리에 오차가 많이 발생함)
Point 2 (회전 반경mm)	85.50		79.79		5.71mm 오차 발생(Mark 부착 위치에 따른 오차로 판단 될 수 있는 정도임)

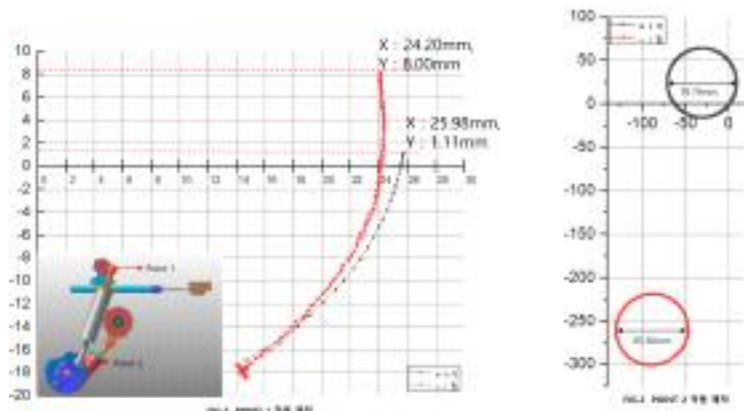


그림 57 정식부 간격 및 경사각 조절

다) 센서 및 제어부 확인

● 승용 양파 정식부 제어부 검토

양파 육묘 트레이가 공급이 될 때 묘취출 및 정식과 관련되어 중요한 부분은 크게 2가지이다. 하나는 양파 모종이 정확히 취출 될 수 있게 취출핀 위치까지 정확히 이동하는 것과 다른 하나는 취출이 이루어지는 트레이에 다음 트레이가 연결되었을 때 유격이 생기지 않고 다음 트레이도 정확한 취출 위치까지 이동하는 것이다. 또한 트레이가 공급될 때 결주의 원인 중에 하나인 트레이 밖으로 뺏어 나온 모종의 뿌리도 제거해 주는 것이 유리 하다. 뿌리가 트레이에 엉켜 있을 경우 취출핀이 삽입되어도 모종이 빠져나오지 못하는 경우가 종종 발생 하기 때문이다.

이러한 문제를 해결하기 묘공급부에 트레이 아래 모종의 뿌리를 자를 수 있는 뿌리 절단기를 배치 하였고 트레이의 위치를 감지 할 수 있는 센서를 장착하였다. 트레이를 일정한 속도로 내려 줄 수 있는 모터 및 롤러를 좌,우 트레이 가이드 양측에 배치하였고 종이송 횡수를 감지하여 추가로 공급된 트레이가 자연스럽게 이전에 트레이와 연결될 수 있게 추가로 이송 모터와 감지 센서를 추가 하였으며 위치와 작동 방식은 아래 그림과 같다.

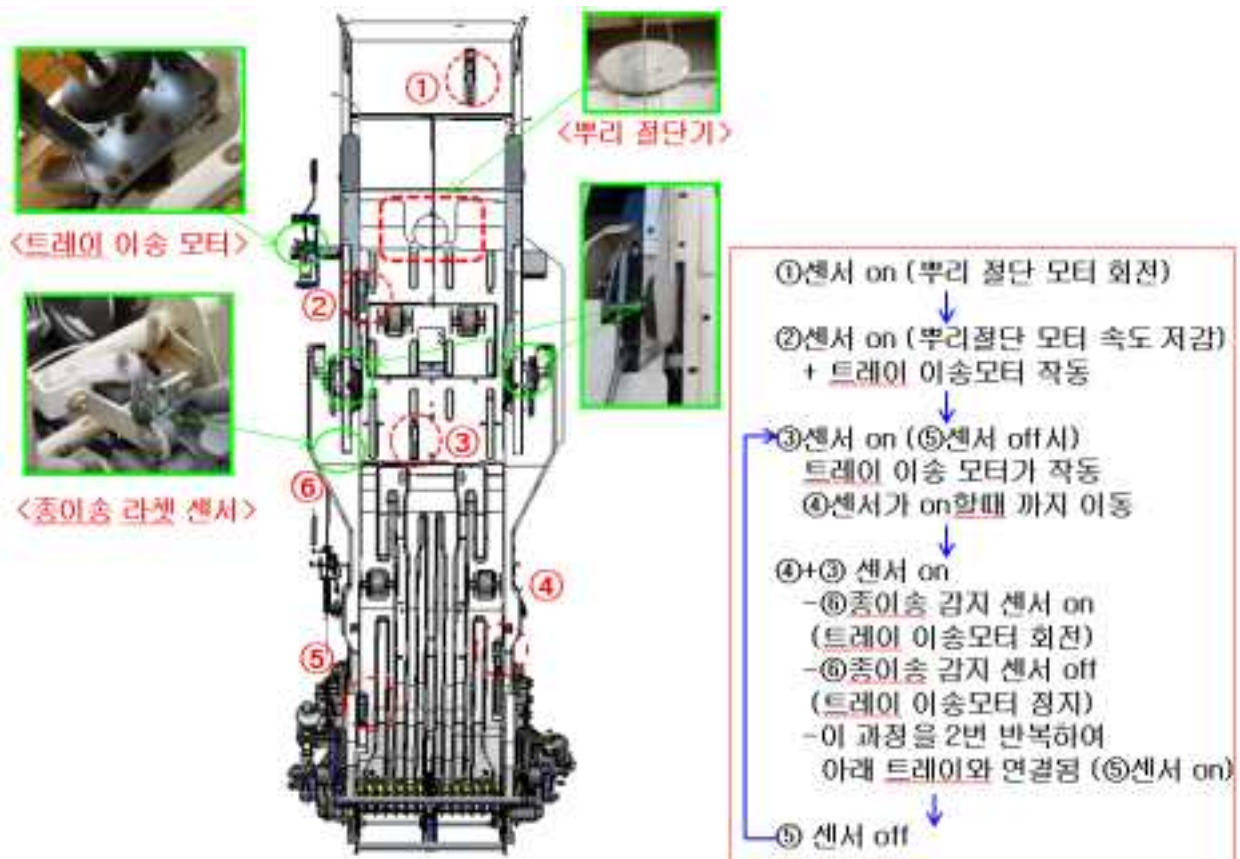


그림 58 센서 위치 및 작동 순서

라) 도면 출도 및 일부 시작품 제작

● 케이스 및 가공 부품 개발

양파 정식부 시작품 제작과 관련하여 과제 일정에 맞추어 가장 많은 시간과 비용이 필요한 부분은 다이캐스팅 부품 및 각종 주물부품이라 볼 수 있다. 따라서 우선적으로 케이스 및 주물 부품에 제작을 진행하였다. 다이캐스팅 22종 주물 7종의 부품에 대한 도면 출도를 하였고 시작품 제작을 진행 하였으며 그 부품은 아래와 같다.

NO	Code	Material	Material	QTY	기능	구분	도면 번호	사진	중량
1	114900001	CASE, 1275(PLASTIC)	정수복이전케이스, 주	1	전원	주물	1119-01-01		1.7g
2	114900002	CASE, 1275(PLASTIC)	정수복이전케이스, 부	1	전원	주물	1119-01-02		1.4
3	114900003	CASE, 1275(PLASTIC)	정수복이전케이스, 부	1	전원	주물	1119-01-03		1.4
4	114901000	SENSOR BRACKET, 12	코발트제 브래킷, 부	1	전원	주물	1119-01-04		1.2g
5	114901001	SENSOR BRACKET, 13	코발트제 브래킷, 부	1	전원	주물	1119-01-05		1.09g
6	114901002	SENSOR BRACKET, 14	코발트제 브래킷, 부	1	전원	주물	1119-01-06		2.02g
7	114901003	COVER, FUSION BRACKET	코발트제 브래킷	1	전원	주물			0.06

그림 59 부품 제작 리스트(일부)

비용 절감과 공정성을 위해 TYM연구소 내부의 사전원가팀의 협조를 구하여 각 부품별로 제작 원가를 산정하였으며 이를 바탕으로 다수의 업체에서 견적을 받아 비교 분석하였다. 설계에서 의도한 바로 부품을 제작하려면 ALDC(알루미늄 다이캐스팅)로 제작을 해야 하나 이는 제작비용이 너무 많이 투입되기 때문에 비용이 저렴한 사형주조 방식으로 변경 하였다. 이에 따른 비용 비교 및 검토는 아래 그림과 같다.

● 양파정식기 시,주물 업체별 견적 집계 현황

NO	품번	품명	수량	제작 수량	유종	A21 12			A24 12		비고
						중형비	모그비	소형	중형비	중형비	
1			3	3	ADC 12	99,200,000	11,750,000	104,900,000	8,800,000	4,800,000	2,700,000
2	22418		3	3	ADC 12	78,000,000	9,600,000	79,600,000	7,300,000	4,200,000	2,400,000
3	22418		3	3	ADC 12	78,000,000	9,600,000	79,600,000	7,300,000	4,200,000	2,400,000
4	22418		3	3	ADC 12	41,800,000	4,800,000	46,600,000	4,800,000	3,000,000	2,000,000
5	22418		3	3	ADC 12	52,900,000	12,430,000	64,400,000	8,400,000	4,300,000	3,000,000
6	22418		3	3	ADC 12	54,800,000	12,430,000	67,200,000	8,400,000	4,300,000	3,000,000
7	22418		3	3	ADC 12	17,300,000	1,290,000	18,600,000	3,800,000	3,400,000	1,800,000
8	22418		3	3	ADC 12	18,800,000	1,480,000	20,300,000	2,500,000	3,200,000	2,000,000
9	22418		3	3	ADC 12	18,800,000	1,480,000	20,300,000	2,500,000	3,200,000	2,000,000
10	22418		3	3	ADC 12	18,800,000	1,480,000	20,300,000	2,500,000	3,200,000	2,000,000
11	22418		3	3	ADC 12	18,800,000	1,480,000	20,300,000	2,500,000	3,200,000	2,000,000
12	22418		3	3	ADC 12	18,800,000	1,480,000	20,300,000	2,500,000	3,200,000	2,000,000
13	22418		3	3	ADC 12	18,800,000	1,480,000	20,300,000	2,500,000	3,200,000	2,000,000
14	22418		12	36	ADC 12	13,200,000	3,690,000	16,900,000	2,800,000	3,000,000	1,800,000
15	22418		3	18	AC236ADC 12	14,800,000	3,890,000	18,700,000	2,500,000	3,300,000	2,300,000
16	22418		3	18	AC236ADC 12	14,400,000	3,290,000	17,600,000	1,800,000	3,300,000	2,400,000
17	22418		3	12	AC236ADC 12	9,700,000	1,900,000	11,600,000	1,600,000	2,900,000	1,800,000
18	22417		12	36	AC236ADC 12	12,100,000	4,890,000	16,900,000	2,700,000	3,400,000	1,800,000
19	22417		3	12	AC236ADC 12	18,300,000	3,600,000	21,900,000	3,700,000	3,000,000	1,450,000
20	22417		3	12	AC236ADC 12	18,800,000	3,800,000	22,600,000	2,700,000	3,700,000	1,800,000
21	22417		3	12	AC236ADC 12	18,700,000	3,800,000	22,500,000	2,600,000	3,700,000	1,450,000
22	22417		3	12	AC236ADC 12	17,100,000	3,200,000	20,300,000	2,800,000	3,700,000	1,800,000

그림 60 제작부품 견적비교(업체명 및 품명은 보안상 삭제함)

비용 절감을 위해 제작 방식을 변경하면서 케이스 및 주물의 두께가 달라져 이에 대한 부품의 설계 변경을 진행 하였으며 구현이 어려워 제작 업체에서 수정을 요청한 부분은 재검토하여 변경 하였다. 또한 형상을 단순화 시키고 제작에 용이하게 최대한 변경하였으며 그 과정은 아래와 같다.

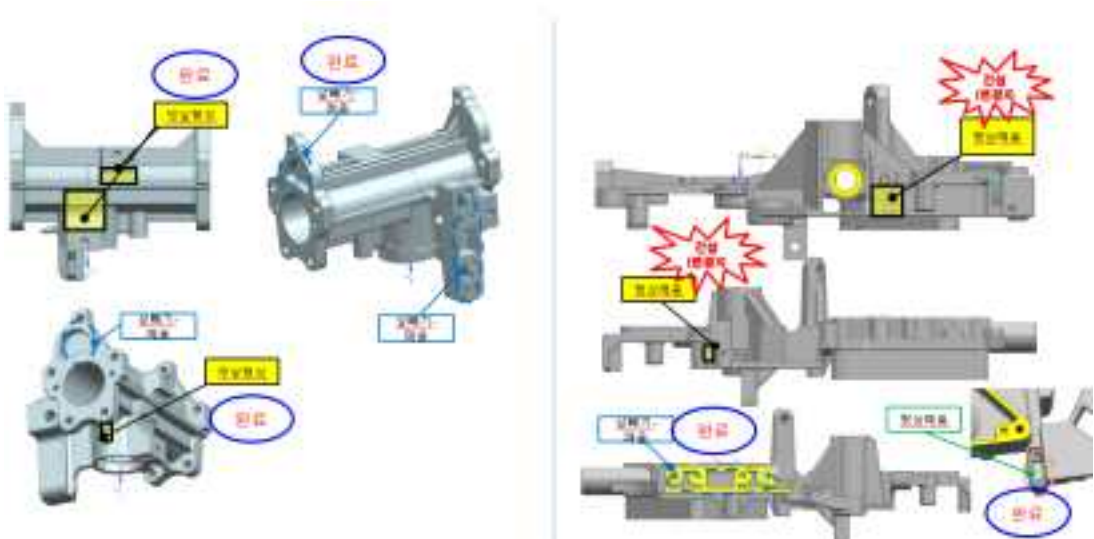


그림 61 수정 요청 사항 과 변경부분(일부)

□ 충남대학교(위탁기관)

5) 벤치마킹 기종 기구 조사 분석, 개발 메커니즘 방향 설정

- 개발도상국들은 세계 전체 채소 생산량의 72%를 차지하고 있으며, 아래의 그래프에 따라 통계적으로 2011년부터 2017년까지 한국의 1인당 연간 양파 소비량을 보여줌
- 2017년 국내 1인당 양파 소비량은 25.7kg 안팎이었음

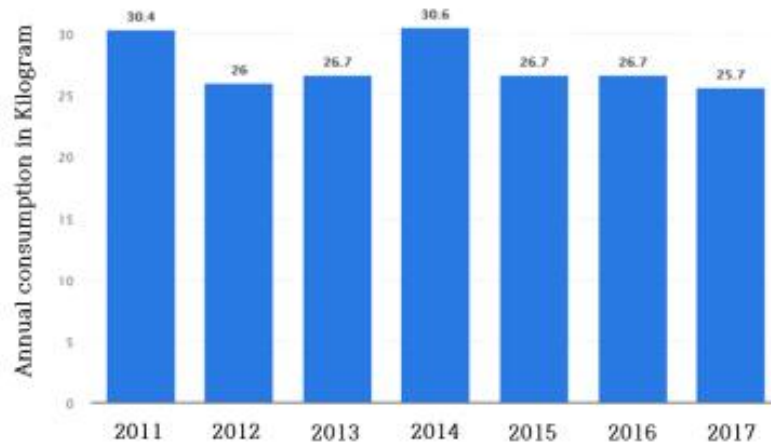


그림 62. 한국의 1인당 연간 양파 소비량

- 채소 생산에 있어 대부분의 노동력은 정식작업에 집중되어 있음
- 채소 정식기는 묘탑재대, 묘식부부, 구절기, 묘취출부, 복토장치 등으로 구성되어있음
- 반자동 이식기는 식부부를 통해 묘를 정식하는 노동자들을 위한 자리가 있지만, 전자동 정식기는 묘탑재대에서 식부부까지 기계적으로 이송하는 묘취출부가 있음
- 아래와 같이 채소 정식기 정식 메커니즘에 대한 연구를 위해 조사 및 분석하였음

○5000WD 기계식 정식기

- 회전식 트레이 홀더, 회전식 컵형 식부장치, 이중 직선형 두둑추종장치, 이중 경사 휠, 시트 및 물 탱크로 구성되어 있는 반자동 정식기
- 원하는 정식 속도에 따라 취출부는 육묘를 계량하고 미리 정해진 간격에 따라 육묘들을 수직의 일정한 방향으로 고랑에 정식하여 흙으로 덮음



그림 63. 회전식 트레이 홀더가 부착된 반자동식 정식기

○ 1조식 트랙터 부착형 정식기

- 포켓형 정식기는 6~12개의 스프링 장착 플랜트 포켓이 드럼에 동일한 간격으로 배열되어있으며, 드럼은 토양 진압륜으로부터 기어(Rotty, 1960) 또는 체인을 구동시킴으로써 작동됨
- 드럼이 회전할 때, 정식포켓은 제일 윗부분에 도달했을 때 서서히 열리게 되며, 묘를 취출한 후 닫고, 묘를 아래로 이송하여 고랑에 정식작업을 하게 됨



그림 64. 1조식 트랙터 부착형 정식기

○ 수직하강 컵 또는 버킷식 식부부

- 이 식부 장치 원뿔형 컵은 토양 진압륜에 의해 구동되는 드럼으로 회전하게 되며, 컵은 회전하는 동안 수직 방향을 유지하여 정식 전에 수직으로 이송됨
- Manilla 와 Shaw(1987년)은 드럼에 연결된 6개의 버킷으로 구성된 점파식 정식기를 개발하였음
- 원형 드럼은 드럼이 회전할 때 수직 하강하는 것을 도와주는 특수 모양의 캠을 가지고 있으며, 버킷은 수직 하강하는 동안 육묘를 받고, 흠에 구멍을 내고, 육묘를 구멍으로 이식하는 역할을 함

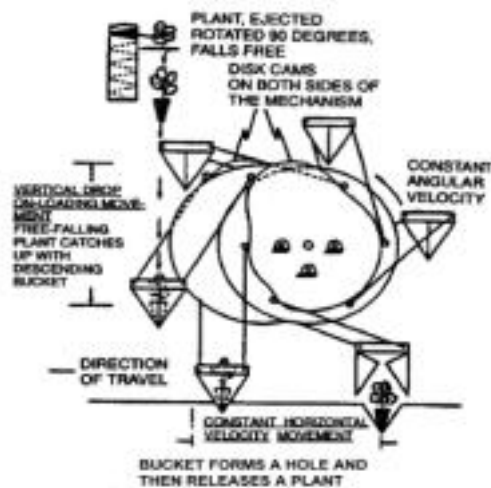


그림 65. 점파식 정식기 (Manilla and Shaw, 1987)

○ 핀타입 육묘 추출부

- 추출부에 핀 한 쌍이 있는데, 이 핀은 트레이에서 한 번에 하나의 육묘를 채워서 특정 지점(고랑, 벨트컨베이어, 트레이)에서 분리함
- 최 등 (2002)은 고정 슬롯, 구동 링크, 피동 링크, 연결 링크 및 슬라이더로 구성된 5절링크 메커니즘을 사용하였으며, 김 등 (2001)은 안마 채소 정식기의 슬라이더와 고정 슬롯형 메커니즘을 사용하여 트레이에서 육묘 뿌리 부분을 잡아 움직이는 원뿔형 식부장치를 사용하였음
- (a) 초기위치 (b) 핀 조합의 전방 직선 이동과 트레이로부터 묘를 추출하기 위한 핀 수렴 (c) 육묘 추출 후 핀조합의 역방향 이동 (d) 육묘 정식 후 핀의 분산 (Choi et al., 2002)

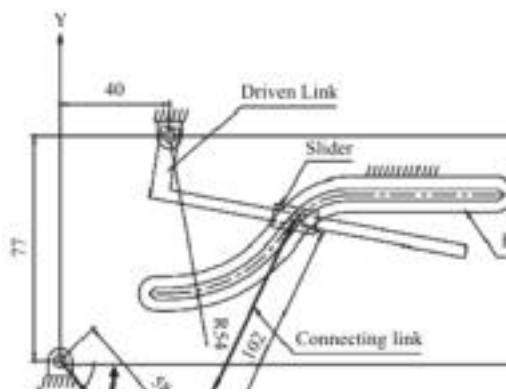


그림 66. 육묘 추출부의 5절링크 메커니즘 (Choi et al., 2002)

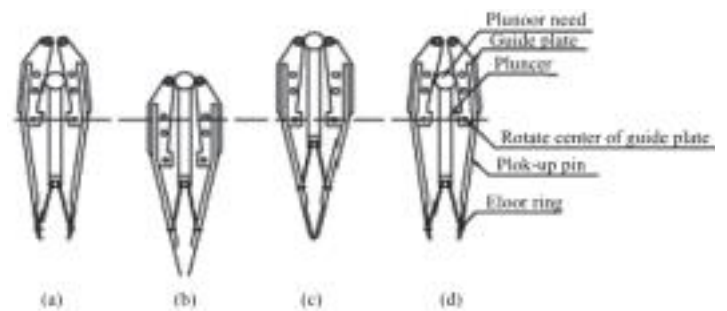


그림 67. 육묘 추출 핀 드라이버의 작동

○ 컨베이어 타입 식부부

- 이 유형의 식부부는 토양 진압륜 샤프트 또는 그라운드 휠 샤프트를 통해 구동되는 수평 벨트 컨베이어가 있으며, 벨트는 평평하거나(Feng et al., 2000) 육묘가 놓이는 일련의 교차 와이어 파티션(compartments; Margolin et al., 1986)을 가지고 있음
- 묘추출부에서 일련의 육묘를 추출하는 자동식 정식기에서는 컨베이어로 직접 공급될 수 있음
- 이러한 유형의 식부부가 운영이 간단하고, 육묘 계량이 안정적이며, 다양한 작물에 적합한 것으로 확인되었지만, 식물 크기는 안정적인 작업을 위한 중요한 변수라고 보고되었음(Margolin et al., 1986)

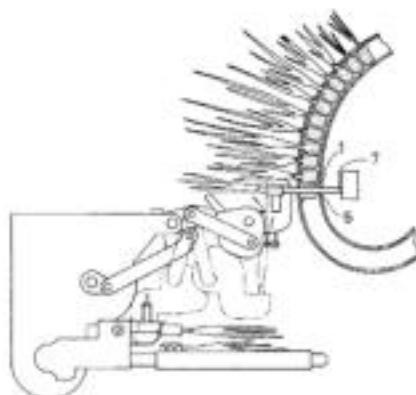


그림 68. 육묘 추출 및 정식 (Minuro industrial Co, Ltd Patent no: JP2007128491A.)

○ MINURO 양파 정식기 (OPT40H)

- 전자동 정식기
- 컨베이어 벨트 시스템
- 7개의 육묘를 동시에 취출
- 육묘를 호퍼에 밀어 넣는 레버
- 진압륜을 통해 육묘 주변 토양을 눌러줌



그림 69. Minuro Onion tranplanter (OPT40H)

○ KUBOTA 4조 양파 정식기 (OP-4-KR)

- 벨트 수평이송
- 7개의 육묘를 동시에 취출
- 진압륜을 통해 육묘 주변 토양을 눌러줌



그림 70. KUBOTA OP-4-KR 4조 양파 정식기

○ ISEKI 양파 정식기 (PVT-4H)

- 4절링크, 묘를 밀어내는 시스템
- 벨트 수평이송



그림 71. ISEKI PVT-4H 양파 정식기

○ 개발 메커니즘 방향 설정

- 위 조사를 근거하여 개발 방향에 대해 다음과 같은 특징을 고려할 수 있음
- 양파 육묘의 정식을 위해 5절링크 메커니즘 사용
- 주간간격이 24 cm인 4조식 양파 육묘 정식 메커니즘
- 트레이 당 총 육묘 수는 $14 \times 32 = 448$ 개
- 육묘를 취출하는 동안 밀어내기식 타입을 사용
- 한 사이클당 7개의 육묘를 취출
- 육묘를 호퍼로 전달하기 위해 컨베이어벨트 시스템 및 레버 사용
- 분당 120 개의 육묘를 정식
- 진압륜을 통한 토양 다짐

6) 기구합성 및 3D 모델링

○ 3D 모델링

- 양파정식기 메커니즘 3D 모델은 5절링크 메커니즘을 사용하였으며, 모 취출부 및 식부장치 메커니즘은 CAD (computer added designing), Solid works, Catia 등의 소프트웨어를 사용하여 그려짐

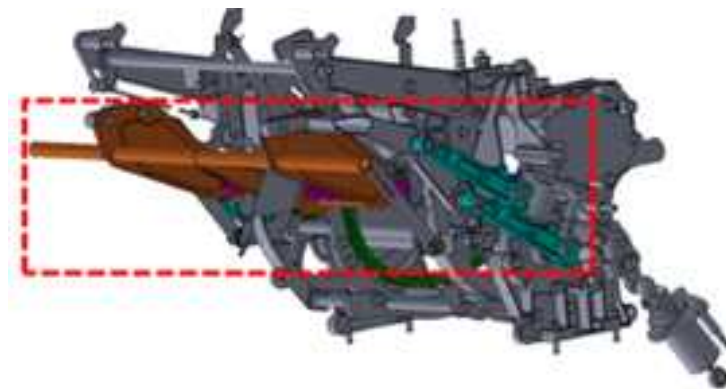


그림 72. 양파 정식기 묘이송부 및 식부부 3D 모델

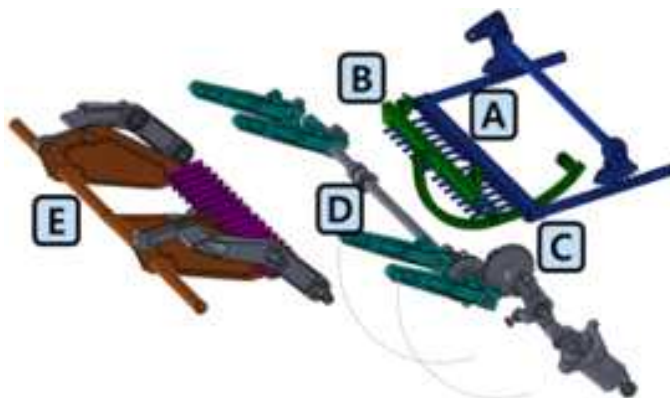


그림 73. 묘식부부 3D 모델 분해도.

- (A) 묘취출부, (B) 육묘 트레이 및 탑재대,
- (C) 캠 메커니즘 기어 트레인, (D) 5절링크 메커니즘,
- (E) 핑거형 묘공급부

○ 정식 메커니즘 부품 및 설계변수

- 캠축 궤적 직경 = 80 mm (반지름 40 mm)
- 압축실린더의 최소 길이 = 155.26 mm, 슬라이더 크랭크 메커니즘 중 압축실린더 길이의 신장량 = 26 mm, 압축실린더 상부 링크 길이 = 55 mm
- 두 스퍼 기어 메커니즘 사이의 중심에서 중심까지의 거리 = 50.30 mm
- 육묘 취출 링크 길이 (상부 및 하부) = 143 mm

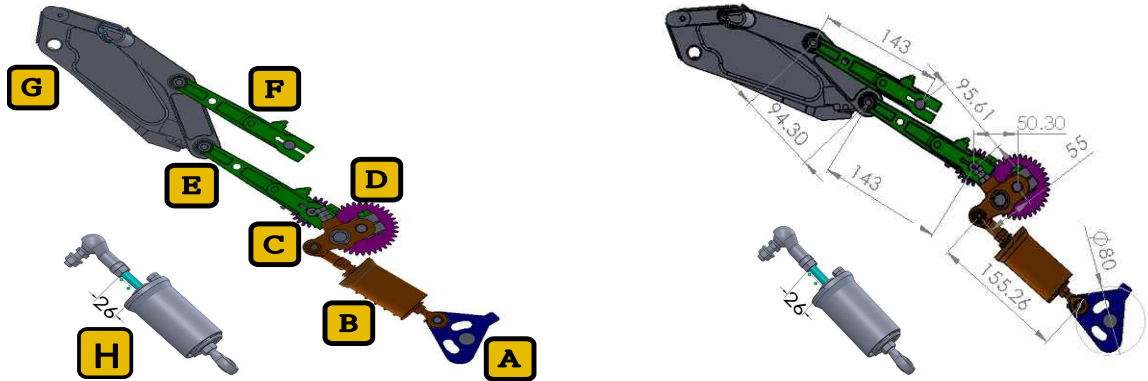
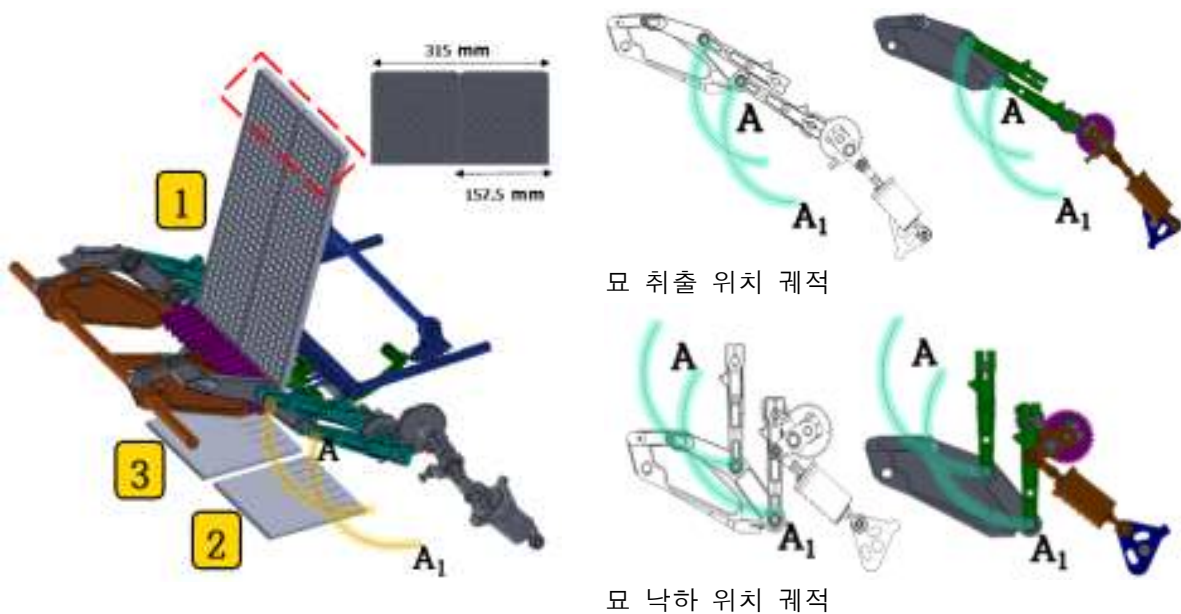


그림 74. 정식 메커니즘 3D모델 설계

(A) 캠축, (B) 압축실린더, (C) 압축실린더 상부링크, (D) 기어 메커니즘, (E) 하부링크, (F) 상부링크, (G) 묘취출 및 공급부, (H) 길이가 연장된 압축실린더

○ 묘취출 및 공급 메커니즘 작업공간 분석

- 밀어내기식 묘취출 메커니즘은 사이클당 7개의 육묘를 취출하여 컨베이어 벨트 공급 메커니즘으로 이송하는데 사용됨
- 핑거형 묘공급부는 양파묘를 취출하고 떨어뜨리는데 손상을 최소화하기 위해 필요한 위치, 속도 및 가속도를 얻기 위해 일정한 각변위로 이동함



묘 취출 위치 궤적

묘 낙하 위치 궤적

그림 75. 전제 작업 공간, 묘 취출 및 낙하 위치.

(1)묘탑재대, (2) 우측 컨베이어 벨트, (3) 좌측 컨베이어벨트, (A) 묘 취출 위치, (A₁) 묘 낙하 위치.

- 육묘 트레이는 한 줄에 두 개의 육묘 세트를 형성하며, 각 세트는 7개의 묘로 구성되어 있음
- 취출 방법에 따라 주기당 묘 트레이에서 취출한 육묘는 14 개임
- 한 개의 트레이 당 육묘의 총 수는 $14 \times 32 = 448$ 개 이며, 트레이 안에서 묘와 묘 사이 거리는 20 mm 임
- 두 개의 컨베이어벨트(우측 및 좌측) 시스템은 7개의 육묘를 분류하여 육묘를 이송하는데 사용됨
- 우측 컨베이어벨트의 회전 방향은 시계 반대 방향이며, 좌측 컨베이어벨트의 회전방향은 시계방향임
- 핑거형 묘공급부는 각 컨베이어벨트에서 7개의 육묘를 취출하여 공급함
- 묘 정식 메커니즘 속도는 분당 120 개임 (2 개/초)

○ 메커니즘 분석 및 목적

- 상용 소프트웨어 SolidWorks (Dassault Systemes SolidWorks Corp., Massachusetts, USA)를 활용하여 3D 모델링 및 시뮬레이션을 통해 구조해석을 수행하였음

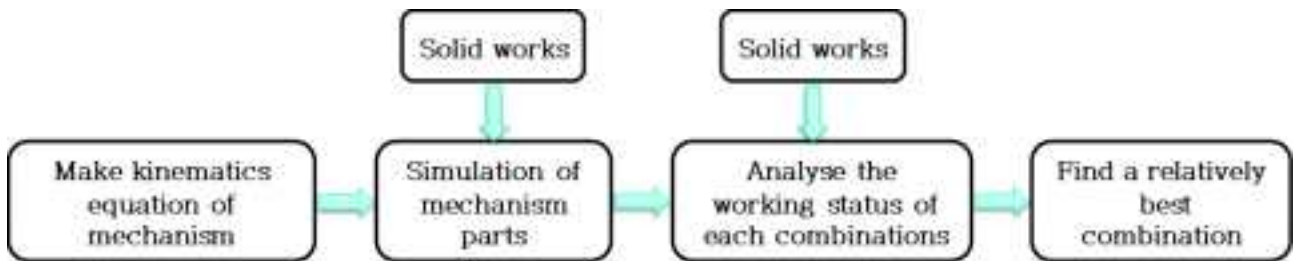


그림 76. 구조해석의 전반적 과정

○ 수학적 모델링

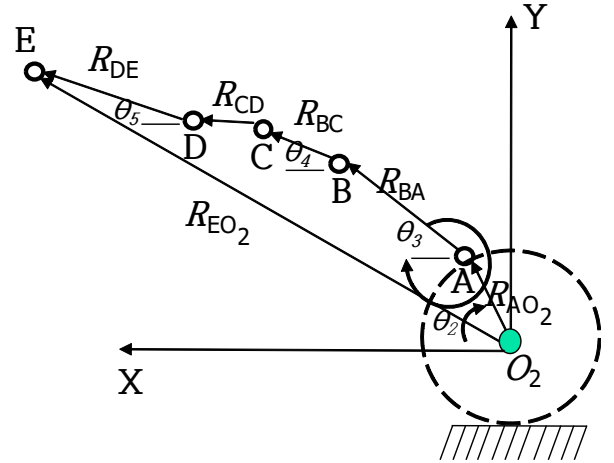
- 벡터루프식

$$R_{AO_2} + R_{BA} + R_{BC} + R_{CD} + R_{DE} - R_{BO_2} = 0$$

링크의 길이는 아래와 같음

$$R_{AO_2} = L_1, \quad R_{BA} = L_2, \quad R_{BC} = L_3$$

$$R_{CD} = L_4, \quad R_{DE} = L_5$$



○ 위치 방정식

- 벡터 루프 방정식은 x축과 y축에 투영되어 두 개의 대수 방정식을 구함:

$$R_{AO_2} \cos \theta_2 + R_{BA} \cos \theta_3 + R_{BC} \cos \theta_4 + R_{CD} \cos \theta_1 + R_{DE} \cos \theta_5 - R_{EO_2} \cos \theta_1 = 0$$

$$R_{AO_2} \sin \theta_2 + R_{BA} \sin \theta_3 + R_{BC} \sin \theta_4 + R_{CD} \sin \theta_1 + R_{DE} \sin \theta_5 - R_{BO_2} \sin \theta_1 = 0$$

- $\theta_1=0$ 와 링크 길이가 알려진 상수이므로 방정식은 다음과 같이 단순화됨

$$L_1 \cos \theta_2 + L_2 \cos \theta_3 + L_3 \cos \theta_4 + L_4 + L_5 \cos \theta_5 - R_{BO_2} = 0$$

$$L_1 \sin \theta_2 + L_2 \sin \theta_3 + L_3 \sin \theta_4 + L_5 \sin \theta_5 = 0$$

○ 속도 방정식

- 위치 방정식의 시간 미분

$$-L_2 \sin \theta_2 \omega_2 - L_3 \sin \theta_3 \omega_3 - L_4 \sin \theta_4 \omega_4 = 0$$

$$L_2 \cos \theta_2 \omega_2 + L_3 \cos \theta_3 \omega_3 - L_4 \cos \theta_4 \omega_4 = 0$$

○ 가속도 방정식

- 속도 방정식의 시간 미분에 의한 가속도 방정식

$$-L_3 \sin \theta_3 \alpha_3 - L_3 \cos \theta_3 \omega_3^2 + L_4 \sin \theta_4 \alpha_4 + L_4 \cos \theta_4 \omega_4^2 = L_2 \sin \theta_2 \alpha_2 + L_2 \cos \theta_2 \omega_2^2$$

$$L_3 \cos \theta_3 \alpha_3 - L_3 \sin \theta_3 \omega_3^2 - L_4 \cos \theta_4 \alpha_4 + L_4 \sin \theta_4 \omega_4^2 = -L_2 \cos \theta_2 \alpha_2 + L_2 \sin \theta_2 \omega_2^2$$

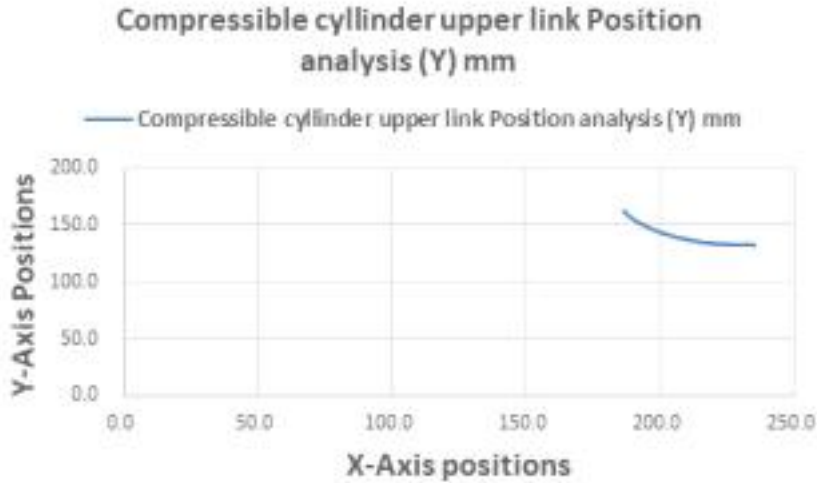
8) 운동해석

- 운동 해석은 슬라이더 크랭크 메커니즘과, 기어 조합과 묘식부암이 1절링크 메커니즘으로 이루어짐
- 슬라이더 크랭크 메커니즘의 위치 해석은 다음과 같음



< 캠축 X, Y 위치 해석 >

- 캠축 궤적이 나타내는 각변위는 360°이며, 캠축의 각속도는 120 rpm임
- 링크(반지름)의 길이는 40 mm임



<압축실린더 상부링크 위치해석>

- 압축실린더 상부링크는 캠축과 슬라이더 크랭크 메커니즘을 생성
- 압축실린더 상부링크 위치는 X= (235, 186.4), Y = (162.2, 132.6) 임
- X와 Y 방향으로 압축실린더 링크 절에 의해 이동한 총 거리는 각각 48.6 mm이고, 29.6 mm임

○ 식부암 운동해석

- 운동해석은 공간과 작업을 위해 5절링크의 위치, 속도 및 가속도에 의해 수행되었음
- Solid works, Dassault systems Solid works corp. Massachusetts, USA 은 3차원 운동해석을 위해 사용되었음
- 묘취출 및 작업공간을 위한 5절링크의 이동을 연구하기 위해 각변위는 (θ) 118° to 126° 범위에서 설정되었음
- 이 각도 범위 범위에서 139 mm 147 mm 범위의 5개의 서로 다른 길이 B 및 D 링크절을 설정하였음
- 운동해석의 각 경우에 대해 계산 된 X 및 Y 위치, 각속도 및 가속도는 다음과 같음

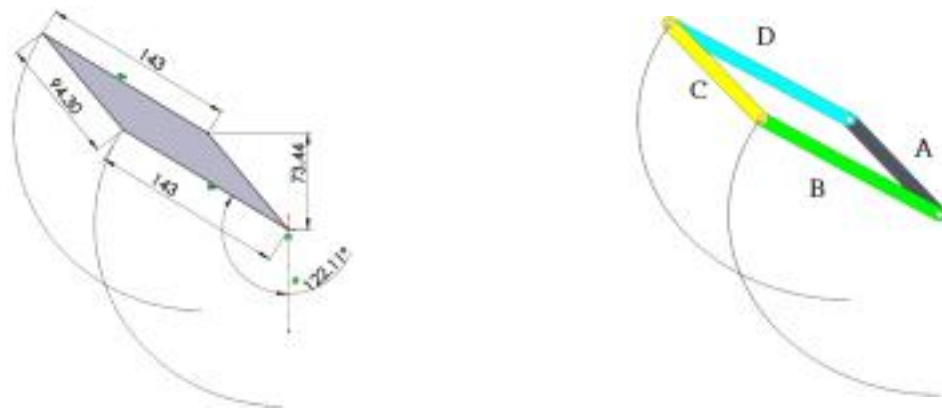


그림 78. 묘식부암 운동해석

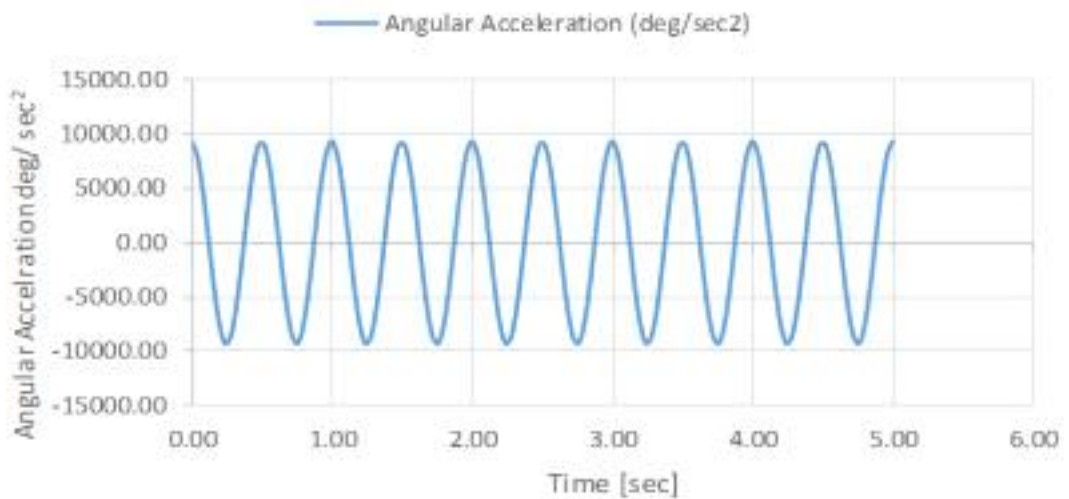
○ 운동해석 1

- 본 운동해석에서 각변위는 $\theta = 118^\circ$ 로 설정되었음
- X, Y 위치, 속도 및 가속도를 찾기 위해 서로 다른 5 개의 링크절을 사용
- 진동식 모션 유형이 Solid works 입력 데이터로 사용되어 운동해석을 진행
- 초당 2개의 묘가 추출 및 정식되는 것으로 빈도를 선택하였음

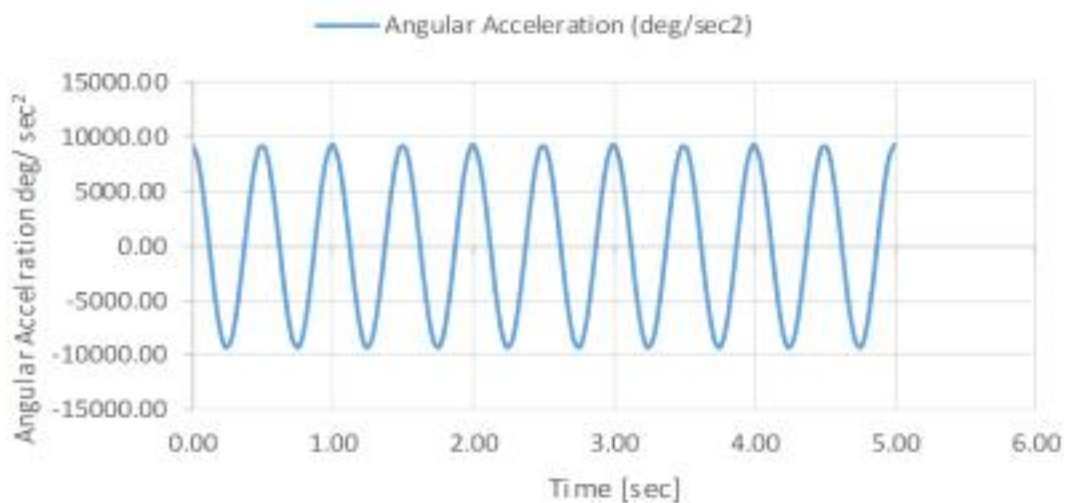
표 11. 운동해석1 결과

각변위 (θ)	A	B	C	D	위치		각속도 deg/sec	각가속도 deg/sec ²
					X	Y		
118°	94.3	139	94.3	139	-177.510	146.826	741	9365
	94.3	141	94.3	141	-179.086	148.079	741	9366
	94.3	143	94.3	143	-180.888	148.968	742	9367
	94.3	145	94.3	145	-182.473	150.205	742	9369
	94.3	147	94.3	147	-184.175	151.256	742	9370

Angular Acceleration vs Time



Angular Acceleration vs Time

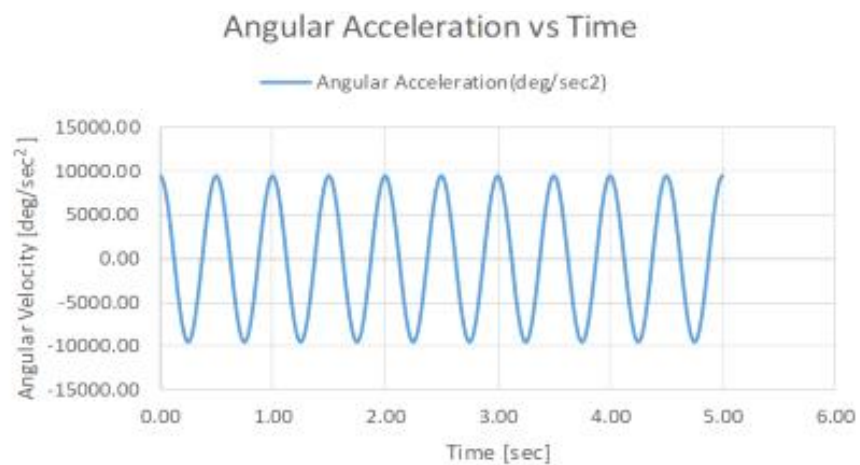
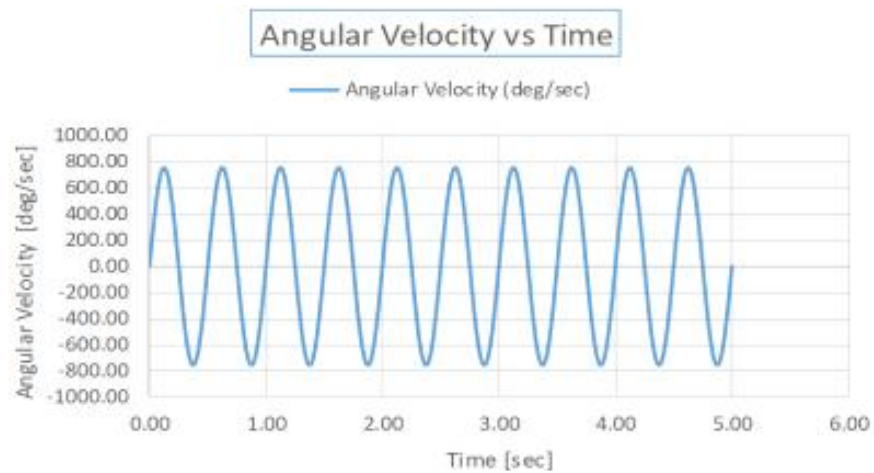


○ 운동해석 2

- 본 운동해석에서 각변위를 $\theta = 120^\circ$ 로 설정
- X, Y 위치, 속도 및 가속도를 찾기 위해 서로 다른 5 개의 링크절을 사용
- 진동식 모션 유형이 Solid works 입력 데이터로 사용되어 운동해석을 진행
- 초당 2개의 묘가 추출 및 정식되는 것으로 빈도를 선택하였음

표 12. 운동해석2 결과

각변위 (θ)	A	B	C	D	위치		각속도 deg/sec	각가속도 deg/sec ²
					X	Y		
120°	94.3	139	94.3	139	-173.510	152.915	755	9526
	94.3	141	94.3	141	-177.187	151.031	753	9533
	94.3	143	94.3	143	-180.888	148.968	755	9541
	94.3	145	94.3	145	-182.804	149.674	753	9526
	94.3	147	94.3	147	-179.653	158.057	753	9551

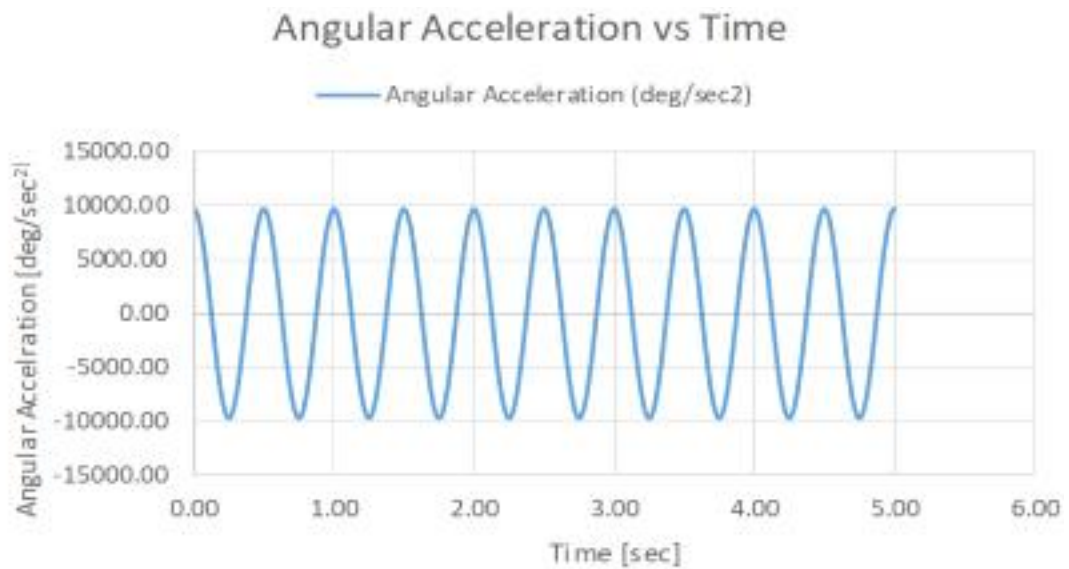
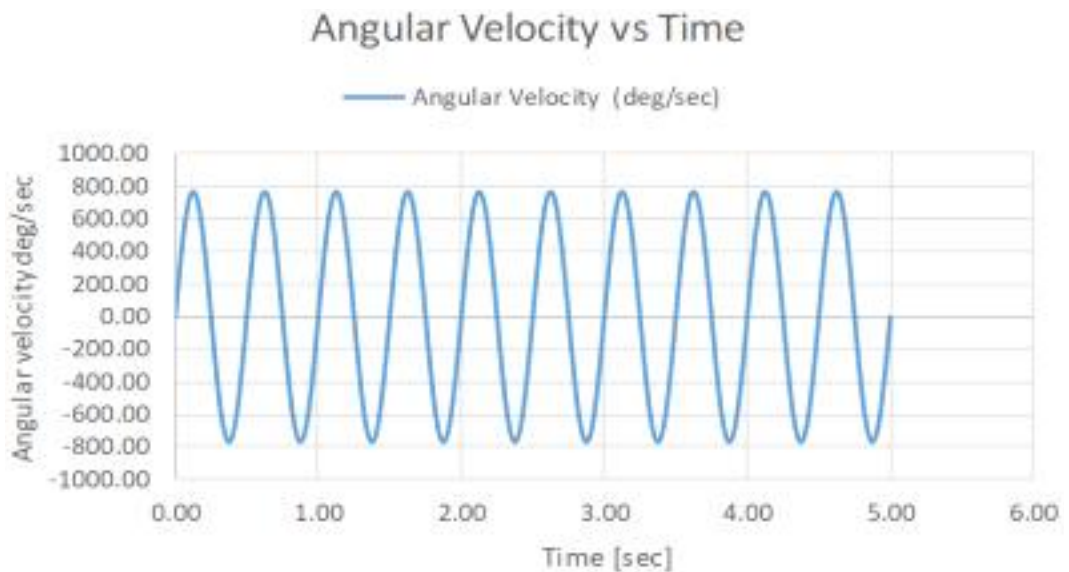


○ 운동해석 3

- 운동해석에서 각변위를 $\theta = 122.11$ 로 설정
- X, Y 위치, 속도 및 가속도를 찾기 위해 서로 다른 5 개의 링크절을 사용
- 진동식 모션 유형이 Solid works 입력 데이터로 사용되어 운동해석을 진행
- 초당 2개의 묘가 추출 및 정식되는 것으로 빈도를 선택하였음

표 13. 운동해석3 결과

각변위 (θ)	A	B	C	D	위치		각속도 deg/sec	각가속도 deg/sec ²
					X	Y		
122.11°	94.3	139	94.3	139	-177.403	146.994	768	9691
	94.3	141	94.3	141	-177.187	151.031	767	9692
	94.3	143	94.3	143	-180.888	148.968	767	9693
	94.3	145	94.3	145	-184.586	146.720	768	9688
	94.3	147	94.3	147	-183.850	151.773	768	9698

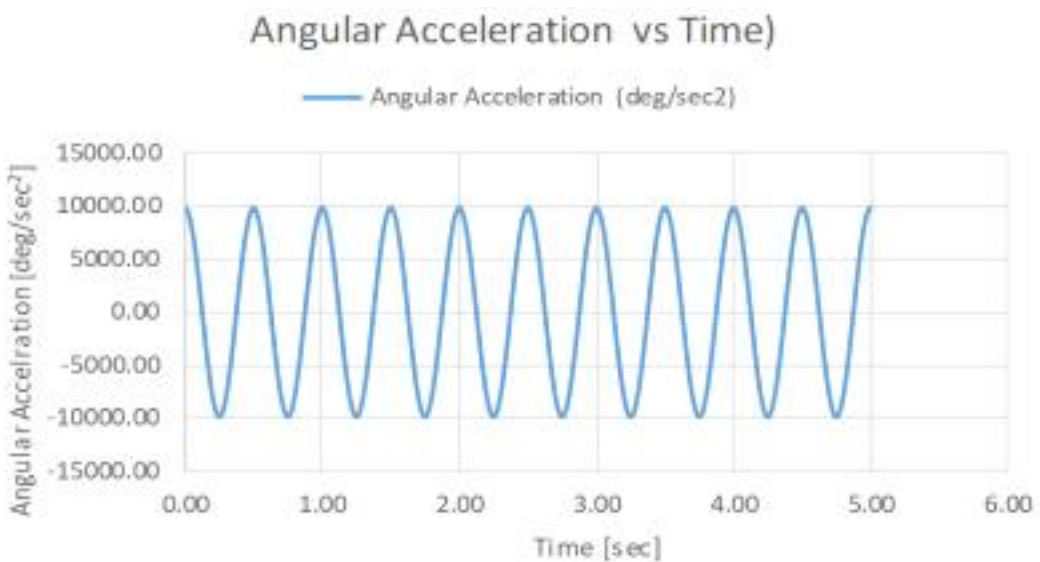
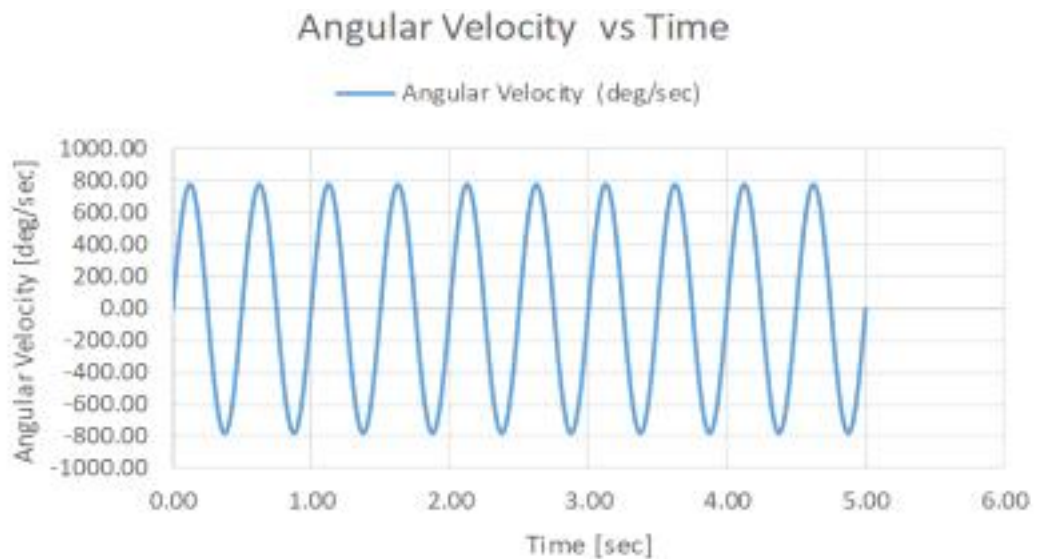


○ 운동해석 4

- 운동해석에서 각변위를 $\theta = 124^\circ$ 로 설정
- X, Y 위치, 속도 및 가속도를 찾기 위해 서로 다른 5 개의 링크절을 사용
- 진동식 모션 유형이 Solid works 입력 데이터로 사용되어 운동해석을 진행
- 초당 2개의 묘가 취출 및 정식되는 것으로 빈도를 선택하였음

표 14. 운동해석4 결과

각변위 (θ)	A	B	C	D	위치		각속도 deg/sec	각가속도 deg/sec ²
					X	Y		
124°	94.3	139	94.3	139	-177.382	147.031	779	9843
	94.3	141	94.3	141	-179.113	148.034	779	9841
	94.3	143	94.3	143	-180.888	148.968	780	9844
	94.3	145	94.3	145	-177.754	157.278	779	9869
	94.3	147	94.3	147	-184.595	150.581	779	9845

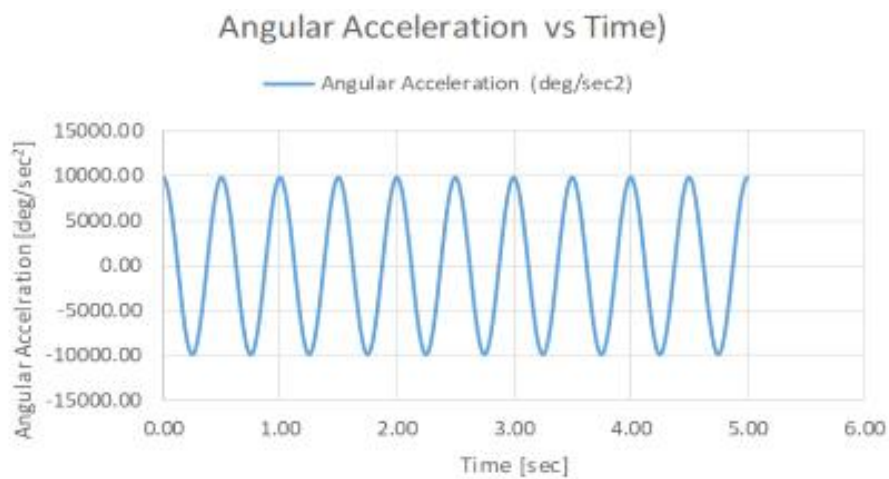
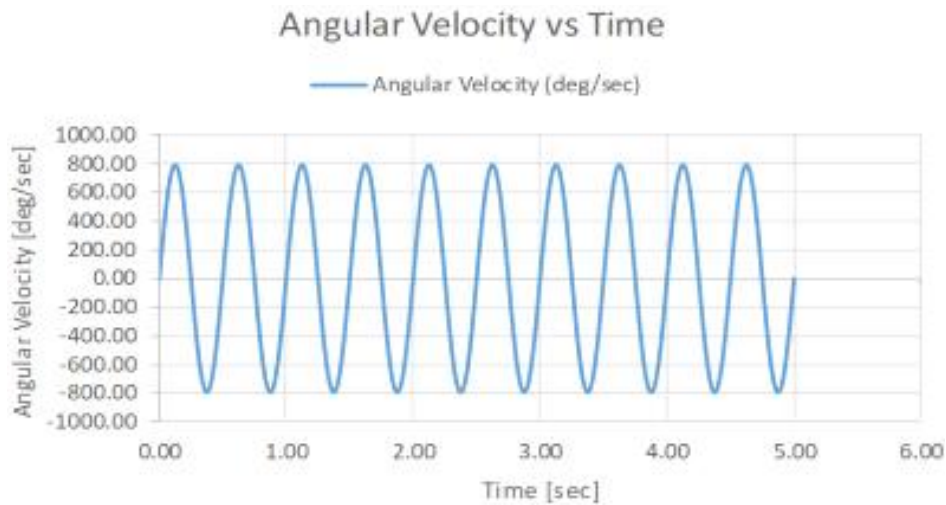


○ 운동해석 5

- 운동해석에서 각변위를 $\theta = 126^\circ$ 로 설정
- X, Y 위치, 속도 및 가속도를 찾기 위해 서로 다른 5 개의 링크절을 사용
- 진동식 모션 유형이 Solid works 입력 데이터로 사용되어 운동해석을 진행
- 초당 2개의 묘가 추출 및 정식되는 것으로 빈도를 선택하였음

표 15. 운동해석4 결과

각변위 (θ)	A	B	C	D	위치		각속도 deg/sec	각가속도 deg/sec ²
					X	Y		
126°	94.3	139	94.3	139	-176.786	147.979	791	10002
	94.3	141	94.3	141	-178.612	148.850	791	10003
	94.3	143	94.3	143	-180.888	148.968	791	10018
	94.3	145	94.3	145	-182.586	146.720	791	9996
	94.3	147	94.3	147	-184.204	151.210	791	10015



9) 모 취출, 정식 메커니즘 설계 및 방향 제안

- 양파 정식기 기구합성 및 운동해석에 대한 연구 결과, 아래와 같은 모취출, 정식 메커니즘에 대한 설계 및 방향을 제안하였음
- 본 연구에서는 사이클당 7개 배열의 육묘를 취출하는 전자동식 정식기를 고려하였음
- 핑거형 묘공급부는 육묘를 수평 컨베이어 벨트 메커니즘의 필요한 위치로 이송함
- 운동해석은 서로 다른 이동 절의 길이 뿐만 아니라 각변위 값을 다르게 설정하여 수행됨
- 운동해석 연구는 분당 120개의 묘를 분당 2개의 묘 비율로 정식하기 위해 수행되었음
- 묘식부암 길이가 $A = 194.3\text{mm}$, $B = 143\text{mm}$, $C = 194.3\text{mm}$, $D = 143\text{mm}$ 일 때, 정식 작업 시 육묘를 취출하고 정식하기에 편리한 위치이며, 적합한 것으로 나타남
- 각변위가 $\theta = 122.11^\circ$ 일 때, 묘를 취출 및 정식 시 적절한 것으로 확인하였음
- 각변위가 $\theta = 122.11^\circ$ 일 때, 각속도 및 각가속도의 값은 각각 $\omega = 767\text{deg/sec}$, $\alpha = 9693\text{deg/sec}^2$ 이었음

□ 국제종합기계(협동기관)

10) 승용 양파 정식기 플랫폼 설계

가) 선진사 기대 조사

(1) 과제 수행을 위한 벤치마킹 선진사 제품 선정

- I사의 승용 양파정식기 선정
- 소형 트랙터에 4조식 양파정식 작업기 부착형 타입



그림 79. I사 양파정식기

표 16. 사양표

		PVT4Z-270	PVT4Z-285
기체치수	전장(mm)	4,050	
	전폭(mm)	2,250	
	전고(mm)	2,100	
이식부 중량(kg)		413	
식부조수		4조	
조간(mm)		270	285
타이어 트레이드		1,110~1,200	
주간(cm)		10.5~12.0	
식부주수		30.3~34.3	28.5~32.5
작업속도(km/h)		0.5~3.1	
작업능력		30~50분/10a	
묘탑재 장수		58장	

(2) 선진사 기대 특·장점

- 0.5m/s ~ 0.8m/s의 빠른 작업 속도 구현
- 블록형 벨트를 적용하여 모종 간섭을 최소화 하였으며, 식부자세, 주간 정밀도가

높아져 작업능률 향상

- 독자적인 묘이송구조를 적용하였으며, 진압롤러 양 끝에 가이드를 설치하여 두둑 손상 최소화
- 반자동형과 비교 시 약 4배의 작업효율이 향상됨

(3) 각 주요부 사진

- 전차축부
- 너클암 부품에 트랙로드 2개소 조립 타입
- 광폭형 타이어 적용



그림 80. 전차축 트랙로드 및 타이어 구조

- 예비묘대부
 - 예비묘대 전방 36장, 후방 12장 탑재 가능



그림 81. 전·후방 예비묘대

- 마커부
 - 사이드 마커 및 센터 마커로 구성
 - 접이식 구조



그림 82. 사이드 마커부



그림 83. 센터마커부

나) 자율 조향 관련 특허 조사 및 분석

(1) 특허 조사

- 특허 명칭: 자동 주행 기능을 탑재한 모종 이식장치

- 두둑 측면 감지 모듈을 탑재하고, 정격 모터를 활용하여 조향축을 전동 회전할 수 있도록 적용한 장치
- 본 개발 과제의 두둑 추종 조향시스템과 유사한 부분이 있어 권리 분석 및 회피 방안에 대한 검토가 필요함

청구범위

청구항 1

두둑을 따라 주행하는 주행부와, 상기 주행부의 후방에 연결되어 주행부를 따라 이동하면서 두둑에 모종을 이식하는 모종 이식부를 포함하여 구성된 모종이식기에 있어서,

상기 주행부는 차체과, 상기 차체의 전,후방에 배치되어 엔진으로부터 동력을 제공받아 구름이동하는 전륜과 후륜 및, 상기 전륜의 방향을 조절하는 조향유닛을 포함하고,

상기 조향유닛은, 상기 전륜과 연결되는 조향링크와, 상기 조향링크와 링크 연결되어 정역 회전을 통해 전륜을 좌우 회전시키는 조향축과; 상기 조향축을 수동으로 회전시키는 핸들; 및 상기 조향축을 전동으로 회전시키는 정역모터를 포함하여 구성되고,

상기 차체에는 두둑의 측면 곡률을 감지하는 하나 이상의 두둑 곡률 감지모듈; 및 상기 두둑 곡률 감지모듈로부터 감지된 두둑의 측면곡률에 따라 정역모터를 구동시켜 조향축을 전동 회전시켜서, 전륜의 진행방향을 제어하는 제어부를 포함하도록 구성된 것을 특징으로 하는 자동주행기능을 탑재한 모종 이식장치

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 두둑 곡률 감지모듈은 고정판에 회동축을 통해 회동구조로 배치되며, 일단은 두둑의 측면에 외접시켜 두둑의 측면곡률 변화에 따라 정역으로 선회하는 곡률 감지레버와;

상기 고정판에 배치되어 두둑의 측면곡률 변화에 따라 정역으로 선회하는 곡률 감지레버의 타단의 선회각을 감지하여 두둑의 측면곡률을 감지하는 감지센서를 포함하도록 구성된 것을 특징으로 하는 자동주행기능을 탑재한 모종 이식장치.

<특허 청구항 관련 내용>

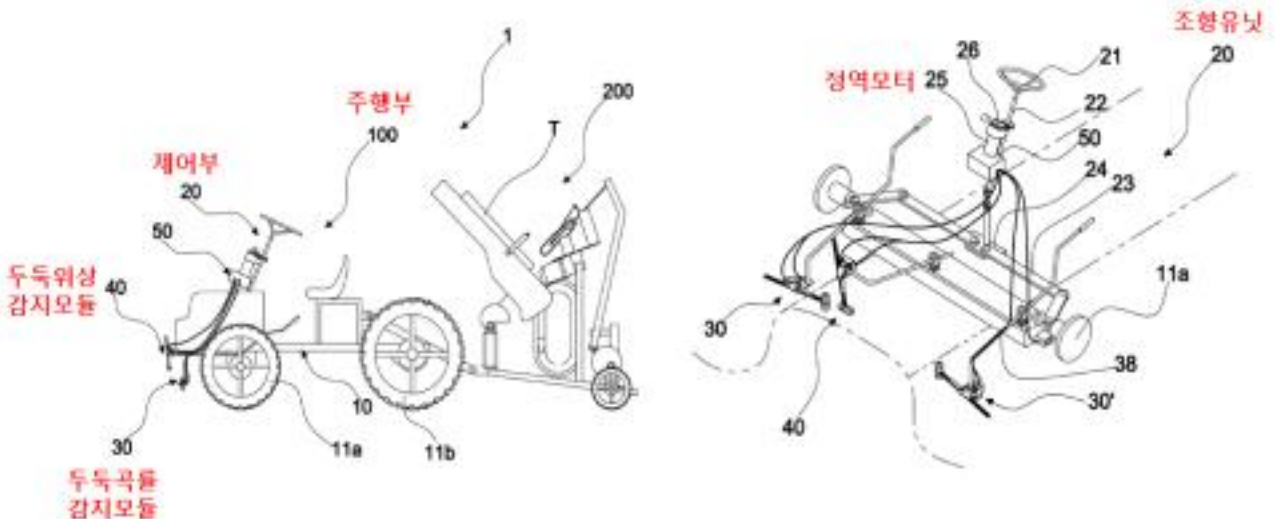


그림 84. 특허 도면

(2) 특히 회피 분석

- 두둑 곡률 감지모듈과 두둑 위상 감지모듈을 동시에 구비
: 둘중 어느 하나만을 실시하는 경우 침해를 구성할 수 없음
- 곡률 감지레버와 두둑의 측면곡률을 감지하는 감지센서
: 상이한 두둑의 곡률 감지모듈을 구성
- 곡률 감지레버에 세정 브러쉬를 구비하여 이물질 제거
: 롤러의 세정 브러쉬를 실시하지 않는다면 침해가 이루어질 수 없음
- 링크암 상단 손잡이를 통해 두둑 곡률 감지모듈이 배치될 수 있도록 구성
: 링크암 상단에 손잡이를 설치하지 않으면 회피 가능
- 상하로 선회하는 위상 감지레버와 감지센서에 의해, 두둑의 위상 감지
: 접촉식과 동시에 상회 선회 방식이 아닌 다른 방식의 두둑 높이 감지센서를 구현할 수 있으면 회피 가능

다) 본기 개념 설계

(1) 개발 승용 6조 양파정식기 목표 사양

표 17. 사양표

구분		개발 목표 사양		비고	
본기부	전장(mm)	3,800			
	전폭(mm)	2,100			
	전고(mm)	2,500			
	중량(kg)	600			
엔진	수냉 3기통(디젤)	10ps 이상/3600rpm			
	총배기량(cc)	903			
	출력/회전속도 kW/rpm(ps/rpm)	정격:14.5/3400 최대:16.2/3400			
	연료 탱크 용량(L)	35L			
주행부	전륜/후륜(mm)	650/950			
	차륜폭(mm)	1500~1600			
	변속단수(단)	(주) 무단 (전진, 후진) (부) 2단 (주행, 작업)			
	작업속도(m/s)	0.24			
	자체승강제어	유압식		전자 제어식	
	회전 반지름(m)	1.8 이하			
정식부	적용 상자(공)	448		트레이 규격	
	취출 방식	7개 동시 취출(2열)			
	반송 방식	벨트 수평이송			
	정식 방식	식부컵 방식			
	조수	승용 6조			
	식부 조간(cm)	20			
	표준 주간(cm)	10~15단(4단)			
	주수, 주/평(주/10a)	최대	124(37,200)		
		최소	80(24,000)		
	정식 깊이(cm)	1~4(12단)			
	적용모 크기(cm)	10~15			
	비닐 멀칭	O			
	사용 모판	POT448		시중 판매 제품	
	모 탑재수(개)	40			
작업능력 min/10a	60이하				

(2) 각 주요부 별 개념 설계

- 본기 사양 관련

- 엔진 사양 결정

표 14.엔진 사양

Engine Specification		
제조사		YANMAR(일본)
형식명		3TNM72-BKTP2
기관 종류		디젤 기관
형식		직립형 수냉 3기통 4행정 디젤기관
출력	정격 출력	14.5kW/3400rpm
	최대 출력	16.2kW/3400rpm
기관	배기량	904cm ³
	조속기 형식	원심기계식
	시동 방식	전기시동식
엔진 실물		

- 전방 예비묘대 및 후방 정식기 무게를 고려하여 본기부 프레임 보강 설계 필요
- 현재 이앙기 바퀴에서 광폭형 타이어 적용을 위한 검토 필요

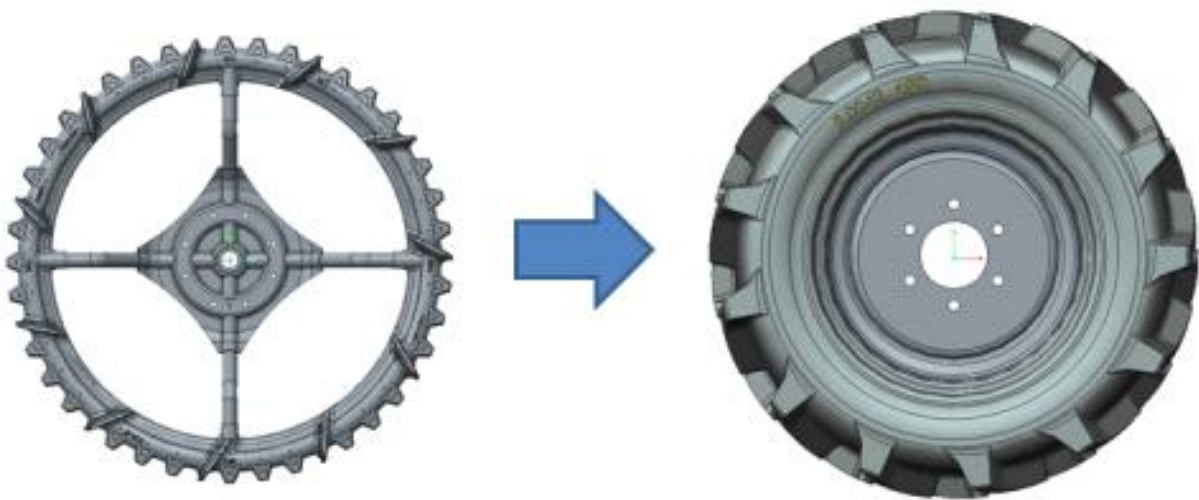


그림 85. 타이어 변경 검토

- 예비묘대 개발 관련

- 1사 양파정식기 측 예비 묘대 참고하여 사출품 설계 필요
- 예비묘대 설계 후 프레임 강도 관련 해석 진행 필요
- 타 사 예비묘대 양식 조사

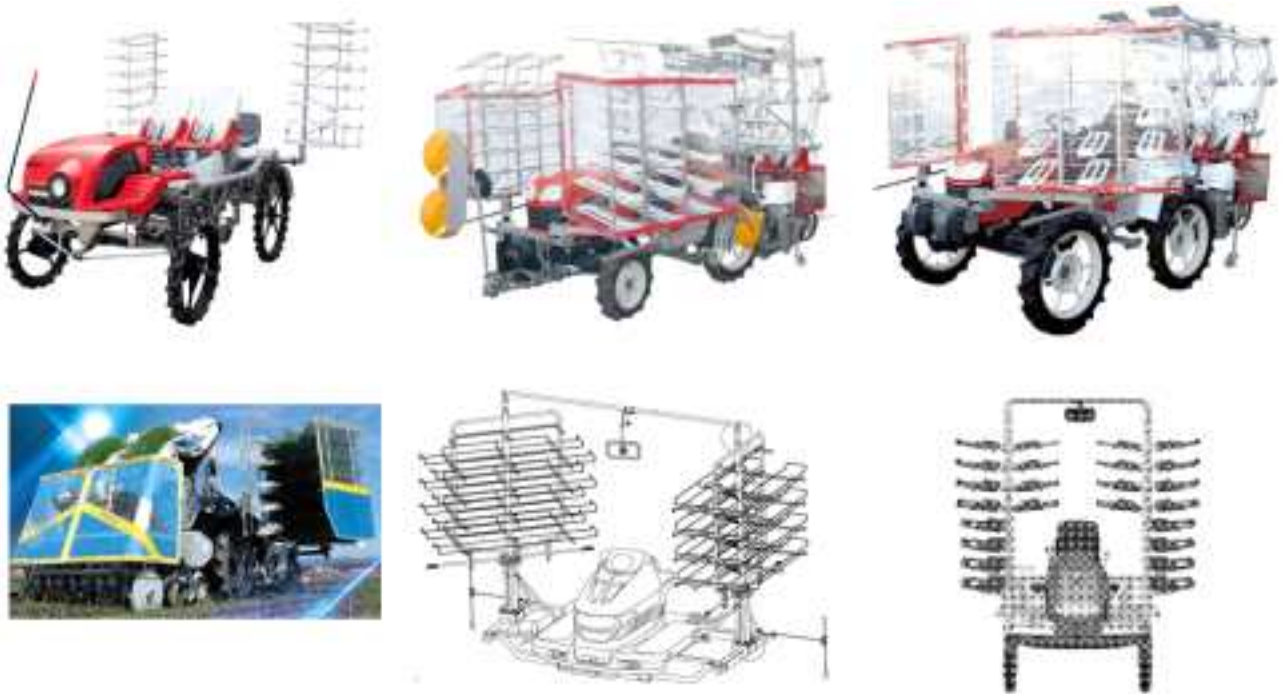


그림 86. 타 사 양파 정식기 예비묘대 사양

- 예비묘대 개수 증대방안

: 기존 이양기 예비묘대 지지대에 연장 예비묘대 지지대를 부착할 수 있도록 검토

: 예비묘대 개수를 증가시켜 작업 시 작업효율을 높일 수 있도록 설계



그림 87. 기존 이양기 예비묘대

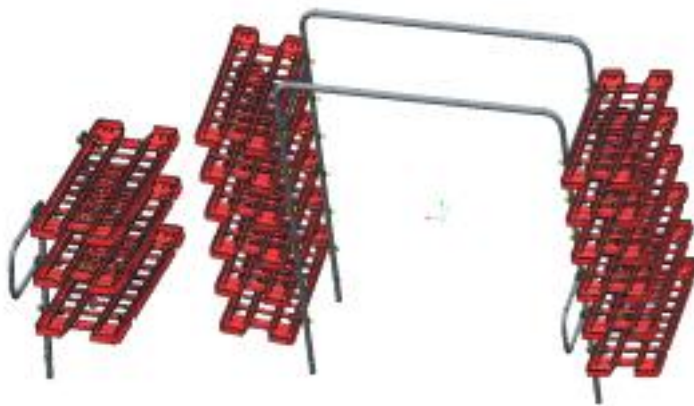


그림 88 연장 예비묘대 적용 후

- 조향 모듈 개발 관련

- I사 이양기를 참고하여 관련부품(모터) 개발 전장팀과 협의 진행
- 조향 모듈 케이스(주물) 개발 검토

- 두둑 감지 및 추종 관련

- 접촉식 센서를 이용하여 링크 기구 및 제어장치 개발 검토
- 두둑의 높낮이를 자동으로 인식하여 정식 깊이를 균일하게 유지할 수 있는 시스템으로 검토

11) 양파 정식에 맞는 주행부 설계

가) 후륜 사양 검토

(1) 차륜폭 조절 검토

- 후륜 트레드 축간 거리 조절 범위 측정(mm)

- 타이어 중심·내측 기준에 따른 축간 거리 조절 범위

단위: mm

타이어 중심기준	1193.0	1269.0	1369.0	1469.0
타이어 내측기준	940.4	1016.4	1116.4	1216.4

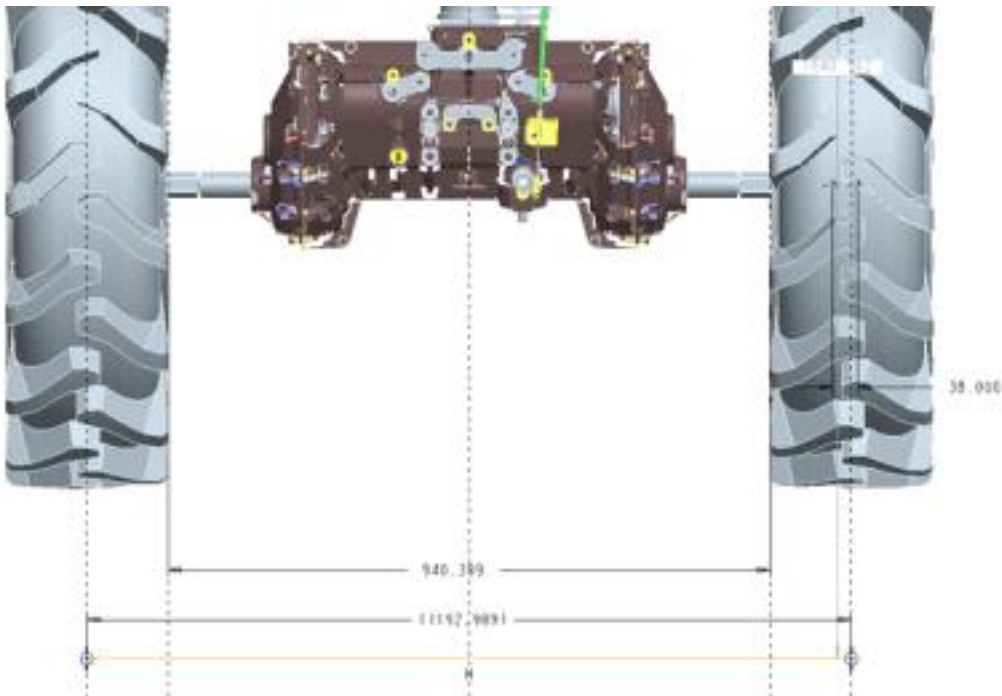


그림 89. 후륜 트레드 축간 거리 조절 범위

- 후륜 타이어 검토

- 단편 폭 9.5 inch, 림경 20 inch 농용 타이어

표 15. 후륜 타이어 사양

품명	SIZE, PR	DESIGN No.	Approved No	OVERALL DIA	SECTION WIDTH OVERALL WIDTH
타이어조합	9.5-20-6PR	W23D	W7X20	954±8	232±6
THREAD ARC WIDTH	SKID DEPTH	STATIC LOADED RADIUS	PITCH NO.	MAX AIR PRESS (kg/cm ²)	MAX LOAD(kg)
266±5	42.0±1.5	452±10	16	2.2	840

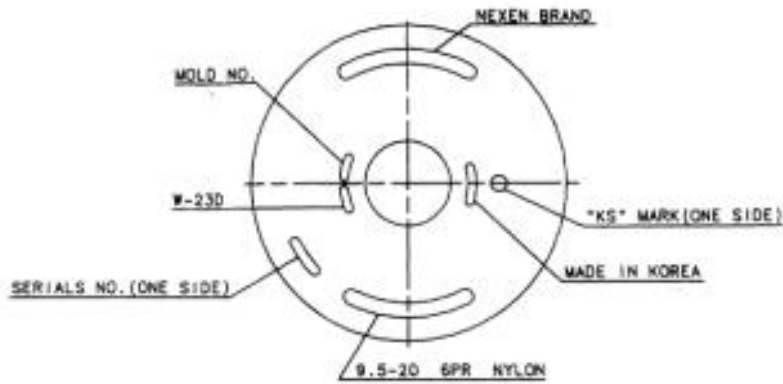


그림 90. 타이어 조절 범위

나) 휠 장착부 매칭 검토

(1) 휠 조합 적용 검토

- 휠조합을 정식기에 적용하기 위해서는 기존 디스크의 방향을 반대로 하여 조립하여야 함
- 폭을 조절하여 밖으로 640mm 돌출하여 조립



그림 91. 트랙터 조립사양

그림 92. 정식기 조립사양

(2) 양파 재배규격을 고려한 후륜 타이어 조절 범위

- 밀식을 하더라도 포기 사이가 10cm보다 좁으면 양파 구가 자라면서 서로 맞닿아 압박하여 변형구가 되기 때문에 최소한 10cm 이상 떨어뜨려 심음
- 120cm 이랑에 6줄로 포기 간격을 15cm로 심든 것이 표준(10a당 33,000wn)

단위: mm

타이어 중심기준	1065.0	1141.0	1241.0	1341.0
타이어 내측기준	812.4	888.4	988.4	1088.4

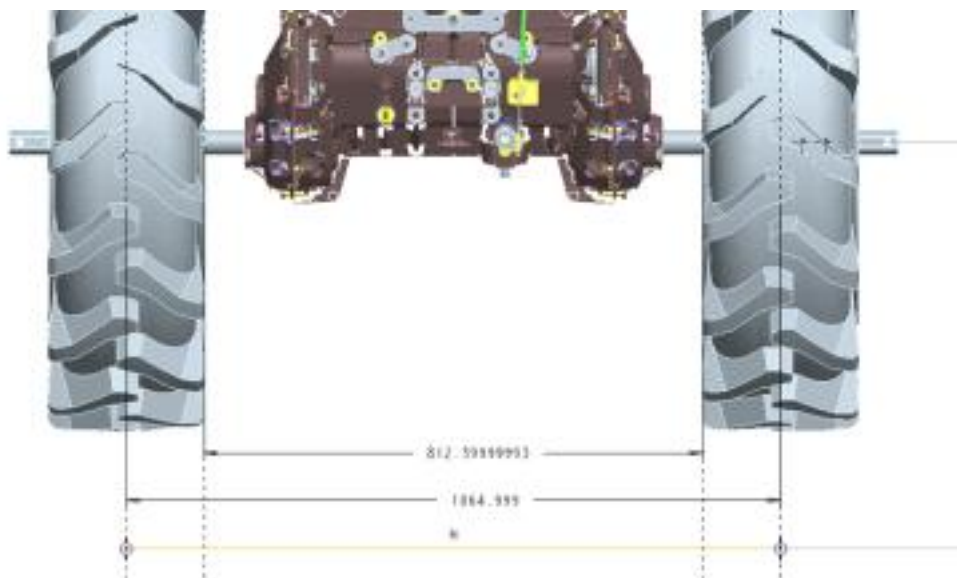


그림 93. 양파 재배 규격을 고려한 후륜 조절 범위

12) 자율 조향 관련 플랫폼 설계

가) 선진사 조향 모듈 분석(1사)

(1) 조향 시스템 분석



그림 94. 1사 조향 장치부

- 스텝핑 모터

- 본넷트 내부 파워스텝 상부의 모터 유니트에 취부되어 스티어링 조작함
- 임의의 각도에서 모터를 정지시키는 것이 가능
- 1.8° 단위로 모터의 회전각도 변화 가능

표 20. 모터 사양

품명	STEPPING MOTOR
제조사	Oriental motor
상(相)	2상
정격전류	4.2A/상
전압	2.2V
최대정지토크	2.5N·m
기본작동각도	1.8°
보호등급	IP20

- 모터 드라이버 유니트

- 본넷트 내부 연료탱크 상부에 취부되어 있음
- 스텝핑 모터의 구동 및 제어
- 모터 드라이브 전원공급을 위해 DC-DC 컨버터 내장

표 21. 모터 드라이버 유닛

품명	MOTOR DRIVER UNIT
제조사	Oriental motor
구동방식	마이크로 스텝 구동 바이폴라 정전류 방식
정격전압	DC 12V
사용 전압범위	DC 9V ~ 18V
방수성	JIS S1

- 직진 어시스트 레버

- 직진 어시스트 압·절 및 IMU 센서 재설정

표 22. 센서 사양

품명	레버(직진) ASSY
제조사	유신
정격전압	DC 5V
성능	DC 9V ~ 16V
방수성	JIS S2 상당

(2) 조향 구동 유닛 구조

- 구성

- 어시스트 모터, 스퍼기어, 센서기어 10T, 센서기어B, 스티어링 2EA, 스티어링 케이스 하, 스티어링케이스 상, 스퍼기어 28T, 기퍼기어 10-17, 오일실 2EA, 포텐셜센서

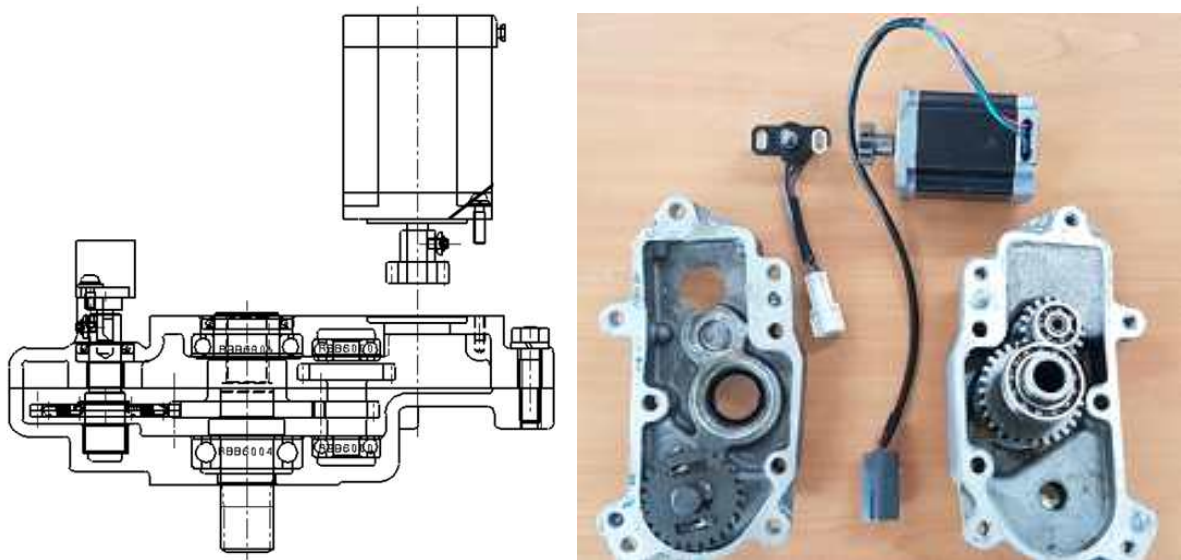


그림 95. I사 조향 구동 유닛 내부 구조

나) 두축 추종 조향부 설계 및 매칭 검토

- 조향부 모듈을 1축부와 2축부로 구성되어 있으며, 기어비 16:1(1안), 기어비 22:1(2안)으로 나누어 설계·검토 진행하였음
- 스텝핑 모터를 통해 스티어링을 조작할 수 있는 타입으로 설계
- 조향 토크 2.5~3kgf·m 입력 시 유성기어에서 약 토크 140kgf·m가 발생해 휠 구동
-

(1) 조향부 기어 설계

- 감속비 16:1
- 1축부는 기어A 14T, 기어B 56T로 구성하여 감속비 4:1로 구성
- 2축부는 기어C 15T, 기어D 60T로 구성하여 감속비 4:1로 구성
- 1축부, 2축부의 총 기어비는 16:1

표 19.감속비 16:1 기어 사양표

	기어A	기어B	기어C	기어D
모듈	1.5	1.5	1.5	1.5
압력각	20°	20°	20°	20°
잇수	14	56	15	60
기준피치원경	∅21	∅84	∅22.5	∅90
이끝원직경	58.387	86.579	26.862	93.066
이뿌리원직경	18.671	79.863	20.184	86.388
기초원직경	19.734	78.934	21.143	84.572
형상				

- 감속비 22:1
 - 1축부는 기어AA 13T, 기어BB 58T로 구성하여 감속비 4.46:1로 구성
 - 2축부는 기어CC 13T, 기어DD 64T로 구성하여 감속비 4:92로 구성
 - 1축부, 2축부의 총 기어비는 22:1

표 20.감속비 22:1 기어 사양표

	기어A	기어B	기어C	기어D
모듈	1.5	1.5	1.5	1.5
압력각	20°	20°	20°	20°
잇수	13	58	13	64
기준피치원경	∅19.5	∅87	∅19.5	∅96
이끝원직경	23.891	88.100	23.824	96.098
이뿌리원직경	17.150	81.359	17.152	89.426
기초원직경	18.324	81.3753	18.324	90.210
형상				

(2) 조향부 매칭 검토

- 구성

- 케이스 상, 케이스 하, 조향샤프트(상, 하), 중간 연결축, 조향모터, 키 2종, 베어링 2종, 기어 4종 등
- 토크제너레이터 및 스티어링부 매칭 검토

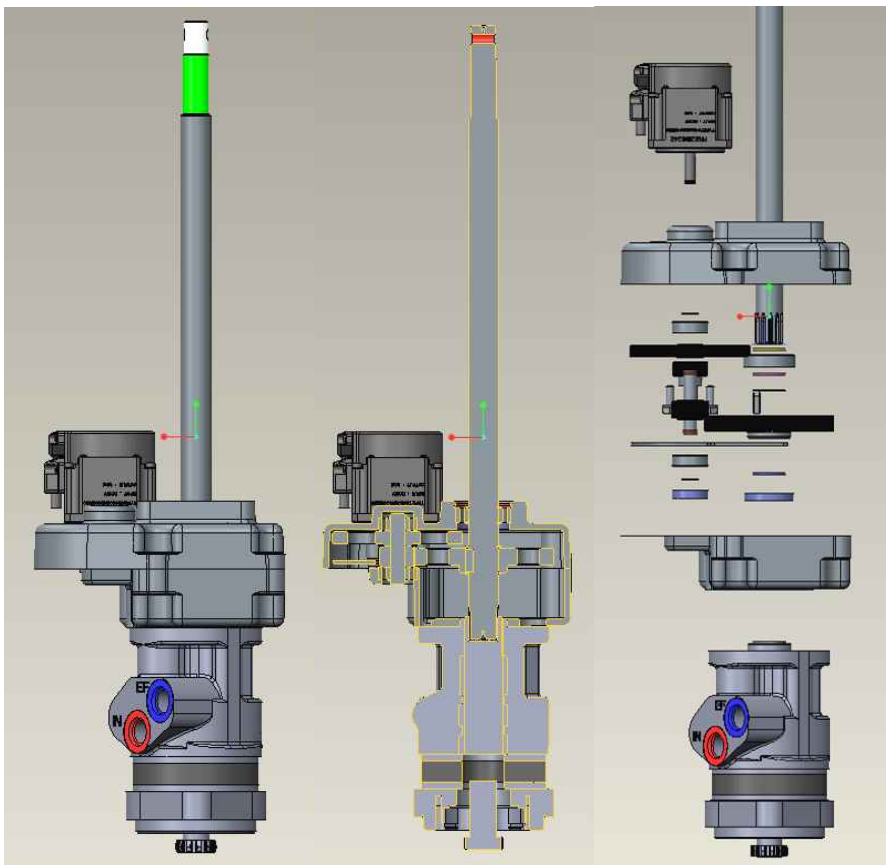


그림 96. 조향부 조립(좌), 조향부 단면(중), 조향부 분해 (우)



그림 97. 핸들 칼럼부 매칭 모델링

다) 두둑 추종 센싱부 설계 및 매칭 검토

- 근접센서 사양 검토

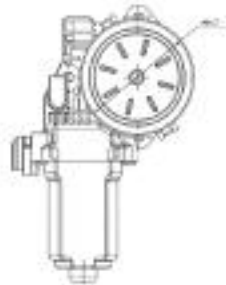
- 검출 거리에 따른 센서 종류 검토

표 25. 센서 사양

	PRDW30-25DN-V	PRFDAWT30-12DO-IV	PRFT18-5DO-V
배선 및 전원	DC 3선식 12-24VDC	DC 2선식 12-24VDC	DC 2선식 12-24VDC
검출면 지름	M30	30mm	18mm
검출거리	25mm	12mm	5mm
설치	비실드(돌출형)	실드(매입형)	실드(매입형)
표준검출체	75x75x1mm	54x54x1mm(철)	30x30x1mm(철)
응답주파수	100Hz	50Hz	80Hz
전류사양	소비전류: 10mA 이하	누설전류: 0.8mA 이하	누설전류: 0.8mA 이하
제어출력	NPN Normally Open	직류 2선식 Normally Open	Normally Open
재질	황동(니켈 도금)	SUS303	SUS303
케이블규격/재질	내유성 강화 케이블	내유성 강화 케이블	내유성 강화 케이블
보호구조	IP67	IP67	IP67
바디길이	일반형	일반형	일반형
내환경성_사용주위온도	-25~70℃, 보존 시: -30~80℃	-25~70℃, 보존 시: -25~70℃	-25~70℃, 보존 시: -30~80℃
내환경성_사용주위습도	35~95% RH, 보존 시: 35~95% 고	35~95% RH, 보존 시: 35~95% RH	35~95% RH, 보존 시: 35~95% RH
응차거리	검출거리의 10% 이하	검출거리의 15% 이하	검출거리의 15% 이하
잔류전압	1.5V 이하	3.5V 이하	3.5V 이하
중량	약 145g	약 225g(약 170g)	약 132g(약 97g)
실물			

- 센싱부 설계 및 매칭 검토
 - 양파정식기 전방에 두둑 추종 센싱부 프레임 부착
 - 선별 모터 제어 타입으로 센싱 작동부 설계 4) 1차 단품 제작
- 조향 모듈 기어 1차 시작품 제작
 - 기어비 셋팅 전 구동기어 1차 샘플

표 22. 센서 사양선별 모터 기어 사양

MOTOR INVOLUTE GEAR SPECIFICATION		
GEAR PROFILE		INVOLUTE
TOOL	TOOTH PROFILE	FULL DEPTH
	PRESS PROFILE	20°
REFERENCE PITH CIRCLE		∅16
OUTSIDE DIAMETER		∅21.5
SHIFT FACTOR		+0.5
ROOT DIAMETER		∅13±0.05
SPAN NUMBER OF TEETH		2
SPAN MEASUREMENT		9.765±0.05
MODULE		2
NO. OF TEETH		8
MODELING		

- 선별 모터 2개로 좌, 우 모듈 시스템 제어 및 작동
- 모터를 통해 작업 시 하강하고 일반 주행 시 상승할 수 있도록 접이식으로 설계
- 근접 센서를 파이프 끝단에 부착하여 두둑 높낮이를 자동으로 인식할 수 있도록 설계
- 모터 2EA, 근접센서 2EA, 모터 피동 기어, 작동 센서, 스프링 등으로 구성

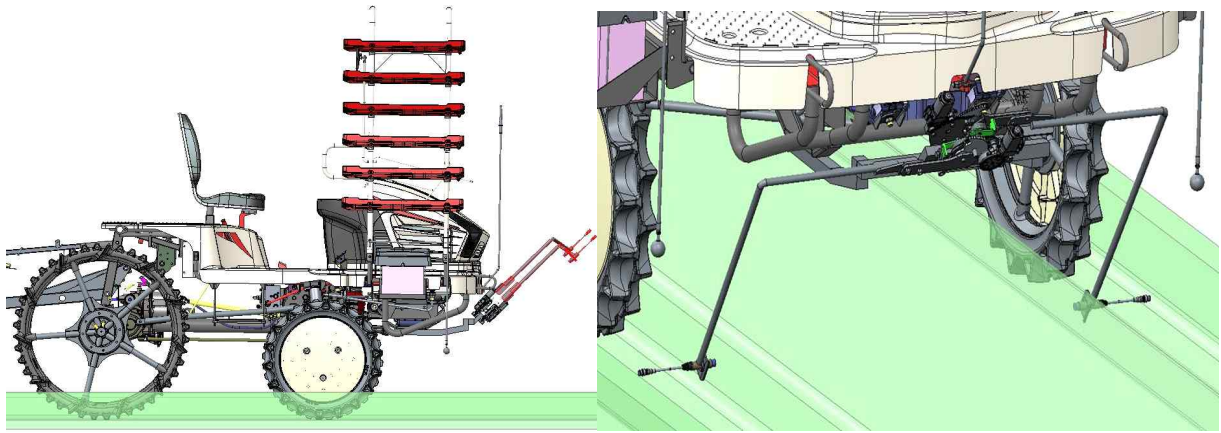


그림 98.. 센서 사양두둑 추종 센싱부 전체 구상도

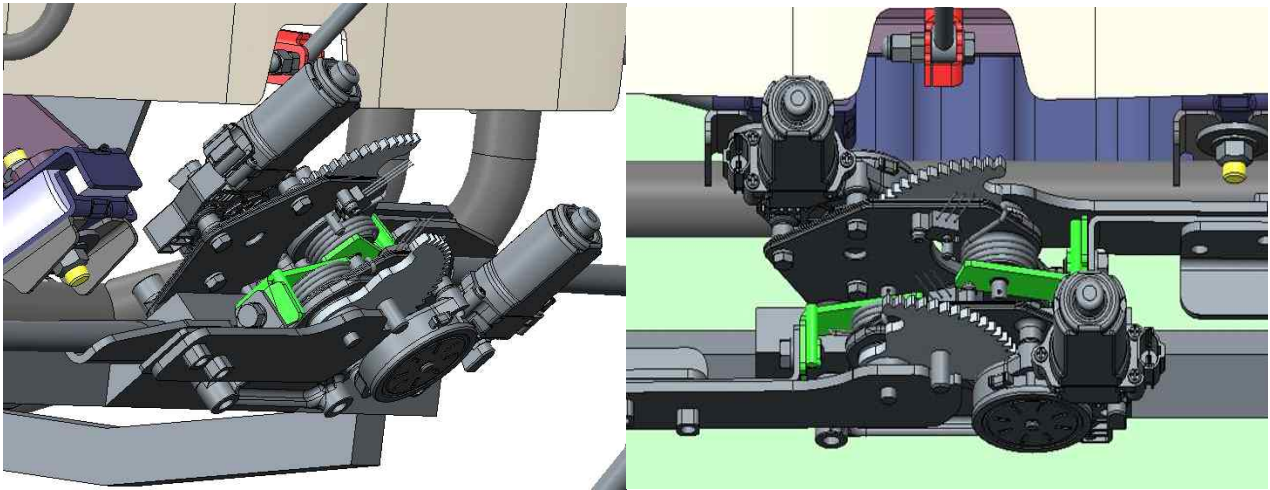


그림 99. 두둑 추종 센싱부 매칭 검토

라) 1차 단품 제작

- 조향 모듈 기어 1차 시작품 제작
 - 기어비 셋팅 전 구동기어 1차 샘플

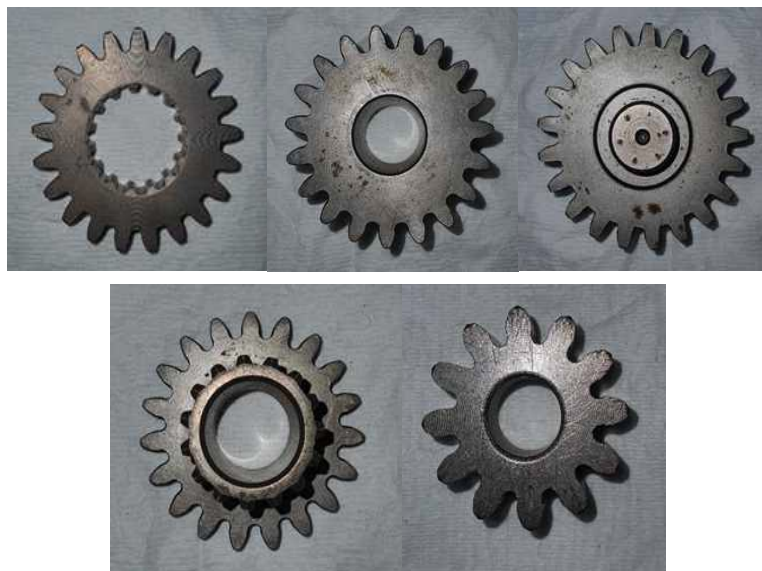


그림 100. 구동기어류 1차 샘플

- 기어비 셋팅 전 피동기어 1차 샘플



그림 101. 피동기어류 1차 샘플

- 기어비 셋팅 전 구동축 1차 샘플



그림 102. 구동축 1차 샘플

□ 국립농업과학원(협동기관)

13) 양파 지역별 재배양식 조사 및 시작기 설계요인 도출

가) 양파 주산지 중심 재배 형식(논, 밭)별 관행 재배양식 조사

관행 양파 재배양식은 양파 재배 주산지를 형성하고 있는 합천, 창녕, 무안 등 5개의 농가를 대상으로 재배 줄수, 골폭, 두둑폭, 두둑높이, 조간, 주간 등을 조사하였다. 논 양파는 합천, 창녕, 밭 양파는 무안, 함평, 평창에 있는 농가 포장에서 수행하였다. 표 1과 같이 재배양식은 논 양파의 경우 합천, 창녕에서 6~8줄 재배에 두둑폭 110~120 cm, 고랑폭 30~60 cm, 조간 14~15 cm, 주간 14~15 cm로 조사되었으며, 밭 양파의 경우 무안, 함평, 평창에서 9~13줄 재배에 두둑폭 120~180 cm, 고랑폭 20~30 cm, 조간 13~15 cm, 주간 15~20 cm로 조사되었다.

표 27 재배형식별 양파 재배양식 조사

지역		줄수 (줄)	두둑폭 (cm)	골폭 (cm)	조간×주간 (cm)
논 양파	합천	6~8	110~120	50~60	14~15×14~15
	창녕	8	120	30	15×15
밭 양파	무안	13	180	30	13×20
	함평	9~10	150	20~30	15×15
	평창	7~9	120~140	30	15×14



<합천(논)>



<무안(밭)>



<평창(밭, 고령지)>

그림 103. 재배형식별 양파 재배양식 조사

나) 국내 양파 정식기 실태조사

양파 정식기 실태조사는 국내 보급중인 양파 정식기의 특징, 재식주수, 작업성능 등을 조사하였다. 그 결과, 표 3과 같이 국내 D사의 보행형 양파 정식기의 경우 6조 정식에 두둑 폭은 90~100 cm, 조간 14 cm, 주간 12~15 cm였으며, 수입 M사의 승용형의 경우 8조 정식에(왕복) 두둑폭은 100~120 cm, 조간 14 cm, 주간 12~20 cm로 조사되었다.

표 28. 조사기종 제원




	4조식 보행형	4조식 승용형	6조식 보행형
크기 (L×W×H)(mm)	2,260×1,310~1,640×1,460	3,230×1,980×2,330	2,220×1,390×1,400
중량(kg)	378	728	360
최대출력(kW)	2.6	8.5	2.9
형 상			

표 29. 양파 정식기종별 적용 재배양식 및 정식주수

정식기종	두둑 폭 (cm)	두둑높이 (cm)	조간 (cm)	주간 (cm)	정식주수* (주/10a)
4조식 보행형	90~100	20	24	10~13	18,000~32,000
4조식 승용형 (8조 정식)	100~120	20	14	12~20	23,000~45,000
6조식 보행형	90~100	20	14	12~15	26,000~36,000

* 기종별 정식주수는 고랑폭 50cm 가정 산출 주수임.

다) 양파 재배양식 조사를 통한 양파 정식기 시작기 설계기준 도출

논 양파의 경우 굴취기를 이용한 수확량 증가로 트랙터 차륜폭을 고려한 두둑폭 등의 재배양식의 보급과 최근 경남 지역에서 확대되고 있는 양파 정식기 이용 증가에 따라 기계화에 적합한 것으로 분석되었으며, 밭 양파는 정식 및 수확 작업을 인력에 의존하고 있는 실정으로 재배양식 등이 기계화에 상대적으로 불리한 것으로 분석되었다.

향후 기계화가 진전된 논양파의 재식주수, 재배양식 등을 고려한 승용 양파 정식기의 재식주수 및 조간, 주간 등 설계기준 설정이 수확 등 타작업의 기계화를 고려 시 적합할 것으로 판단 되었다.

라) 정식기 선행연구 조사 및 고속 식부장치부 설계요인 도출

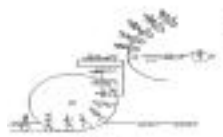



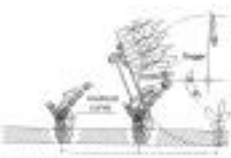
(1) 자동 정식기 묘취출 방식에 대한 선행연구 분석

자동 정식기 묘취출 방식에 대한 문헌연구를 통하여 국내 실정에 적합한 승용 양파 정식기의 묘취출 메커니즘에 대하여 분석하였다. 선행연구의 정식기 자동 묘취출 및 이송, 식부방식에 관한 장·단점 조사 결과는 표 4와 같으며, 묘발방식은 양파 정식묘의 특성을 고려 시 ‘밀어내기’ 방식이 상토깨짐 발생을 낮추는데 적합할 것으로 판단되었다.

(2) 정식기 식부형식별 궤적분석 관련 선행연구 분석

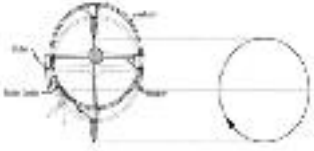
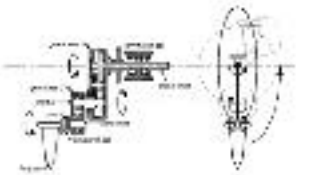

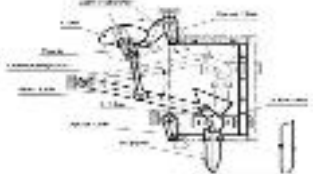
정식기의 식부형식에 따른 주간거리 요인 궤적분석(밀림거리) 결과는 표 5와 같으며, 국내 밀식재배 실정을 고려하여 로터리 방식과 4절 링크-캠 방식이 밀림거리의 오차가 가장 낮을 것으로 판단하였다.

표 30. 자동 정식기 묘취출 방식에 따른 장·단점

묘발방식	이송방식	식부방식	장·단점	형상
밀어내기	평벨트	식부디스크	비닐멀칭 후의 이식작업 불가, 정식간격이 불안정, 결주 많음	
밀어내기	버킷벨트	식부호퍼	묘정렬 불량으로 결주 발생	
꽃아내기	송곳이송	식부호퍼	결주율이 적음 뿌리부 파손 및 손상이 많음 좌우 이송 메커니즘이 복잡함	
밀어내기	버킷슬라이드	식부호퍼	뿌리 파손 및 손상이 적음	
페이퍼폴드	집어내기	식부	비닐 멀칭 후 정식작업 불가 트레이 제작 가격이 고가	

* 출처 : 양파 생산 생력화를 위한 고성능 정식시스템 개발(2015, 경상남도농업기술원 양파연구소)

표 31. 정식기 식부형식별 주간거리 요인에 따른 밀림거리 분석

형식	주간거리			구 조
	130mm	140mm	150mm	
휠 방식	31.18	22.29	14.14	
로터리 방식	9.34	7.11	4.89	
4절 링크 방식	45.56	43.64	41.83	
4절 링크-캠 방식	9.89	12.85	16.09	

* 출처 : 채소정식기의 식부장치 형태에 따른 식부궤적 분석(2015, 민영봉 등)

□ 경남농업기술원(협동기관)

14) 기계정식 양파와 인력정식 양파의 생산성 평가

가) 수행방법

- 시험재료 : 파워볼 등 10종
- 재배방법 : 멀칭 기계정식, 무멀칭(월동기 부직포 피복), 무멀칭, 멀칭 인력정식
- 조사항목 : 결주, 생육, 수량, 생리장해 등
- 재배개요
 - 파종일 : 2018년 9월 13일
 - 정식일 : 2018년 11월 5일
 - 부직포 피복일/제거일 : 2018년 12월 1일/2019년 2월 28일
 - 수확일 : 2019년 6월 10일~17일(도복 100%)

나) 시험성적

(1) 품종 별 발아율, 출현율 및 정식 전후의 결주율

- 품종별 발아율은 무펠렛팅에서는 모두 90% 이상이 발아하였으나, 펠렛팅에서는 '투망'과 '천주중고황' 품종이 50% 이하의 발아율을 보였음
- 발아율이 낮은 '투망'과 '천주중고황' 품종은 출현율에서도 각각 57.1%, 59.4%로 낮았고, 정식전 결주율은 '투망'과 '천주중고황' 품종이 46.5%와 41.6%로 높았음

표 32. 발아율 및 결주율

품종	발아율(%)		출현율(%)	정식 전 결주율(%)
	무펠렛팅	펠렛팅		
행운볼	98.7	91.3	92.3	11.7
파워볼	98.0	95.3	93.0	7.2
대황	-	-	94.4	10.9
아너스	97.3	100.0	88.6	12.7
팝	96.0	72.0	80.7	18.2
투망	98.0	47.3	57.1	46.5
빅뱅	96.7	97.3	92.5	7.2
헬씨큐	97.3	94.0	92.1	9.4
천주중고황	93.3	50.0	59.4	41.6
브릿저	90.7	92.7	87.1	13.9

(2) 엽 생육 증기의 생육 특성

- 엽수, 초장, 구경, 생체중 모두 무멀칭보다는 멀칭 정식에서 생육상황이 양호하였음
- 엽 생육증기에는 ‘아너스’ 와 ‘대황’ 품종의 초장이 양호하였고, 생체중은 ‘파워볼’ 품종이 주당 49.1g으로 가장 양호하였으며, ‘빅뱅’ 품종은 26.4g으로 가장 불량하였음

표 33. 생육 특성

구 분	엽수 (매/주)	초장 (cm)	구경 (mm)	구경/ 엽초경	생체중(g/주)			
					구	엽	전체	
재배 방법	멀칭 기계정식	8.0	58.6	25.5	1.63	16.2	48.2	64.4
	무멀칭 기계정식 (부직포 피복)	5.9	43.2	18.4	1.53	9.1	22.5	31.6
	무멀칭 기계정식	5.0	30.0	13.3	1.53	3.8	8.2	11.9
	멀칭 인력정식	7.5	52.8	21.9	1.48	10.5	37.7	48.2
품종	행운볼	6.8	47.8	22.0	1.76	12.3	29.4	41.7
	파워볼	6.8	48.9	21.7	1.54	12.0	37.0	49.1
	대황	6.9	49.4	19.9	1.54	11.2	30.9	42.1
	아너스	6.7	50.3	18.9	1.41	9.3	33.8	43.1
	팝	6.6	42.7	17.6	1.47	8.0	27.0	35.0
	투망	6.6	45.7	18.8	1.46	9.4	29.3	38.7
	빅뱅	6.2	40.2	16.5	1.50	7.1	19.3	26.4
	헬씨큐	6.6	45.3	22.1	1.57	11.5	31.0	42.5
	천주중고황	6.5	44.6	22.0	1.71	9.8	25.7	35.5
	브릿저	6.4	46.7	18.4	1.46	8.6	27.9	36.5

* 조사일 : 2019년 4월 12일

(3) 구 비대 증기의 생육 특성

- 멀칭 기계정식과 멀칭 인력정식 재배방법에서 구 비대 증기의 생육특성이 양호하였음
- 구 비대 증기에 ‘헬씨큐’, ‘천주중고황’, ‘브릿저’ 품종의 엽수는 주당 9매 이상이었고, ‘행운볼’과 ‘파워볼’은 8매 미만이었음
- 주당 생체중은 ‘브릿저’ 품종이 314g으로 가장 높았고, ‘빅뱅’ 품종은 204.3g으로 가장 낮았음

표 34. 구 비대 증기의 생육 특성

구 분	엽수 (매/주)	초장 (cm)	구경 (mm)	구경/ 엽초경	생체중(g/주)			
					구	엽	전체	
재배 방법	멀칭 기계정식	9.2	95.0	70.4	3.47	187.2	164.4	351.6
	무멀칭 기계정식 (부직포 피복)	8.3	84.0	63.4	3.60	133.8	116.9	250.7
	무멀칭 기계정식	7.8	73.5	53.3	3.53	80.5	71.2	151.7
	멀칭 인력정식	8.8	87.2	64.7	3.41	142.3	147.2	289.4
품종	행운볼	7.5	78.5	68.4	4.60	171.1	84.0	255.0
	파워볼	7.9	83.4	64.3	3.80	140.6	107.1	247.7
	대황	8.1	84.0	65.4	3.86	149.7	106.2	255.9
	아너스	8.1	86.1	62.9	3.51	137.4	116.2	253.6
	팝	8.5	87.8	64.7	3.46	145.6	136.2	281.8
	투망	8.4	84.9	64.0	3.46	142.1	122.4	264.5
	빅뱅	8.4	84.5	58.0	3.49	109.5	94.8	204.3
	헬씨큐	9.8	84.2	63.6	3.05	124.6	145.4	270.0
	천주중고황	9.6	88.2	60.9	2.87	121.7	140.0	261.6
	브릿저	9.0	87.5	57.3	2.91	117.3	196.8	314.0

* 조사일 : 2019년 5월 16일

15) 양파 기계정식 육묘 현황조사

가) 수행방법

- 조사방법 : 기계정식 농가 현장 조사
- 조사수 : 기계정식 농가 20호
- 조사항목 : 파종일, 품종, 최아처리 방법, 육묘일수, 잎 절단 회수, 관수관리, 양분 관리, 결주율 등

나) 시험성적

(1) 파종시기

파종 시기	8월 하순	9월 상순	9월 하	비고
분포(%)	15	45	35	

(2) 종자형태

종자 형태	펠렛팅	나지	비고
분포(%)	55	45	- 펠렛팅 종자 : 정식기 전용 파종기 - 나지종자 : 드럼식 파종기

(3) 파종 후 최아 기간

최아 기간	당일	1일	2일	3일	비고
분포(%)	35	5	45	15	

(4) 육묘 장소

파종 장소	노지	비가림시설	비고
분포(%)	30	60	

(5) 묘상 두둑 깔개 종류

깔개 종류	뿌리억제망	방수매트	방수매트+뿌리억제망	비닐+트레이	비고
분포(%)	45	15	5	35	

(6) 육묘 트레이 피복종류

피복 종류	무피복	차광막	부직포	부직포+차광막	부직포+은박필름	비고
분포(%)	55	20	5	10	5	

(7) 육묘 트레이 결주율

결주율(%)	5%미만	5%~10%미만	10%~15%미만	15%~20%미만	20% 이상	비고
분포(%)	10	45	15	15	15	

(8) 정식작업 중 결주율

결주율(%)	10%~15%미만	15%~20%미만	20%~25%미만	25% 이상	비고
분포(%)	27	18	36	18	

16) 기계정식 양파 결주요인 분석

가) 수행방법

- 조사방법 : 기계정식 농가 현장 조사
- 주요항목 : 종자활력, 육묘관리, 정식작업, 병해 등

나) 시험성적

- 양파 기계정식의 문제점, 원인과 개선방향을 종자활력과 육묘작업, 정식작업, 시들음 병 4가지 단계로 구분하여 <표 35>와 같이 정리할 수 있음

표 35. 양파 기계정식의 문제점과 개선방향

구 분	문제점	원인	개선방향	비고
종자활력	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기계정식 전용 파종기는 종자의 펠렛팅이 필요하며, 품종에 따라서 펠렛팅 후 발아율이 저하되는 경우가 있음 ○ 최근에 나지종자의 파종기가 개발되어 있으며, 한 개의 종자가 파종되기 위해서는 물에 침지한 후 건조해야 하는데이 과정에서 종자의 발아율이 저하되거나 두개 이상의 종자가 파종되는 비율이 높음(약 10%) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 종자활력이 낮은 종자가 펠렛팅 과정 (종자의 수분흡수, 성형·건조)에서 발아율 저하 ○ 물 침지 시간과 건조 시간에 따른 종자의 반응 차이 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 펠렛팅 후 발아율 시험 후 파종 ○ 기계정식 전용 펠렛팅 종자의 보급 ○ 나지종자의 최적 물 침지 시간과 건조시간 설정이 필요함 ○ 종자산업법의 개정 : 제43조(유통종자의 품질표시)에는 종자의 생산 연도 또는 포장 연월로 되어 있으며, 대부분의 판매되는 양파종자는 포장 연월로 되어 있어서 생산 연도를 알 수 없음 	
육묘관리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 노지 육묘의 태풍, 폭우로 인한 육묘트레이 침수 또는 유실 ○ 비가림 재배에서 세균병 발생 ○ 습해, 양분 부족 또는 과잉 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 배수불량, 방수매트 설치 등 ○ 앞 절단기를 통한 감염, 또는 앞 절단 후 관수 ○ 방수매트 또는 벤치 육묘로 양분 부족 ○ 잦은 추비 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 비가림 재배법 ○ 앞 절단기의 소독 및 위생관리 ○ 토양과 이격된 육묘에서 양분관리 기술 확립 	
정식작업	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정식 작업 중의 결주 발생 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 묘 이송 컨베이어에 상토의 쌓임 ○ 상토의 부스러짐 ○ 육묘 기간 ○ 정식작업 속도 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콤프레셔를 이용하여 작업중 수시로 청소 ○ 상토 응결제 첨가, 또는 점성과 가비중 증가를 통한 상토의 경화 ○ 뿌리와 상토의 엉김 촉진 ○ 결주 최소화와 경제성을 고려하여 속도조절 	

구 분	문제점	원인	개선방향	비고
시들음병 (건부병)	○ 고온성 병원균인 시들음병 발생으로 상품성 저하	○ 육묘 트레이의 재사용 ○ 육묘 토양의 태양열 소독 미실시 ○ 묘 뿌리의 일부가 토양 속으로 뺏어나가면서 감염 ○ 묘의 뿌리와 상토의 엉김과 상토의 높은 유기물 함량으로 병원균 증식에 양호	○육묘 트레이의 소독 ○묘상 태양열 소독 ○토양과 차단 육묘 :방수매트, 벤치, 비닐+트레이 등 ○ 상토 조성 개량	

나. 2차년도

□ (주)티와이엠(주관기관)

1) 승용 양파정식기 정식부 1차 시작품 제작 및 조립

가) 1차 시작품 제작

승용 양파 정식기의 시작품을 제작하기 위하여 3D 모델링을 2D 도면화하여 업체를 선정 및 부품 제작을 발주하였다. 3D 캐드(Modeling)을 이용하여 시작품 조립 시 문제가 발생할 수 있는 부분과 제작 과정에서 중요한 사항에 대하여 업체와 협의하였고, 정밀하게 가공해야 하는 제작품들은 가공 지그 및 용접 지그를 제작하였다. 향후 시작품을 조립하면서 발생하는 문제점을 기록 및 정리할 예정이며, 주기적으로 업체를 방문하여 발생하는 문제점을 개선할 예정이다.



그림 104. 승용 양파정식기 시작품 제작 부품

설계된 내용을 바탕으로 1차 Proto기를 조립·제작 하였다.



그림 105. 승용 양파정식기 시작품 조립 및 제작

나) 1차 시작품 조립 및 검사

● 주요 작동부 확인

정식부는 크게 묘 공급부, 이송부, 취출부, 정식부 4개로 이루어져 있으며, 전방의 본기 PTO에서 나오는 동력을 이용하여 주행 미션 후방에 배치되어 있는 식부 미션을 통해 각 부분이 작동한다. 정식기의 조간 거리는 20cm이며, 주간거리는 식부 미션의 변속장치를 통해 변속이 가능하다. 육묘상자는 448공이 사용되며 묘 취출은 모판 뒷부분에서 밀어내어 7개 동시 취출(2열)된다. 취출된 모는 벨트로 수평이송하게 되고 이송된 모는 호퍼에 의해 정식된다. 호퍼는 각조마다 삽입시기가 다른 삽묘 방식으로 1트레이의 2조씩 하여 6조로 구성되어 있다.

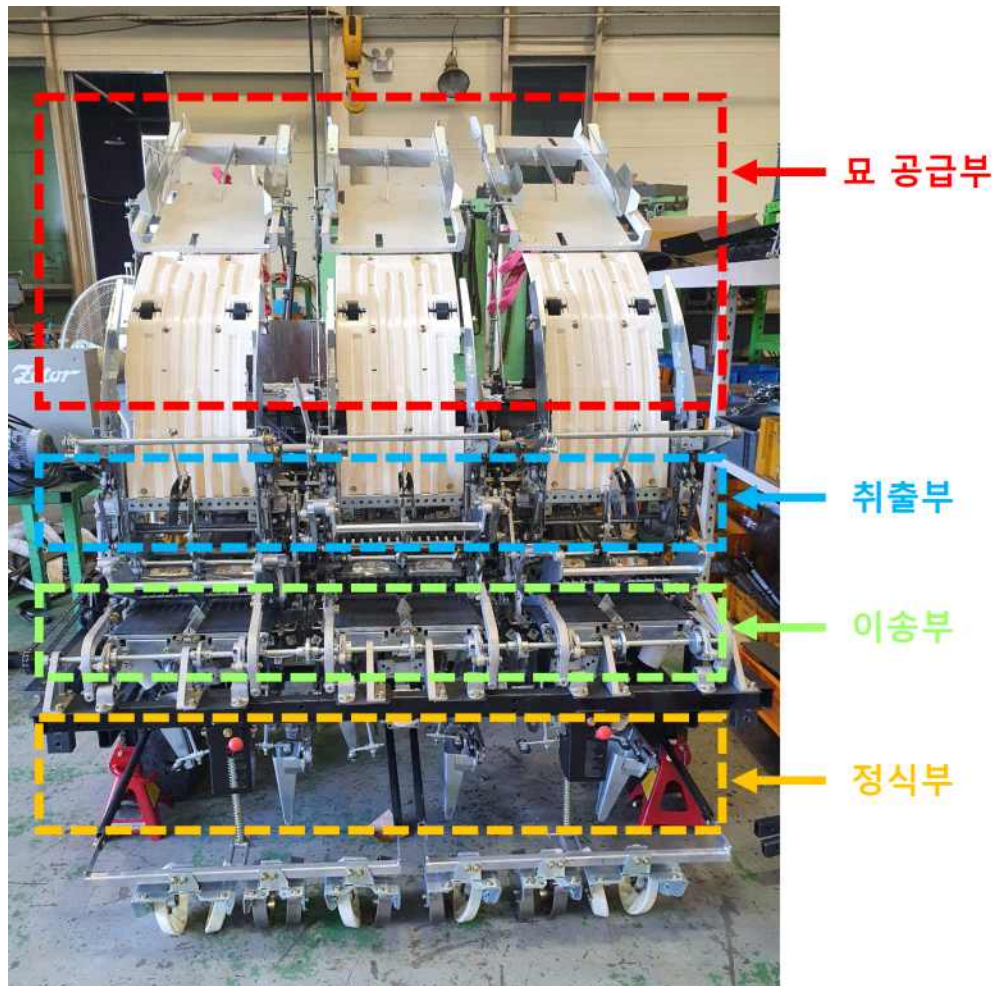


그림 106. 정식부 조립

- 묘 공급부

묘 공급부는 1개의 묘공급부에 2개조씩 정식호퍼가 배치되며 조간은 20cm가 되도록 구성하여 두둑의 폭이 120cm이하에서 정식이 가능하게 배치하였으며 이에 맞게 각종 링크 및 동력 전달부를 최소화 하여 3개의 모종 공급부의 간격은 460cm로 제작되었다. 묘 공급부의 크기는 육묘상자 448공을 사용 할 수 있도록 설계하였으며, 작업자의 편의성을 고려하여 후 경사 공급 방식으로 육묘 취출 후 다시 전방으로 회수되는 구조로 개발되었다.

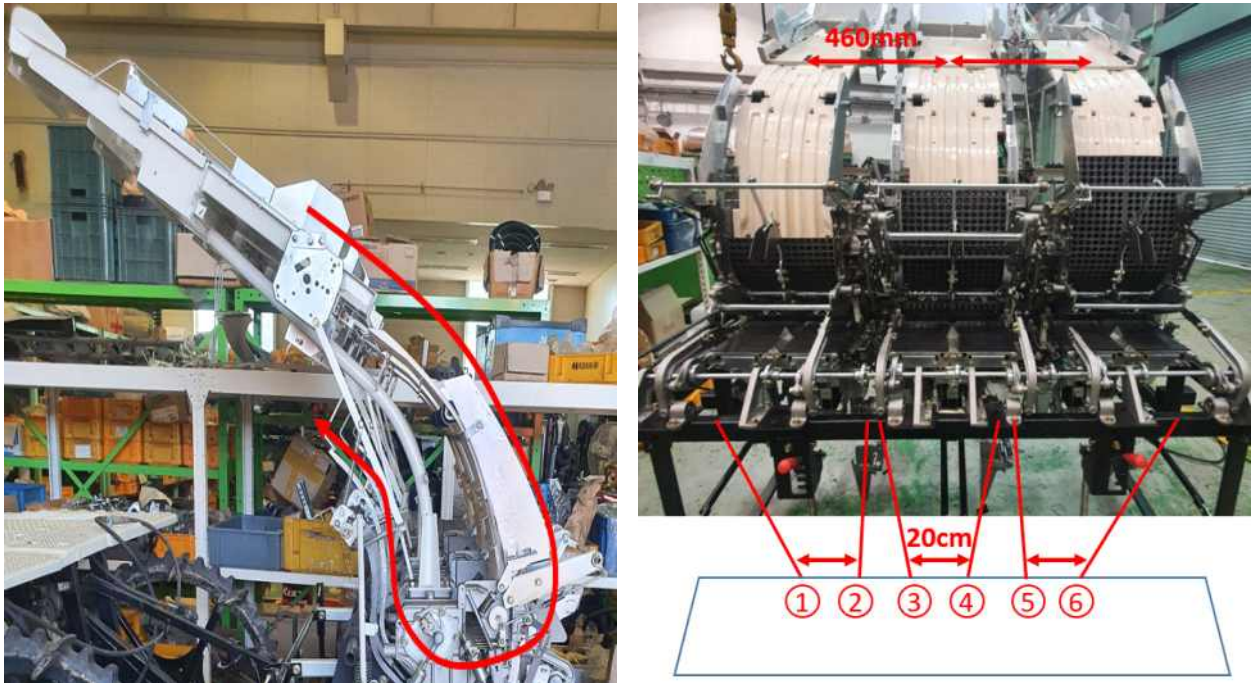


그림 107 묘 공급부

448공 : 14x32(폭 315, 가로피치 20), 1회 7줄 취출(2열)

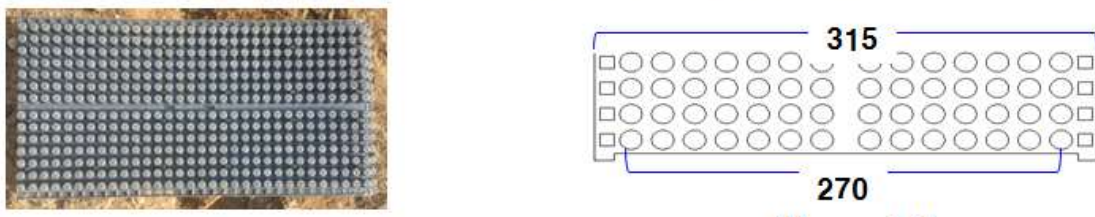


그림 108. 육묘 상자 사양

- 취출 및 이송부

취출부는 모종 취출시 육묘의 뿌리 손상 및 줄기 손상을 최소화 할 수 있는 후방 밀어 내기 방식을 적용하였으며 1회 7줄 동시 취출되고, 취출된 모종은 동시에 이송되어 이송부로 옮겨지게 된다. 이송부는 취출 된 모종을 벨트에서 수평으로 이동하여 정식부의 모종 투입구로 이동시킨다. 조간 거리 20cm를 구현하기 위해 모종 투입부의 각도가 기울어져 있다. 모종이 올바른 자세로 투입되기 위해서 모종 투입부 전에 롤러 회전에 의해 모종을 강제 투입하는 방식으로 구성되어 있다.

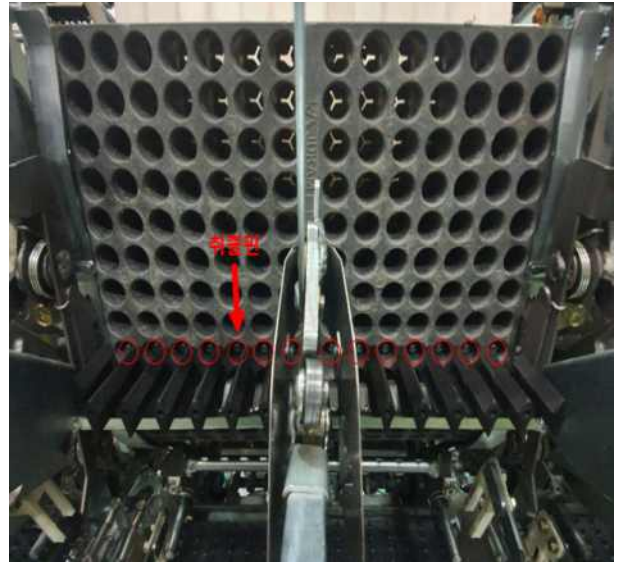
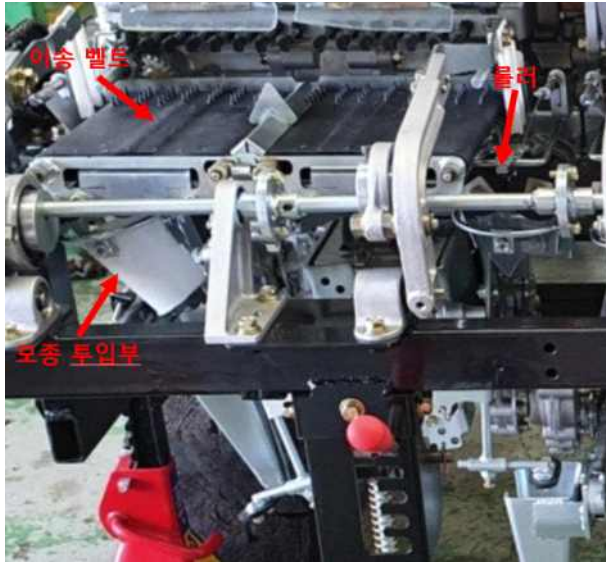


그림 109 모 이송 및 취출 방식

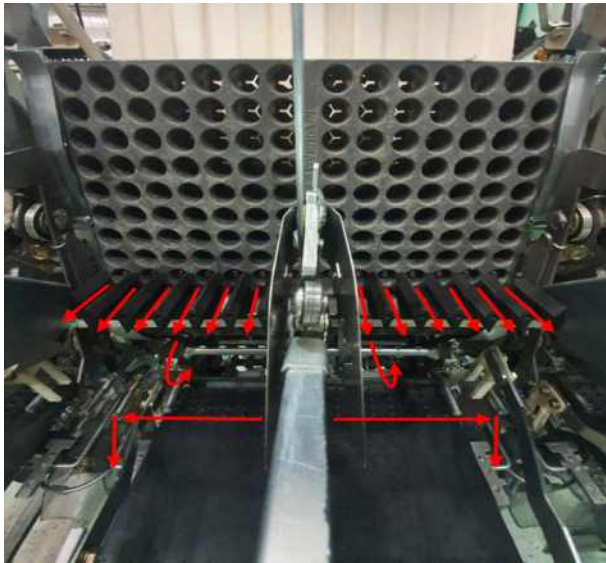


그림 110 모 취출 및 이송 경로

정식기의 가장 복잡하고 어려운 부분은 모종 취출과 이송 부분이며 정식부 미션에서 동력이 전달되어 회전캠 → 압축 스프링 실린더 → 크랭크암 → 모종 취출핀으로 동력이 전달되며 이는 회전운동이 왕복운동으로 변경되고 기어를 통해 다시 4절 링크를 작동시키는 방식으로 구성되어 있다.

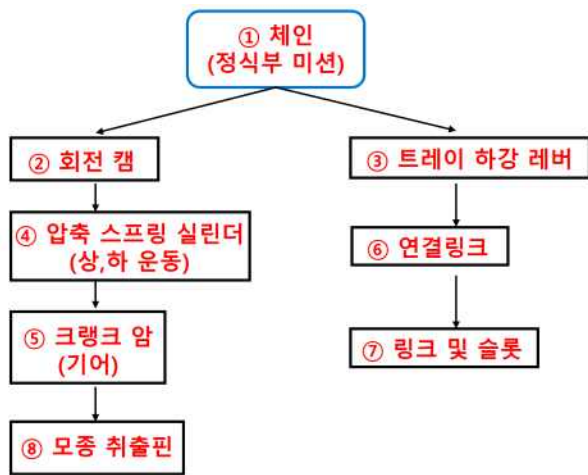
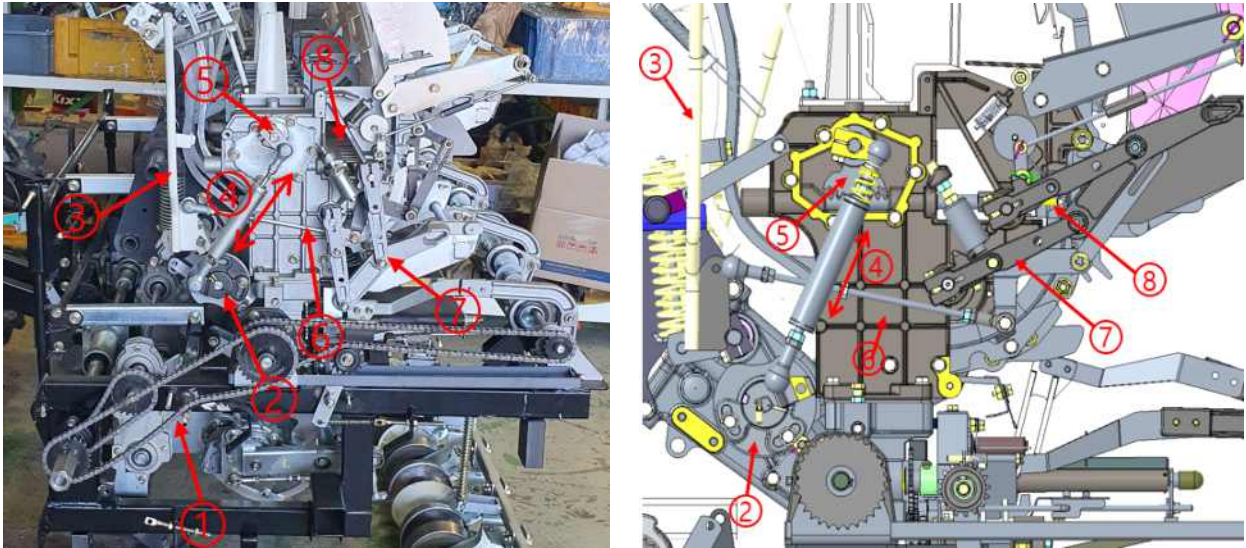


그림 111. 동력 전달 구조

- 정식부

정식 호퍼의 작동 방식은 기계로 전달되는 부하를 최소화하기 위하여 각조의 삽묘 및 좌, 우 삽묘시기를 상이하게 하여 2단 로터리식으로 구성하였다. 정식 작업시 모종의 결주 및 자세 불량의 원인이 되는 호퍼에 붙어 있는 흙을 제거하기 위하여 스크래퍼를 설치하였으며, 이물질의 유입을 최소화하고 항상 동일한 효과를 내기 위해 스크래퍼는 고정하고 정식 호퍼가 스크래퍼 사이로 궤적을 형성하여 작동하는 시스템으로 설계하였다. 정식 후 흙 속에 심어진 모종의 복토 및 바른 정식 자세를 위해 복토 롤러를 설치하였다.

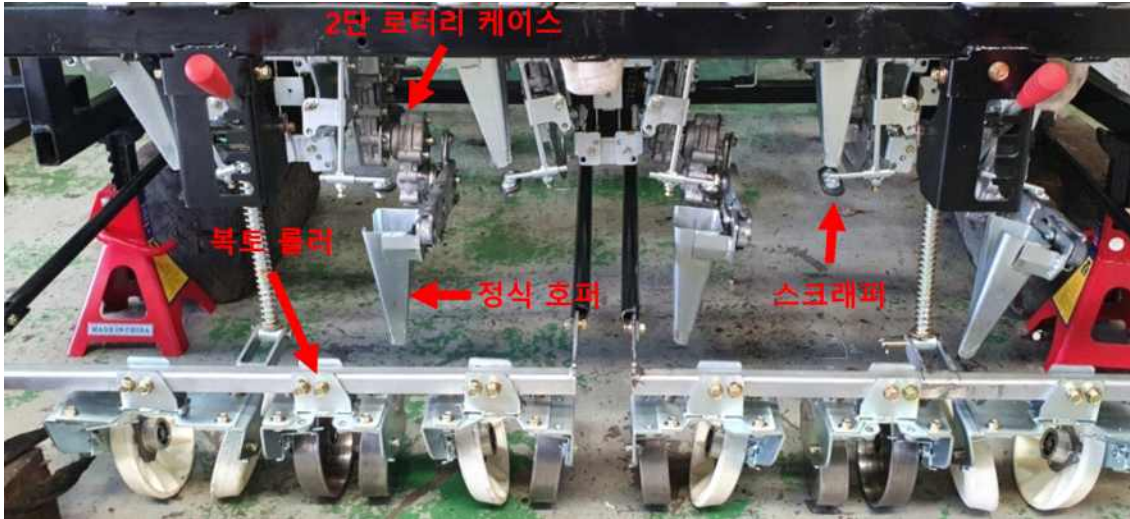


그림 112. 정식부

- 정식부 속도비

본 연구에서 사용하고 있는 주행부는 (주)국제종합기계에서 생산하고 있는 이양기를 개조하였다. 국내 재배 방법에 적합한 주간거리 10~15cm(양파 생육에 유리)를 설정하기 위하여 이양기 PTO로부터 양파 정식기 정식부에 맞게 속도비를 설정하였고 이에 따른 주간거리는 7.7~17.4cm까지 구현이 가능하게 하였다.

엔진	전륜										후륜									
	HST입력	미션입력	변속속	프런트액셀	링핀속	프런트필속	차속 (m/s)	감속비	FR2리어카운터	리어감속	리어출력	리어입력	리어카운터	리어필속	차속 (m/s)	감속비	리드롤			
3400	부변속	103.5	0.4629	변속속	9	13	14	0.05	25	29	14	18	12	9	0.05	감속비	리드롤			
		99	60.02		57	20	38	650	31	33	19	16	46	48	950					
		12	3590.8	1660.8	569.4	89.9	58.4	21.5	0.696	77.1	459.2	403.5	297.3	297.3	77.6	14.5	0.687	114.2	1.29	
1단 후진	35	3590.8	996.5	341.6	53.9	35.1	12.9	0.418	77.1	275.5	242.1	178.4	178.4	46.5	8.7	0.412	114.2	1.29		
5		4.59	3.79	10.83	67.21	50.67	134.78			5.82	6.49	8.83	8.48	15.89	82.08					
2단 전진	29	3590.8	1660.8	2675.7	422.5	274.6	181.2	3.443	16.4	2157.9	1996.2	1397.2	1397.2	364.5	66.3	3.399	24.3	1.29		
2단 후진	19	3590.8	996.5	1605.4	253.5	164.8	60.7	2.066	16.4	1294.7	1137.7	838.3	838.3	218.7	41.0	2.040	24.3	1.29		
		1.29	3.79	22.97	14.35	38.17				4.78	5.33	7.89	5.95	13.05	66.19					
		3.79	2.30	14.30	10.78	28.68				17.38	19.38	25.78	25.26	47.45	248.03					
식부	식부감속기어	식부카운터기어	식부출력비기어	식부및선 (주간변속)				식부입력	식부 미션 베벨 (후)	요형크 입력	크랭크 축	주진	주수	주수(중간)						
				12	28	24	24								74.2	148.3	237.3	17.4	71.1	
	14	33	14	42	14	19	14	28	24	24	66.6	20	173.1	276.9	14.9	63.0				
							12	28	24	17	104.7	209.4	336.0	12.3	100.4					
	704.6	234.9	173.1	14	28	24	17	122.2	244.9	390.9	10.5	117.2								
				12	28	33	17	144.0	267.9	460.7	9.0	138.1								
			14	28	33	17	168.0	336.9	537.5	7.7	161.1									

그림 113. 정식부 속도비

본기에서의 주행 속도 및 주간거리가 결정되면 이 속도에 맞춰 정식부의 육묘 투입, 취출, 이송, 정식의 단계가 정확한 속도와 타이밍을 맞춰야만 정상적인 기계 정식이 가능하다. 각 기능별로 작동되는 속도와 기어비를 계산하였으며 트레이에서 모종을 1회 취출(7개)시 횡이송이 7회가 되도록 시스템을 구성하였으며 횡이송에 맞추어 정식부가 같은 속도로 동작이 구현될 수 있도록 설정하였다. 계산된 속도 비는 아래와 같다.

구보단 정식부	익부 입력체인		체인 케이스		로터케이스 IN			로터케이스 OUT		
	구동	피동	구동	피동	구동기어	카운터기어	피동	구동기어	카운터기어	피동
	24	15	24	24	24	20	12	12	12	24
	237.3		237.3		264.8		474.7		474.7	237.3
	276.9		276.9		332.3		553.8		553.8	276.9
	335.0		335.0		402.1		670.1		670.1	335.0
	390.9		390.9		468.1		781.8		781.8	390.9
	460.7		460.7		552.8		921.4		921.4	460.7
	537.5		537.5		645.0		1074.9		1074.9	537.5

ISEKI 모탱크 (종이송)	모탱크 입력체인		종이송 마션		
	구동	피동	구동기어	카운터기어	피동
	12	15	12	20	42
	268.7		161.2	76.78	

1/7 감속(종이송 1회, 링이송 7회)

피치	15.55	
잇수	3	23.9455846
원주율	3.14159265	
직선거리	140	
벨트 원주거리	69.12	3.45
피치경 (P34)	19.1102939	
전속도	20.01	전속도 : 피치 이동거리(조건설정 시 참조)
1피치이송각도	104.2	
7초이송시각도	729.7	2.0

ISEKI 링이송벨트	익부 입력체인		배법기어		롤러 구동(8)	
	구동	피동	구동	피동	구동기어	피동
	12	15	20	20	24	10
	268.7		268.7		645.0	

(FPK4(RPM)) 350-500

이송 벨트 체인(D22)		롤러 구동(상)	
구동기어	카운터기어	구동기어	피동
12	21	20	10
	153.56		537.5

2/1 증속(종이송 1회, 링이송 7회, 벨트축 2회전)

그림 114. 정식부 속도비

2) 1차 시작품 구동 시험

1차 시작품 기대 조립 후 필드 성능 시험 전 기대의 안정성을 확인하기 위해 기대 무게 밸런스를 측정하였으며, 작동 시 묘 공급, 취출, 이송, 정식부의 작동 타이밍과 각 부분의 부하 없이 작동이 되는 것을 확인하기 위하여 작동 시험을 진행하였다. 작동 시험을 진행 후 발생하는 문제점을 해결하고 필드 성능 시험을 진행하였다.

○ 기대 밸런스 측정

발작물 같은 경우에는 경사지 환경이 많기 때문에 양파정식기와 같은 발작물 기계는 무게 밸런스가 맞지 않으면 전도 위험이 있으며, 특히 기대 운반 상하차 시 안전에 위험이 있다. 이에 기대 밸런스를 확인하기 위해 전륜과 후륜의 각 2곳 총 4곳의 무게를 측정하였으며 작업환경을 고려하여 작업자가 탑승했을 때와 미 탑승 했을 때, 그리고 정식부가 상승 및 하강했을 때의 무게를 측정하였고 결과는 아래와 같다.



그림 115. 무게 측정

표 36 중량 측정 장비사양

Item	Specification
Model / Company / Nation	R-3000 / CAS / KOREA
Length / Width / Height [mm]	1000 / 1000 / 90
Maximum load [kg]	3000

좌, 우 밸런스는 5:5 정도로 균형을 이루었으나 정식부 상승 시 1:5, 정식부 하강 시 1:2 정도로 후방에 무게가 집중되었다. 후방에 무게가 집중되어 전복의 위험이 있어 전방에 무게 추를 설치하여 분담 하중을 전방으로 이동시켰다. 그 결과 정식부 하강 시 5:5로 균형을 이루었으나 정식부 상승 시 1:2로 후방에 무게가 집중되었다. 정식부 단독 무게는 388kg 이었으며, 정식부가 하강하여 작업시 문제가 되지 않는지만 정식부를 상승하여 운반 시 전복의 위험이 있어 분담 하중을 전방으로 이동시키는 방안의 검토가 필요함을 확인하였다.

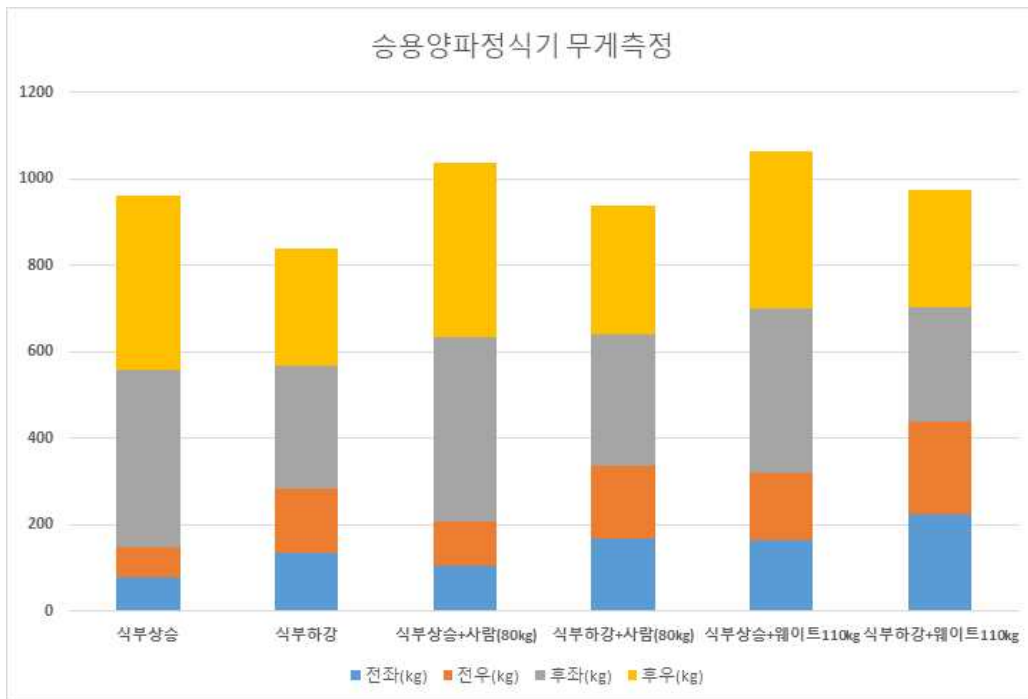


그림 116 무게 측정

○ 작동 시험

정식부 작동 시 각 부분이 정확한 타이밍에 작동되어야 한다. 특히, 양파 육묘 트레이가 공급이 될 때 묘취출 및 정식과 관련되어 중요한 부분은 크게 2가지이다. 하나는 양파 모종이 정확히 취출 될 수 있게 취출핀 위치까지 정확히 이동하는 것과 다른 하나는 취출이 이루어지는 트레이에 다음 트레이가 연결되었을 때 유격이 생기지 않고 다음 트레이도 정확한 취출 위치까지 이동하는 것이다. 이와 같이 타이밍과 각 부위에 부하를 확인하기 위하여 정지된 상태에서 전기모터를 동력원으로 사용하여 벤치테스트를 진행하였다.



그림 117 벤치 테스트

1차 벤치 테스트 결과 베벨기어를 통해 동력이 전달되는데 정식부의 과부하가 걸릴 경우 부품 파손을 방지하기 위한 안전 클러치가 작동하는 문제가 발생하였다. 이에 부하를 줄이기 위하여 동력 전달 방법을 체인에서 기어로 보완설계를 하였고 정상적으로 각 부분이 작동하였다. 이후 실제 모종의 취출 타이밍과 이송 타이밍을 확인하기 위하여 실제 트레이(육묘상자)를 넣어 2차 테스트를 진행하였다. 2차 테스트 결과 트레이로부터 모종을 정확하게 취출핀이 뒤에서 밀어내었으며 수평 벨트로 이송해 모종 투입부까지 정확한 타이밍을 이루었다. 특히 중요한 부분인 1회 취출뒤에 트레이가 2회 취출되기 위해 취출핀 위치까지 정확히 이동하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 모종을 받아 수평벨트로 이송시켜주는 핑거가 정확하게 이송해주는 것을 확인하였으며 정식호퍼가 최고높이에 왔을 때 모종을 공급해 주는데 이송 집게가 정확한 타이밍에 모를 눌러 이송되었다.



그림 118 2차 벤치 테스트

○ 성능 시험

1차 시작품 기대의 필드 성능 시험을 위해 이양기 본기의 정식부를 연결하여 작동을 확인하였다. 하지만 이양기 본기의 식부 미션 내에 기어가 파손되는 문제가 발생하였으며 이는 이양기의 PTO 출력이 정식부 구동에 과부하가 걸려 문제가 발생한 것으로 판단하였다. 후에 PTO 출력에서 정식부 베벨기어 케이스로 동력이 전달되는데 기어비를 바꾸어 개선 설계를 진행하고 3차년도에 필드 성능 시험을 진행할 예정이다.



그림 119 정식부 부착 모습

3) 1차 시작품 문제점 개선 및 보완설계

○ 부하로 인한 안전클러치 작동

정식부의 작동을 확인하기 위한 작동 시험 중 모 공급 장치와 정식부에 과부하가 걸릴 경우 기계 파손을 방지하기 위해 동력이 전달되기 전 단계에서 안전클러치가 작동하는 문제가 발생하였다. 정식부의 동력 전달 과정 중 체인의 장력으로 인한 부하가 영향을 끼치는 것으로 판단하였고 과부하를 줄이기 위하여 동력 전달 방법을 체인보다 동력 전달에 손실이 적은 기어 방식으로 설계를 진행하였다. 설계 진행 시 정식부 속도비는 주 간거리 범위를 벗어나지 않게 기어비를 계산하였으며, 설계된 모델링과 기어 케이스는 아래 그림과 같다.

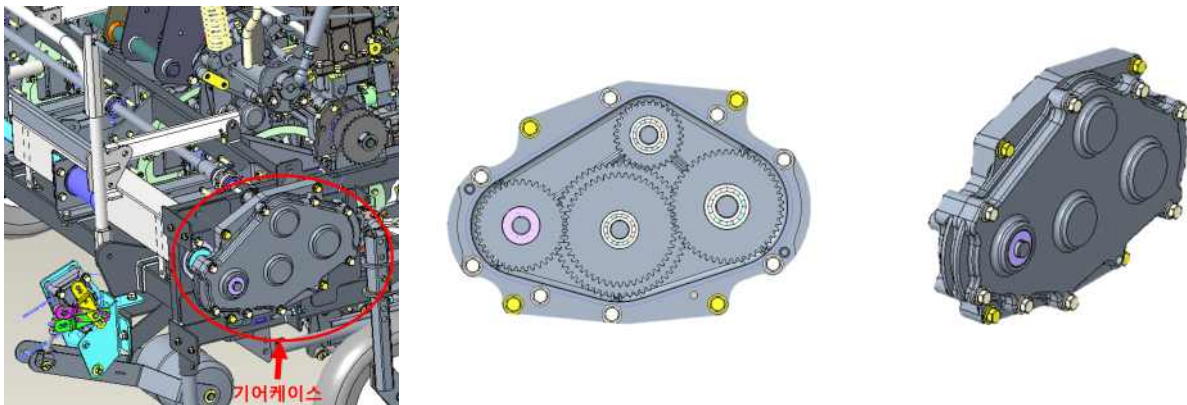


그림 120 기어케이스

○ 롤러 회전속도

모가 컨베이어 벨트로 이송되어 모종 투입부에 투입될 때 빠르게 강제 투입시키기 위하여 롤러가 설치되어 있다. 작동 시험 중 롤러의 회전속도가 느려 1,6조는 모종의 줄기가 끼이며 식부침에 전달을 못하는 문제가 발생하였다. 이에 롤러 회전 속도를 증가시켜 줄기가 바로 떨어지도록 개선 설계를 진행할 예정이다.

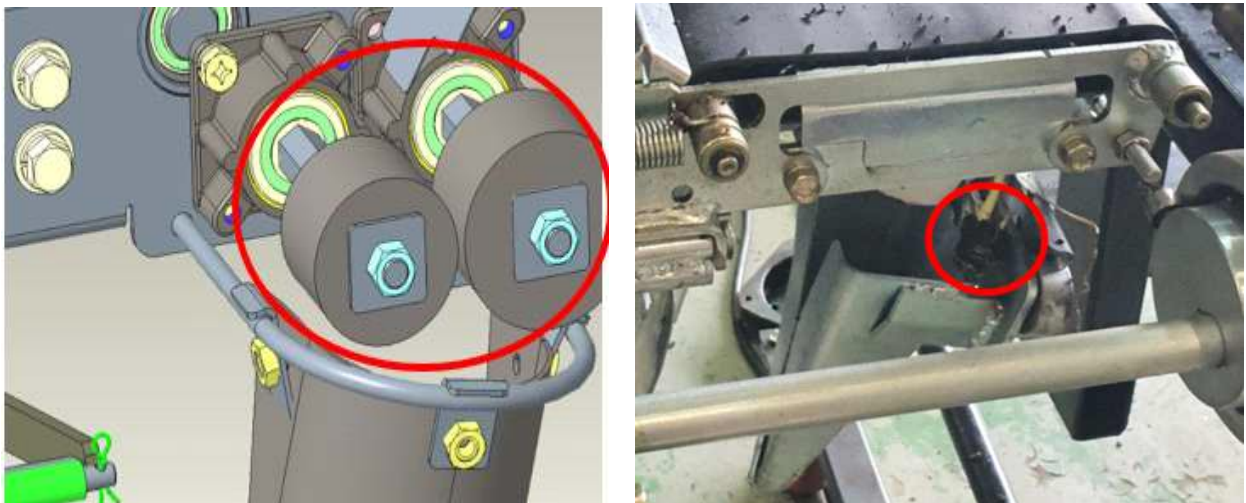


그림 121 롤러에 의한 모종 끼임

○ 이양기 식부미션 기어 파손

성능 시험을 위해 이양기 본기의 정식부를 부착하여 작동 시험 중 이양기 본기의 식부미션 내부에서 기어가 파손되는 문제가 발생하였다. 작동 시험에서 전기모터로 구동이 되었고, 이양기 본기의 연결하여 구동할 때 정식부가 작동되다가 기어가 파손된 것으로 보아 PTO 출력을 받아들이는 정식부의 베벨기어가 부하를 받아 발생한 것으로 판단하였다. 이에 정식부의 정확한 작동 부하를 확인하기 위하여 정식부 입력축에 토크미터를 설치하여 시험을 진행할 예정이며, 측정된 토크 값을 통해 베벨기어 케이스의 허용 토크 값과 강도를 개선 설계하여 시험할 계획이다.

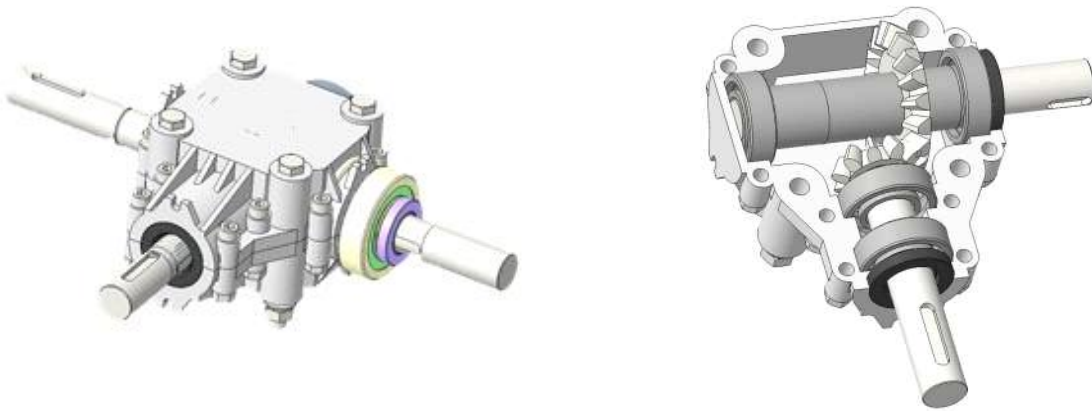


그림 122 베벨기어 케이스

□ 충남대학교(위탁기관)

4) 동력전달 시스템 해석

가) 동력전달시스템 모델링 및 분석

- 자주식 승용형으로 6조 양파 묘목을 동시에 이식
- 22.1 HP 엔진 (Yanmar 3TNM72)에서 이식 메커니즘과 이식기 전진 속도의 동기화
- 두개의 개별 전동라인으로 구동 휠의 전방 및 후방 차축, 이식 메커니즘에 동력 제공

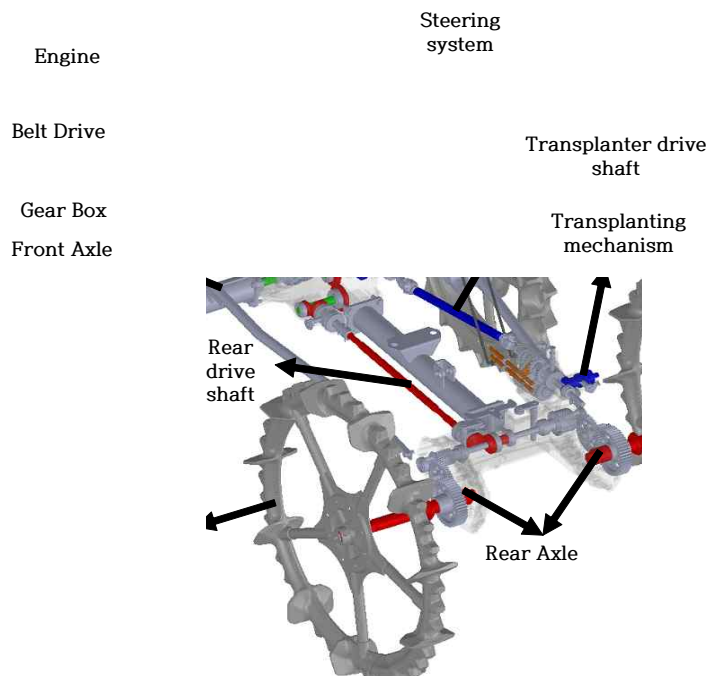


그림 123 동력 전달의 전체 구조.

- 엔진: 연속 출력 및 속도는 16.5 kW 및 3400 rpm

표 37 엔진 사양표

Model	3TNM72
유형	Vertical water cooled 4-cycle diesel engine
최대 출력 [HP(kw)/rpm]	22.8(18.2)/3600
연속 출력 [HP(kw)/rpm]	22.1(17.5)/3400
연료	Diesel
건조 중량 (kg)	77

YANMAR

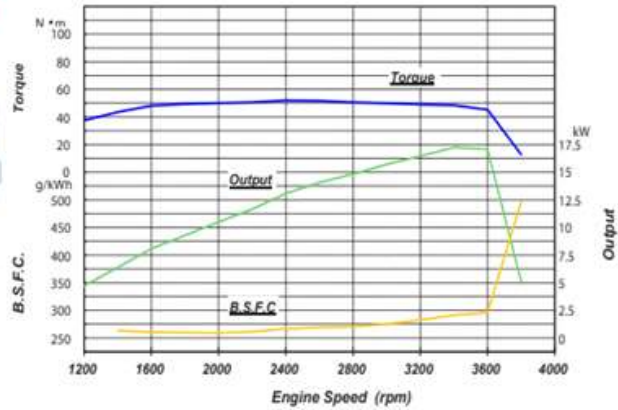


그림 124 엔진 성능 곡선(Model: 3TNM72)

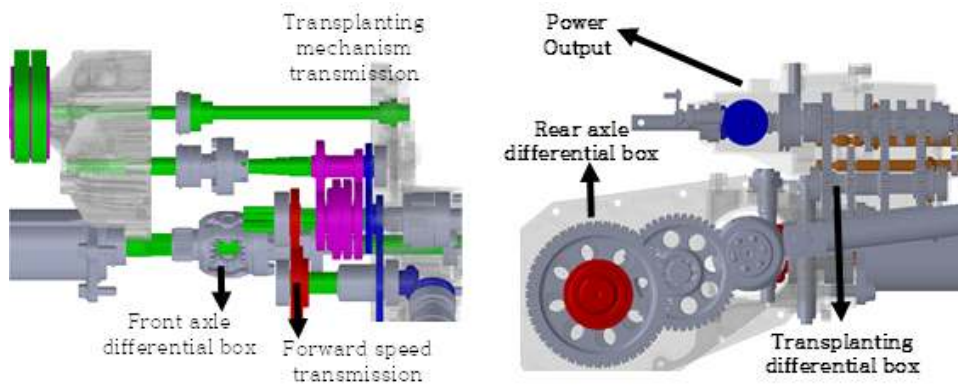


그림 125 기어 박스 드라이브 라인

표 38 동력전달 시스템 설계 변수

Component name	Parameter	Condition	
Engine	Torque and speed	Fixed	
Belt and pulley drive	Diameter of pulley	Fixed	
	Stages	Number of stages	Check different stage efficiency
Gear box	Gears	Teeth number and diameter	Take 20 trails for different gear ratio
	Shaft	Shaft diameter and material	Consider materials and diameter

나) 동력전달 시스템 해석 및 시뮬레이션 절차

- 적절한 멀티에이지 기어 박스 파라미터를 선택
- 다양한 축, 기어 유형 및 크기 등 제원 선택
- 기어 박스 및 개별 구성 요소의 속도와 토크를 계산
- 기어 박스의 전체 효율 계산
- 개별 기어 및 통합 기어 박스 검증

Determination no. of stages

Determination gear ratio

Configuration design

Determination gear type and size

그림 126 멀티에이지 기어박스의 설계절차

Determination drive line

Check the gear mesh

Calculate the torque

Calculate the speed

그림 127 속도 및 토크 계산 흐름도

Determination the criteria of power loss

Selection the technique of measure loss

Calculate the efficiency based on this power loss

Make a model for power loss simulation

그림 128 동력 손실 및 효율 계산 흐름도

다) 동력 전달 개요

- 메인 기어 박스는 4개의 메인 샤프트로 구성. 입력 동력을 이식 메커니즘과 구동 휠로 전달
- 프론트-리어 액슬은 디퍼렌셜 기어 박스를 사용
- PTO 샤프트에 의해 스퍼 및 베벨 기어 트레인의 조합으로 리어 액슬휠에 동력 전달

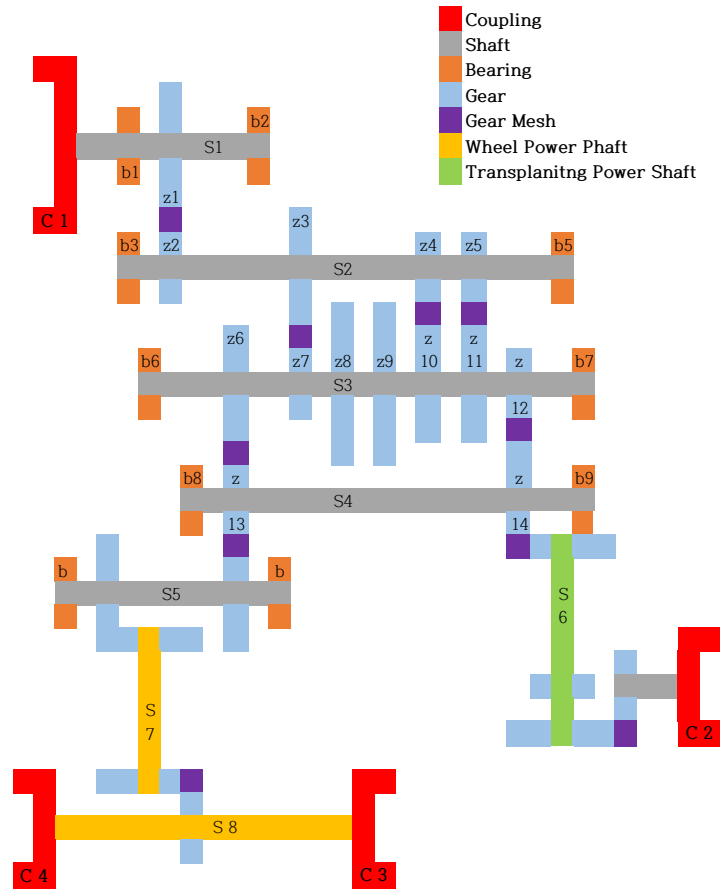


그림 129 동력 전달 라인 개략도

라) 기어 박스의 전체 효율 계산

- 변속기로 인한 기어박스 손실
- 동력 극대화를 위한 또 다른 고려사항은 기어와 베어링의 전력 손실. 샤프트 손실은 기어와 베어링 손실의 합계를 포함
- 기어의 동력 손실은 부하에 따라 다르며 부하에 의존하지 않는 손실로 구분
- 부하에 따른 손실은 메쉬 기어 사이의 마찰로 인해 발생하며, 메쉬 내 마찰 계수와 사용되는 기어 윤활유 유형에 의해 크게 영향을 받음
- Churning losses
- ISO TR 14179-2 방법 및 방정식으로 손실 계산

$$P_a = \frac{7.37 f_g \times v \times n^3 \times D^{4.7} \times L}{A_g \times 10^{26}}$$

- Windage losses,

$$P_{wL} = n^{2.9} (0.16 d_f^{3.9} + d_f^{2.9} b^{0.75} m^{1.15}) 10^{-20} \times \phi \times \lambda$$

- Sliding friction losses,

$$F_s(x) = \mu(x) \times w(x)$$

$$\mu(x) = 0.0127 \log \left[\frac{C_1 \frac{w(x)}{b}}{\mu_0 \times V_s(x) \times V_t(x)^2} \right]$$

- Rolling friction loss,

$$F_R(x) = 10^{-3} \times V_t(x) \times F_R(x)$$

- Total loss,

$$P_0 = \sum_i^n P_{WL} + P_{CL} + F_s(x) + F_R(x)$$

표 39 사용된 변수값

Element diameter	d
Rolling force	F_R
Sliding force	F_S
Contact line length	L_C
Sliding velocity	V_S
Rolling velocity	V_t
Face width	b
Root diameter	R_t
Outside diameter	d_f
Module	m
Gear-box space function	Φ
Oil mixture function	λ

마) 리어 액슬 기어 트레인의 효율과 동력 손실

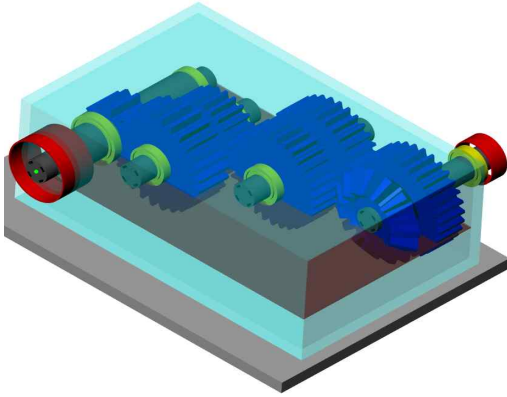


그림 130 KiSSys 3D 시뮬레이션 모델

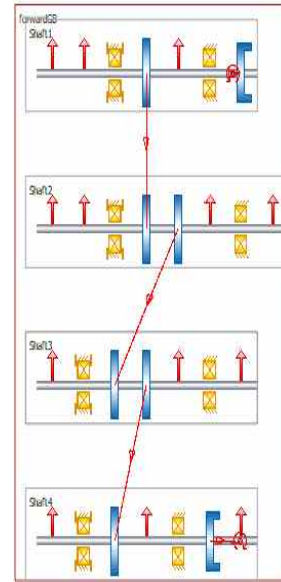


그림 131 KiSSys
키네마틱 모델

표 40 KISSaya의 효율 계산에 사용된 변수값

Properties	specifications
Driven gears young module	258.51 GPa
Driver gears young module	258.51 GPa
Gear-box young module	200 GPa
Thermal conductivity	50 [w/(m*k)]
Total housing area	49980 mm ²
Housing wall thickness	5 mm
Ventilation	N/A

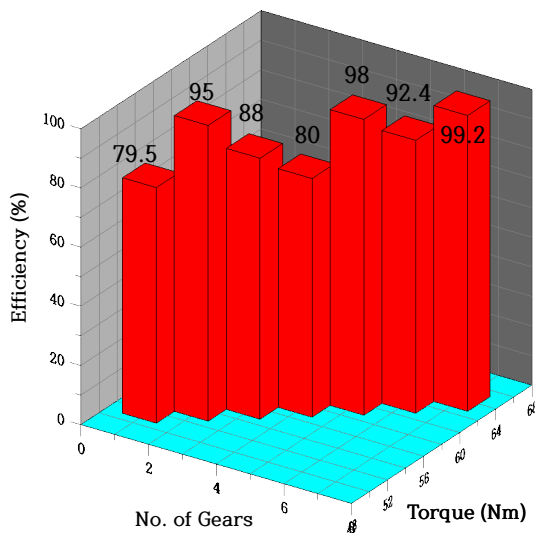


그림 132 이식 메커니즘 전반적인 효율

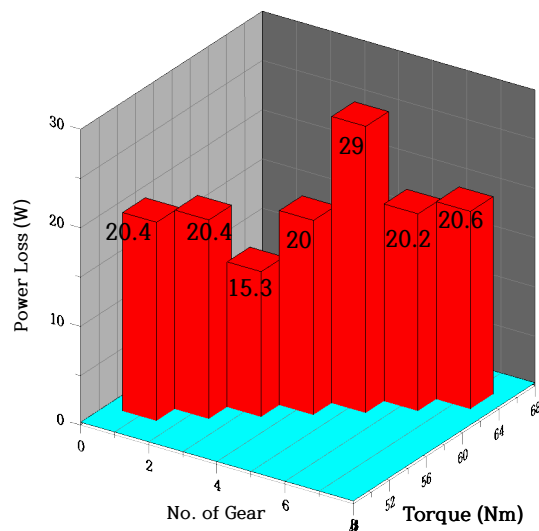


그림 133 리어 유닛 액슬 드라이브의
전반적인 동력 손실

바) 이식 메커니즘 효율 및 동력 손실 계산

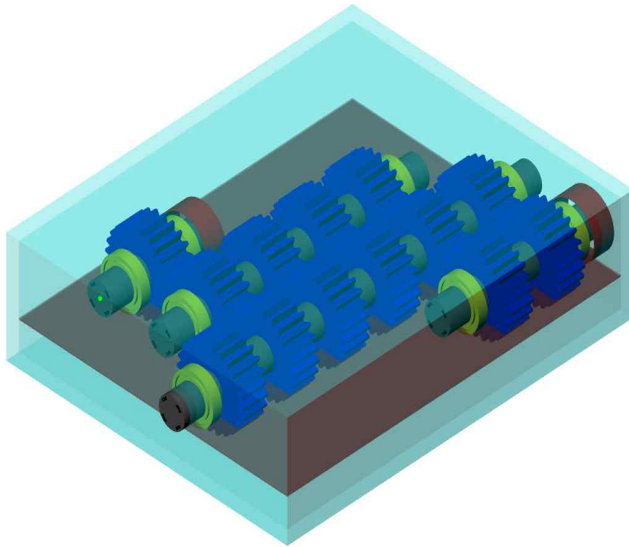


그림 134 KiSSys 3D 시뮬레이션 모델

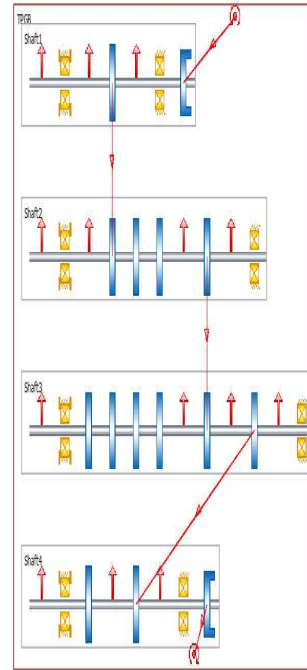


그림 135 Kissys
케니마틱 모델

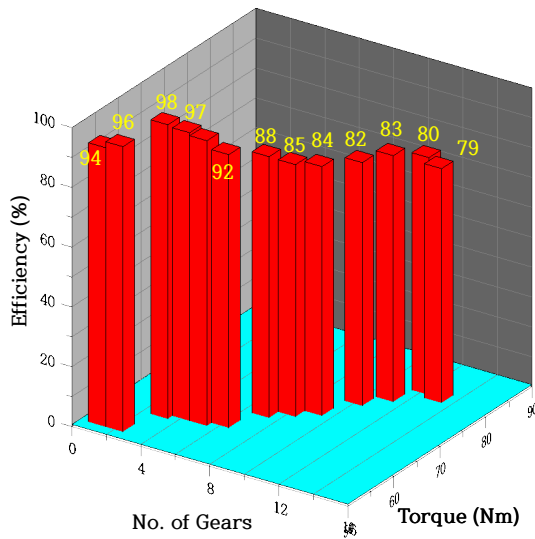


그림 136 이식 메커니즘 전반적인 효율

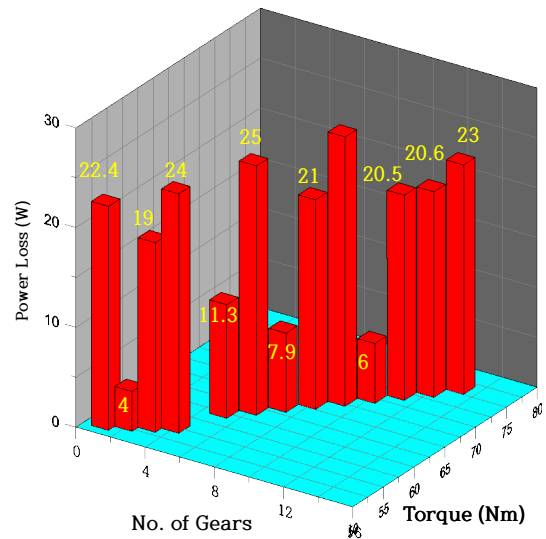


그림 137 동력손실

5) 소요동력 측정 및 응력해석

가) 주요 동력 전달부 소요 동력 측정

- 슬라이딩 메쉬형 기어 박스
- 구동부가 모취출 및 정식부 축을 60 rpm 으로 회전
- 개별 단계의 토크를 아래와 같이 계산

$$\frac{T_{out}}{T_{in}} = \eta_{gear\ eff.} \times G_m$$

$$G_m = \frac{N_{in}}{N_{out}} = \frac{n_{out}}{n_{in}}$$

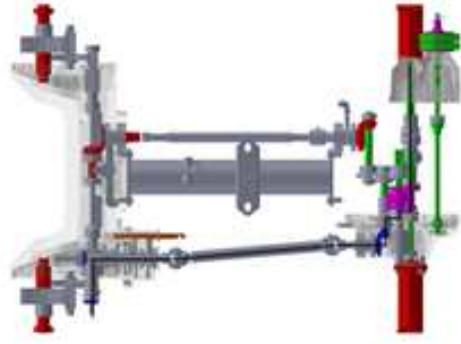
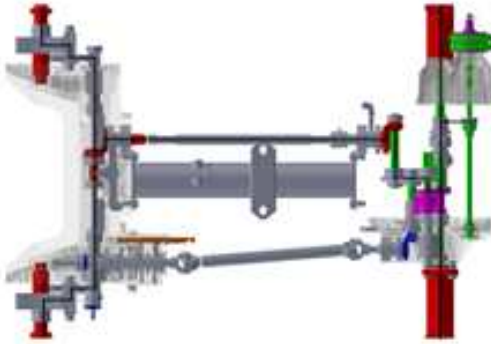


그림 139 전진 동력 장치 구동 라인

그림 140 정식 유닛 드라이브 라인

- 소요 동력은 회전수 및 토크를 측정하여 계산하였으며 토크 센서(TRS605, FUTEK Co., 미국)를 사용하여 측정
- 커플링을 통해 입력동력(모터)과 로터리 정식 메커니즘 사이에 토크 센서가 설치
- 정식 메커니즘의 회전 속도(rpm)에 따라 필요한 최대, 최소, 평균 입력 토크가 측정 됨
- 60 rpm 및 0.13 m/s 전진 속도에서 최대 1.2 Nm, 최소 -0.965 Nm 및 평균 0.0623 Nm 토크

Model name	TRS605
Maximum, rpm	7000
Maximum torque, Nm	7000
Weight, kg	1000
Resolution, bit	2.9
Rated Output (RO)	± 5 VDC
Material	Aluminium (Housing), Steel Alloy (Shaft)
Safe Overload	150% of RO



그림 141 FUTEK torque sensor

Torque Sensor and coupling

DAQ System and Lab view program

Rotary planting mechanism

그림 142 로터리 정식 메커니즘의 토크 측정 실험

표 42 로터리 정식 메커니즘의 최대, 최소 및 평균 토크

Parameter	Operating speed of the planting hopper, rpm						
	30	40	50	60	70	80	90
Maximum Torque	0.7938	0.8881	0.9858	1.1993	1.2518	1.2892	1.3253
Minimum Torque	-0.3006	-0.4179	-0.6326	-0.965	-0.867	-0.8723	-0.9007
Avarage Torque	0.0802	0.1323	0.0155	0.0623	0.0167	0.0888	0.1319

나) 부품에 대한 응력 및 피로수명 예측

- 시스템의 베어링 손실, 힘응력, 사용수명을 측정계산
- 103 사용 수명을 계산

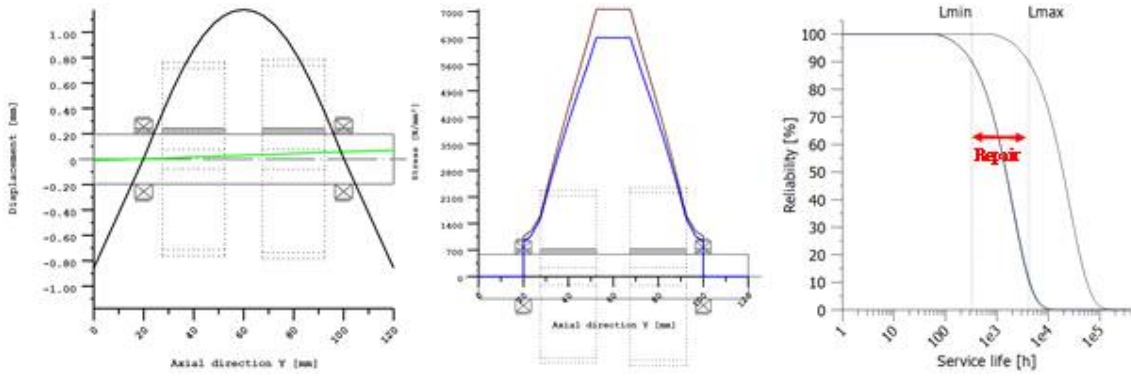


그림 143 후방축 응력 및 피로해석

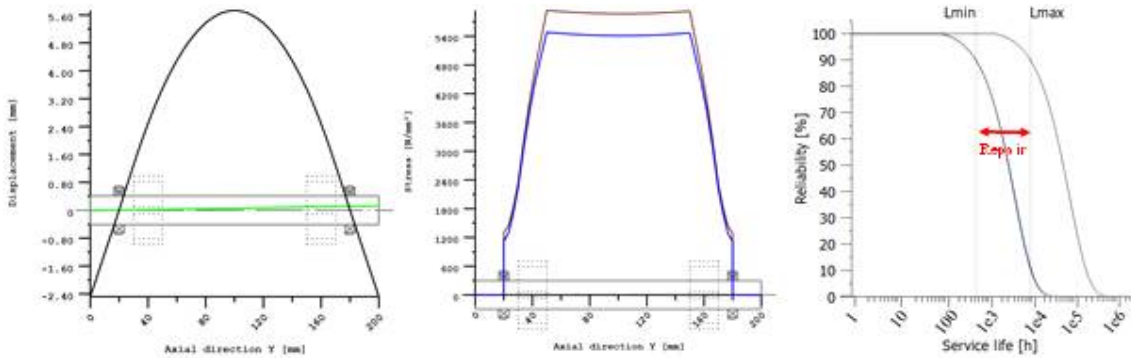


그림 144 정식 메커니즘 응력 및 피로해석

□ 국제종합기계(협동기관)

6) 주요부 1차 시작부품 제작 및 분석

가) 두둑 추종 조향 모듈 구조 분석 및 시작품 제작

(1) 조향 모듈 주요부 분석 및 시작품 제작

(가) 조향 모듈 시스템 구조

- 조향 모듈 시스템은 계기판부, 자동 제어부, 조향 장치부, 조향 모듈부로 구성되어 있음
- 자동 제어부는 양파 두둑을 인식하기 위한 전방 마커 센싱부를 제어할 수 있는 인터페이스로 이루어져 있으며, 작동 여부를 계기판을 통해 확인할 수 있는 구조임
- 조향 모듈부는 두둑 추종 시 자동으로 조향할 수 있게 하기 위해 1축부, 2축부로 나뉘어져 동력을 전달할 수 있는 기어박스의 구조이며, 모터 구동 방식임
- 조향 장치부는 조향모듈부의 스티어링 축을 삽입하여 안정성을 확보하는 구조로, 핸들, 주변속레버, 부변속레버, 조작판넬 등 정식기 제어에 필요한 부품들이 조립되어짐

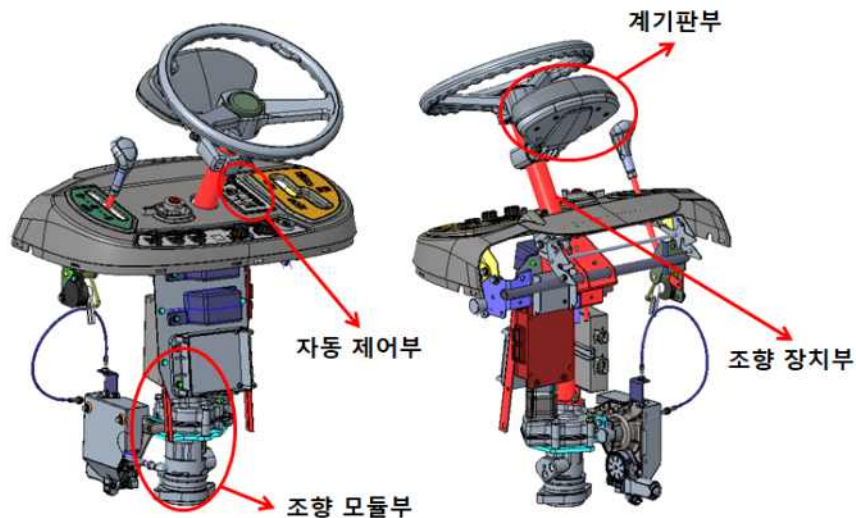


그림 145 조향 장치 및 모듈부

(나) 조향 장치 및 모듈부

- 조향 장치부
 - 조향 장치부는 칼럼 상과 칼럼 하로 구성되어 있으며, 좌측에 부변속레버 및 포지션 스위치 장치, 우측에 주변속레버 및 포텐션미터 장치가 조립되어질 수 있는 구조로 되어 있음
 - 조향 모듈부의 스티어링 축을 삽입하여 조립하는 구조로 되어 있어 조향 시 축을 보호하여 안정성을 확보하는 구조임. 또한 계기판, 조작판넬 등 제어 구동 스위치

가 조립되어질 수 있는 취부자리가 확보되어 있음

- 스티어링 축지지 및 작동성을 위하여 칼럼 상 측에 고무 부시 2EA, 플라스틱 부시 1EA가 조립되는 구조임

칼럼 상	칼럼 하	조향 장치부	1차 시작품
			

그림 146 조향 장치부

- 조향 모듈부

- 조향 모듈부는 다이캐스팅 케이스 상/하, 조향 샤프트, 연결축 조합(제 1축부), 조향축 조합(제 2축부), 연결 판으로 구성되어 있음
- 케이스는 상, 하 조립 방식이며, 다이캐스팅 정밀 주조 방식으로 제작되어짐

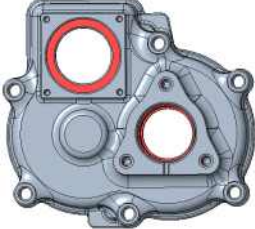
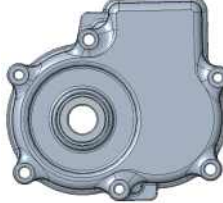
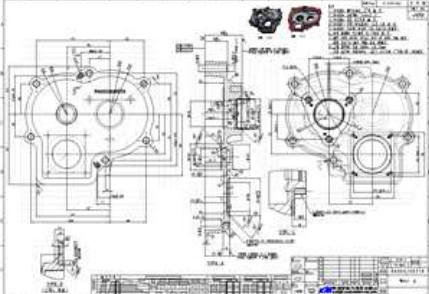
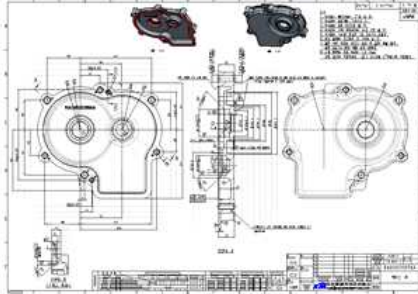


케이스 상	케이스 하
3D MODELING	
	
도면	
	
1차 시작품	
	

그림 147 조향부 케이스류

- 연결판을 토크제너레이터와 조향 모듈 케이스 사이에 조립하여 변속 모듈의 조립성을 향상시켰음

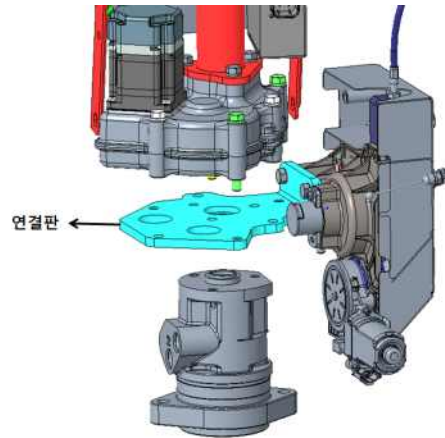










그림 148

- 후방 작업기의 무게와 작업성을 고려하여 조향토크를 증대시키기 시키기 위해 기어박스의 총 감속비를 22:1로 설정하였음
- 기어 재질은 SCM415를 사용하였으며, 연결축 조합(제 1축부)는 구동기어 13T, 작동기어 58T로 기어비가 4.46:1이며, 조향축 조합(제 2축부)는 구동기어 13T, 작동기어 64T로 4.92:1로 구성되어 있음
- 축 재질은 SM45C를 사용하였으며, 키자리 1개소, 스냅링 취부자리 5개소로 설계하였음
- 축 동력 전달부 강도 개선을 위해 스플라인부 및 핀 조립부 고주파 열처리하였음

표 43

기어 박스 구조			
각 구성품 사양			
기어A_13T	기어B_58T	기어C_13T	기어D_64T

형상				
1차 시작품				
모델	1.5	1.5	1.5	1.5
압력각	20°	20°	20°	20°
잇수	13	58	13	64
피치원경	∅19.5	∅87	∅19.5	∅96
가공방법	호브	호브	호브	호브

스티어링 축

형상	
1차 시작품	
피치	16/32
압력각	30°
잇수	12
기준피치원경	∅19.05
대경	∅20
소경	∅16.586

모터

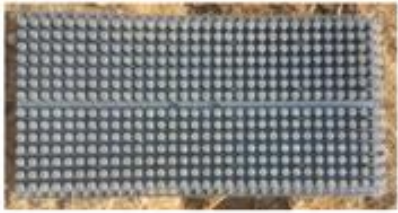
형상	1차 시작품	도면
		

(2) 예비 묘탑재대 분석 및 시작품 제작

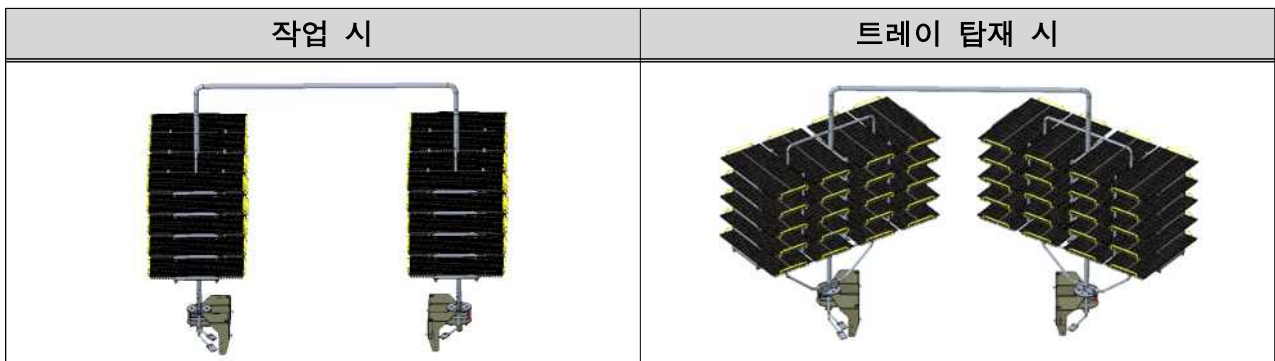
(가) 예비 묘탑재대 1차 시작품 설계 및 분석

- 기존 선정되었던 Minoru 448공 포트 묘 트레이의 사이즈에 맞춰 예비 묘탑재대를 설계하였음

표 44

규격	Minoru 488	
가로x세로x높이	619x315x25	
포트크기(입구x바닥)	16x10	
구멍수(가로x세로)	448(14x32)	
구멍피치(가로x세로)	20x19	
사용 기계	Minoru 양파, 포트이양기	
취출방식	7개 동시 취출(2열)	
반송방식	벨트 수평 이동	

- 예비묘 탑재대는 정식기 본기에 조립되어지는 브라켓과 포트 묘 트레이를 탑재할 수 있는 프레임부로 구성되어 있으며, 좌, 우 총 40개의 트레이를 탑재할 수 있음
- 본기부 좌, 우측에 레버를 통하여, 작업 시에는 트레이를 평행하게 하며, 수동 탑재 시에는 레버를 사용하여 프레임을 약 55° 회전시켜 탑재를 더욱 편리하게 할 수 있게 하였음



1차 시작품



그림 149

- 레버를 아랫방향으로 작동하면 고정핀이 아래로 빠져 프레임이 회전되어지고, 일정 각도 이상 회전 후 레버를 올리면 고정핀이 프레임을 고정시키는 구조임
- 레버 연결 위치 시 리턴 스프링에 의해 고정핀이 상승하면서 레버를 상승시킴. 고정핀 상승은 활핀 스토퍼에 의해 규제됨
- 레버 해제 위치 시 고정핀의 가공단에 연결판 구멍부가 스토퍼 역할을 하여 레버 작동 깊이가 규제됨

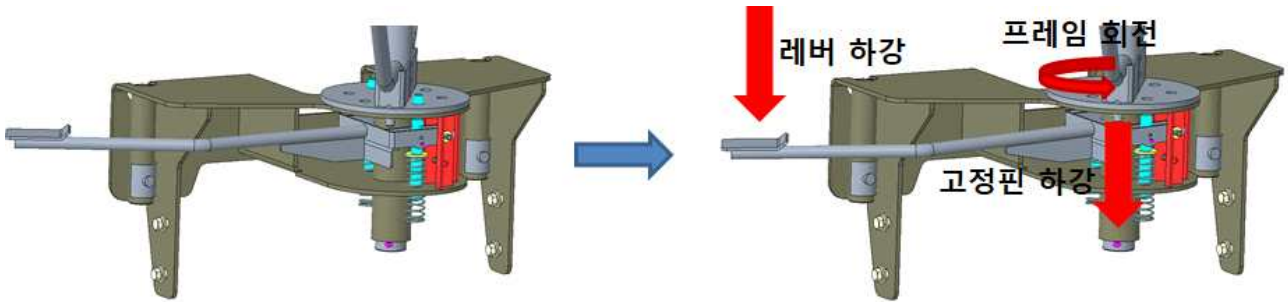


그림 150

- 예비 묘탑재대 좌, 우측 안정성 확보를 위하여 본기 프레임 좌, 우측 취부 자리 외에 상단부에 연결파이프를 조립하여 상호 지지하는 구조임

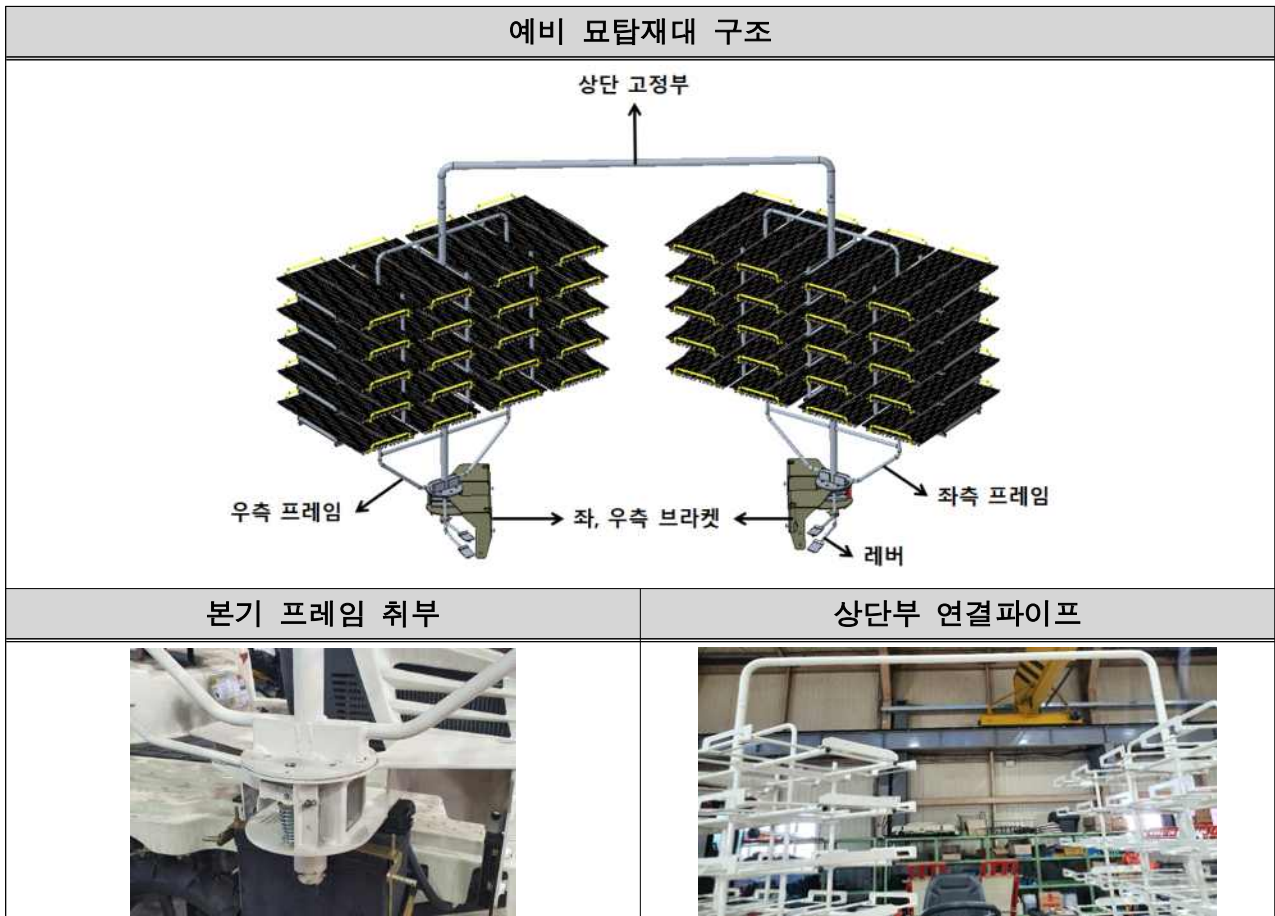


그림 151

(3) 차륜폭 조절형 주행부 분석 및 시작품 제작

(가) 차축 및 차륜 분석 및 시작품 제작

- 양파 주산지 중심 재배양식 조사에 따르면 논양파의 경우 6~8줄 재배에 두둑폭이 110~120cm, 발양파의 경우 9~13줄 재배에 두둑폭이 120~180cm로 나타났다
- 각 지역별, 재배양식 별 다양한 양파 정식 두둑 조건에 대응하기 위하여 차륜을 작업 환경에 따라 조절할 수 있는 가변형 윤간거리 조정 시스템으로 차축을 설계하였음
- 전차축은 윤간 거리 1,250mm/1,330mm/1,400mm/1,450mm 4가지로 조절할 수 있도록 설계하였으며, 후차축은 윤간 거리 1,330mm/1,420mm/1,490mm/1540mm 4가지로 조절할 수 있도록 설계하였음

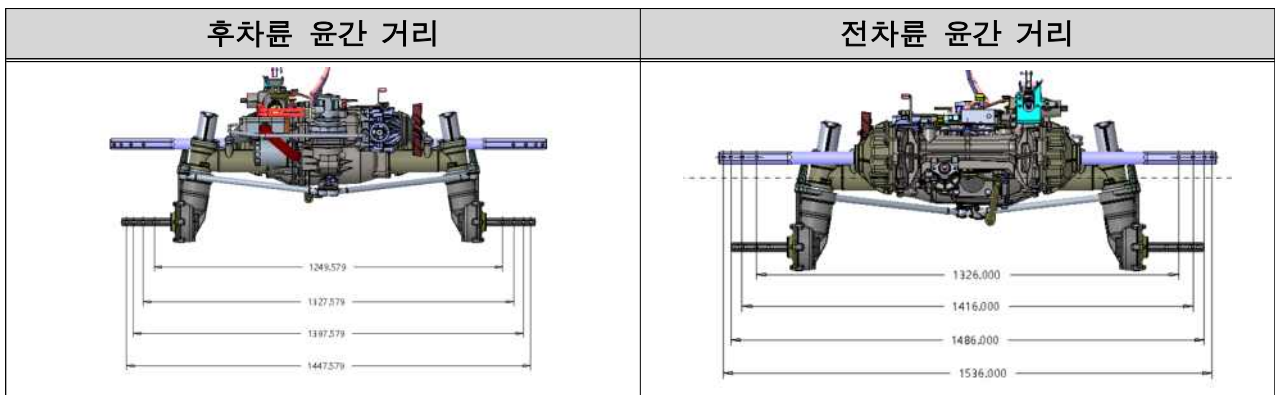


그림 152

- 전차륜은 4개의 스포크와 고무로 구성되며 사이즈는 지름 650mm x 폭 70mm, 경도는 65±5 임
- 후차륜은 5개의 스포크와 고무로 구성되며 사이즈는 지름 950mm x 폭 150mm, 경도는 75±5 임

	후차륜	전차륜
MODELING		

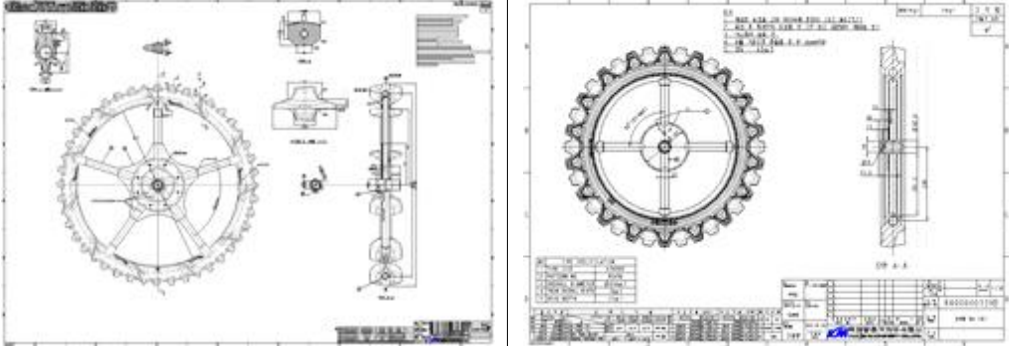
도면		
1차 시작품 완성		
후차륜부	전차륜부	
		

그림 153

나) 시작품 성능 평가

(1) 두둑 추종 조향 모듈 성능 평가

(가) 조향 모듈 성능 시험 장치 제작

- 두둑 추종 조향 컨트롤러 프로그램 성능 확인을 위한 시험용 지그를 제작하였음
- 본기부 성능 평가 전 조향 시스템의 제어 로직 구성, 제어 정밀도, 두둑 추종 조향각 성능을 확인하려는 목적임
- 토크 제너레이터, 두둑 추종 조향 모듈, 스티어링 핸들, 모터로 구성되어 있으며, 후방에는 조향 센서 취부를 통해 센싱을 할 수 있도록 하였음. 좌, 우 볼트는 최대 조향각에 대한 구조적 리미트 역할임

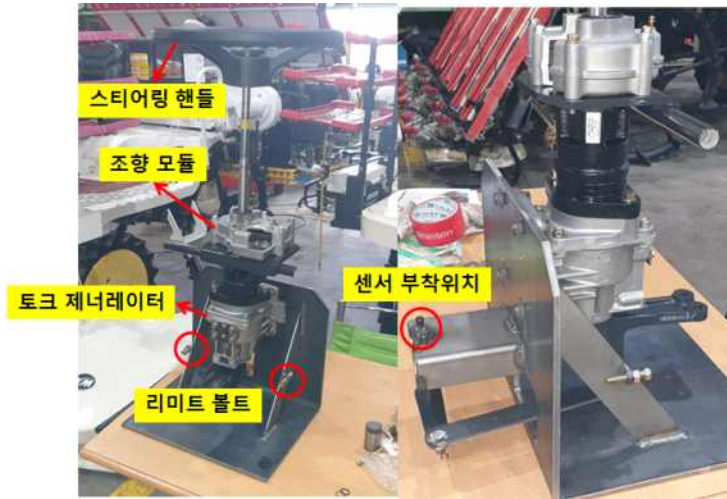


그림 154

(나) 조향 모듈부 완성 조립

- 기어 케이스에 연결축 조합(제 1축부)와 조향축 조합(제 2축부)를 조립한 후 스티어링 축과 모터를 조립하여 조향 모듈부 시작품 완성
- 본기부 토크제너레이터에 연결판과 변속 모듈을 조립한 후, 조향 모듈부를 조립 완성
- 조향 장치부 및 제어 부품 조립하여 본기 적용 완성

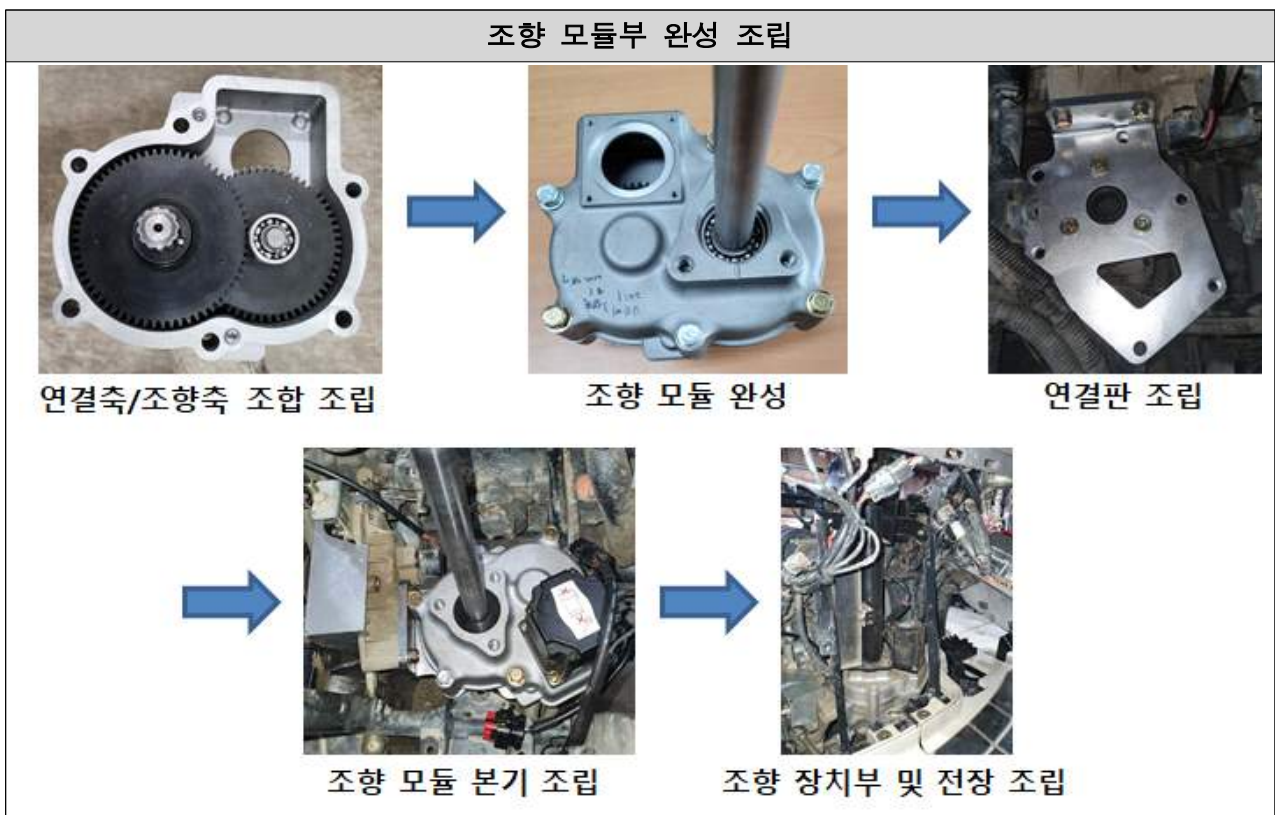


그림 155

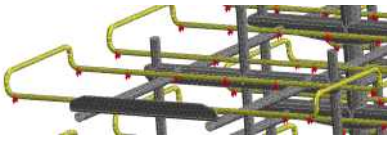
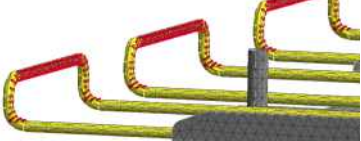
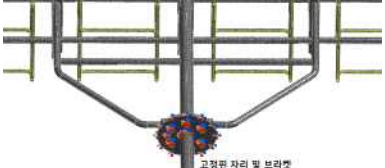
(2) 예비 묘탑재대 성능 평가

(가) 예비 묘탑재대 하중 해석 및 강도 평가

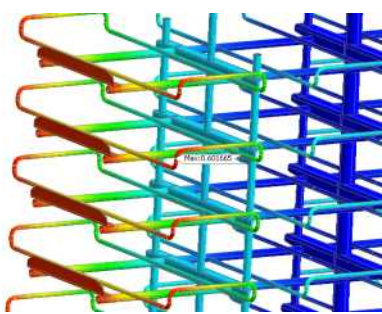
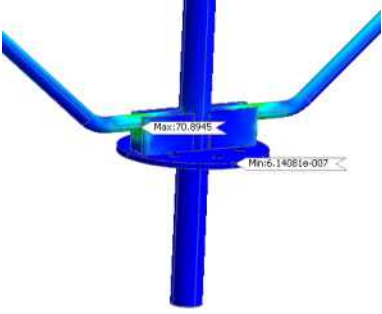
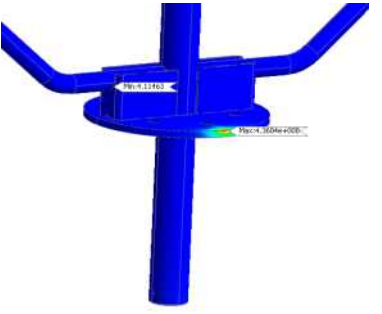
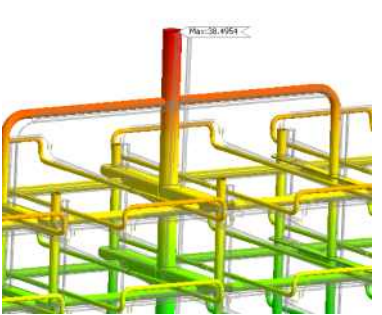
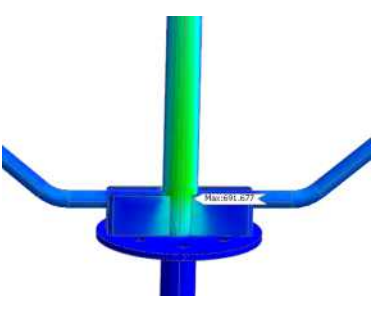
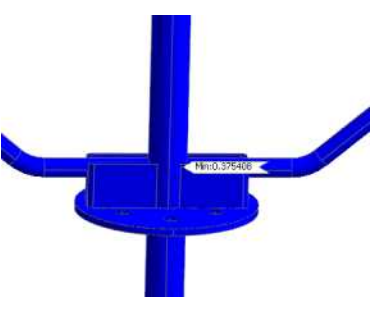
- 예비 묘탑재대 프레임 하중해석

- 예비 묘탑재대 프레임 구조적 안정성을 확인하기 위해 포트 묘 트레이 탑재 시 발생하는 하중에 대한 구조해석을 하였음
- 하중조건은 프레임에 부가되는 하중을 2종류로 분류하였으며, 트레이가 수직방향으로 작용하는 하중과 정지 시 관성에 의해 스토퍼에 작용하는 수평방향 하중을 부가하였음
- 포트 묘 트레이 1개당 무게를 5kg으로 가정하여 총 100kg의 하중으로 가정하고 하중 부가하였음
- 구속조건은 프레임과 브라켓이 접촉하여 지지되어지는 면과 고정핀 자리를 완전 구속하였음

표 45

해석 조건		
하중 조건		구속조건
수직 하중	수평 하중	
		

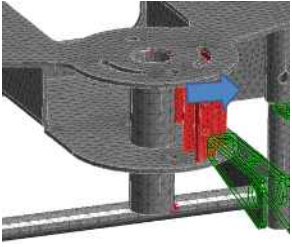
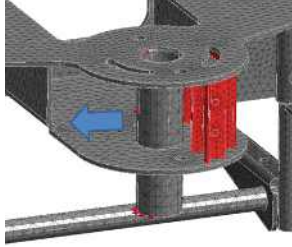
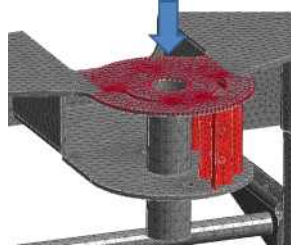
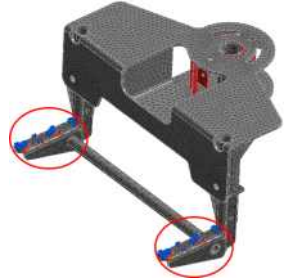
- 해석 결과 수직하중에 대한 최대 변형량은 탑재대 최우측 끝단부에서 0.6mm, 최대 등가응력은 프레임 하단 파이프에서 70MPa, 안전율은 4.1로 나타났으며, 수직 하중에 대한 안정성은 적합한 것으로 판단되어짐
- 수평하중에 대한 최대 변형량은 프레임 센터 지지파이프 최상단에서 38.5mm로 나타났으며, 최대 등가응력은 지지파이프 하단부 용접부에서 691.7MPa, 안전율은 0.4로 지지파이프 보강이 필요한 것으로 판단되어짐

예비 묘탑재대 프레임 하중 해석			
수직 하중	최대 변형량	최대 등가응력	안전율
	0.6mm	70.9MPa	4.1
			
수평 하중	최대 변형량	최대 등가응력	안전율
	38.5mm	691.7MPa	0.4
			

- 예비 묘탑재대 브라켓 하중해석

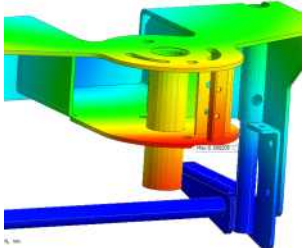
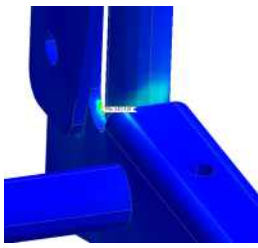
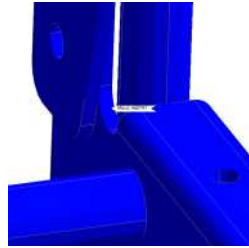
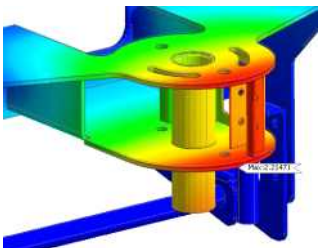


- 예비 묘탑재대 브라켓 및 본기 예비 묘탑재대 지지부의 구조적 안정성을 확인하기 위해 프레임에 의해 발생하는 하중에 대한 구조해석을 하였음
- 하중 조건은 묘탑재대 프레임에 의해 브라켓에 영향을 미치는 하중을 3가지로 분류하였으며, 프레임이 회동하는 원형 파이프의 전·후 방향으로 작용하는 하중과 프레임이 브라켓에 수직방향으로 작용하는 하중을 부가하였음
- 프레임 무게 50kg, 포트 묘 트레이 총 무게 100kg을 더하여 150kg하중으로 부가하였음
- 구속조건은 본기 메인프레임과 용접되어지는 본기 예비 묘탑재대 지지부 브라켓에 완전 구속하였음

표 47

해석 조건			
하중 조건			구속조건
파이프 전방 하중	파이프 후방 하중	브라켓 수직 하중	
			

- 파이프 전·후방 하중에 대한 해석 결과는 동일하게 나타났음. 최대 변형량은 브라켓 끝단부에서 0.5mm, 최대 등가응력은 본기 예비 묘탑재대 지지부에서 610MPa, 안전율은 0.5로 예비 묘탑재대 지지부 보강이 필요한 것으로 판단되어짐
- 브라켓에 수직으로 작용하는 하중에 대한 최대 변형량은 브라켓 끝단부에서 2.2mm, 최대 등가응력은 본기 예비 묘탑재대 지지부에서 409.6MPa, 안전율은 0.7로 지지파이프 보강이 필요한 것으로 판단되어짐

표 48

예비 묘탑재대 브라켓 하중 해석			
파이프 전·후방 하중	최대 변형량	최대 등가응력	안전율
	0.5mm	610MPa	0.5
			
브라켓 수직 하중	최대 변형량	최대 등가응력	안전율
	2.2mm	409.6MPa	0.7
			

(3) 차륜폭 조절형 주행부 성능 평가

(가) 차륜폭에 따른 선회 성능 DATA 도출 및 선회반경 평가

- 시작기의 선회반경 설계 목표치인 1.8m 이하를 만족하기 위하여 선회반경을 측정하였음
- 시작기는 공차 상태에서 측정하였으며, 조향 핸들을 최대한 좌측으로 조향하였음
- 저속으로 회전하며 전차륜 외측 바퀴와 지면부와의 접점부를 마킹하였음
- 1회전 하면 시작점과 만나지 않으므로 1.5회전 한 후, 접점부를 회전반경으로 확인하였음
- 측정 결과, 선회 반경은 좌, 우 평균 1,695mm로 설계 기준을 만족하였음

표 49

NO.	항목		DATA	비고
1	핸들조향	중립 -> 좌	790°	2바퀴+70
		중립 -> 우	790°	
2	핸들 조향시 클러치 작동시점		180°	
3	스티어링 감속비		22	
4	최대 회전 반경	좌회전	1,690mm	
		우회전	1,700mm	
5	스티어링 핸들 SIZE		Ø345	
6	축간 거리		1,200mm	



다) 1차 시제품 개선·보완 및 2차 시제품 제작

(1) 두둑 추종 조향 모듈 개선·보완 및 2차 시제품 제작

(가) 조향 모듈 기어/축 등 각 주요부 보완 및 시제품 제작

- 조향 모듈부 경량화를 위하여 조향 모듈부 기어박스 내 제 1축부 작동기어 58T와 제 2축부 작동기어 64T를 원주방향 4등분하여 구멍을 뚫어 개선·보완 하였음





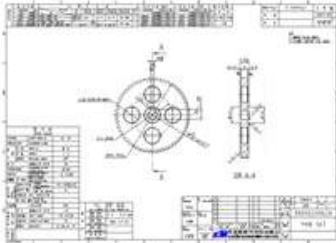
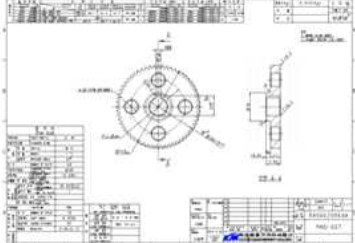
조향 모듈부 경량화		
	작동기어_58T	작동기어 64T
형상		
2차 시제품		
도면		

그림 156

- 외부에서 유입될 수 있는 이물질, 물 등에 대한 방수성을 보완하고, 내부 그리스 또는 오일 등 윤활제에 대한 누유를 방지하기 위해 케이스 상·하측 조립부에 O링을 삽입하였으며, 스티어링 축 조립부에 오일실을 삽입하였음


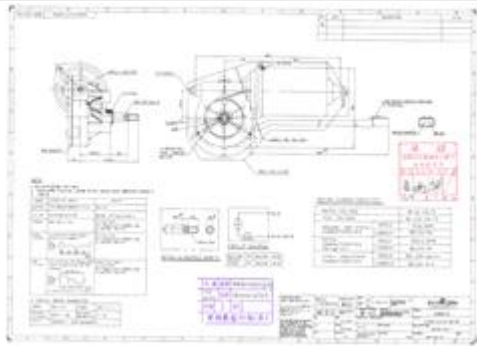
(2) 예비 묘탑재대 개선·보완 및 시제품 제작

(가) 예비 묘탑재대 모터 제어 TYPE 개선 검토

- 1차 시작 예비 묘탑재대의 경우 수동으로 레버를 작동하면서, 수동으로 프레임을 회전시켜야하는 구조임
- 이 때, 정식기 탑승 후 프레임을 회전 시킬 때, 작업자의 무게 중심이 발판 끝단부로 위치하게 되어 낙상 등 안전사고의 위험이 있음
- 이를 방지하기 위해 레버 작동 시 모터 구동을 통해 프레임을 자동으로 회전되어질 수 있게 하여, 작업자의 안전성 확보 및 작업 피로도를 감소시키기 위함

- 예비 요탑재대 브라켓에 모터, 구동기어, 회동기어, 레버 작동 인식 센서, 회전 위치 센서를 추가 장착하여 레버 작동 시 자동으로 요탑재대 프레임이 회전하는 구조임

표 50

구동모터 MODELING		도면
		
SPECIFICATION		
RATED VOLTAGE		DC 12 VOLTS
TEST VOLTAGE		DC 13.5 VOLTS
NOLOAD(HOT STATE) CHARACTERISTICS	SPEED	79±6 RPM
	CURRENT	BELLOW 5A
RATED CHARACTERISTICS(40kgf·cm)	SPEED	58±6 RPM
	CURRENT	BELLOW 9A
STALL(COLD STATE) CHARACTERISTICS	SPEED	MIN. 230kgf·cm
	CURRENT	BELLOW 40 A

- 레버 작동 시 모터 제어를 통해 구동기어가 회동기어를 자동으로 회전시키면서 프레임을 회전 위치 센서까지 이동하며, 이 때 레버가 해제되며 구동모터가 정지됨
- 프레임의 기구적 회전량은 연결판의 장공에 의해 결정되며, 전기적 회전량은 회전 위치 센서의 신호에 따라 결정됨

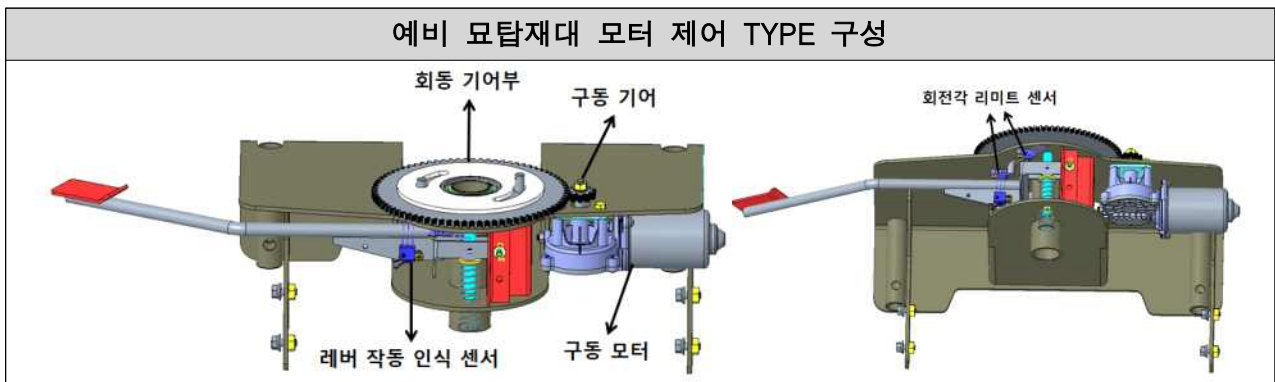


그림 157

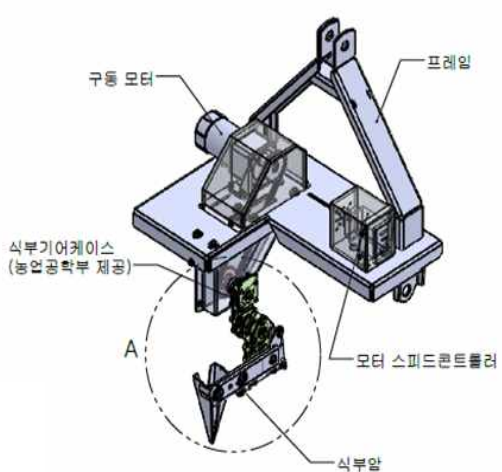
□ 국립농업과학원(협동기관)

7) 승용 양파 정식기 고속 식부 메커니즘 구명 및 시험기 성능시험

가) 양파 정식기 식부장치 궤적 가시화 분석 시험장치 설계 및 제작

시험장치는 양파 정식기의 주요 작업부인 고속 식부장치의 궤적 가시화 분석을 통하여 밀림거리의 오차가 적은 최적의 메커니즘을 구명하기 위해 제작되었다. 본 시험장치는 원형토조와 연계되도록 설계되었으며, 원형토조(3점링크) 연결부, 구동 모터, 모터 스피드컨트롤러, 식부 기어 케이스, 식부암, 호퍼부, 지지 프레임 등으로 구성하였다.

표 51. 양파 정식기 식부장치 궤적 가시화분석 시험장치 제원

	기체크기 (mm)	전장	680
		전폭	585
		전고	980
적용모터(W)		120	
감속기	정격회전속도(rpm)	600	
	최대토크(kgf-cm)	8.9	
식부기어 케이스		롤러체인 #35	
식부장치 방식		2단 로터리	
주간거리(mm)		77~174	

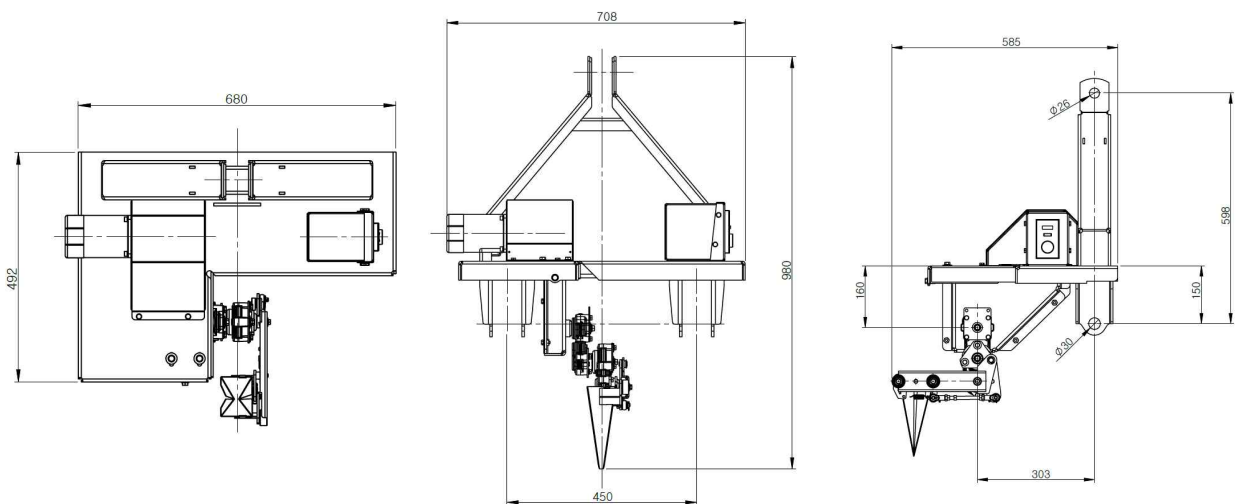




그림 158 양파 정식기 식부장치 궤적 가시화 분석 시험장치 도면

나) 고속카메라를 이용한 양파 정식기 고속 식부장치 궤적 가시화 분석

고속 식부장치 메커니즘을 구명하기 위한 요인시험은 농업공학부 내 인공포장실에서 수행하였다. 시험요인은 식부장치 회전속도 3수준(90, 100, 110 rpm)으로 설정하여 실시하였으며, 요인별 식부장치의 정지 및 운동궤적, 개공폭, 밀림거리 등을 비교·분석하였다. 양파 표준재배양식과 개발 중인 양파 정식기의 목표성능을 고려하여 주간거리 13 cm, 정식깊이 3 cm, 주행속도는 0.24 m/s로 선정하였다.

가시화 분석 시스템은 고속카메라, 노트북, 운동해석 소프트웨어, 조명 등으로 구성하였다. 고속카메라의 셔터속도는 초당 2,000 frame으로 촬영하여 운동해석 소프트웨어를 활용하여 식부장치의 x, y축 변위를 분석하였으며, 구성장치 제원은 표 52와 같다.

표 52 가시화분석 시스템 구성장치 사양

구 분		사 양
원형토조		<ul style="list-style-type: none"> ·지름: 6.5 m ·폭: 0.45 m ·깊이: 0.2 m ·회전속도: 0.3 ~ 1.8 m/s ·구동 : 유압모터
고속카메라 (CR-S3500)		<ul style="list-style-type: none"> ·해상도 : 1,280×860 pixels ·Framerate: 최대 3,500 fps ·무게 : 1.4 kg
운동해석소프트웨어 (GOM S/W)		<ul style="list-style-type: none"> ·데이터 형식: ASCLL, STL, PSL, PLY, CT ·CAD형식: IGES, STEP, PLY 등 ·포인트 자동 추정

다) 양파 정식기 식부장치 궤적 가시화 분석 결과

그림 159는 식부장치의 진동이 거의 발생하지 않는 회전속도인 50 rpm으로 설정하였을 때 운동해석 소프트웨어를 이용하여 식부장치의 궤적을 가시화 분석한 결과이다. 식부장치 궤적은 타원형의 형태로 나타났으며, 세로방향 최대변위는 약 285 mm, 가로방향 최대변위는 약 80 mm로 나타났다. 개공폭과 주간거리 조사결과 각각 약 60 mm, 140 mm로 조사되었다.

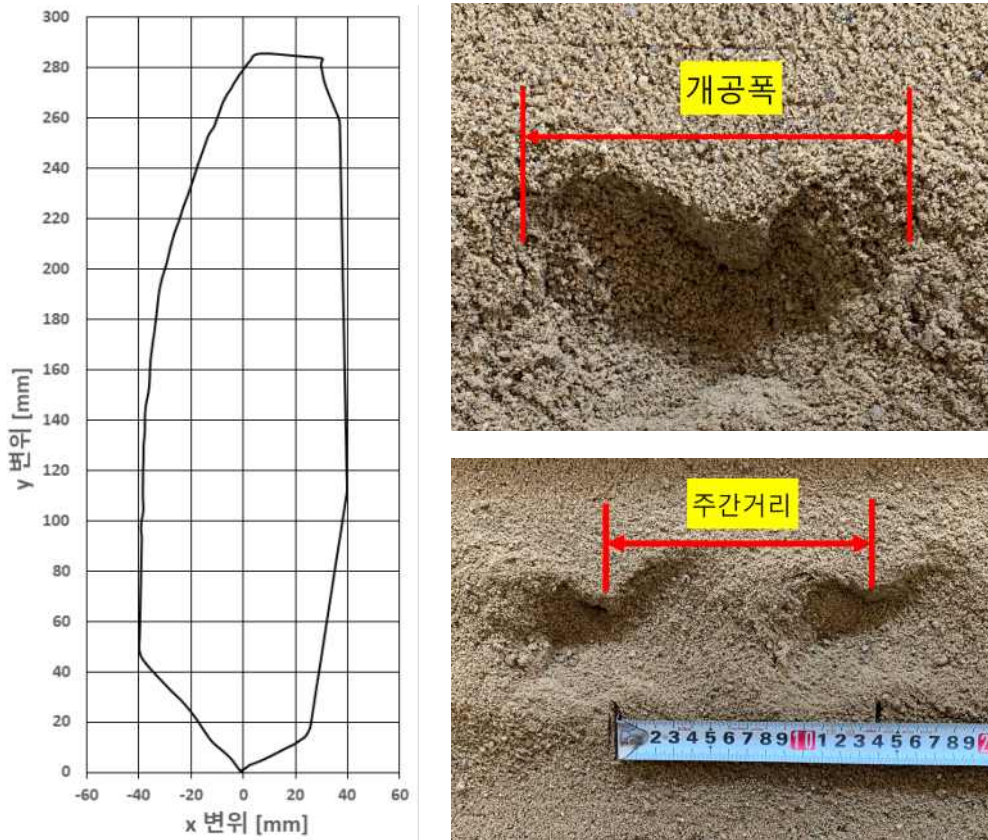
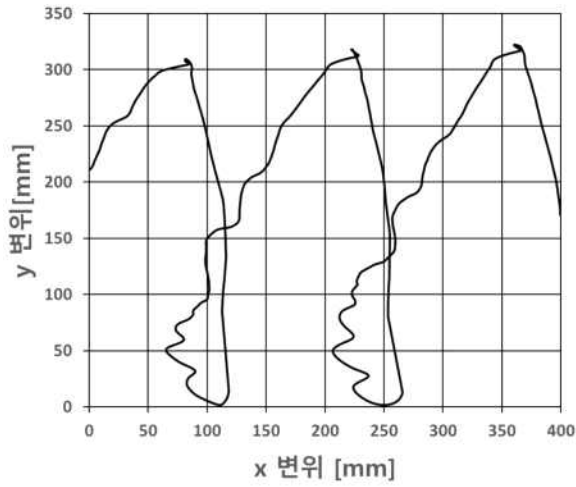


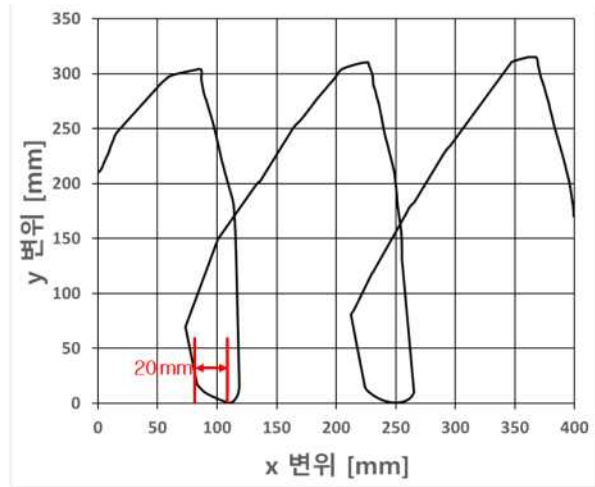
그림 159 식부장치 정지궤적 그래프 및 개공폭·주간거리 조사

그림 160는 양파 정식기가 0.24 m/s로 주행할 때 식부장치의 회전속도를 요인(90, 100, 110 rpm)으로 하여 궤적 가시화 분석을 진행한 결과이다. 식부장치의 회전속도가 100 rpm인 경우 그림 4와 같이 주간거리는 140 mm로 나타났다. 식부호퍼가 토양에 삽입된 상태에서 밀림거리는 회전속도가 100 rpm일 때 10 mm, 110 rpm일 때 약 0mm로 나타났다. 따라서 양파 정식기의 주행속도가 0.24 m/s이면서 식부장치 회전속도가 110rpm일 때 밀림거리가 발생하지 않아 육묘 정식에 이상적인 궤적이 형성되는 것으로 판단하였다.

식부장치가 고속으로 회전할 때 진동발생으로 궤적의 약 ± 10 mm 오차가 나타남

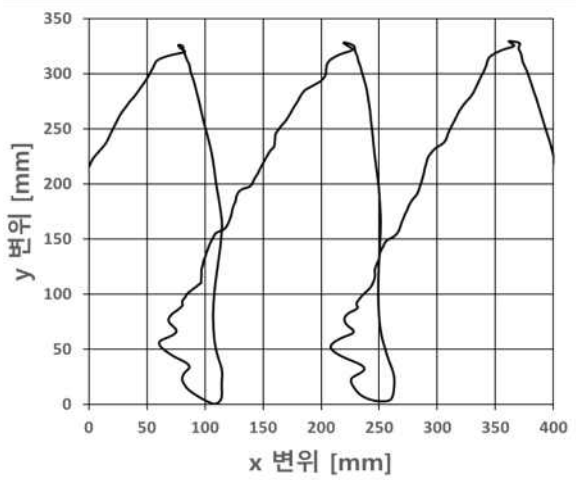


(a) 진동보정 전

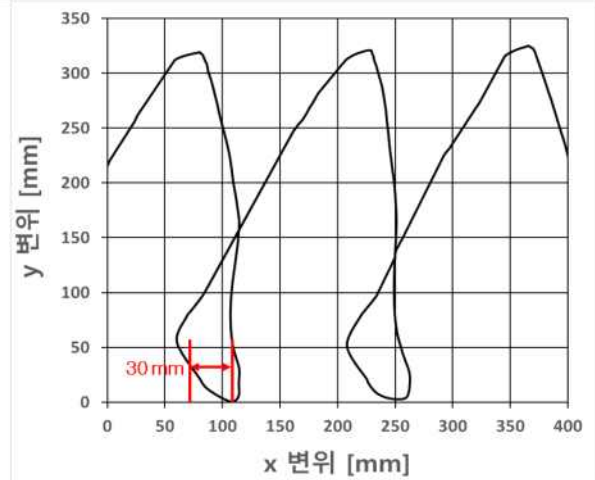


(b) 진동보정 후

그림 160. 식부장치 회전속도 100 rpm 궤적 그래프



(a) 진동보정 전



(b) 진동보정 후

그림 161. 식부장치 회전속도 110 rpm 궤적 그래프

□ 경남농업기술원(협동기관)

8) 육묘방법에 따른 결주 발생 경감 연구

가) 수행방법

- 대상작목 : 양파(비스트)
- 처리내용 : 육묘트레이 깔개종류 : 뿌리 억제망, 부직포+뿌리 억제망, 방수매트+뿌리 억제망, 화분받침 트레이
- 조사항목 : 출현율, 육묘 트레이 및 정식 시 결주율, 묘 생육 등
- 재배개요
 - 파종일 : 2020년 9월 11일
 - 정식일 : 2020년 11월 4일
 - 묘 엽 절단일 : 2020년 10월 1일, 10월 20일, 11월 1일
 - 육묘방법 : 448공 트레이 육묘

나) 시험성적

- 육묘트레이 깔개의 종류에 따른 파종 13일 후의 묘 출현율은 뿌리 억제망 처리구가 91.1%로 가장 높았으며, 화분받침 트레이 처리구가 87.7%로 가장 낮았으나 정식 직후 결주율은 화분받침 트레이 처리구에서 17.5%로 다른 처리구보다 낮았음

표 53. 묘 출현율, 정식 전 묘 결주율 및 정식 직후 결주율

처리 내용	묘 출현율(%)	정식 전 묘 결주율(%)	정식 직후 결주율(%)
뿌리 억제망	91.1	11.4	23.8
부직포+뿌리 억제망	90.6	12.6	27.5
방수매트+뿌리 억제망	89.0	14.8	23.8
화분받침 트레이	87.7	13.8	17.5

※ 묘 출현율 조사일 : 2020년 9월 24일/ 정식 전 묘 결주율 조사일 : 2020년 10월 27일

- 육묘중기의 묘 생육은 화분받침 트레이 처리구에서 구경, 근생체중이 가장 컸음

표 54. 육묘 증기 묘 생육 조사

처리 내용	엽수	엽초경 (mm)	구경 (mm)	생체중(g/주)				근밀도 (g/cm ³)	T/R
				근	구	엽	합계		
뿌리 억제망	2.9	2.1	2.9	0.06	0.04	0.22	0.32	2.1	4.2
부직포+뿌리 억제망	2.9	2.1	2.9	0.06	0.04	0.20	0.31	2.1	3.9
방수매트+뿌리 억제망	2.4	2.0	2.9	0.07	0.04	0.16	0.27	2.2	3.0
화분받침 트레이	2.9	2.5	3.7	0.10	0.06	0.22	0.37	3.2	2.9

※ 조사일 : 2020년 10월 8일(파종 후 27일)

- 정식 전 묘의 엽수, 엽초경, 구경, 구와 엽 생체중은 뿌리 억제망 처리구에서 가장 컸으나, 근 생체중, 근밀도는 화분받침 트레이 처리구에서 가장 컸으며, T/R은 화분 받침 트레이 처리구에서 가장 낮았음

표 55. 정식 전 묘 생육 조사

처리 내용	엽수	엽초경 (mm)	구경 (mm)	생체중(g/주)				근밀도 (g/cm ³)	T/R
				근	구	엽	합계		
뿌리 억제망	3.6	4.6	5.7	0.26	0.22	1.39	1.88	8.8	6.1
부직포+뿌리 억제망	3.7	4.1	4.9	0.32	0.16	1.33	1.82	10.6	4.7
방수매트+뿌리 억제망	3.5	4.3	5.3	0.33	0.17	1.34	1.84	10.9	4.6
화분받침 트레이	3.0	3.7	4.8	0.40	0.17	1.05	1.61	13.2	3.1

※ 조사일 : 2020년 11월 4일(파종 후 54일)

- 정식 전 양파 육묘 트레이 셀 내 시들음병 병원균수는 뿌리 억제망과 방수매트+뿌리 억제망 처리구에서 각각 24.4×10⁵ cfu/g, 26.7×10⁵ cfu/g으로 가장 적었음

표 56. 정식 전 양파 묘의 시들음병 발생률

소독 시간	트레이 셀 내(×10 ⁵ cfu/g)	뿌리 감염률(%) ^z
뿌리 억제망	24.4	31.1
부직포+뿌리 억제망	55.6	23.3
방수매트+뿌리 억제망	26.7	33.3
화분받침 트레이	33.3	26.7

※ 치상일 : 2020년 11월 17일(파종 후 54일)

^z양파 묘 뿌리 9개 당 시들음병 병원균 검출 뿌리 수

다. 3차년도

□ (주)티와이엠(주관기관)

1) 1차 문제점 개선 및 보완 설계

가) 부하로 인한 안전 클러치 작동

2차년도에 진행된 1차 벤치 테스트 시험 중 입력 RPM 증가 시 정식부에 기계 파손을 방지하기 위한 안전클러치가 작동되었다. 이에 부하를 줄이기 위하여 동력 전달 방식을 체인보다 동력 전달에 손실이 적은 기어 방식으로 재 설계되었다.



(a) 체인 방식



(b) 기어 방식

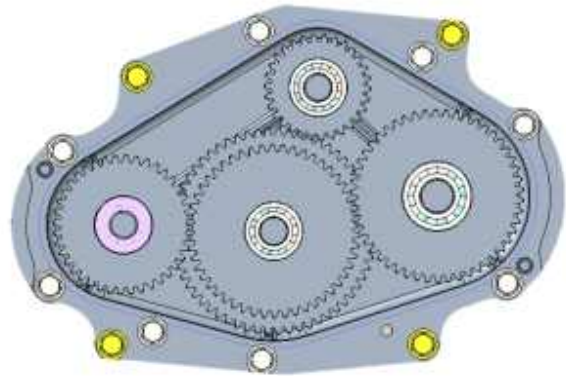
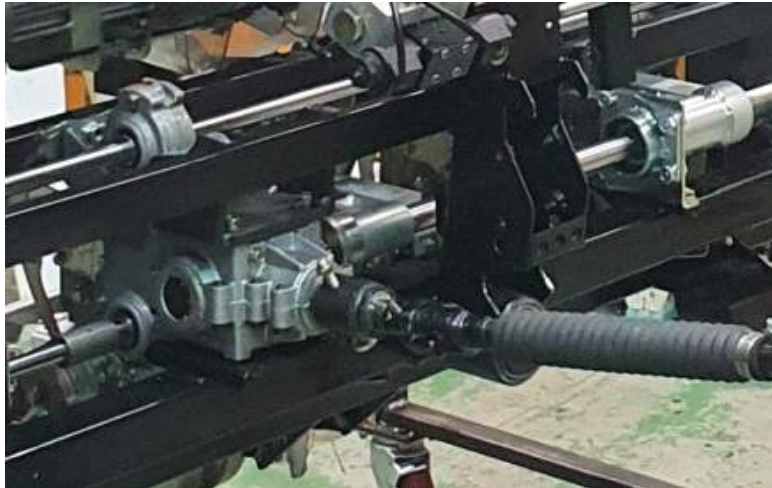


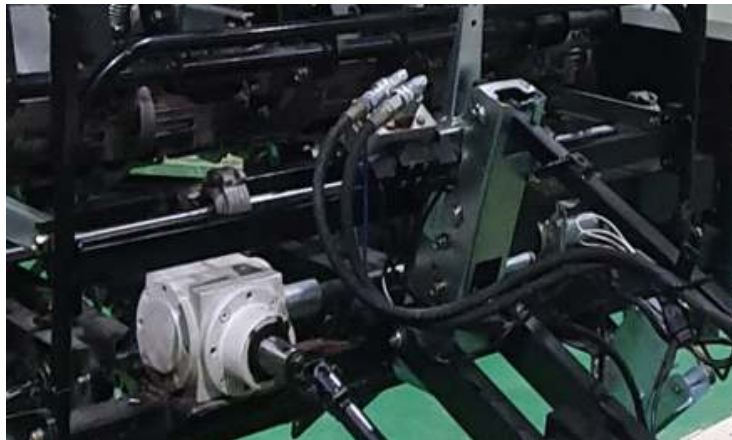
그림 162. 동력 전달 변경 모습

나) 이양기 식부미션 기어 파손

이양기 본기의 정식부를 부착하여 작동 시험 중 본기의 식부 미션 내부에서 기어가 파손하는 문제가 발생되었다. 파손 원인으로 본기의 동력을 받아들이는 정식부 PTO 기어 박스의 기어비가 2:1로 정식부를 작동시키기에 무리가 있다고 판단하였으며, 정식부 PTO 기어 박스의 기어비를 1:2로 변경하여 구동 토크를 감소시켰다.



(a) 기어박스 1:2



(b) 기어박스 2:1

그림 163. 기어박스 변경

정식부가 작동될 때의 토크와 정식시 육묘 포트가 이송되면서 걸리는 이송부와 식부부의 토크를 확인하기 위하여 정식부 입력축 및 호퍼 구동부 토크 측정 테스트를 진행하였다. 시험 요인은 아래와 같다.

- 시험 조건 및 시험 방법 :

- ① 입력 회전수 : 74 RPM
- ② 회전 시 입력축 및 호퍼 구동부 토크 측정
- ③ 트레이(육묘상자) 유·무에 따른 입력축 및 호퍼 구동부 토크측정

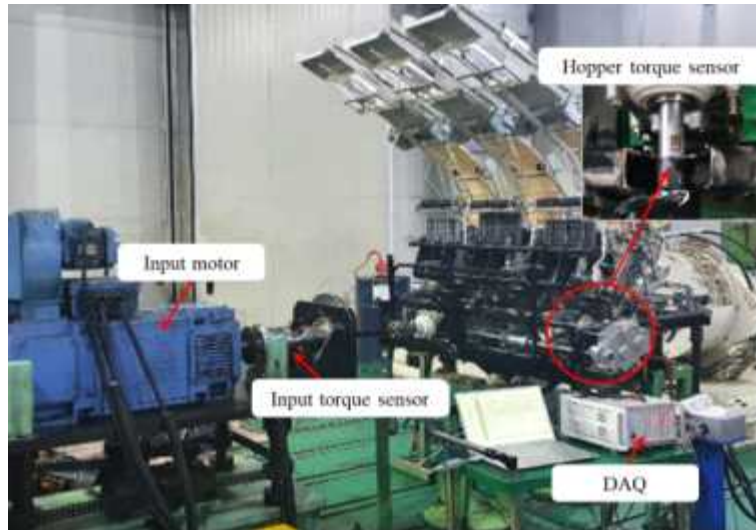


그림 164. 시험 셋팅 사진

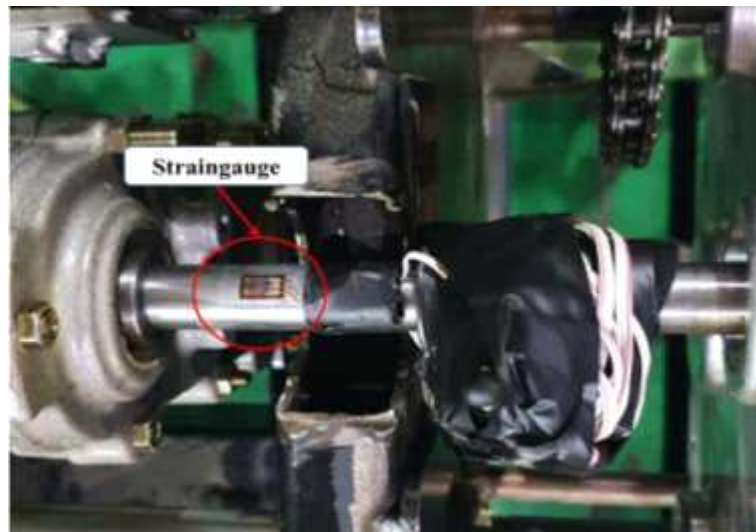
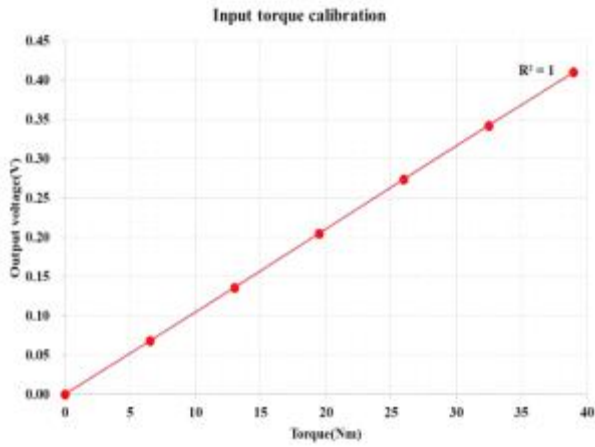


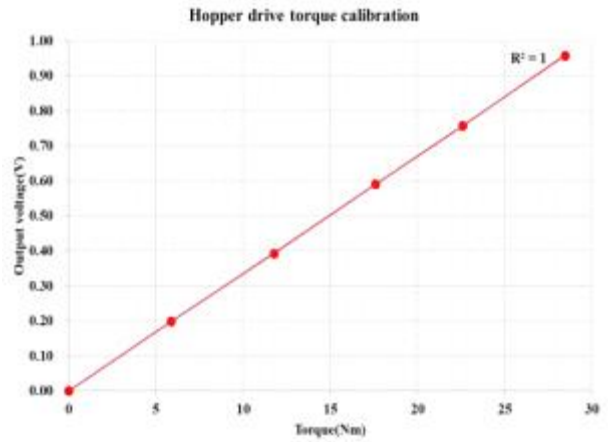
그림 165. 스트레인게이지를 이용하여 제작된 호퍼 구동부 토크센서 사진



그림 166. 호퍼 구동축 토크 캘리브레이션 사진

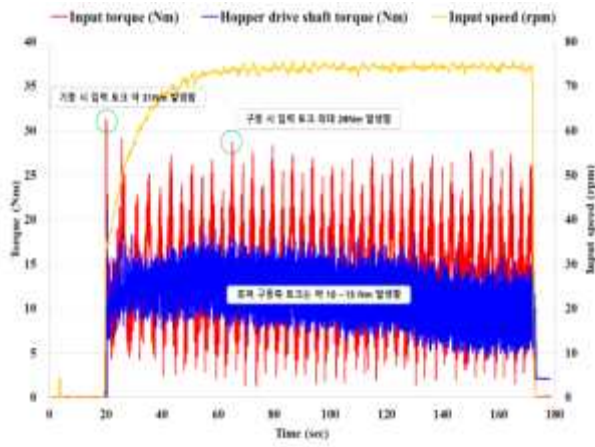


(a) 입력 토크 센서

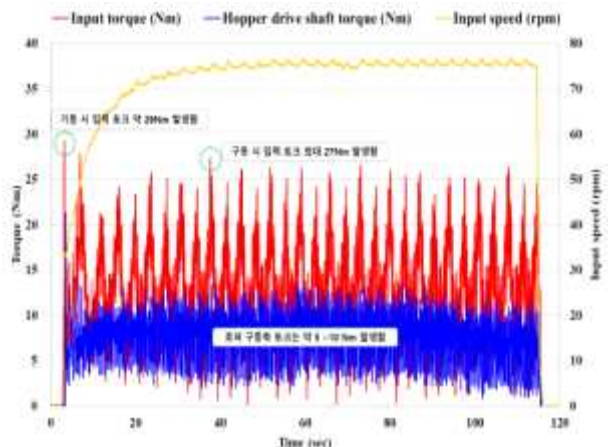


(b) 호퍼 구동부 토크 센서

그림 167. 캘리브레이션 결과 그래프



(a) 트레이 장착



(b) 트레이 미 장착

그림 168. 입력축 및 호퍼 구동부 토크 측정 결과 그래프

표 57 . 시험 결과

Input rpm	토크 구분	트레이(육묘상자) 장착 유무	Input torque(Nm)	Hopper drive torque(Nm)
74	기동토크	X	29.2	21.0
		O	31.2	21.0
	최대토크(구동시)	X	27.3	13.2
		O	28.7	18.9
	토크진폭	X	0.2~27.3	0.8~13.2
		O	1.2~28.7	3.8~18.9

2) 필드 테스트 진행 및 문제점 파악

가) 모의 모종 제작

정식부의 메커니즘 작동은 확인할 수 있으나 타이밍을 분석하기 위해서는 실제 모종을 이용하여 테스트를 진행되어야 한다. 하지만 양파 생육 환경 특성상 파종시기가 정해져 있어 원하는 시기에 모종을 구하기 어려워 모의 모종을 제작하였다. 양파 육묘 모의 모종은 3D 프린팅으로 제작되었으며, 이송 및 정식 타이밍 분석을 위해 실제 육묘의 길이와 무게를 측정하여 반영하였다.



그림 169. 육묘 무게 측정



그림 170. 양파 모의 모종

나) 1차 필드 테스트

필드 테스트 전 양파 모의 모종을 이용하여 취출-이송-정식 설계한 메커니즘으로 작동되는 것을 확인하였으며, 이후 실제 육묘를 공급받아 주식회사 티와이엠 연구소 내 필드에서 테스트를 진행하였다. 테스트 결과 모의 모종은 토양에 정식되는 것을 확인 할수 있었지만 실제 육묘는 뿌리가 상토에 활착이 되지 않아 취출시 상토가 부서지고, 육묘 전처리 작업이 이루어지지 않아 육묘 간에 잎이 엉켜 모종 여러 개가 동시에 떨어져 취출-이송-정식 메커니즘을 확인할 수 없었다.



(a) 취출



(b) 이송



(c) 벨트이송



(d) 정식

그림 171. 모의 모종을 이용한 정식부 메커니즘 확인



그림 172. 1차 필드 테스트

다) 2차 필드 테스트

2차 필드 테스트는 창녕 양파연구소 필드에서 진행되었으며, 두둑의 폭은 120cm로 성형하였다. 1차 필드 테스트에서 문제되었던 양파 육묘를 고려하여 양파연구소에서 45일 기른 모종을 사용하였다.



그림 173. 필드 모습

필드 테스트 결과 실제 양파 육묘를 이용하여 정식부의 메커니즘이 이루어지는 것을 확인할 수 있었지만 육묘가 벨트위에 안착 될 때 이탈하여 결주가 발생하였다. 이는 벨트 위에 올바른 자세로 안착되게 하는 누름판이 견고한 고무 재질로 모 이송 핑거 상·하강 시 스쳐지나 갈 때 부하를 발생시키고 순간 멈춤 현상을 일으켜 양파 육묘가 안착되지 못한 것으로 판단되었다. 추가적으로 육묘가 정식된 후 복토 롤러에 의해 진압이 되며 곧은 자세로 만들어 주는데 진압 강도가 부족하여 복토 역할을 하지 못하였다.



그림 174. 2차 필드 테스트

3) 정식부 2차 PROTO 제작 및 조립

가) 필드테스트 문제점 개선

(1) 누름판 재질 변경

양파 모종은 트레이에서 취출 되어 모 이송 핑거로 옮겨지고 모 이송 핑거가 하강하여 벨트로 이송 시켜준다. 벨트 이송 암은 모 이송 핑거가 완전히 하강할 때 모종을 벨트 위로 안착 시켜주는 역할을 하며 안착 시 누름판이 모종을 눌러 진동에 의해 벨트 돌기 밖으로 이탈하지 않도록 한다. 누름판의 재질은 견고한 고무로 모 이송 핑거 상·하강 시 스쳐지나 갈 때 부하를 발생시키고 순간 멈춤 현상을 일으켜 양파 육묘가 안착되지 못해 결주의 요인이 되었다 . 이를 해결하기 위해 누름판은 유연성이 있고 가공 및 취급이 용이한 졸탐(SOLTARP) 재질을 이용하여 제작되었다.

표 58 졸탐 물성치

항목		단위
두께(Thickness)		0.55mm±0.02mm
중량(Weight)		635g/m ²
직포(Base Fabric)		knit P/F 1000D×1000D12×12/inch)
인장강도(Tensile Strength)	L(Warp)	170kg/2.5cm
	W(Fill)	170kg/2.5cm
인열강도(Tear Strength)	L(Warp)	36kg
	W(Fill)	36kg
접착강도(Adhesion)	L(Warp)	12kg/5cm
	W(Fill)	12kg/5cm
내한성(Cold Crack)		-20°c

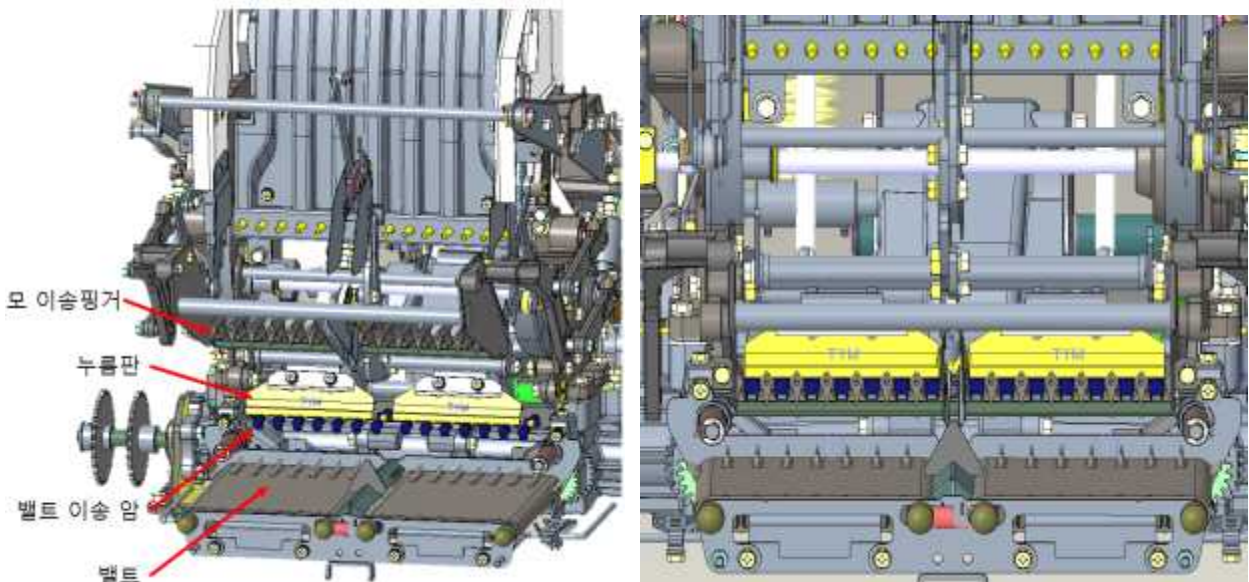


그림 175. 정식부 모종 이송부



(a) 누름판 (고무재질)

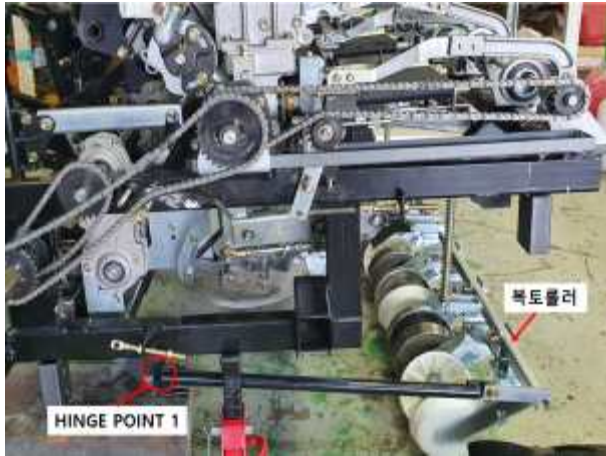


(b) 누름판(줄타재질)

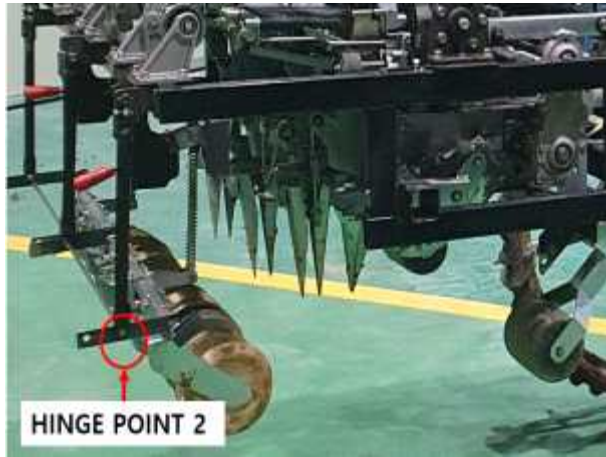
그림 176. 누름판 재질 변경

(2) 복토 롤러 진압 강도 개선

정식 과정 중 모종이 토지에 심어지고 원활한 활착을 하기 위해 복토는 필수적인 작업이다. 복토 롤러는 호퍼가 정식하고 난 후 육묘 양쪽 사이를 롤러가 지나가며 흙을 단단히 눌러 정식 자세를 올바르게 해주는 역할을 한다. 하지만 필드 테스트 시험 결과 진압 강도가 부족하여 육묘가 토지에 단단히 심어지지 않는 것으로 판단 되었으며, 진압 강도를 높이기 위하여 복토 롤러 힌지점을 변경하여 재 설계되었다.



(a) 개선 전



(b) 개선 후

그림 177. 복토롤러

나) 식부부 설계 검토

식부부는 이송벨트 양단 끝에서 낙하하는 육묘를 받아 땅에 정식하는 부분으로서 2단 로터리 케이스에 호퍼가 장착되어 총 6조로 구성되어 있다. 2단 로터리 케이스는 체인으로 동력을 전달받으며 6개의 체인이 한 동력으로부터 구동된다. 하지만 6조가 동일한 삽묘시기를 갖지 않는데 이는 국내 재배 방식 특성상 농민들이 원하는 조간 거리는 한정적이며, 벨트 양 끝에 위치가 고정되어 있어 식부부 설계 공간이 한정적이고 간섭 문제가 발생되기 때문이다. 이에 따라 조간 거리를 맞추기 위해 각 조의 호퍼 구동 각도는 다르게 설계되었으며, 간섭 문제를 해결하기 위해 1-3-5조, 2-4-6조가 동일한 삽묘 시기를 갖도록 구성하였다. 이러한 설계 사항으로 인해 각조의 상사점 위치가 상이하고 호퍼 안에 떨어지는 육묘 위치가 달라지는 문제가 발생할 수 있어 이를 최소한으로 줄이기 위해 식부부 설계를 재 검토하여 2차 PROTO 제작에 반영되었다.

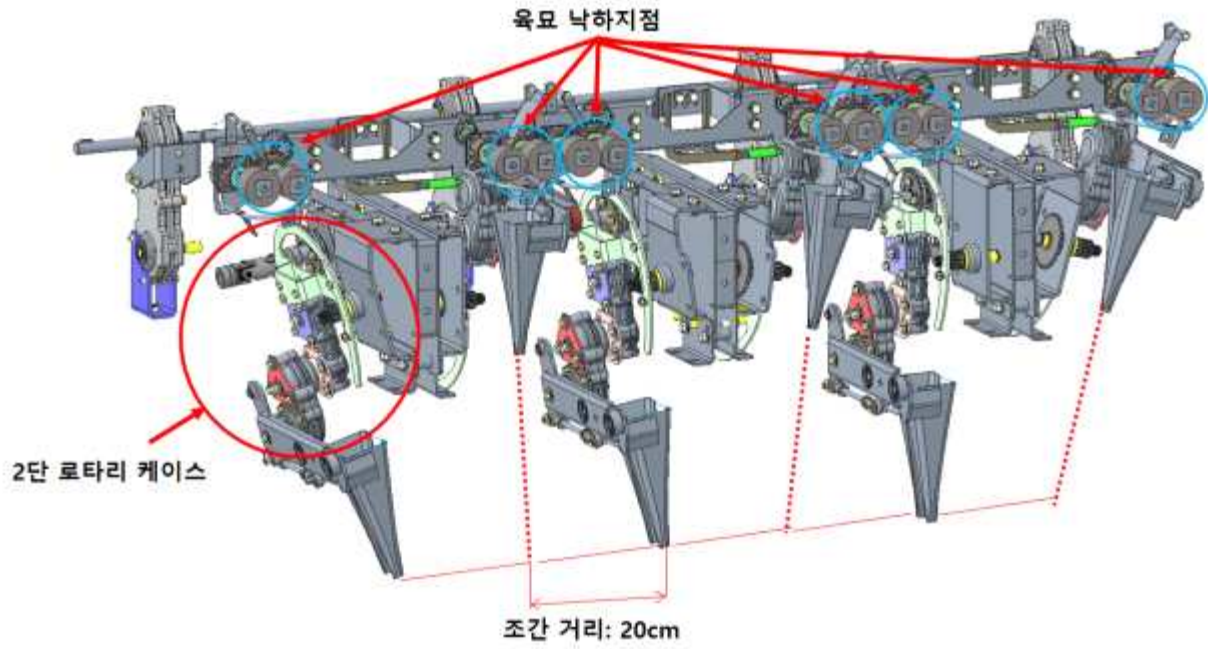


그림 178. 식부분

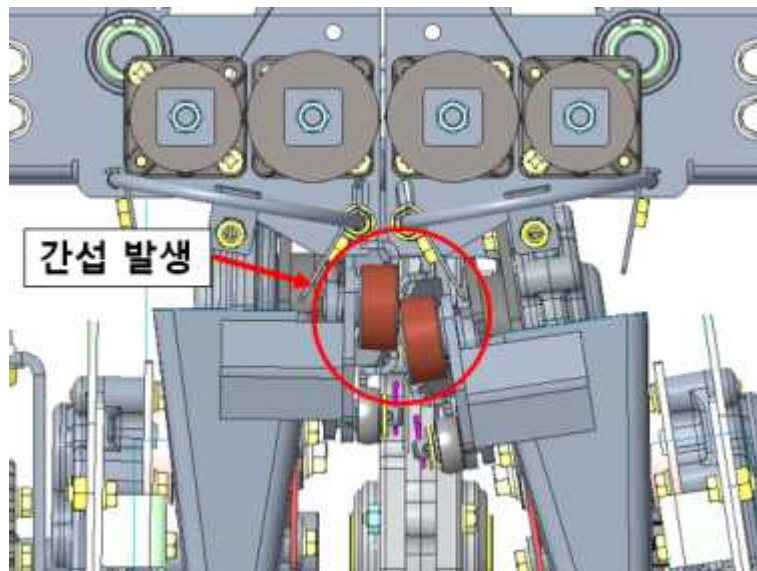


그림 179. 6조 동일한 삽묘 시기 적용시 간섭 문제

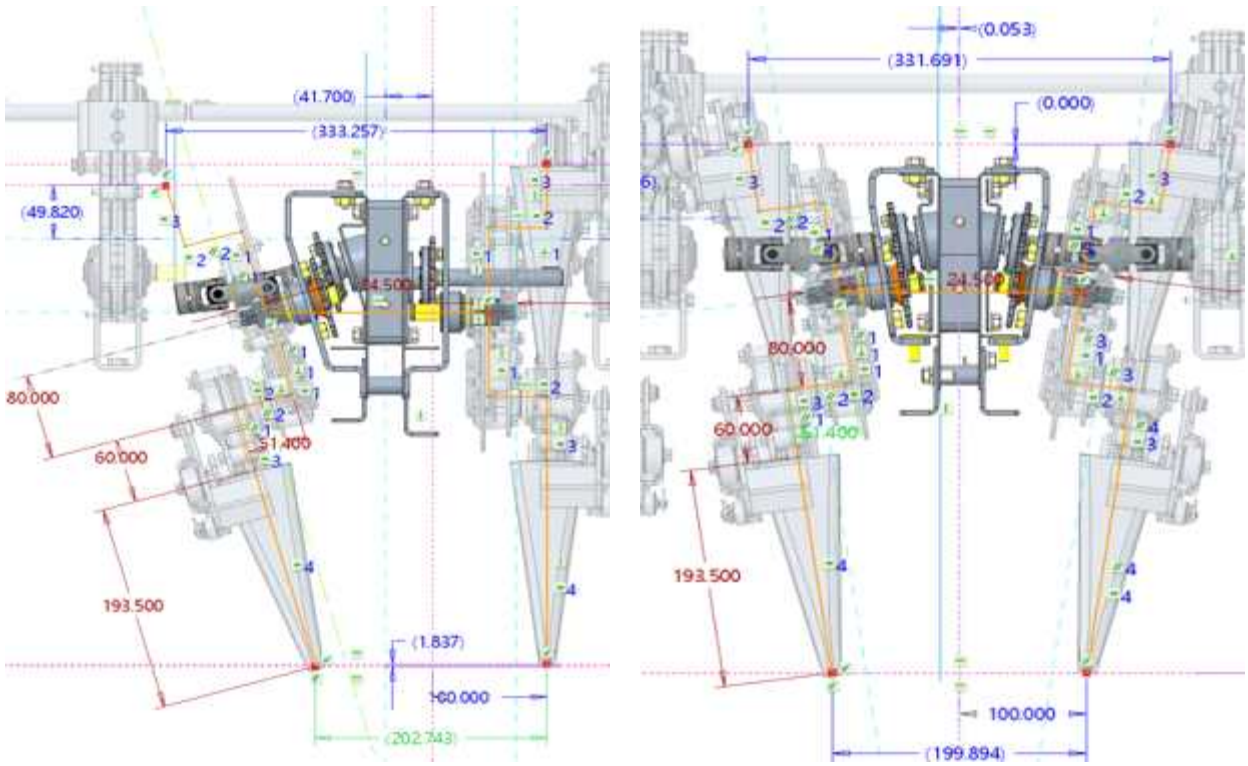
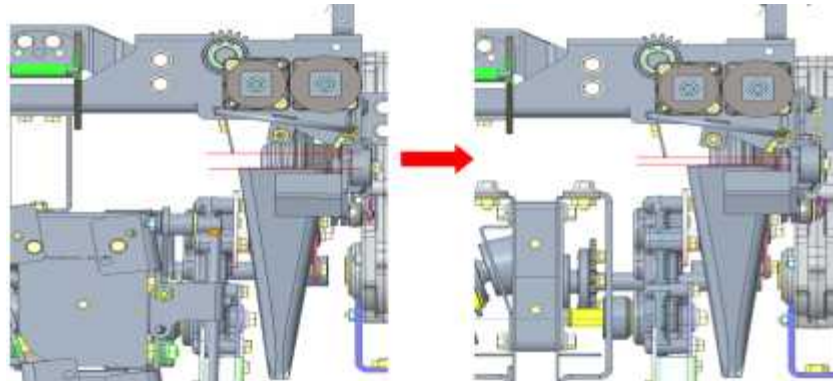
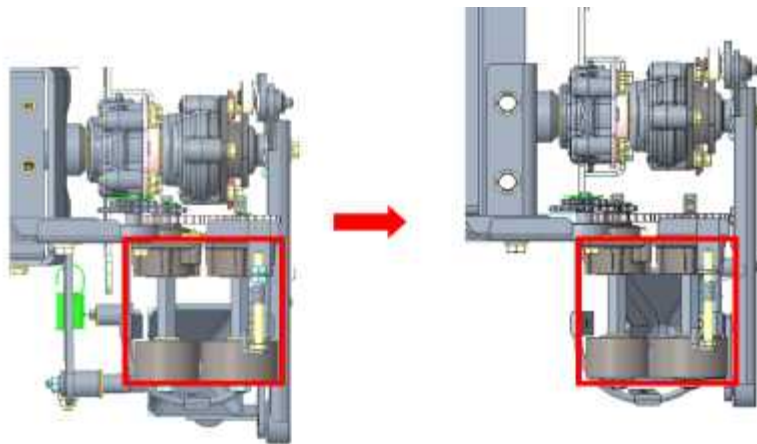


그림 180. 식부부 설계 검토



(a) 식부 호퍼 상사점 증가



(b) 호퍼 안으로 육묘 낙하시 공간 개선

그림 181. 설계 검토 후 개선 사항

다) 2차 PROTO 조립

필드테스트를 통해 발견된 문제점들을 개선하여 부품 제작 하였으며, 1차 PROTO 조립 과정에서 발생한 메커니즘에 영향을 주지않는 미미한 문제들은 기존 부품을 가공하여 사용하였다.

표 59 1차 PROTO 조립 문제점

문제점	해결방안	문제점	해결방안
 <p>1. 취출핀 텀부 길이 편차가 있어 조립 길이(길이 60mm)가 일정하지 않음</p>	-탭 길이 증가	 <p>· 소재 두께도 인해 탭 조립 불가</p>	-케이스 추가 가공
	-텐션암 위치 변경	 <p>1. 핑거 타이밍 오류</p>	 <p>-기어 조립 위상 변경</p>
 <p>· 취출축 조립 불가 (모델링 모양으로 가공 불가)</p>	 <p>-취출바디 구멍가공형태에 따라 취출축 조립부 변경</p>	 <p>· 취출핀이 완전히 빠지기 전에 트레이 종이송</p>	-종이송 캡 변경
 <p>· 케이스 내부 소재로 인해 베벨기어 조립 불가(가공 치수 도면 누락)</p>	 <p>도면 수정 및 직접 가공</p>	 <p>회전시 로드엔드 간섭</p>	 <p>-조립측 사각 가공부 길이 증가</p>
 <p>· 볼트들 조여도 고정 안됨 (플레이트 샐이 두꺼움)</p>	-플레이트 샐 제거	 <p>· 식부 최상승 위치와 모음이 떨어지는 위치 부적합</p>	-설계 재 검토하여 수정

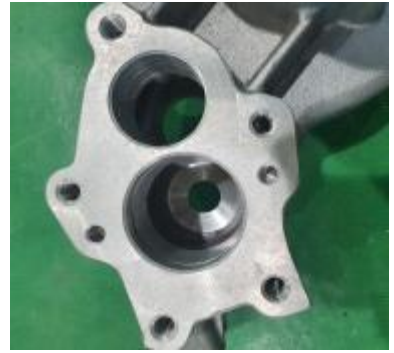


그림 182. 가공 및 제작 부품

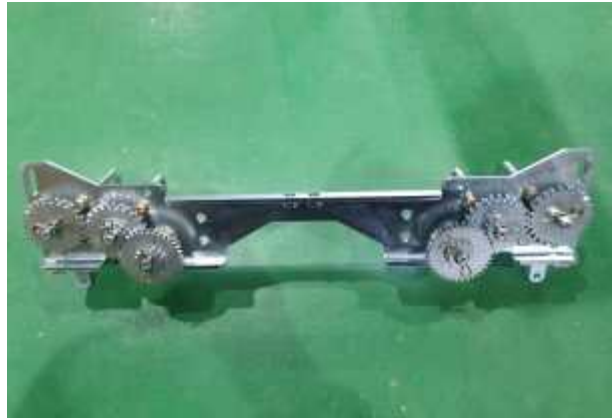
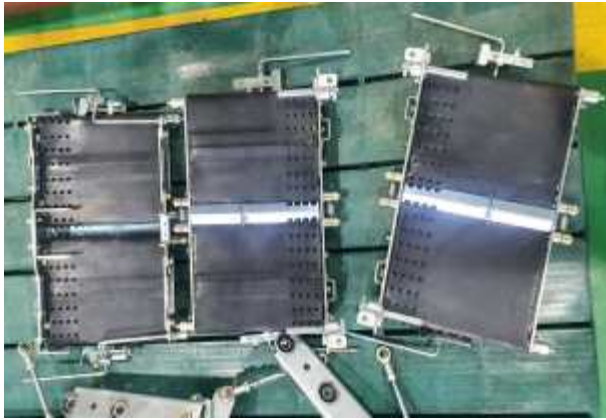


그림 184. 2차 PROTO 조립

4) 승용 양파 정식기 성능 평가

가) 1차 성능 시험

승용 양파 정식기의 공인 검정시험은 농업기술실용화재단에서 시행하였으며, 지난 2021년 11월 25일 강원도 춘천에 위치한 포장지에서 농업기술실용화재단 관계자 입회 하에 검정시험을 진행하였다. 시험 포장지는 300평(40x25m)의 규모에서 수행하였으며, 시험 포장지는 그림에서와 같다.



그림 185. 1차 시험 포장지

포장지 두둑 폭은 120cm, 고랑폭은 30cm로 형성하였으며, 양파 모종은 스트라이크 골드종으로 시험 기간에 맞추어 파종 업체에서 구매하였다. 구매한 모종은 농가에서 쓰고 있는 448공 육묘포트의 45~50일 생육되었으며, 모의 길이는 110mm로 전엽 하였다.

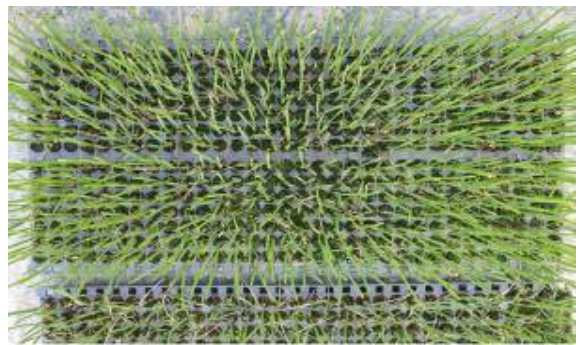


그림 186. 양파 모종 (스트라이크 골드)

정식기는 조간 거리 20cm, 주간 거리 160cm, 작업 속도는 0.16m/s로 설정하여 정식하였으며, 시험 결과 결주율 52.0% (총 25,740 개중/13,392개), 포장작업능률 135 분/10a로 나타났다. 결주의 원인으로서는 시험 포장지에 많은 돌로 인해 호퍼가 걸리며 부하 증가로 안전클러치 작동, 모 이송 로드 엔드 파손, 묘 취출부에서 식부부로 낙하시 육묘 이탈 등의 형태이다.



그림 187. 성능 시험 및 문제점 모습

1차 성능 시험에서 나타난 문제점의 주원인으로 파악된 안전클러치 장력을 조정하였으며, 묘 취출부에서 호퍼부로 낙하 시 육묘가 이탈하는 현상을 해결하기 위해 모 이종 집계 타이밍 및 호퍼 구동부 로터 케이스의 위상을 변경하여 보다 정밀하게 맞추었다.



그림 188. 문제점 보완

나) 2차 성능 시험

2차 성능 시험은 지난 2021년 12월 15일 날 모종, 두둑, 정식기 설정은 1차 성능 시험 때와 동일하게 진행되었다. 시험 결과 포장 작업 능률 106분/10a, 결주율 39.7%로 1차 성능 시험 대비 12.3% 감소하였다.



그림 189. 2차 성능시험 모습

벨트 이송 및 호퍼 구동부로 이송 타이밍은 잘 이루어졌으나 결주의 주원인으로는 토양 상태에 따른 식부 깊이 조정 센서 오작동으로 인해 토양 위에 식부침이 깊숙이 정식을 못하였으며 그 외 다음 육묘 포트가 이송될 때 기동 토크 증가로 인해 취출침이 육묘 포트 첫 줄의 구멍을 정확히 취출 못하는 것으로 파악되었다.

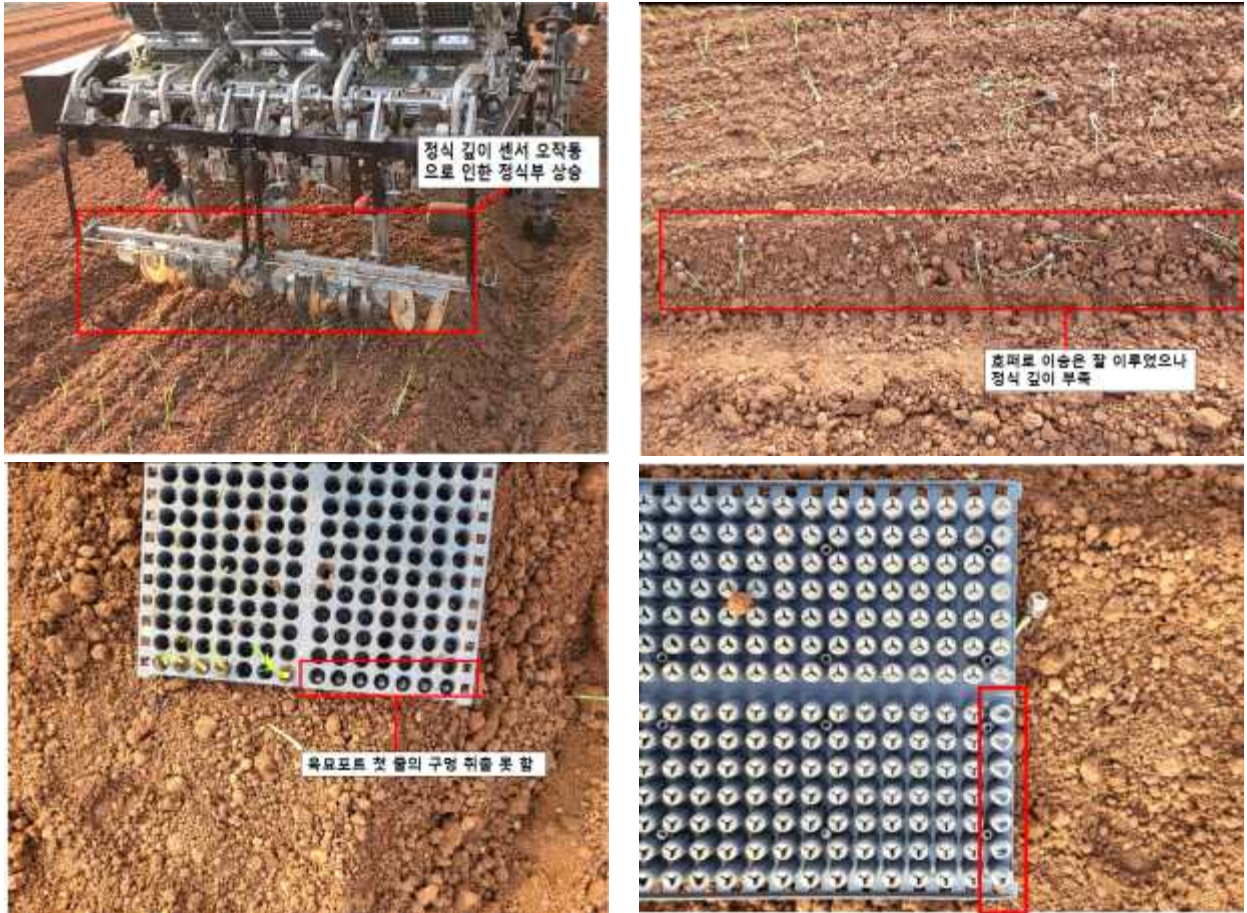


그림 190. 문제점 모습

□ 프로토라인(위탁기관)

5) 1차 시작부품 개선

가) 모종 전달 롤러 회전속도 증가

- 모종 전달 롤러는 정식부미선의 베벨기어에서 동력을 전달받아 회전하는 구조로
- 크랭크암에 의해 모종의 방향이 수직으로 바뀌면 롤러사이에 줄기가 끼어 강제로
- 식부호퍼에 전달하는 장치임
- 1차 시작품은 회전속도가 낮아 모종전달이 원활하지 않음
- 특히 식부의 경사각이 큰 1조, 6조에서 문제가 발생
- 기어의 모듈을 2에서 1.5로 변경하고 잇수를 증가시켜 기존대비 회전수 약 2.6배 증가

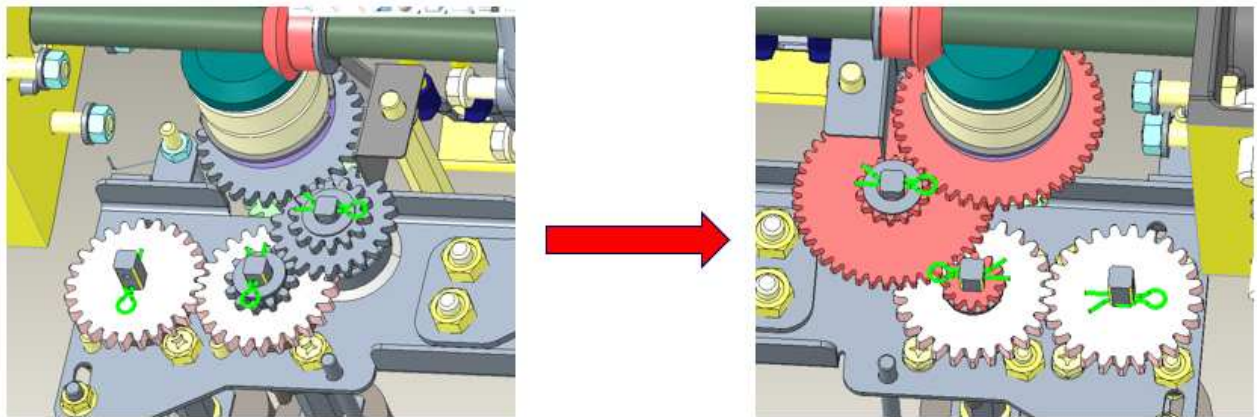
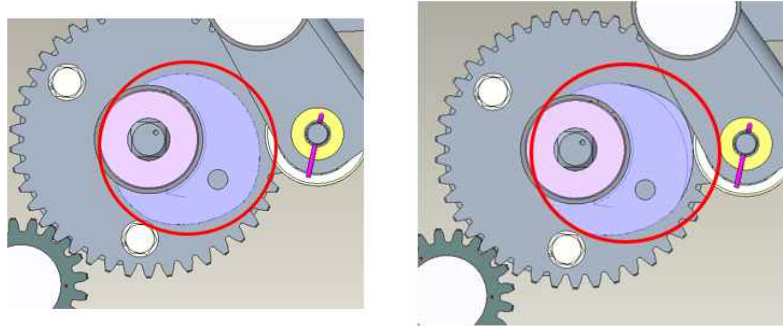


그림 191. 기어의 모듈 및 잇수 변경

나) 종이송캠 형상 변경

- 종이송캠은 종이송라켓의 상승, 하강타이밍을 결정, 종이송라켓이 트레이를 1줄 끌어내리도록 함
- 1차 프로토에서 취출핀이 완전히 후퇴하기 전에 트레이를 끌어내려 취출핀과 트레이 파손
- 취출핀과 종이송라켓의 타이밍을 분석
- 종이송캠을 변경하여 종이송라켓의 하강타이밍을 늦춤



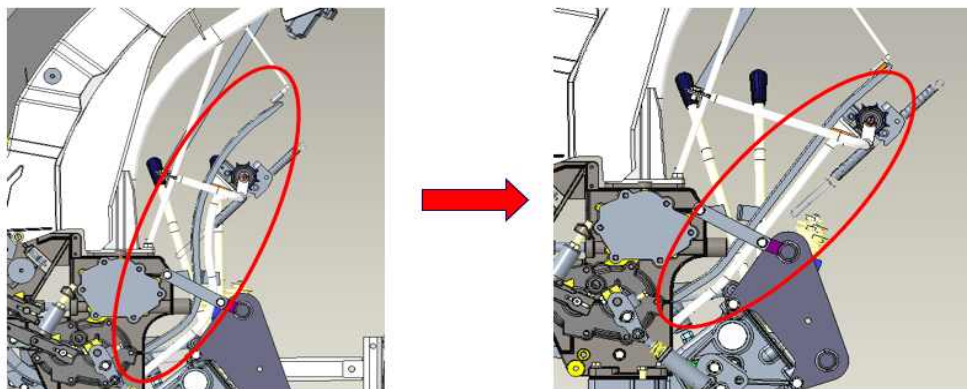
기존경로

경로 수정

그림 192. 종이송캠 타이밍 변경

다) 트레이 배출 경로 수정

- 모종이 모두 취출 된 트레이가 배출되는 곳으로 연속작업 시 종이송 되는 트레이에 의해 빈 트레이가 경로를 따라 뒤로 배출되는 구조임
- 1차 시작품은 경로가 트레이가 배출되기에는 곡선이 많은 부하가 큰 구조로 경로를 완만하게 조정하여 트레이가 원활하게 배출되도록 경로를 바꿈



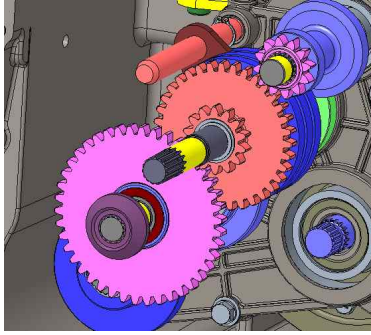
기존 경로

경로 수정

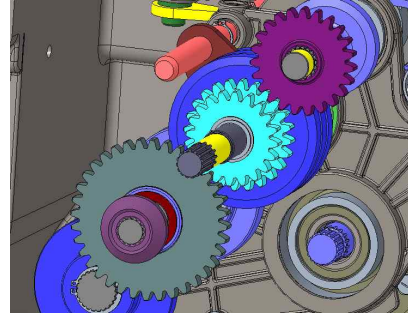
그림 193. 트레이 배출경로 변경

라) 정식부 과부하 원인 파악 및 개선

- 1차 시작품은 본기부에 연결하여 작동 시 본기부 PTO 케이스 내부 기어 파손
- 파손원인으로 정식부 PTO기어박스의 기어비가 2 : 1로 입력받은 동력을 급격하게 두배로 증가시켜 정식부를 작동시키기에 무리가 있음
- PTO기어박스를 1 : 2로 변경하여 구동토크를 감소시키고 감속된 회전수를 본기부의 기어비를 변경하여 증가시킴
- 식부감속기어 및 식부카운터 기어비를 변경하여 PTO 회전수를 약 3.7배 증가시킴



야채이식기

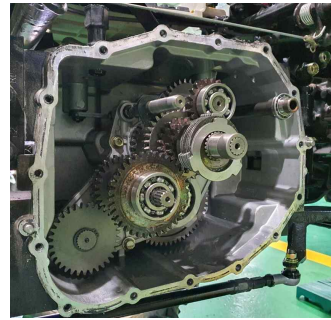


승용양파정식기

그림 194. 기어의 모듈 및 잇수 변경



승용양파정식기용 기어 제작



기어 조립

그림 195. 기어 시제품 제작 및 조립

표 60. 야채이식기 PTO 기어 회전수

식부	식부감속기어		식부카운터기어		식부출력베벨기어		식부밋선(주간변속)				식부 입력
	14	33	14	42	14	19	12	28	24	24	
							14	28	24	17	104.7
							12	28	33	17	144.0
							14	28	33	17	168.0
	704.6		234.9		173.1						

표 61. 승용양파정식기 PTO 기어 회전수

식부	식부감속기어		식부카운터기어		식부출력베벨기어		식부밋선(주간변속)				식부 입력
	23	24	20	36	14	19	12	28	24	24	
							14	28	33	17	542.0
							12	28	33	17	632.4
	1591.6		884.2		651.5						

6) 정식부 모종 이송부 구동 타이밍 분석

가) 정식부 동력 전달 구조

- 자주식 승용형으로 6조 양파 모종을 이식
- 본기부 PTO에서 정식부 미션, 식부구동케이스로 동력 전달
- 트레이에서 모종 취출 -> 벨트이송 -> 식부침이송 단계 타이밍 분석

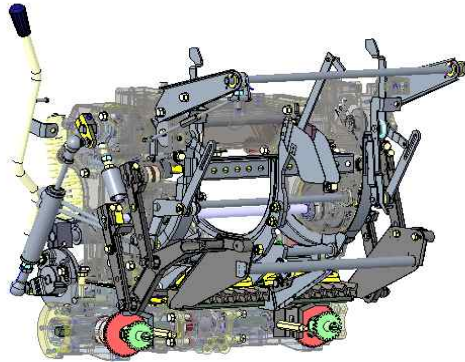


그림 196. 정식부 모종 이송부

나) 정식부 모종 이송부 타이밍 분석

- TYM에서 제공받은 설계 데이터를 통해 각부의 타이밍 분석
- 취출핀, 모이송핑거, 벨트이송암, 종이송라켓 4개부 타이밍 분석

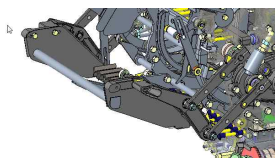
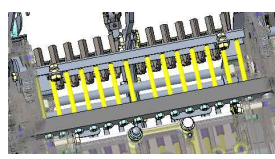
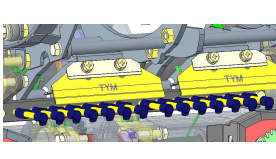
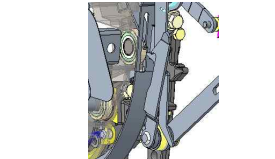
모이송핑거	취출핀	벨트이송암	종이송라켓
			

그림 197. 타이밍 분석 요소

다) 각부분의 기능

- 모이송핑거 : 상승 시 트레이에서 취출된 모종을 받아 하강 시 벨트로 이송
- 취출핀 : 트레이의 모종을 모이송핑거로 전달, 총14개의 핀으로 구성되어 있으며 모이송핑거가 상승하여 정지 상태일 때 취출되고 트레이가 종이송 하기전에 후퇴함
- 벨트이송암 : 모이송핑거가 완전히 하강할 때 작동되며 모종을 벨트위로 안착시키는 역할을 함
- 종이송 라켓 : 트레이를 1칸씩 종이송시킴, 취출핀이 완전히 후퇴 후 트레이를

종이송 되어야 트레이가 파손되지 않음

- 모이송핑거 상승 -> 취출핀 압출 -> 모이송핑거 하강 -> 취출핀 후퇴 -> 종이송 라켓 상승 및 하강 -> 모이송핑거 하강 시 벨트이송암 작동
- 타이밍 분석은 Creo 메커니즘을 이용하여 분석함
- 스프링 압축링크에 동력을 전달하는 축을 기준으로 1회전시 1사이클임

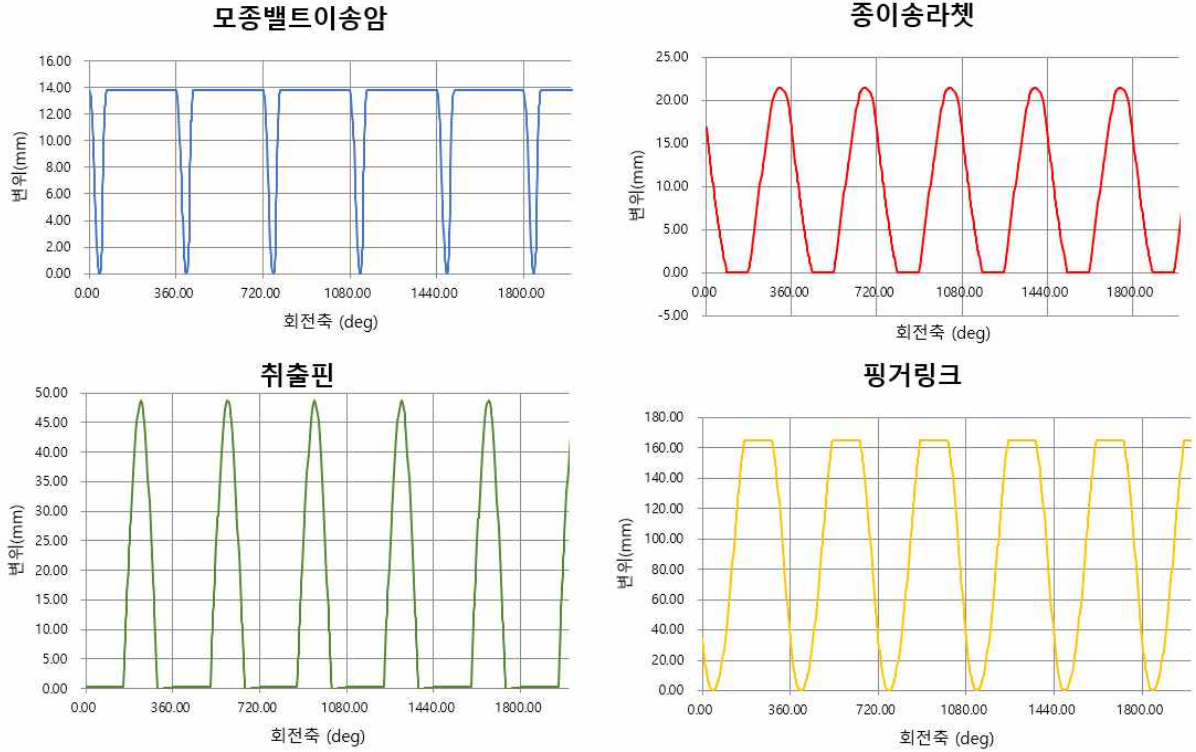


그림 198. 모종이송부 타이밍 분석

정식부 모종 이송부 타이밍 분석

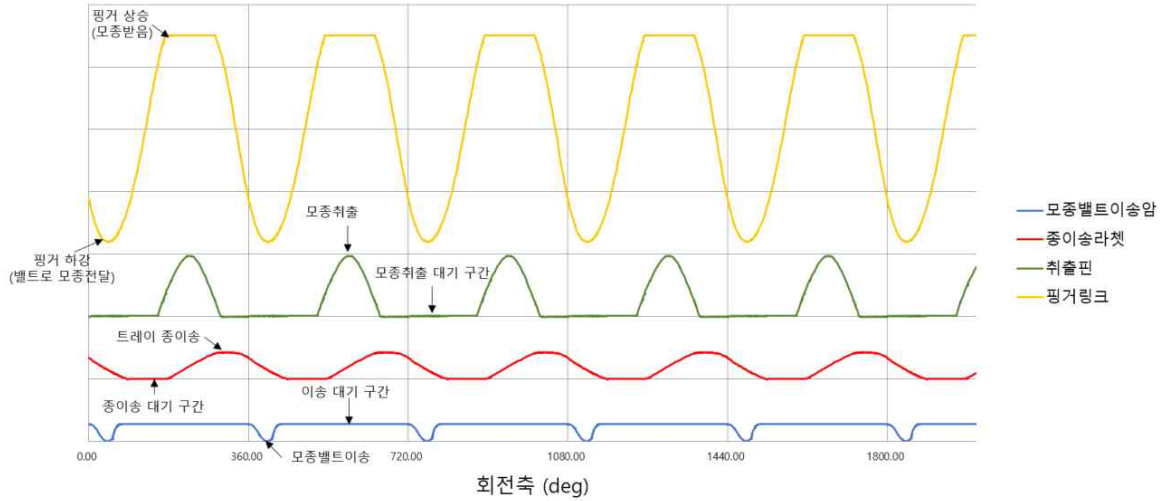


그림 199. 모종이송부 타이밍 분석

라) 정식부 모종 이송부 타이밍 분석 결과

- 핑거링크와 취출핀은 링크구조, 종이송라켓과 모종밸트이송암은 캠구조
- 핑거링크와 취출핀은 링크 구조로 정지 구간을 만들어주기 위해 스프링압축 링크를 사용
- 핑거가 완전히 상승하면 취출핀이 압출되고 취출핀이 완전히 후퇴하면 종이송 시작

7) 주간거리에 따른 식부침 궤적운동 분석

가) 식부부 동력 전달 구조

- 본기부 PTO에서 정식부 미션, 식부구동케이스로 동력을 전달
- 체인케이스에 2개의 2단 로터리 케이스로 구성되어 있으며 3개의 체인케이스로 구성
- 기어로 동력을 전달하여 링크 구조의 식부부보다 작업속도가 빠른 장점을 가지고 있지만 구조상 조간거리가 증가하는 단점이 있음
- 체인케이스의 식부침은 180° 위상차로 회전

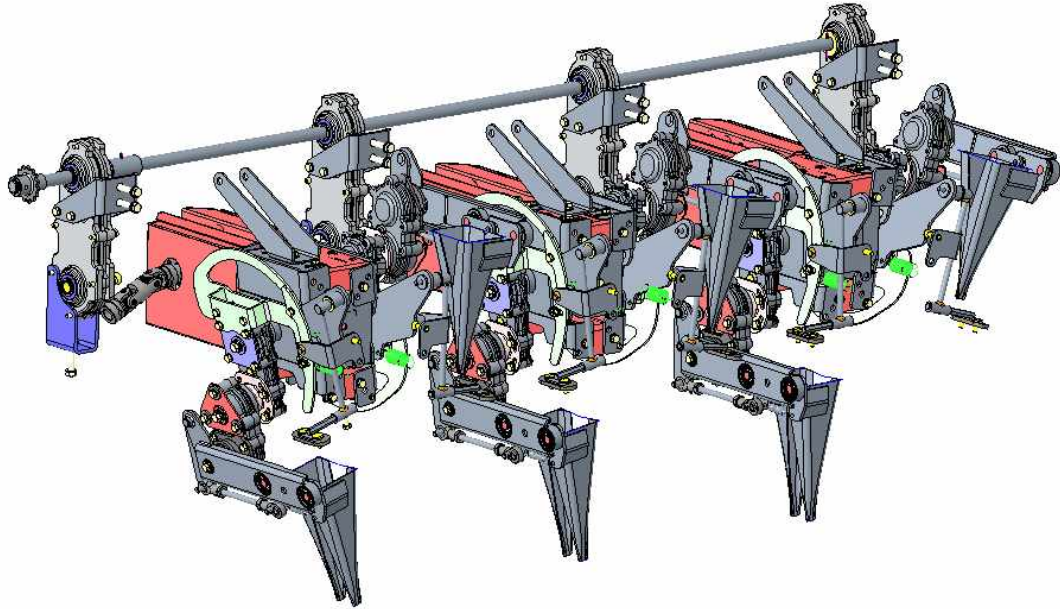


그림 200. 승용양파정식기 식부부

나) 식부부 궤적 분석

- 정지 궤적 및 주간거리에 따른 작업 시 궤적 분석
- 궤적 분석은 Creo 메커니즘을 이용하여 분석함
- 주간거리는 8.2cm, 9.5cm, 11.2cm, 13.1cm, 15.8cm, 18.5cm로 총 6단으로 구성됨
- 작업속도는 최고속인 0.24m/s로 설정하고 주간거리에 따라 식부부 입력 rpm를 설정하여 분석 수행

표 62. 주간거리별 식부 입력 rpm

식부	식부감속기어		식부카운터기어		식부출력베벨기어		식부밋션(주간변속)				식부입력 (rpm)	주간거리 (cm)
		23	24	20	36	14	19	12	28	24	24	279.2
							14	28	24	24	325.8	15.8
							12	28	24	17	394.2	13.1
	1591.6		884.2		651.5		14	28	24	17	459.9	11.2
							12	28	33	17	542.0	9.5
							14	28	33	17	632.4	8.2

다) 식부부 궤적 분석 결과

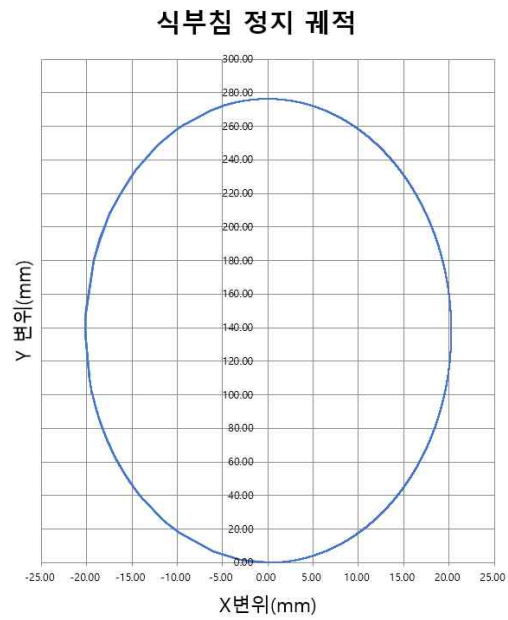


그림 201. 식부침 정지 궤적

- 정지 궤적

- 타원형의 궤적 : 2단 로타리 방식으로 작동되어 타원형의 궤적생성
- 세로방향 최대 변위 : 약 276mm, 가로방향 최대 변위 : 40mm

- 작업 궤적

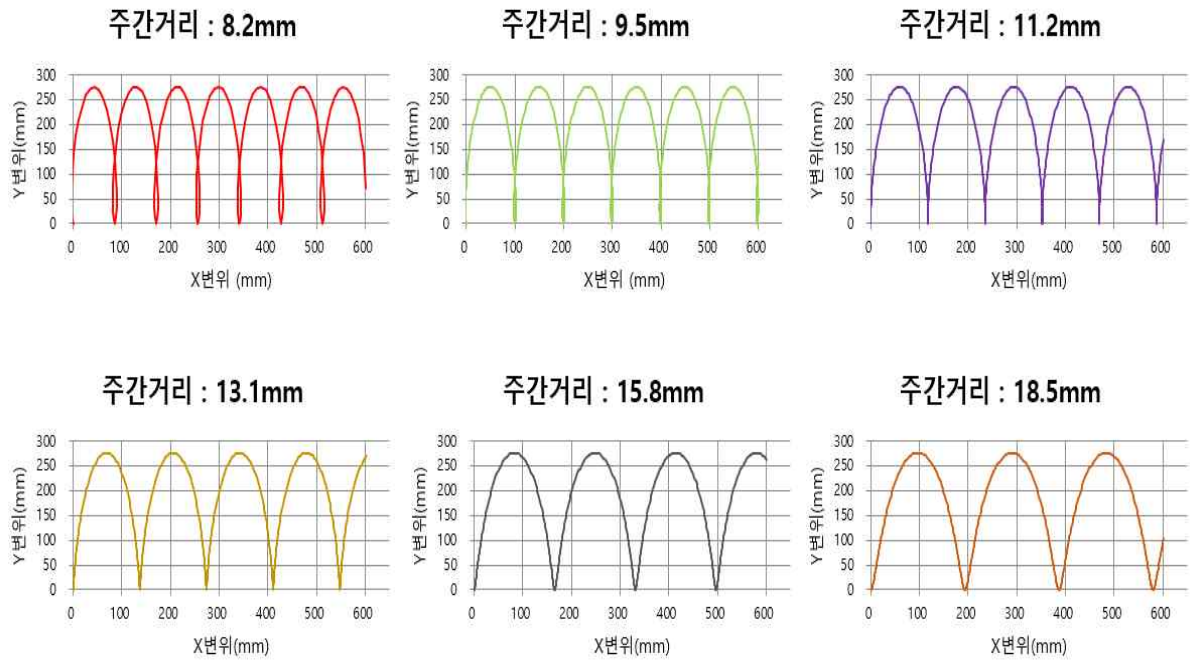


그림 202. 식부침 주간거리 궤적

- 궤적 분석 결과 주간거리 15.8cm, 18.5cm는 정식 자세 불량 및 결주율 발생 가능성 높음
- 주간거리 8.2cm, 9.5cm, 11.2cm가 정식작업 시 이식자세가 양호 할 것으로 판단됨
- 주간거리가 20cm이므로 밀식재배를 선호하는 국내 재배환경에서 주간거리 18.5cm는 거의 사용되지 않을 것으로 판단됨

□ 충남대학교(위탁기관)

8) 통합 시작품 안정성 해석

가) 회전 안전성 분석

(1) 무게중심 계산

전도 안정성은 농기계 위험을 초래하는 요인 중 사용자 안전에 중요한 영향을 미친다. CG(무게중심) 좌표 계산, 횡방향 전도 각도 추정, 정적 또는 동적 전도 각도의 시뮬레이션과 검증은 안정성 분석의 중요한 단계이다. 오프로드 농기계의 식별된 정적 횡방향 전복 각도에 대한 문헌 조사 결과가 다음 표에 제시되었습니다.

표 63. 오프로드 농기계의 횡방향 전도각 문헌 조사 결과

Rollover angle of off-road agricultural Machinery	Lateral rollover		Reference
	Left	Right	
Tractor mounted baler system	19.5°	19.5°	Hong et al., 2017
Chinese cabbage harvester	32°	30°	Ali et al., 2021
Tractor mounted onion harvester	26.74°	38.07°	Choi et al., 2017
Tractor mounted Chinese cabbage harvester	33.2°	45.6°	Jang et al., 2021
Terrain vehicles (Honda Rubicon TRX 500)	41.3°	33.7°	Ayers et al., 2018
Off-road utility vehicles (Polaris Ranger)	46.2°	37.7°	Ayers et al., 2018
Lawn tractors (Kubota BX2200)	40°	36.4°	Ayers et al., 2018

무게중심(CG)은 물체의 전체 질량이 작용하는 가상의 지점이다. 그림과 같이 CG의 전이를 계산하고 관찰하기 위해 양파 정식기의 개략적인 모델이 구축되었다. 먼저 4륜 차량의 CG가 계산되었다. 그 다음 차량과 정식 부품을 통합해 시스템의 CG를 계산했다. 그림에 따르면 차량-정식부 시스템은 프론트 및 리어휠의 좌측 및 우측 하중, 프론트 및 리어 휠베이스의 반경, 프론트 및 리어 액슬간 거리, 후차축부터 3점 히치까지의 거리, 3점 히치로부터 무게중심까지의 거리로 구성되어 있다. 본 연구에서는 4륜 차량과 양파 정식 시스템의 CG좌표를 ISO 2012와 이전 연구 방법에 따라 계산하였다 (Chowdhury et al., 2020).

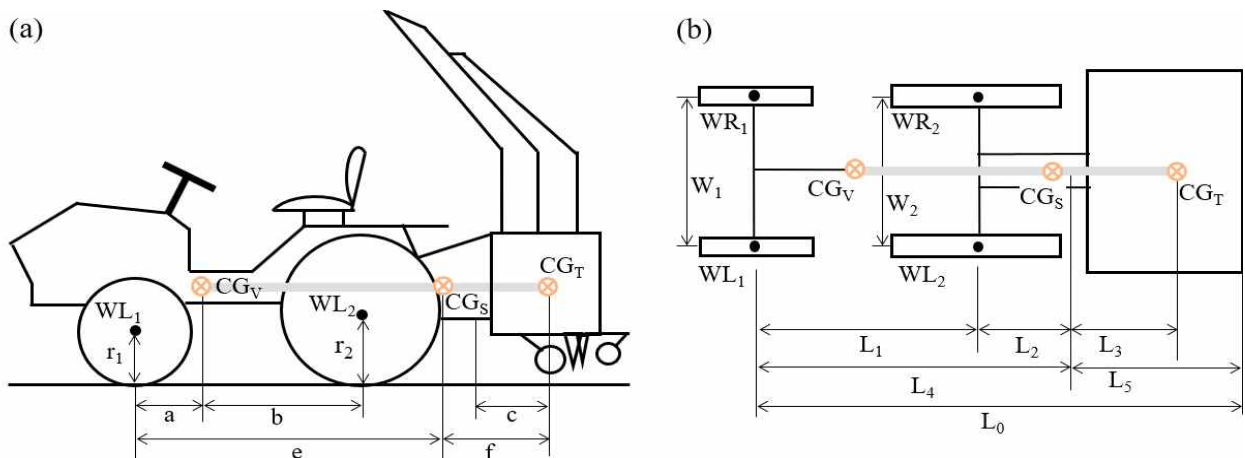


그림 203. 양파 정식기 시스템 모델 개략도: 측면도(a) 및 평면도(b)

양파 정식 부분은 사륜본체 차량에 탑재되었기 때문에 CG 계산 과정에서 전체 시스템이 하나의 몸체로 간주되었다. 정식기 미장착 4륜 차량의 질량 분포는 CG 좌표를 계산하기 위해 사용된 표에 요약되어 있다. 아래 수식들은 각각 차량과 통양파 정식 시스템의 CG를 결정하는 데 사용되었다. 이론적 전도 각도는 CGS 좌표(X_S , Y_S , Z_S), 축간거리(L_1) 및 편향각(γ)을 결합한 식을 사용하여 결정되었다.

$$\begin{aligned}
 X_V &= ((W_{VR2} + W_{VF2}) \times L_1) / W_V \\
 Y_V &= X_V \times \tan\delta - (W_{(F/R)2f1} \times (L_1 \times \cos\delta + (r_2 - r_1) \times \sin\delta)) \div W_V \times \sin\delta \\
 Z_V &= (W_{VR1} \times W_{VF1} + W_{VF2} \times (W_1 + W_2)/2 + W_{VR2} \times (W_1 + W_2)/2) / W_V \\
 X_S &= ((W_{SR2} + W_{SF2}) \times L_1) / W_S \\
 Y_S &= X_S \times \tan\delta - (W_{(F/R)2f1} \times (L_1 \times \cos\delta + (r_2 - r_1) \times \sin\delta)) \div W_S \times \sin\delta \\
 Z_S &= (W_{SR1} \times W_{SF1} + W_{SF2} \times (W_1 + W_2)/2 + W_{SR2} \times (W_1 + W_2)/2) / W_S \\
 \zeta &= \tan^{-1}(((L_1 - X_S) \times W_1 + 2Y_S \times L_1) / Z_S \times (2L_1 \times \cos\gamma - 2 \times \sin\gamma) + TH \times (W_1 \times \sin\gamma - 3X_S \times \cos\gamma + 2Y_S \times \sin\gamma))
 \end{aligned}$$

표 64. 무게중심(CG) 계산에 사용되는 차량 및 차량-정식부 질량 분포

Mass of four-wheel vehicle (kg)			Mass of four-wheel vehicle with transplanter (kg)		
Mass of left front wheel	(W_{VF1})	250	Mass of left front wheel	(W_{SF1})	78
Mass of right front wheel	(W_{VF2})	237	Mass of right front wheel	(W_{SF2})	64
Mass of left rear wheel	(W_{VR1})	32	Mass of left rear wheel	(W_{SR1})	411
Mass of right rear wheel	(W_{VR2})	56	Mass of right rear wheel	(W_{SR2})	405
Total mass	(W_V)	575	Total mass	(W_S)	958

(2) 횡방향 및 종방향 전도 각도 계산

Liljedahl 등(1989)이 보고한 수학적 절차를 사용하여 후방 차축 앞 수평 방향(X_{cg})과 지면 위 수직 방향(Z_{cg})에 있는 차량의 적재되지 않은 무게 중심을 계산하였다. 이것은 ISO (2015)에서 제공한 것과 동일한 무게중심 계산이었다.

$$\begin{aligned}
 X_{cg} &= \frac{R_f L}{W_t} \\
 \Delta r &= r_r - r_f \\
 L' &= \sqrt{L^2 + (\Delta r)^2 - (n - r_r)^2} \\
 \tan\lambda_1 &= \frac{(n - r_r)}{L'} \\
 \tan\lambda_2 &= \frac{\Delta r}{L} \\
 \lambda &= \lambda_1 - \lambda_2 \\
 h &= \frac{W_t l - R_f' L}{W_t \tan\lambda} - \frac{R_f' \Delta r}{W_t} \\
 Z_{cg} &= r_r + h
 \end{aligned}$$

$$\text{Longitudinal stability angle} = \tan^{-1}\left(\frac{X_{cg}}{Z_{cg}}\right)$$

$$\text{Lateral stability angle} = \tan^{-1}\left(\frac{TW}{2 \times Z_{cg}}\right)$$

표 65. 종방향 횡방향 전도각 계산에 사용된 변수의 표기, 정의, 단위

Annotations	Unit	Mass conditions	Normal (Kg)	Lifted (kg)
Weight, W_t	1,265 kg	Transplanter		
Wheel base, L	120 cm	Weight in left front wheel	198	124
Wheel track	140 cm	Weight in right front wheel	153	95
Front wheel radius, r_f	32 cm	Weight in left rear wheel	385	464
Rear wheel radius, r_r	47 cm	Weight in right rear wheel	409	462
Front tread width	8 cm	Transplanter + Operator		
Rear tread width	15 cm	Weight in left front wheel	230	149
Front & rear tire radius diff.	7 cm	Weight in right front wheel	187	120
Force under the front axle, R_f		Weight in left rear wheel	397	481
Horizontal distance between the front and rear axles when lifted, L'	120 (TOL) 121 (TO) 122 (T)	Weight in right rear wheel	411	475
		Transplanter + Operator + Load		
Height of the lifted vehicle from the front axle to the ground, n	89 (TOL) 90 (TO) 91 (T)	Weight in left front wheel	246	164
		Weight in right front wheel	203	136
Weight of driver	80 kg	Weight in left rear wheel	401	487
Weight of specified load	40 kg	Weight in right rear wheel	415	478
Height between trans. to ground	48 cm			

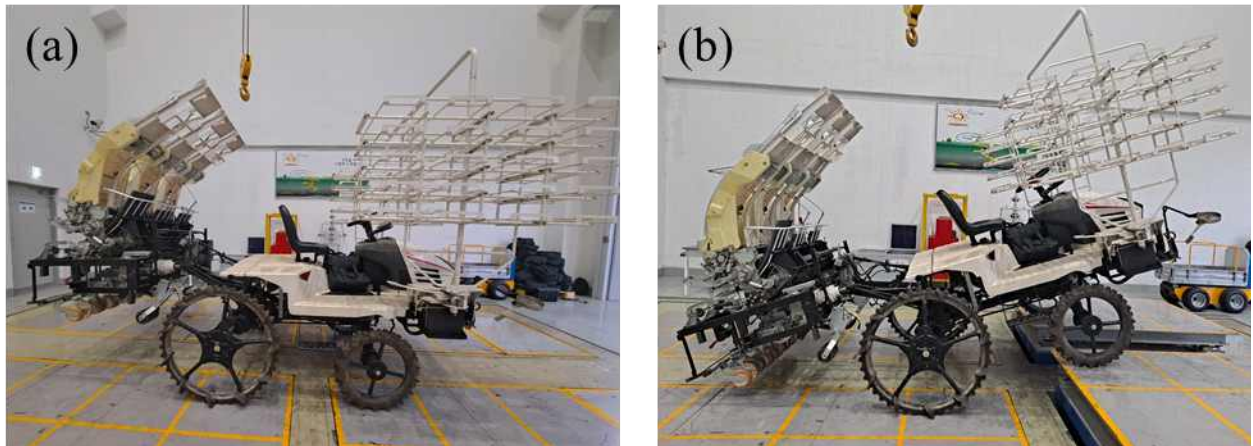


그림 204. 평지 조건(a)과 경사 조건(b)에서 각 휠에 작용하는 양파 정식기의 질량 측정

(3) 시뮬레이션 및 검증을 통한 전도각 결정

상용 소프트웨어(Recurdyn V9R4, FunctionBay, Gyeonggi-do, Republic of Korea)를 사용하여 양파 정식기의 횡방향 및 종방향 전도 각도를 결정하기 위해 시뮬레이션을 수행하였다. 이러한 목적을 위해 양파 정식기의 실제 치수에 따라 3-D 모델을 작성하였다. 필요한 파라미터는 시뮬레이션을 시작하기 전에 소프트웨어에 설정하였다. 시뮬레이션 및 검증 테스트에 고려된 요인은 종방향 및 횡방향 전도, 하

중 조건(즉, 양파 정식기, 운전자가 있는 양파 정식기, 양파 모와 운전자 질량이 있는 양파 정식기), 정식기 위치(지면에 놓인 위치, 최대로 상승한 위치) 등 이었다. 양파 정식기의 종방향 및 횡방향 전도시험은 익산에 위치한 농업기술실용화재단(FACT)에서 실시하였다. 각 조건에 대해 세 번씩 반복하였다. 양파 정식기의 각 바퀴에 있는 질량은 별도로 측정되었다. 양파 정식기의 기하학적 크기 또한 저장하였다. 여기서는 작업자 질량(80 kg)과 운반 모 질량(40 kg)을 외부 하중으로 고려하였으며, 다음 그림은 안정성 테스트의 시뮬레이션 및 검증을 보여주고 있다.

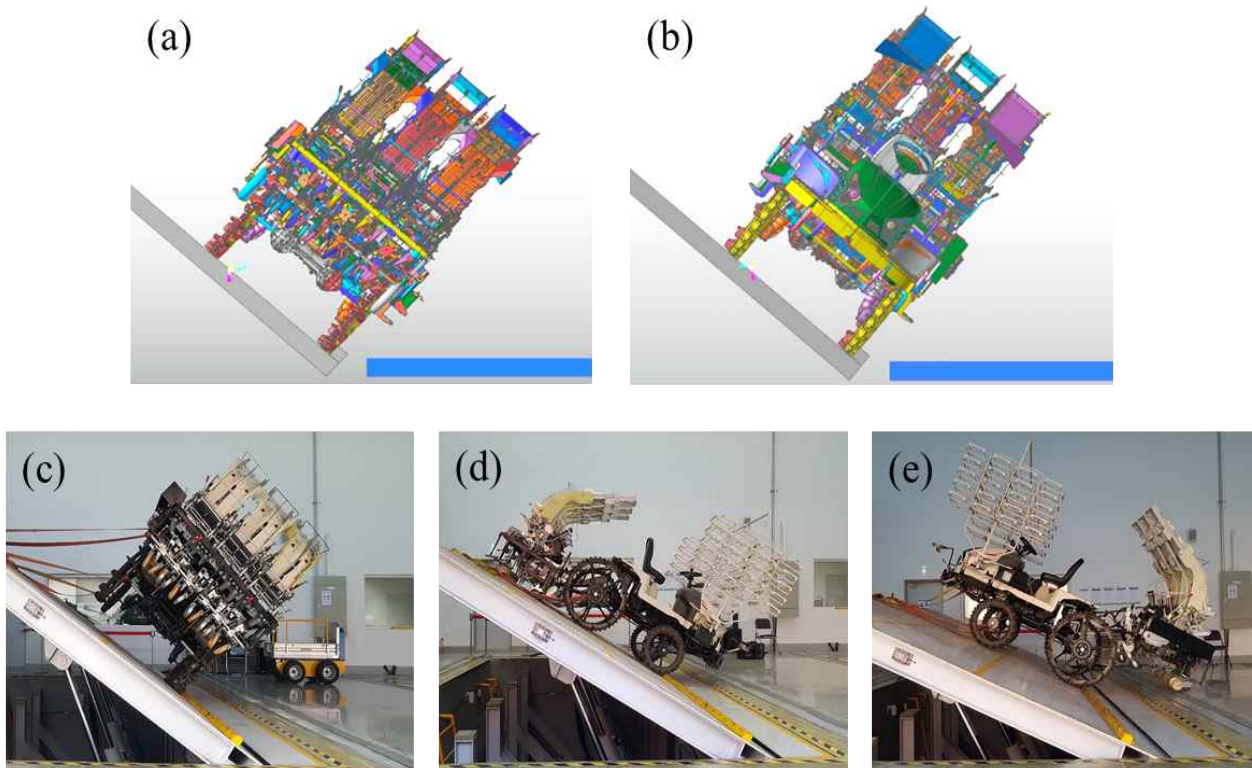


그림 205. 횡방향 및 종방향 전도 안정성 시험: 우측 (a) 및 좌측 (b) 전복 시뮬레이션, 하중 조건 없이 양파 정식기 시스템의 우측 (c), 전면 (d) 및 후면 (e) 롤오버 검증 시험

양파정식기 동적 안정성은 각도 센서(SST300, Shanghai Vigor Technology Development Co., Ltd. Shanghai, China)를 활용하였다. 아래 그림과 같이 각도 센서로 X-축, Y-축 각도를 측정하였다. 운전자 좌석 아래에 각도 센서 1개를 설치하여 주행 안정성을 검토하고자 하였으며, 운전자 신체의 좌우 기울어짐을 측정하고자 하였다. 별도의 센서를 정식기 중심부에 장착하여 농경지 주행 및 작업 중 좌우 기울어짐을 측정하였다. 본 연구에서는 농경지, 비포장 도로, 아스팔트 포장 도로에서 두 속도(저속 0.12 m/s 및 고속 0.24 m/s)에서 측정하였으며, 6수준의 처리에 대하여 3반복하였다.



그림 207. 농경지에서의 동적 안정성 검토 시험 장면

(4) 질량에 따른 무게 중심

사륜 차량(CGV: XV , YV , ZV)과 양파 정식 시스템(CGS: XS , YS , ZS)의 CG는 방정식을 사용하여 계산되었다. 사륜차 중량은 575kg으로 이 중량의 84.70%, 15.30%가 앞바퀴와 뒷바퀴에 의해 각각 지지되었다. 앞바퀴는 차량의 엔진이 앞쪽에 놓이면서 질량의 대부분을 감당하였으며, 양파정식기 시스템의 총 측정 질량은 958kg으로, 이 중 14.82%가 앞바퀴에, 85.18%가 뒷바퀴에 배분되었다. 차량 앞뒤 차축의 좌우 바퀴와 양파 정식장치 사이의 질량비는 각각 51.33:48.67과 36.36:63.64로, 54.93:45.07과 50.37:49.63으로 각 차축이 거의 대칭이었다. 사륜차(XV , YV , ZV)의 CGV 좌표는 495, 370, 625mm, 양파정식장치(XS , YS , ZS)의 CGS 좌표는 각각 587, 215, 621mm. 사륜 차량에 정식부를 추가한 후 CG가 후방(후방 축 근처)으로 이동하면서 최저지상고가 줄어들었다. 트랙터에 장착된 수확기, 수집기, 또는 베일러부에 대한 연구에서도 유사한 결과가 관찰되었다(Jang et al., 2021; Hong et al., 2017).

(5) 물리적 특성에 대한 종방향 및 횡방향 전도 각

본 연구에서는 부착된 정식기의 하중 조건 및 위치를 고려하여 시뮬레이션을 통해 횡방향 및 종방향 전도 각도를 결정하고 테스트를 통해 검증하였다. 양파 정식기의 물리적 특성을 고려해 계산한 가로(오른쪽, 왼쪽)와 세로(앞, 뒤) 전도 각도는 38°, 34°, 29°, 23°이었다. 양파 정식기의 대칭적 구조 때문에, 모든 고려된 조건에서 좌우 회전 전도 각도 차이가 2°~4° 정도로 관찰되었다. 마찬가지로, 종방향(앞면 및 뒷면) 전도에 대해 5°에서 8°의 전도 각도 차이가 관찰되었다. 시뮬레이션과 검증 테스트 간에 유사한 전도 추세가 관찰되었다. Chowdhury 등(2020)은 사용자 안전성 보장을 위해 트랙터 장착 무 수집기의 측면 안정성을 분석했고 시뮬레이션과 검증

사이의 5° 각도 차이와 비대칭 구조의 경우 오른쪽과 왼쪽 회전 사이의 약 15° 각도 차이를 발견하였다. 다음 그림은 부착된 정식기의 하중 상태와 위치를 기준으로 횡방향 및 종방향 전도 각도를 보여준다.

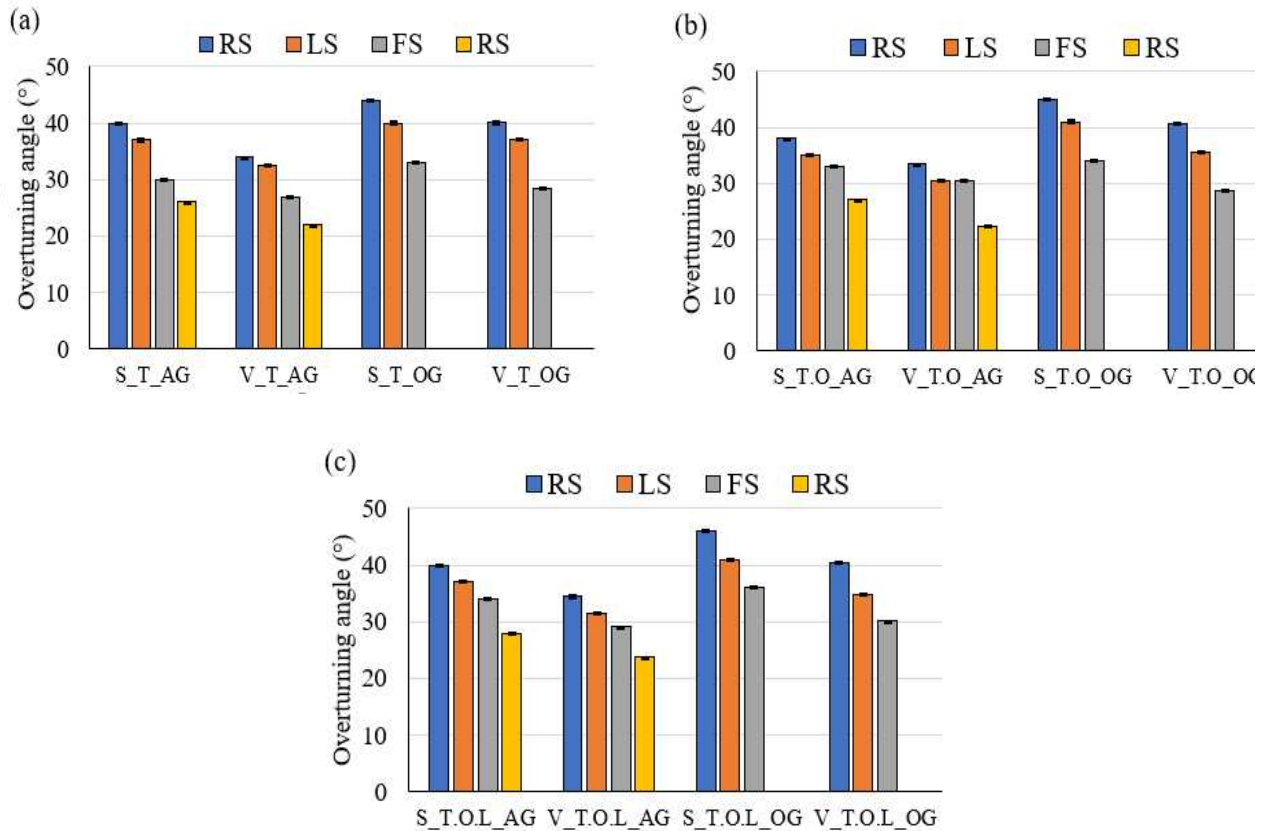
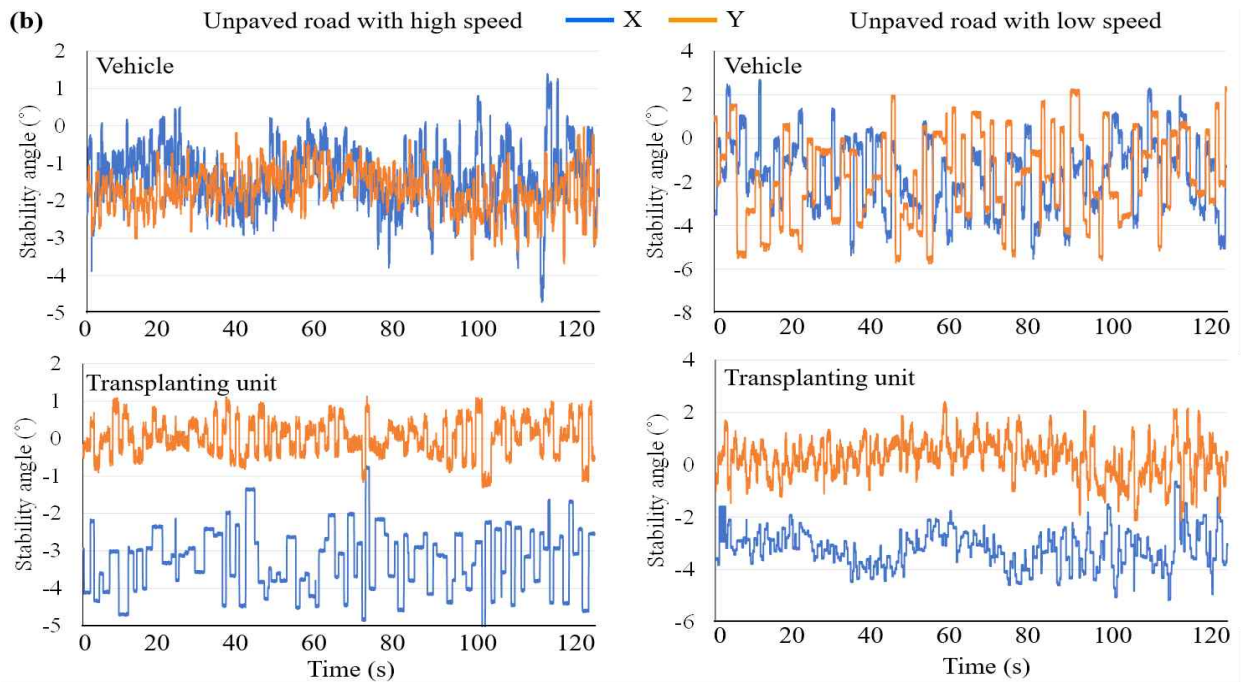
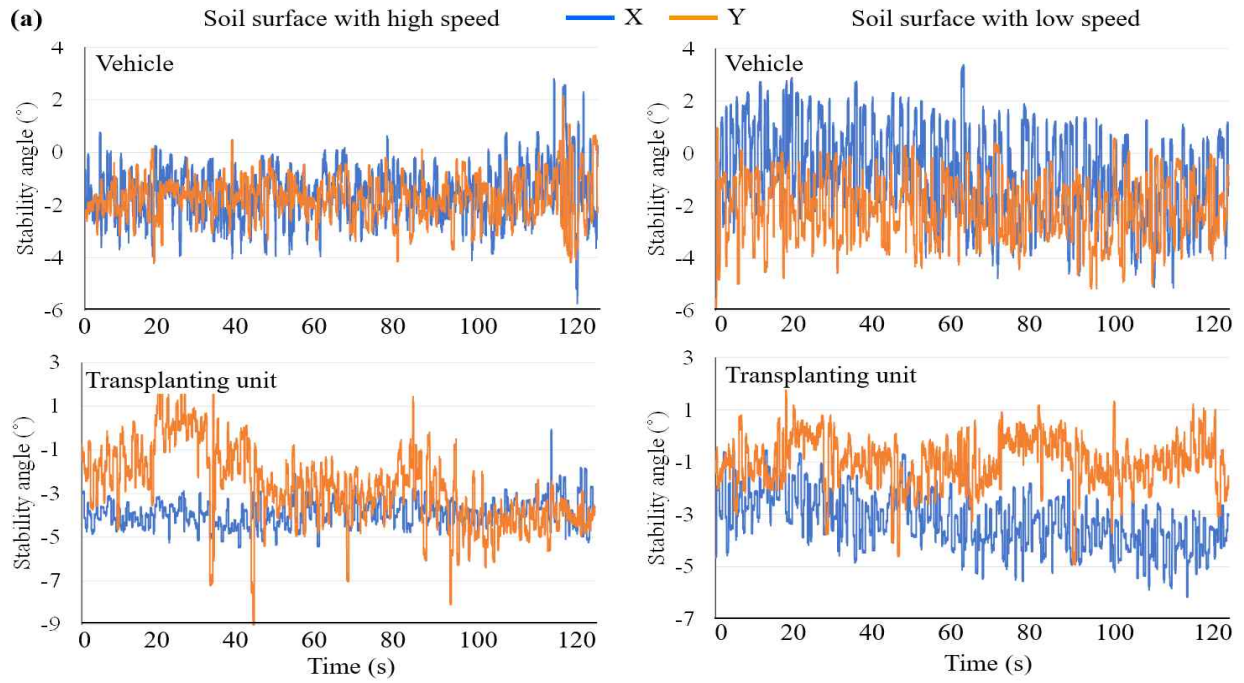


그림 208. 다양한 하중 조건 및 위치에서 양과 정식 시스템의 종방향 및 횡방향 전도 각. 여기서 RS: 오른쪽, LS: 왼쪽, FS: 앞면, RS: 뒷면, S_T_AG, V_T_AG, S_T_OG 및 V_T_OG: 정식 부분이 '위' 및 '지상'(a)일 때 양과 정식기의 안정성 각도를 시뮬레이션하고 검증함. 비슷하게, T.O는 오퍼레이터가 있는 양과 정식기, 그리고 T.O.L은 조작자와 추가 모종이 있는 양과 정식기를 나타냄

(6) 경사각 센서를 활용한 동적 전도각

서로 다른 주행표면 및 주행속도에 대하여 아래 그림과 같이 각도 변화를 나타내었다. 농경지를 주행 시 본체 및 정식부의 각도변화는 두 속도에 대하여 각각 4° 및 6°이었다. 비포장 도로에서는 본체는 4° 정도의 각도 변화를 보였으며, 정식부는 이보다 낮은 2° 수준의 각도변화를 보였다. 아스팔트 포장 도로에서는 유사한 경사각을 보여주었다. 얻어진 경사각 센서 신호 패턴이 각 조건에 대하여 약간의 차이가 있었으나 각 속도 수준에서의 유의한 차이는 없었다.



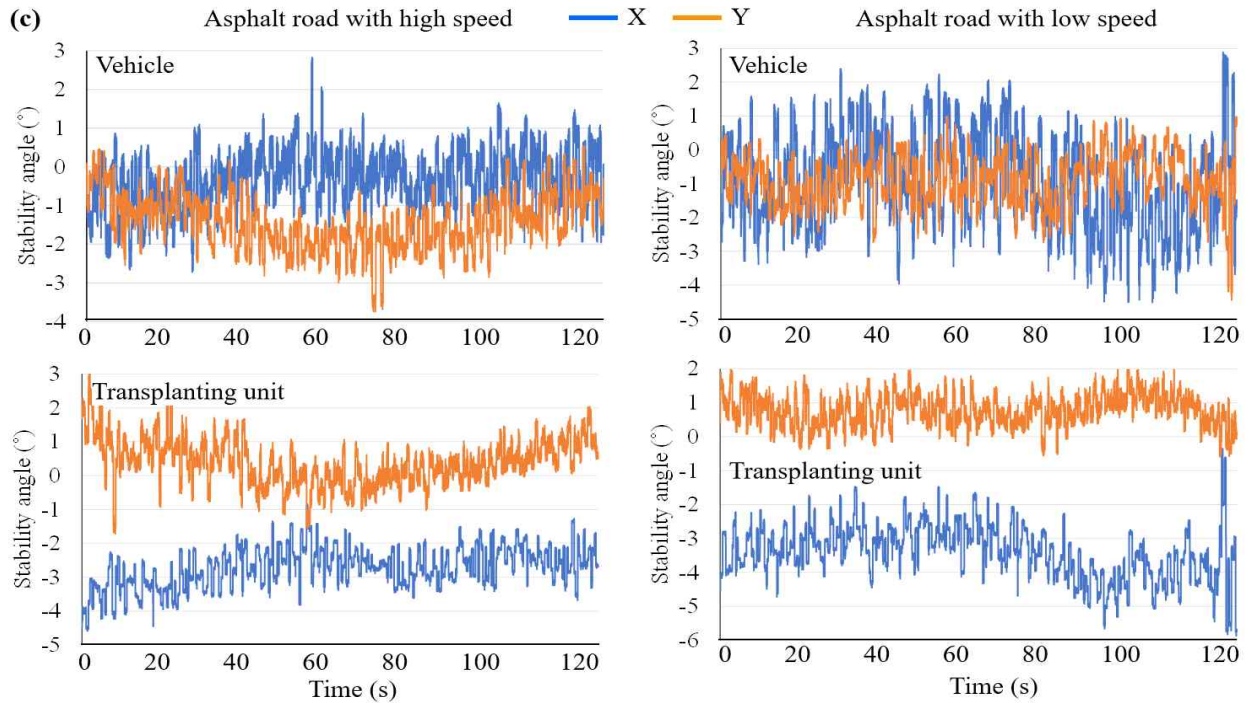


그림 209. 고속 및 저속에서의 양과 정식기 동적 안정성 측정 결과: 농경지 (a), 비포장 도로 (b), 아스팔트 도로

ISO 16251-2(2015)에 따르면, 전도 각도의 허용 범위는 다양한 오프로드 농업용 차량에 기초하여 15°에서 45°까지 다양하다. 또한 한국과 일본의 농기계 가동은 15° 미만의 경사도가 허용된다. 본 연구에서 전도 각도는 31°에서 51°까지의 범위를 가졌다. 부하 조건의 변화로 인해 약 4°의 각도 차이가 관찰되었다. Ayers 등(2018)은 적재 및 비적재 조건에서 여러 오프로드 농업 차량의 측면 안정성을 테스트했고 토양작업 차량, 잔디 트랙터, 오프로드 유틸리티 차량, 제로 턴 모워에 대해 6-7° 각도 차이를 얻었다.




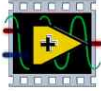
나) 2.3.2 진동 평가

(1) 진동 데이터 획득 시스템

이번 연구에서 양과 정식기의 진동원은 차량 엔진, 동력전달부, 회전식 정식부 등이었다. 총 4개의 3축 가속도계 센서(model: 356A15, PCB Piezotronics Inc., Depew, NY, USA)를 사용하여 다양한 소스로부터 생성되어 양과 정식기 및 운전자 좌석 전체에 전달되는 진동 수준을 측정하였다. 운전자 좌석에 가속도계 센서 1개를 배치해 작업자에 미치는 진동 효과를 평가했고, 높은 진동에서 모종이 분리되어 나오는 점을 고려하여 컨베이어 벨트에 가속도 센서 1개를 배치했으며, 회전 호퍼 베이스에 나머지 2개 센서를 부착해 정식 시 진동 효과를 확인하였다. 가속도계의 주파수 민감도 범위는 1.4~6500Hz였다. 4채널 동적 신호 획득 모듈(model: NI 9234, National Instruments, Austin, TX, USA) 및 NI 콤팩트 DAQ 8-슬롯 USB 새시

(model: NI cDAQ-9178; National Instruments, Austin, TX, USA)가 사용되었다. 진동 노출 수준을 수집하기 위해 LabVIEW 코드 프로그램(ver. 2018; National instrument, Austin, TX, USA)이 적용되었다. 진동 측정기의 자세한 사양은 다음 표에 요약되어 있으며, 다음 그림에는 데이터 수집 시스템의 개략도, 데이터 수집 장치 사진, 센서 배치가 나타냈다.

표 66. 진동 노출 수준 측정 장비 및 소프트웨어 주요 제원

Item	Model	Image	Specification
Acceleration sensor	356A15		Sensitivity ($\pm 10\%$): 10.2 mV/(m/s ²) Measurement range: ± 490 m/s ² Frequency range ($\pm 10\%$): 1.4 to 6500 Hz Resonant frequency: ≥ 25 kHz Broadband resolution: 0.002 m/s ² rms
Connector cable	C4P5M3BP		Shielded, lightweight, FEP cable 4-socket plug, IP68 rated to triple splice assembly with (3) 1-ft coaxial cables each with a BNC plug (AC)
Data acquisition device	NI cDAQ 9188		Timing accuracy: 50 ppm of sample rate Timing resolution: 12.5 ns Internal base clocks: 20~100 kHz Regeneration: 1.6 MS/s (multi-channel)
Software	LabVIEW 2020	 LabVIEW	NI Instrument, Professional development system (64-bit) for Windows NI recommends 1 GB of RAM.

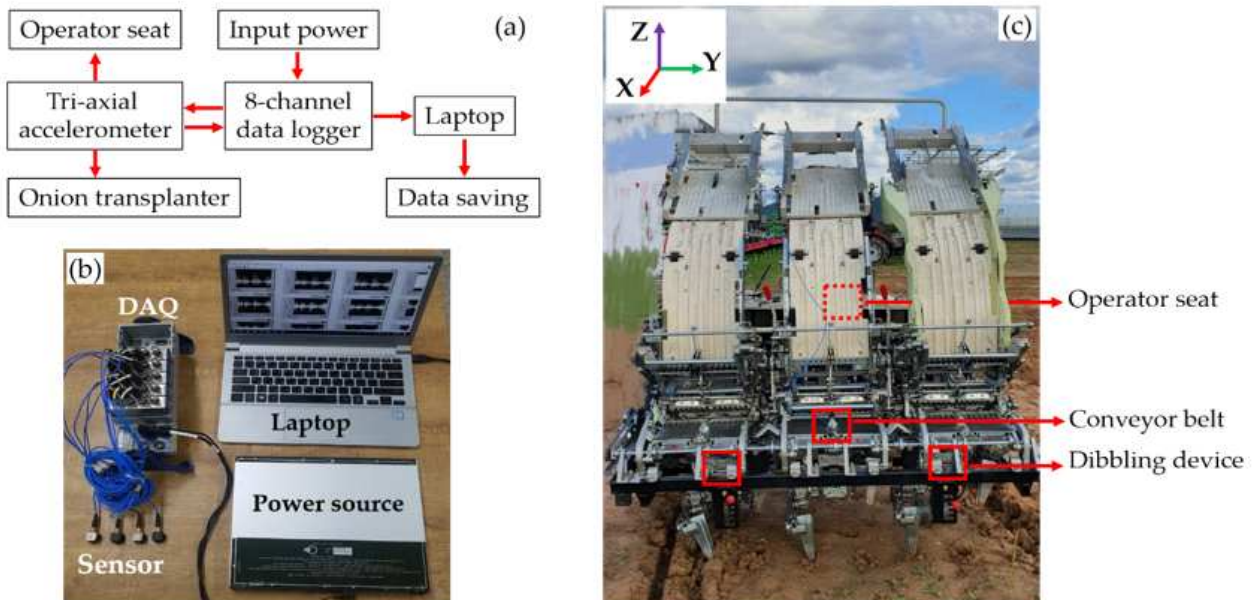


그림 210. 데이터 수집 시스템(a)의 블록 다이어그램, 데이터 수집 장치(b) 사진, 센서 배치의 사진(c)

(2) 진동 시험 조건

양파 정식기의 진동 노출 수준은 주행 표면 종류, 작동 상태, 부하 상태, 주행 속도 등에 따라 평가를 수행하였다. 전반적인 시험 계획은 아래 표에 요약하였다. WBV는 다음 그림과 같이 하중(모종 트레이: 40 kg)이 있거나 없는 토양, 비포장 및 아스팔트 도로에서, 정지 및 주행 조건에서 평가하였다. 주행속도와 부하조건이 다른 토양표면 주행조건에서 정식에 따른 진동효과를 평가하였다. 진동노출 평가를 위해 총 16회(WBV 12회, 정식 4회)의 시험이 실시되었다. 각각의 시험에서, 양파 정식기의 표면에서 세 개의 축(X-종, Y-횡단, Z-수직)에서 진동 수준을 동시에 측정하였고, 3번씩 반복하였다.. 현장 실험은 양파연구센터(경상남도 창원군 대지면) 농가에서 실시하였고, 시험 농경지 구획은 길이와 폭이 각각 30m와 40m, 주간 거리가 13 cm로 한 번에 6개 모종을 정식하였다.

표 67. 주행 표면, 운전 상태, 부하 조건, 주행 속도에 따른 진동 노출 시험

Condition	Driving surface	Operating status	Load condition	Driving speed
Levels	Soil surface	Static	Unloaded	Low
	Unpaved road	Dynamic	Loaded	High
	Asphalt road			



그림 211. 다양한 주행 표면 조건에서 진동 측정

(3) 진동 평가 절차

다양한 요인을 고려하여 진동값을 측정하였으며, ISO 2631-1:2008 및 ISO 2631-5:2018 표준에 근거하여 평가를 수행하였다. 본 연구에서는 개발된 정식기의 작업 환경 개선을 위해 WBV 노출, 정식 부분의 진동, 전반적인 진동 노출을 평가하였다.

(4) WBV(Whole Body Vibration) 측정

주행면의 거칠기와 차량 속도는 진동의 강도에 큰 영향을 미친다. 노면 거칠기를

정량화하기 위한 잘 알려진 표준인 International Roughness Index(IRI)는 주행 노면의 거칠기를 설명하기 위해 전 세계적으로 사용된다(Du 등, 2019). IRI 관련 변수와 기존의 연구(De et al., 2019; Ahlin et al., 2002)에 기초하여, 이 연구에서 도로 조건을 분류하기 위해 선택된 지표면 또는 도로의 거칠기를 계산하였다. 아래 수식은 거칠기, 속도 및 수직 방향(Z축)의 WBV 사이의 관계를 나타낸다.

$$\frac{s_z}{IRI} = 0.16 \left(\frac{v}{80} \right)^{1/2}$$

ISO 2631-1:2008 표준에 따르면 가중 가속의 유효 값을 사용해 진동 노출을 평가하는 일일 노출 값(A(8)) 및 Vibration Dose Value Method(VDV)의 두 가지 방법이 있다. A(8) 지수는 가중 rms 가속도를 고려하여 측정되며, 여기서 가중 가속도의 1/4 rms는 절반 출력 대신 VDV를 계산하는 데 사용된다. 두 방법 모두 8시간 작업 주기 동안 WBV 노출을 평가하며, 수집된 초기 데이터에 대한 주파수 가중 필터를 적용해야 한다. 아래 표에 A(8) 및 VDV 지수의 방정식을 요약하였다.

ISO 2631-5:2018 표준은 WBV를 평가하기 위한 daily compressive dose value를 강조하며(특히 내부 척추 힘), 중증 조건 영역과 덜 심각한 조건 영역 등 두 가지 방법으로 측정한다. 여기서 영역은 모든 노출 아래에 작업자가 앉아 있는 위치를 나타낸다. 운전자의 신체에 가속을 전달하는 방법은 시트, 등받이, 발 및 손임. 압축 선량 값은 조작자의 체질량, 자세, 질량 지수에 따라 달라지며, 덜 심각한 상태를 결정하기 위해 세 가지 방향 초기 가속도 값을 사용한다. 반면, 위험 인자는 요추의 동등한 일일 압축 선량, 연간 노출일, 연도 수, 연령에 기초한 요추 강도 및 압축-압축력의 평균값을 고려하여 추정한다.

표 68. WBV 및 관련 방정식을 평가하기 위한 ISO 표준

ISO standards	Equations for vibration evaluation	
2631-1:2008	Daily exposure value A(8)	Vibration Dose Value (VDV)
	$s_{w_s} = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{1/2}$ $A(8)_s = K_s s_{w_s} \sqrt{\frac{T_{exp[8]}}{T_0}}$ $A(8) = \max[A(8)_x, A(8)_y, A(8)_z]$	$vdv_{w_s} = \left[\int_0^T a_w^4(t) dt \right]^{1/4}$ $vdv_s = K_s vdv_{w_s} \sqrt{\frac{T_{exp[8]}}{T_{meas}}}$ $VDV(8) = \max[VDV_x, VDV_y, VDV_z]$
2631-5:2018	Daily compressive dose value	Risk factor
	$S^A = \left(\sum_i \left(\frac{C_{dyn,i}}{B} \right)^6 \right)^{1/6}$ $S_d^A = \left(\sum_i S_j^{A6} \frac{t_{dj}}{t_{mj}} \right)^{1/6}$	$R^A = \left(\sum_{m=1}^n \left(\frac{S_d^A N_m^{1/6} S_{stat,i}^A - S_{stat,i}^A}{S_{stat,i}^A} \right)^6 \right)^{1/6}$ $S_{stat,i}^A = 6.765 MPa - 0.067 MPa (b +$

(5) 정식부 진동 측정

정식기 부분(컨베이어 벨트 및 디블링 장치)의 진동 노출도를 별도로 평가하였다. 정식부 가속도 크기는 ISO 5349-1:2001에 따라 결정하였다. 평균 가중 가속도(AS)는 세 개의 변환 축 값의 합으로 계산하였고, 본 연구에서는 아래 수식을 이용하여 AS를 계산하였다.

$$A_S = \sqrt{(A_{w,x})^2 + (A_{w,y})^2 + (A_{w,z})^2}$$

일부 오프로드 농업용 차량의 일반적인 진동 노출 수준이 아래 표에 요약되어 있다. 경우에 따라, 고려하지 못한 인자들이 진동 노출에도 영향을 미치며, 진동 노출 수준이 측정되지 않을 수도 있다.. 이런 유형의 현상은 사전에 예측하기도 어렵고 정확하게 예측할 수 없다. 따라서 무작위 진동이 반복되는 이유와 대상 작동에 미치는 영향을 이해하기 위해 파워 스펙트럼 밀도(PSD)를 집중 분석해야 한다. 이와 관련하여 데이터 변환(시간 영역 대 주파수 영역)이 필수적이다(Brigham, 1988; Kaksar 등, 2013). 본 연구에서는 FFT(Fast Fourier Transform)가 이러한 목적으로 사용되었다. FFT는 신호를 원래 도메인(시간 또는 공간)에서 주파수 영역으로 변환하거나 그 반대로 변환하는 계산 방법이다(Cochran 등, 1967). 때로는 FFT가 non-stationary 신호를 설명할 수 없다. 파워 스펙트럼 밀도(PSD)는 이러한 상황에서 연구에 널리 사용된다. PSD는 스펙트럼 분해능이 다른 시간 신호 에너지의 분포 패턴이나 주파수 변화를 이해하는 데 도움이 된다(Youngworth 등, 2005). 본 연구에서는 Welch의 중첩된 세그먼트 평균 추정기(Welch, 1967)를 통해 PSD를 얻었으며, 각 기록의 중간에서 추출된 1000 DFT 포인트의 세그먼트에 600개의 데이터가 중첩된 1000개의 데이터 창을 사용한다. 그다음, 각 PSD는 기록에서 서로 다른 오프셋의 영향을 줄이기 위해 중위수에 의해 정규화된다. 기록된 가속도의 중심 데이터 지점 전후에 동일한 수의 데이터가 고려된다. 사용된 DFT와 PSD 공식은 아래 수식과 같다.

$$X(f) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x[N] e^{-i2\pi \frac{f}{N} n}, f = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

$$PSD = \frac{a_{\Delta f}^2}{\Delta f}$$

표 69. 농장 내 작업 중 농업용 차량의 일반적인 진동 노출 수준 및 안전노출구역

Vehicle / implement *	WBV ms ⁻² *	A(8) **	R ^A **
S.P. Sprayer	0.53 - 0.69	Exposure Action Value: 0.50 ms ⁻²	Low: < 0.8
Tractor-spraying	0.5 - 0.74	Exposure Limit Value: 1.15 ms ⁻²	Medium: 0.8 < R ^A < 1.2
Tractor-ploughing	0.73 - 0.89		High: > 1.2
Tractor-trailer transport	1.05 - 1.32		
Tractor-cultivating	1.2 - 1.49		
All-terrain vehicles	0.85 - 1.39		

* Scarlett et al. (2005) and ** De et al.(2008)

표 70. 동 노출 평가를 위해 사용된 변수들의 표기, 정의, 단위

Notation	Definition and unit
s_z	Root-mean-square acceleration in the vertical direction (ms^{-2})
v	Vehicle speed (kmh^{-1})
s_{ws}	Weighted root-mean-square acceleration in the s-directions
a_w	Weighted acceleration
T	Signal duration (s)
K_S	Weighted factor associated with the direction ($K_x = 1.4, K_y = 1.4, K_z = 1$)
T_{exp}	Daily duration of vibration exposure
T_0	Reference duration set up to 8 hours
$A(\beta)$	Calculated as the highest value of $A(\beta)_x, A(\beta)_y,$ and $A(\beta)_z$
T_{meas}	Measurement duration time (hr)
$VDV(\beta)$	Highest value of $VDV(\beta)_x, VDV(\beta)_y,$ and $VDV(\beta)_z$
S_d^A	Daily compressive dose value
S^A	Compressive dose value (MPa)
$C_{\text{dyn},i}$	Sum of peak compressive forces acting on each disc level (N)
B	Vertebral endplate surface (mm^2)
t_{dj}	Daily exposure period (hr)
$t_{m,j}$	Duration of the exposure measurement time (hr)
N	Number of exposure days per years
n	Number of years of exposure
S_{ui}^A	Ultimate strength of the lumbar spine for a person of age $b+i$ years
$S_{\text{stat},i}^A$	Mean value of the compressive-decompressive force divided by the area of vertebra endplate
R^A	Risk factor
$e^{-i2\pi/N}$	A primitive N^{th} root of 1
N	Memory length
$x[N]$	Discrete-time signal
f	Discrete frequency
Δf	Obtained frequency from FFT
a_S	Root mean square of acceleration of the obtained frequency (f)
A_S	Average weighted acceleration
$A_{w,x}, A_{w,y}, A_{w,z}$	Weighted acceleration at X, Y, and Z translational axes

(6) 통계적 분석

이 연구의 통계 분석은 Minitab 19.0 통계 패키지(ver. 2019, Minitab, Rd State College, PA, USA)를 사용하여 수행되었다. 초기 데이터는 처음에 전처리를 실시하였다. 잡음과 특이치를 제거하기 위해 첫 번째와 세 번째 사분위, 사분위 간 범위, 상한 및 하한을 계산하고, 그다음 고려된 파라미터의 평균과 표준 편차를 계산하였다. 전체적인 진동 노출은 ANOVA 분석을 사용하여 분석하였다. 평균 값 간의 차이의 유의성은 95%의 신뢰 수준에서 Tukey의 이원 분산 분석을 사용하여 확인하였다. PSD 분석은 MATLAB R2015a 소프트웨어(8.5 버전, MathWorks, Natick, MA, USA)를 사용한 Welch의 방법을 기반으로 수행하였다.

(7) WBV 및 정식 성능에 대한 진동원 ANOVA 분석

진동 노출이 작업자 신체에 미치는 영향과 정식은 다인자 분산 분석을 바탕으로 분석되었다. 분산 분석 중 WBV를 평가하기 위해 세 개의 서로 다른 주행 표면, 두 개의 작동 상태, 두 개의 부하 조건이 선택되었다. 마찬가지로, 정식 운전 평가를 위해 두 가지 하중 조건과 두 가지 주행 속도가 고려되었다. 다음 표에 표시된 것처럼 분산 분석 결과는 부하 조건이 WBV에 상당한 영향($p \leq 0.05$)을 미친다는 것을 나타낸다. 반대로 양파 정식기의 부하 상태와 구동 속도는 정식 정밀도에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다($p \leq 0.001$). 전반적인 결과는 구동면과 작동 상태가 개발된 양파 정식기의 진동 노출에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

표 71. 고려된 요인(즉, 주행 표면, 작동 상태 및 부하 조건)이 WBV 및 정식 성능에 미치는 개별 영향을 보여주는 다중 ANOVA 분석 결과

Source variation	DF	Adj SS	Adj MS	F-value	P-value
Whole body vibration					
Driving surface	2	3.642	1.821	1.670	>0.05
Operating status	1	3.343	3.343	3.070	<0.05
Load condition	1	14.423	14.423	13.260	<0.001
Error	31	33.722	1.087		
Transplanting part					
Load condition	1	21.773	21.772	45.070	<0.001
Driving speed	1	11.749	11.749	24.320	<0.001
Error	9	4.348	0.483		

DF: degree of freedom, SS: sum of square, MS: mean square.

(8) WBV 노출 평가

주행면 거칠기는 진동노출에 큰 영향을 미치는 주요 요인 중 하나이다. 토양표면, 비포장도로, 아스팔트도로의 거칠기는 각각 0.111, 0.115, 0.119 mkm^{-1} 로 매우 낮고($< 1.5 \text{ mkm}^{-1}$) 주행면 상태가 매우 양호한 것으로 나타났다. 다음 그림은 3개의 축(X, Y, Z)에 대한 다양한 주행 표면, 작동 상태 및 부하 조건에서 운전자 시트에서 측정된 최대 진동 수준을 보여준다. Z축에서의 진동 노출은 모든 조건에서 X축($8-12 \text{ ms}^{-2}$)과 Y축($5-8 \text{ ms}^{-2}$)에 비해 매우 낮았고, 토양 표면에서 주행할 때 정적인 상태에 비해 동적 조건에서 진동 레벨이 더 높았다. 비포장 도로와 아스팔트 도로를 주행하는 동안 적재 및 적재 조건 모두에서 반대 시나리오가 관찰되었다. 또한, 모든 종류의 주행 표면 및 작동 상태에 대해 40 kg의 하중 차이(부적재 및 하중 조건)에 대해 작은 ($1-2 \text{ ms}^{-2}$) 진동 차이가 관찰되었다.

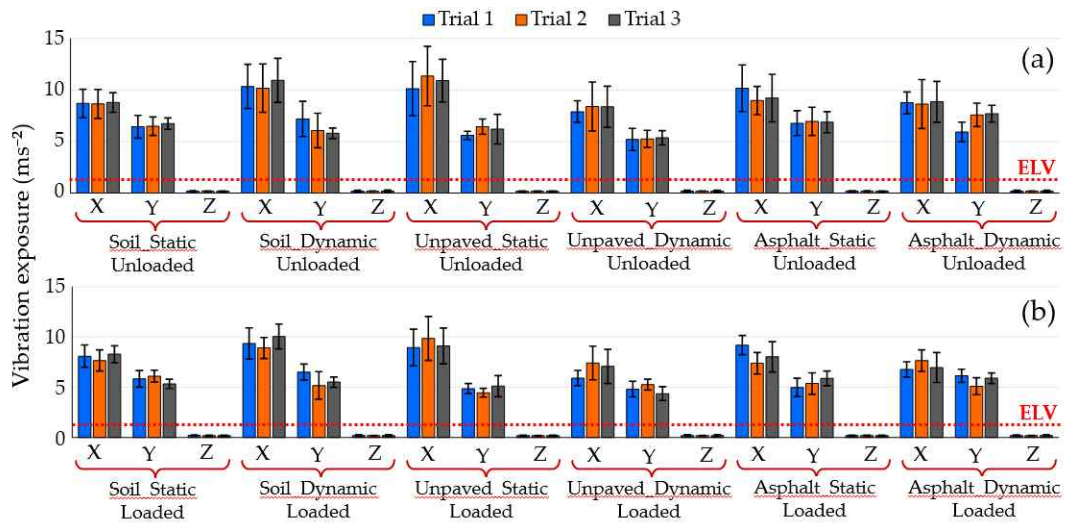


그림 213. 비적재 (a) 및 적재 (b) 조건에서 다양한 주행 표면 및 작동 상태에 대해 운전자 좌석에서 측정된 진동 노출. ELV: 노출 제한 값(1.15 ms^{-2})

다음 표는 ISO 2634-5:2018 표준에 따른 WBV 노출 평가를 보여준다. 작업자의 나이는 40세였고 지난 10년 동안 하루 평균 8시간 일을 한 숙련된 농업인이었다. 작업 중 작업자의 자세는 그룹 3으로 표준에 규정된 자세였다. ISO에서 언급된 한계치 (낮음 ($RA < 0.8$), 보통($0.8 < RA < 1.2$) 및 높음 ($RA > 1.2$))과 비교하여, 운영자는 모든 유형의 작업, 특히 불규칙한 변위 표면(즉, 토양 표면 및 비포장 도로)에서 관측된 최소 RA가 1.36이었기 때문에 높은 건강 위험에 노출될 것으로 나타났다.

표 72. ISO 2634-5:2018에 따른 Risk Factor (R^A) 추정

Driving surface	Operating status	Load conditions	R^A factor for lumbar spines according to the ISO 2634-5:2018						R^A
			T12/L1	L1/L2	L2/L3	L3/L4	L4/L5	L5/S1	
Soil surface	Static	Unloaded	1.50 ± 0.16	1.51 ± 0.11	1.52 ± 0.08	1.54 ± 0.13	1.52 ± 0.09	1.47 ± 0.02	1.54
		Loaded	1.58 ± 0.07	1.62 ± 0.16	1.65 ± 0.12	1.67 ± 0.17	1.65 ± 0.15	1.57 ± 0.07	1.67
	Dynamic	Unloaded	1.55 ± 0.12	1.57 ± 0.10	1.60 ± 0.11	1.62 ± 0.13	1.61 ± 0.12	1.54 ± 0.07	1.62
		Loaded	1.56 ± 0.09	1.55 ± 0.05	1.53 ± 0.07	1.53 ± 0.06	1.53 ± 0.08	1.50 ± 0.05	1.56
Unpaved road	Static	Unloaded	1.59 ± 0.05	1.59 ± 0.05	1.61 ± 0.10	1.62 ± 0.12	1.61 ± 0.10	1.55 ± 0.10	1.62
		Loaded	1.56 ± 0.08	1.56 ± 0.09	1.57 ± 0.06	1.59 ± 0.09	1.58 ± 0.08	1.52 ± 0.08	1.59
	Dynamic	Unloaded	1.65 ± 0.16	1.63 ± 0.15	1.62 ± 0.15	1.63 ± 0.10	1.61 ± 0.11	1.57 ± 0.07	1.65
		Loaded	1.60 ± 0.13	1.58 ± 0.08	1.58 ± 0.05	1.58 ± 0.08	1.57 ± 0.08	1.54 ± 0.09	1.60
Asphalt road	Static	Unloaded	1.55 ± 0.09	1.53 ± 0.06	1.52 ± 0.05	1.53 ± 0.05	1.51 ± 0.05	1.47 ± 0.04	1.55
		Loaded	1.43 ± 0.05	1.49 ± 0.03	1.51 ± 0.09	1.45 ± 0.03	1.47 ± 0.05	1.42 ± 0.03	1.51
	Dynamic	Unloaded	1.47 ± 0.09	1.53 ± 0.10	1.50 ± 0.03	1.49 ± 0.03	1.47 ± 0.01	1.35 ± 0.01	1.53
		Loaded	1.48 ± 0.11	1.49 ± 0.08	1.52 ± 0.11	1.48 ± 0.01	1.50 ± 0.07	1.36 ± 0.01	1.52

(9) 정식 작업 시 진동 노출 평가

양파 모종 정식에 대한 진동노출 효과는 높은 진동이 모종을 컨베이어 트랙에서 흘러보내는 모종 컨베이어벨트와 정식에 대한 정밀도와 누락이 좌우되기 때문에 2개의 서로 다른 디블링 부품(회전 호퍼 베이스)을 측정해 평가하였다. 다음 그림은 양파 모종을 정식하는 동안 부하 및 부하 조건, 높은 주행 속도 및 낮은 주행 속도에서 언급된 위치에서 측정된 진동 노출을 보여준다. 부하 조건과 주행 속도 모두에서 컨베이어 벨트에서 높은 진동 노출(3-8 ms⁻²)이 관찰되었으며, 특히 Z축 방향 진동(6-8 ms⁻²)으로 인해 다음 그림과 같이 컨베이어 벨트에서 양파 모종 누락이 발견되었다. 그러나 부하 추가 및 낮은 주행 속도 조건에서 전체 진동 노출은 감소하였다(0.5-2 ms⁻²). 디블링 부품의 기록된 진동 수준은 컨베이어 벨트 또는 WBV 노출에 비해 매우 합리적이었다. 쪼개진 모종을 제외하면 현장 테스트 중 디블링 장치의 진동 노출로 인한 정식 누락이 관찰되지 않았다.

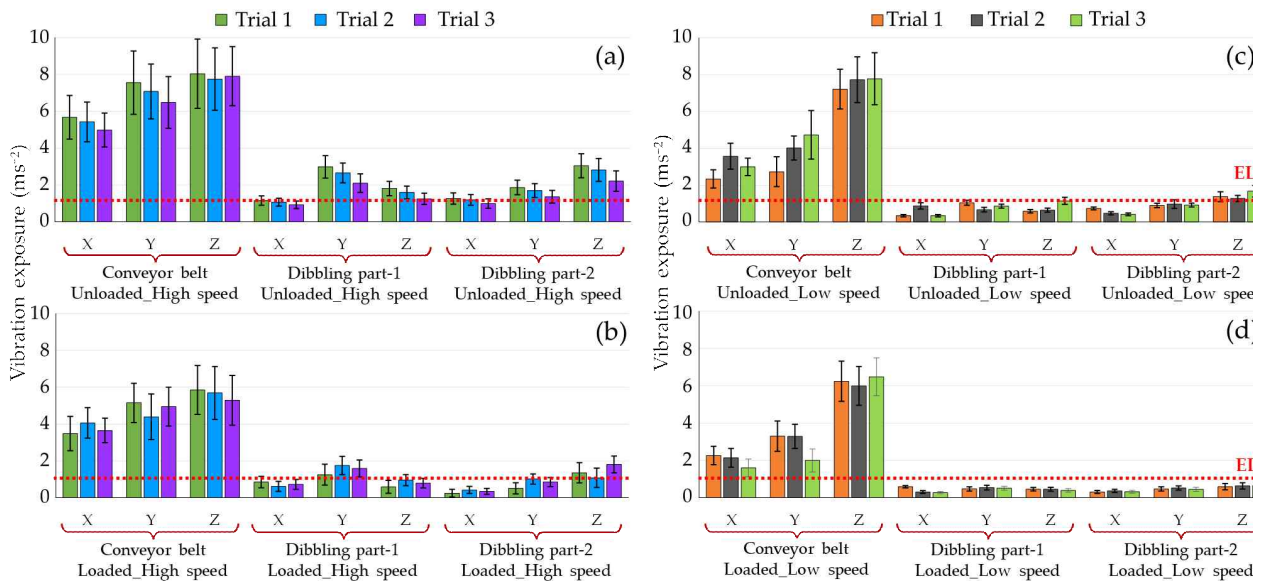


그림 214. 정식 중 높은 (a, b) 주행 속도와 낮은 (c, d) 주행 속도에서 다양한 부하 조건에 대한 컨베이어 벨트의 진동 노출, 부품-1 디블링 및 부품-2 디블링. ELV: 노출 제한 값(1.15 ms⁻²)



그림 215. 양파 모종은 높은 진동 노출로 인해 컨베이어 벨트의 트랙에서 갈라졌음. 점선은 트랙 위치를 나타내고 화살표는 분할 방향을 나타냄

(10) 진동 노출 종합 평가

일일 노출 값(A(8))은 하루 8시간 근무하도록 조정된 평균 진동 노출을 나타내며, 여기서 진동 선량 값(VDV)은 근무일 동안의 누적 진동 노출을 나타낸다. 다양한 주행 표면, 작동 상태, 부하 조건 및 주행 속도에 대한 다양한 ISO 모델을 기반으로 계산된 진동 노출 비교가 아래 표에 요약되어 있다. 측정된 각 진동마다 동일한 작동 상태와 하중 조건에 대해 주행 표면에서 표준 분산 분석을 수행하였다. 통계 분석에 따르면, 정적 부하 조건에서의 A(8) 노출과 동적 부하 조건에서의 VDV 노출의 구동 표면 사이에 유의미한 차이는 발견되지 않았다. 이 두 가지 조건을 제외하고, ISO 2631-1:2008을 기준으로 작동 상태 및 로드 조건이 WBV에 상당한 영향을 주었다. ISO 2631-1:2018에 따르면, 고려된 모든 요인에 대해 높은 건강 위험 가능성이 있으며, 유의미한 차이는 관찰되지 않았다. 정식 구간의 경우 디블링 부분에 비해 모종 컨베이어에 높은 진동노출이 기록돼 고려요인별로 큰 차이를 보였다.

표 73. 작동 상태, 부하조건, 주행 속도에 따른 진동 노출 수준 측정 평균

Target	ISO standards	Operating status	Load conditions	Driving surface				
				Soil surface	Unpaved road	Asphalt road		
WBV	2631-1:2008	Static	Unloaded	12.27 b	15.87 a	14.23 b		
			Loaded	11.57 a	13.77 a	13.11 a		
		Dynamic	Unloaded	15.31 a	11.77 b	12.39 b		
			Loaded	14.05 a	10.43 b	10.68 b		
		VDV (ms ⁻⁴)	Static	Unloaded	25.10 c	31.09 a	27.36 b	
			Loaded	19.61 b	26.77 a	25.55 a		
	2631-5:2018	RA	Static	Unloaded	1.54 a	1.62 a	1.55 a	
				Loaded	1.67 a	1.59 a	1.51 a	
		Dynamic	Unloaded	1.62 a	1.65 a	1.53 a		
			Loaded	1.56 a	1.60 a	1.52 a		
		TS	5349-1:2001	AS (ms ⁻²)	Driving speed	Conveyor	Dibbling part-1	Dibbling part-2
					High speed	Unloaded	11.85 a	3.18 b
Loaded	8.30 a					1.87 b	1.67 b	
Low speed	Unloaded				9.02 a	1.33 b	1.81 b	
	Loaded	7.18 a	0.78 b	0.84 b				

WBV: whole body vibration; TS: transplanting section; a, b, c 같은 행에서 서로 다른 문자는 유의한 차이를 나타냄(p≤0.05).

파워 스펙트럼 밀도 분석은 주파수의 패턴을 이해하는 가장 쉬운 방법이다. 다음 그림은 비적재 작동 조건에서 서로 다른 주행 표면에 대해 작업자 좌석에서 측정된 WBV 노출의 PSD를 보여준다. 다른 축에 대한 PSD는 다른 색상으로 표시되어 있다. x축은 주파수(Hz)이고, y축은 로그 스케일(dB/Hz)에서 PSD의 정규화된 진폭을 나타낸다. 모든 치료에 대한 WBV가 피폭 한계 값(ISO 2631-1:2008에 따른 값 (>1.15ms⁻²))을 초과했지만, 작동 상태(다른 표면에서 주행)를 고려한 12개의 치료 중 3개에 대해 PSD 분석이 수행되었다. 선택한 치료에 대한 유사한 WBV 노출로 인해 X 및 Y 변환 축의 패턴이 거의 비슷하였고, Z축은 모든 주파수에서 낮은 크기를

나타내는 점진적인 하향 기울기의 독특한 패턴을 가졌다.

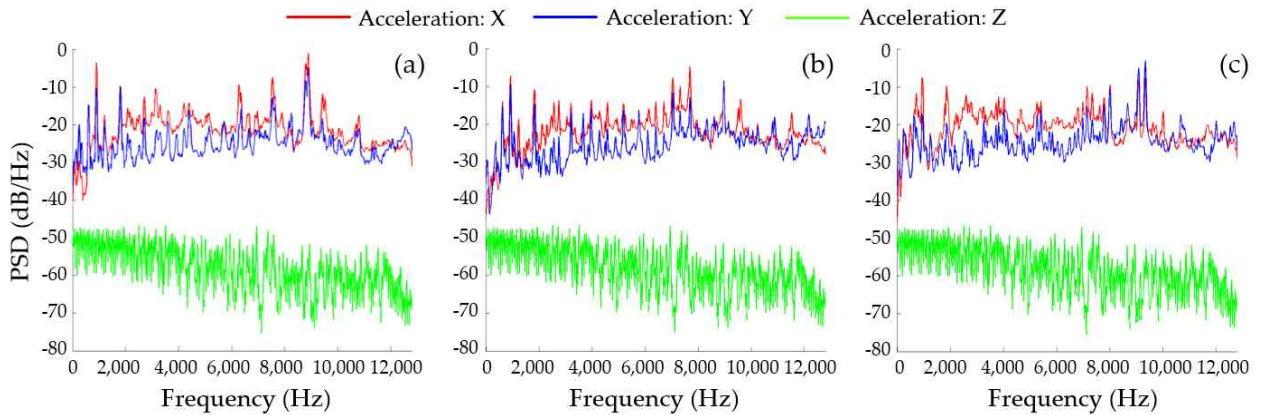


그림 216. 비적재 작동 조건에서 토양 표면(a), 비포장 도로(b), 아스팔트 도로(c) 등 다양한 주행 표면에 대해 작업자 좌석에서 측정된 WBV 노출에 대한 PSD 분석

마찬가지로, 다음 그림은 무부하 조건에서 높은 정식 속도와 낮은 정식 속도에 대해 컨베이어 벨트에서 측정된 진동 노출의 PSD를 보여주었다. PSD 분석에서 고려된 다른 두 지점(디빙 파트 1과 2)의 진동이 노출 한계 값($<1.15 \text{ ms}^{-2}$) 이하이기 때문에 컨베이어 벨트의 진동 노출만 고려되었다. 세 개의 축(X, Y, Z)이 모두 가까이 있고, 점차적으로 아래로 내려가면서 진동의 힘이 감소함을 나타내었다.

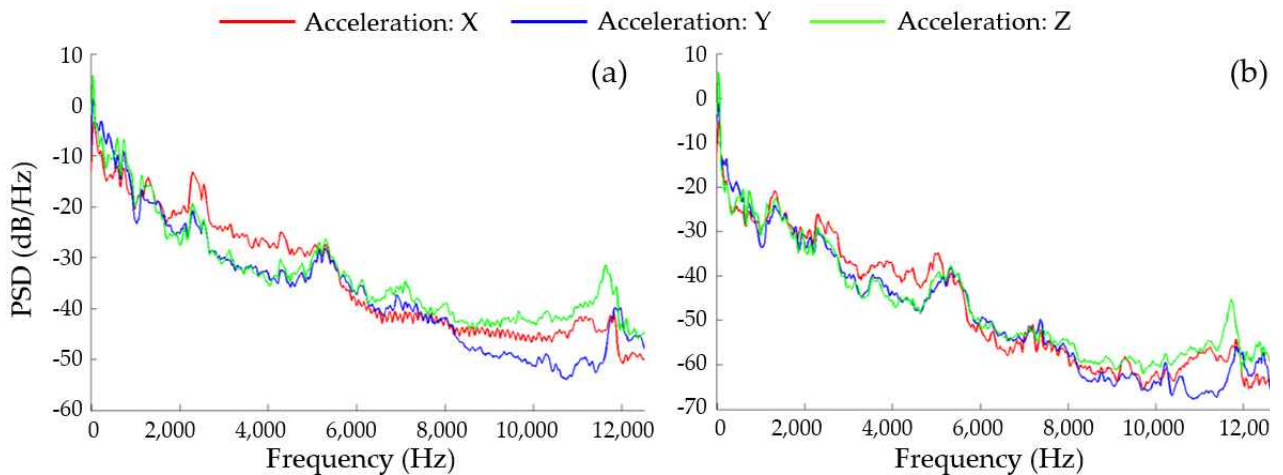


그림 217. 비적재 상태에서 높은 (a)속도와 낮은 (b)속도를 정식하는 컨베이어 벨트의 측정된 진동에 대한 PSD 분석 결과

진동 노출 수준은 또한 각각 ISO 2631-1:2008 및 ISO 2631-1:2018에 따른 노출 제한 값과 건강 위험 인자를 초과하였다. 일반적으로 주행형 농업 차량(즉, 2륜 트랙터 또는 파워 킬러, 정식기, 모위, 트랙터)의 WBV 노출은 현장 작업 중 보행형 농업 차량(Sam 등, 2006년; Tewari 등, 2004)보다 높았다. Kabir 등(2017)은 트랙터의 WBV 노출이 도로 형태와 전진 속도에 따라 현저하게 다르다고 언급하였다. ISO 노

출 한계를 초과하면 트랙터 작업자의 건강에 악영향을 미칠 수 있다. 또한 농업 차량의 휠 타이어 특성(즉, 강성, 타이어 폭, 유형 및 중량)도 진동 피폭에 영향을 미친다(Konieczny 등, 2015; Zhou 등, 2021; Promjan 등, 2018). 공기압이 과도한 타이어는 더 튼튼하고, 사이드월 강성, 트레드 강성, 타이어와 도로의 접촉 면적이 줄어들면 진동이 유발된다. 이번 연구에서는 단단한 고무바퀴 타이어를 양파 정식기에 사용했는데, 그 강성과 트레드 강성이 매우 높고 타이어와 도로의 접촉면적이 매우 낮았는데, 양파 정식기의 진동 노출이 높은 이유일 것이다. 접지 접촉 면적이 높은 다양한 유형의 타이어를 테스트하여 WBV 상태를 개선할 수 있다.

Swami와 Pandey(2020)는 높은 휠 무게나 적재 조건이 타이어를 더 단단하게 만들고 타이어-도로 접촉 부위를 증가시켜 진동을 줄인다는 것을 연구하였다. Cutini 등(2010)은 농업용 트랙터의 작업자의 편안함을 증가시키기 위해 원하는 전진 속도에서 타이어 팽창 압력과 함께 잘 분포된 질량을 제안하였다. 부하 조건(작업자 및 추가 운반 부하)이 WBV 노출 및 정식 작업에 미치는 유의한 영향도 본 연구에서 관찰되었다. 두 경우 모두 로드 조건 동안 낮은 진동 노출이 관찰되었다. 관찰된 WBV 노출도 최소화할 수 있고 양파 정식기의 충격 흡수 서스펜션 시스템을 개선함으로써 오퍼레이터 시트의 편안함을 높일 수 있었다. Scarlett 등(2007)은 특히 자주 분무기, 농업용 트랙터 및 전지형 차량(ATV)의 WBV 피폭을 최소화하기 위해 조작자 좌석 서스펜션, 차량 캡 서스펜션 및 차량 차축 서스펜션을 강조하였다. Tewari와 Dewangan(2009)은 작업자의 손을 통해 전달되는 진동 노출을 줄이기 위해 절연체를 사용할 것을 제안했는데, 이는 작업 스트레스와 팔의 피로를 최소화하기 위한 좋은 선택일 수 있다.

이 실험에서는 WBV 외에도 정식 작업에 대한 진동 효과가 평가되었다. 모종 컨베이어에서 높은 가중 가속도가 관찰되어 모종을 컨베이어 벨트에서 배출함으로써 양파 모종의 정상적인 전달에 영향을 미쳤다. Chowdhury 등(2020)과 Jang 등(2021)은 각각 무와 배추 수집 작업 중 유사한 시나리오에 직면하였으며, 원활한 작물 수확과 채취, 납품을 위해 컨베이어벨트의 진동 노출을 최소화하고 부품 내구성도 높일 것을 제안하였다. 양파정식기가 3점 히치를 통해 차량에 부착되어 있어 차량 진동노출이 감소하면 컨베이어벨트의 가속상태도 개선될 수 있을 것이다.

진동 노출은 다양한 주행 표면, 작동 상태, 부하 조건 및 작동 속도에 대해 측정되었으며 ISO 2631-1:2008, ISO 2631-5:2018 및 ISO 5349-1:2001 표준을 기반으로 평가되었다. 주요 주파수의 패턴을 이해하기 위해 PSD 분석도 수행되었다. 결과는 WBV가 정식기의 작동 상태와 부하 조건에 크게 영향을 받는다는 것을 보여주었지만, 모든 고려 조건에 대한 WBV는 ISO 표준의 노출 한계 값($>1.15 \text{ ms}^{-2}$ 및 $>21 \text{ ms}^{-4}$)과 건강 위험 인자(>1.12)를 초과하였다. 이밖에도 컨베이어벨트의 가속도가 노출 한계를 넘어 정밀정식 작업에도 영향을 미칠 것으로 판단되었으며, 기계 개발 중 ISO 표준의 구현은 제조업체가 진동 노출을 최소화하고 전반적인 작업 환경을 개선하는 데 도움이 될 것이다.

□ 국제종합기계(협동기관)

9) 본기 두둑 추종부 및 제어부 시스템 제작

가) 두둑 센싱 프레임 제작

(1) 두둑 센싱 취부판

- 두둑 센싱 취부 판의 두둑 센싱 작동암부 조립 구멍은 장공의 구멍으로 되어 있어 다양한 두둑 폭의 변화에 대응할 수 있도록 조절 가능한 구조임.
- 두둑 폭에 맞추어 전륜 및 후륜의 윤거를 조절할 수 있는 구조이며, 이 두둑 센싱 작동암 좌, 우도 두둑에 맞추어 조절이 되어야 두둑을 밟지 않고 안정적으로 두둑을 센싱할 수 있음.

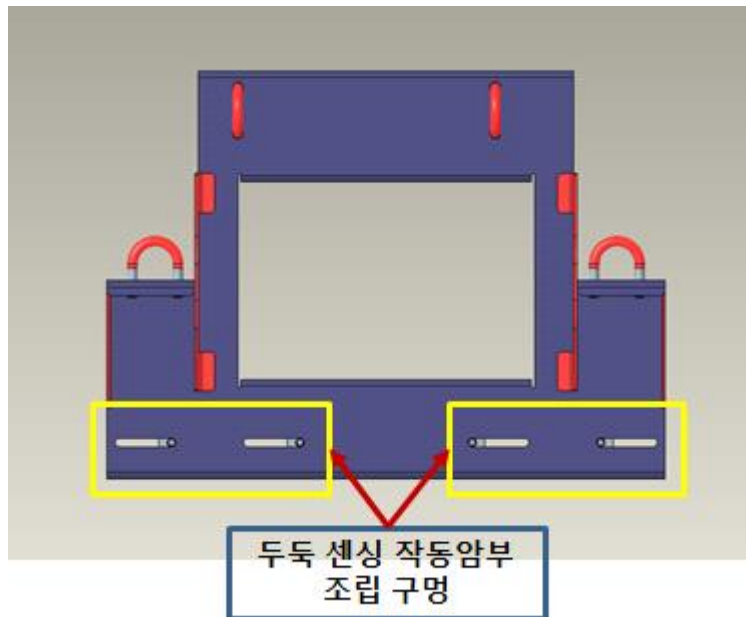


그림 218. 두둑 센싱 취부 판

(2) 본기 연결 구조

- 메인 프레임 전방의 파이프 부재와 두둑 센싱 취부판을 조립 고정 타입으로 하여 일반 사양의 이식기를 발 작업 이식기로 쉽게 변경이 가능한 구조임.

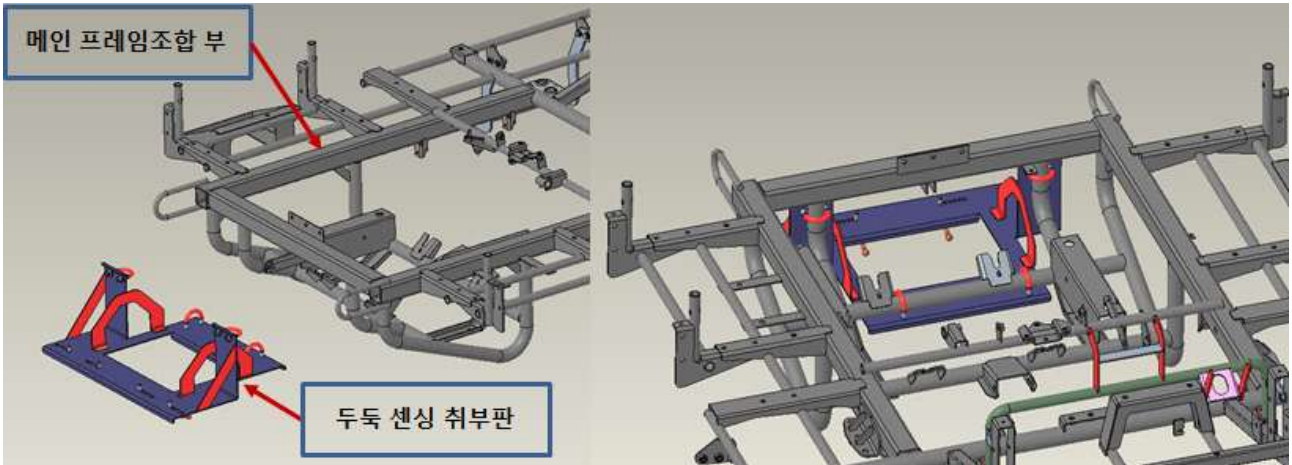


그림 219. 본기 연결 구조

나) 두둑 추종 시스템 구성 및 제작

(1) 작동 모터부 (수납 및 전개)

- 작동 모터부는 암, 모터, 섹터 기어, 작동 모터, 베이스, 리미트 스위치로 구성되며 모터와 섹터 기어를 통해 암을 수납하고 전개하며, 암의 변위 작동 스트로크는 약 80°임.
- 리미트 스위치를 통해 상승과 하강을 제어함.
- 섹터 기어의 스펙은 정격 전압 12V, 동작 전압 범위 10 ~ 16V, 정격 부하 2 ~ 200mA를 가짐.
- 작동 모터의 스펙은 무부하 조건에서 70rpm과 최대 5A의 직류를 가짐. Rating Condition에서는 20kgf.cm의 토크와 65±12rpm, 그리고 최대 10A의 직류를 가짐.

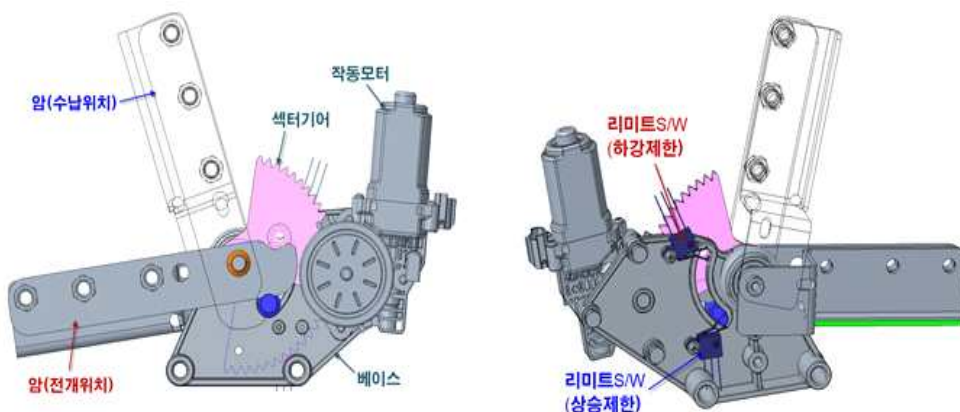


그림 220. 작동 모터부

- 작동 모터부의 기어, 모터, 스위치 등 기구적인 운동에 방해가 될 수 있는 이물질을 방지하고 원활한 세척을 위해 모터 케이스를 장착하였음.

표 74 작동 모터 세부 사양

OPERATION MOTOR SPECIFICATION			
CONDITION	TORQUE (kgf.cm)	REVOLUTION (rpm)	CURRENT (A)
NO LOAD	-	MIN. 70	MAX. 5.0
RATING	20	65±12	MAX. 10.0
MOTOR GEAR SPECIFICATION			
GEAR PROFILE		INVOLUTE	
TOOL	TOOTH PROFILE	FULL DEPTH	
	PRESS PROFILE	20°	
MODULE		2	
NUMBER OF TEETH		8	
REFERENCE PITCH CIRCLE DIAMETER		ø16	
OUTSIDE DIAMETER		ø21.6 _{-0.08}	
SHIFT FACTOR		+0.5	
ROOT DIAMETER		ø13±0.05	
SPAN NUMBER OF TEETH		2	
SPAN MEASUREMENT		9.765±0.05	



그림 221. 작동 모터부 케이스

(2) 두둑 감지부

- 감지센서(A.C.F ASSY)의 가동범위는 90° 이며 0° 로 복귀하려는 시스템을 가지고 있으며 $10 \pm 3^{\circ}$ 에서 OFF 범위를 가짐. 이와 같이 자동으로 복귀하고 센서가 ON / OFF 되는 반복적인 과정을 통해 두둑을 감지하며 조향을 제어할 수 있음.
- 감지암은 가이드의 움직임을 감지하는 센서임.
- 좌, 우 가이드는 두둑 좌, 우 측면을 감지하면서 조향 모터 컨트롤러에 신호를 입력함.
- 가이드는 센서 축(감지 암)을 기준으로 진행 방향의 좌, 우 회전이 가능함.
- 작동암 조합은 승·하강 모터부에서 힌지 축 타입의 구조로 연결되어있어 입력 신호에 따라 모터가 회전하고 회전 힌지 축을 기준으로 작동암 조합부가 상승 및 하강 작동을 할 수 있는 구조임.
- 감지 센서 하측에 부착된 휠을 이용하여 두둑 감지부의 부드러운 선회와 함께 골과 두둑을 인식함과 동시에 높이를 일정하게 유지함.
- 스크레이퍼는 휠에 흡착되는 흙을 제거하는 역할을 함.

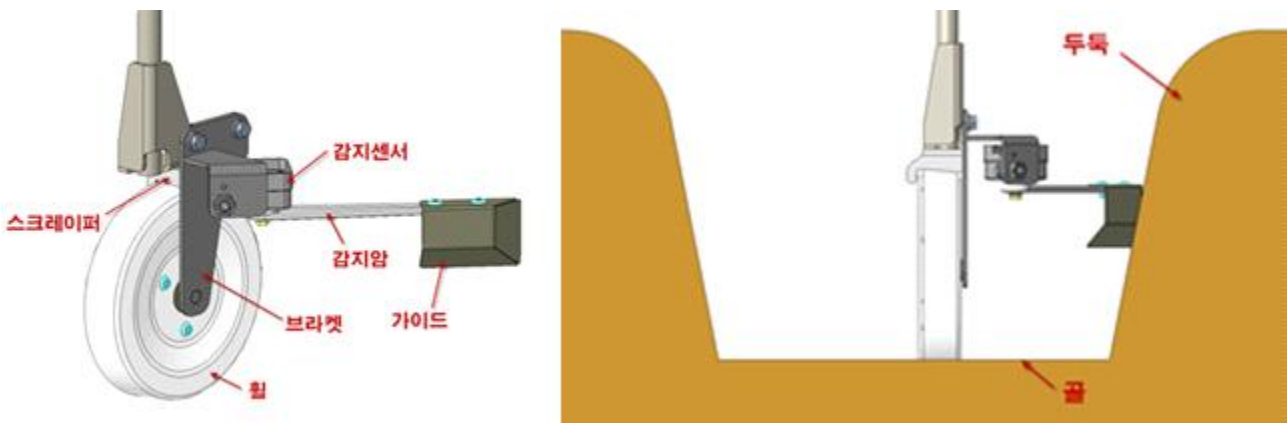


그림 222. 두둑 감지부

표 75. 감지 센서(A.C.F ASSY) 사양

A.C.F ASSY SPECIFICATION	
정격 전압	DC 12V
동작전압범위	DC 10~16V
정격 부하	2mA(min)~200mA(max)
내구성	전기적 200만회 이상 20회 이하/분
	기계적 200만회 이상
내진성	KSR 1034 3종 B종을 만족할 것.
전압강하	DC 12V 정격부하에서 내구 전 0.15V, 내구 후 0.25V 이하일 것.
절연 저항	단자와 몸체간 및 단자와 단자간(OFF상태시) 절연저항은 8Ω 이상.
성능보장온도범위	0°C ~ 60°C
내수성	정규자세로 부착하고 KSR0015의 DI 시험 후 절연저하를 만족할 것.
동작온도범위	-15°C ~ 70°C
보존온도범위	-40°C ~ 85°C
단자 인장강도	인장강도 8±0.5kg으로, 30±5초 이상 보증할 것.
접점 습동부	전기적 접점 그리스 도포할 것.

(3) 로드 변위 조절

- 센싱로드의 변위는 조립 홀 위치로 43mm 만큼 조절이 가능하며, 모터 브라켓의 변위는 클램프 레버 해제 후 슬라이딩 조절을 통해 57mm 만큼 조절이 가능함에 따라 두둑 감지거리 조절 범위는 1,200mm를 기준으로 최소 1,114mm부터 최대 1,314mm까지 조절이 가능함.

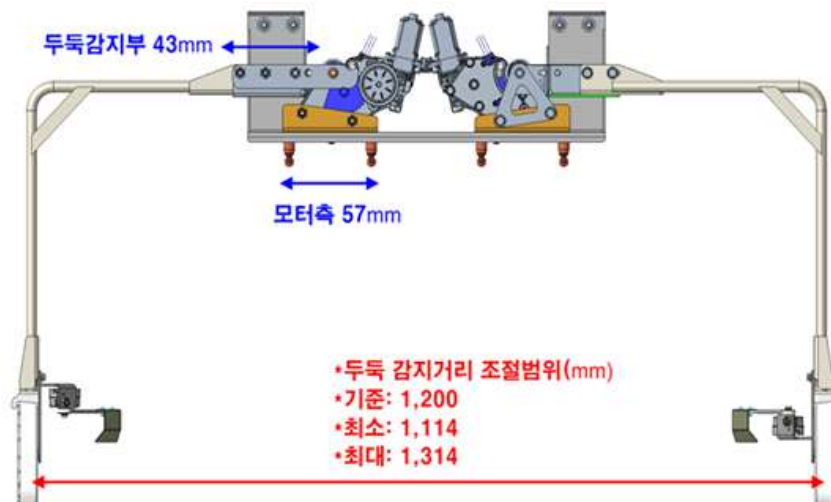


그림 223. 모터 브라켓 및 센싱로드 변위

(4) 두둑 추종 시스템 본체 결합

- 두둑 추종 시 진동에 의한 오차를 방지하기 위해 U자형 볼트를 채택하여 두둑 추종부의 메인 브라켓과 본체 파이프에 25A U 볼트 4EA를 이용하여 체결함.

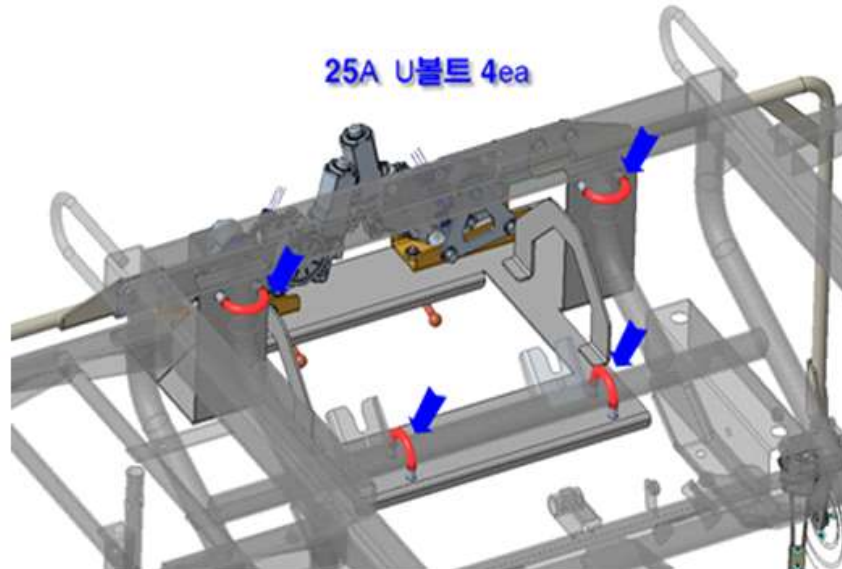


그림 224. 프레임 결합

다) 두둑 추종 제어 알고리즘 구성

(1) 두둑 추종 제어 기본 조건

- 두둑 추종을 위한 센서의 자동모드 ON 조건은 좌, 우 센서의 ON 기준에 맞추어 10° 이상 작동 시 3sec 후 진입하며 버져가 1회 울리도록 세팅되었으며, 센싱 자동모드 OFF의 조건은 좌, 우 센서가 동시에 10sec 이상 OFF에 위치가 유지 되면 자동모드가 해제되며 버져가 2회 울리도록 세팅하였음.
- 두둑 추종을 위한 센싱의 자동모드가 활성화되면 모터 자동 조향 각도의 범위는 조향 각 센서 기준으로 좌, 우 각 40° 범위에서 제어됨. 또한 좌, 우 모터의 작동 delay 시간은 300m/s 마다 2°씩 회전함.

(2) 제어 알고리즘

- 자율 조향 진입 해제 시 더듬이 센서 좌, 우 모두 ON 상태를 3초 유지 시 자율 주행 모드에 진입하고, 더듬이 센서 좌, 우 모두 OFF 상태를 10초 유지 시 자율 주행 모드가 정지함을 전제로 함. 최대 조향 각은 ±30° 임.
- 제어 알고리즘은 더듬이 센서 OFF 시 (OFF 된 더듬이 센서 방향으로 틀어진 경우) 다시 더듬이 센서가 ON이 될 때까지 반대 방향으로 200m/s 마다 2° 씩 센서 반대 방향으로 추가 조향 및 더듬이 센서 ON 시 바로 조향 각 중립 이동함.

(3) 제어 코드

- 제어 시스템 주요 코드 및 함수는 다음과 같음.

```
주요 함수,  
  
Read_FEELER(); // 더듬이 센서 상태 읽음,  
Control_Onion_TP(); // 더듬이 센서에 따른 조향제어 명령.,  
Control_Beep(); // 자율 조향 가능 진입 해제시 부저 발생.,  
  
// 제어 알고리즘 코드 일부,  
void Control_Onion_TP(void),  
{,  
    ui16Speed = 1000;,  
  
    switch (state_steering) {,  
        case STEER_IDLE: // Stop Auto-steering.,  
            bSelfdrive = 0;,  
            i16Angle = 0;,  
            Timer_STEER = 0;,  
  
            if(Antenna_L && Antenna_R) { //,  
                // Keep this state for 3 sec.,  
                if(!Timer_IDLE) {,  
                    state_steering = STEER_STRAIGHT;,  
                    Timer_IDLE = 1000;,  
                    run_beep = 1;,  
                    Timer_beep = 70;,  
                },  
                else {,  
                    Timer_IDLE--;,  
                },  
            },  
            else {,  
                Timer_IDLE = 300;,  
            },  
            break;,  
        case STEER_STRAIGHT:,  
    },  
},
```

그림 225. 주요 코드 및 함수

(4) 제어 회로도 구성

- 제어 시스템은 CAN 통신을 기반으로 구성되었으며 CAN 통신이란 차량 내에 존재하는 많은 제어기들이 서로 데이터를 주고받을 때 제어기들 간의 규칙을 통신 프로토콜이라고 하며 차량에서는 주로 CAN 통신 프로토콜을 사용함 두드러진 추종을 위한 CAN 통신 회로도는 다음과 같음.

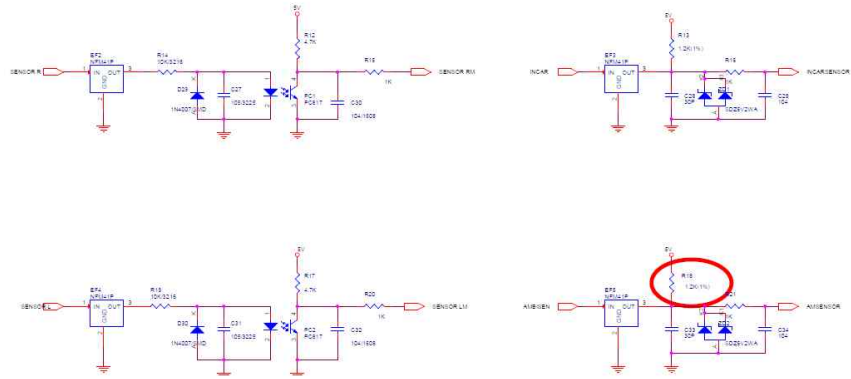


그림 226. 센서 회로도

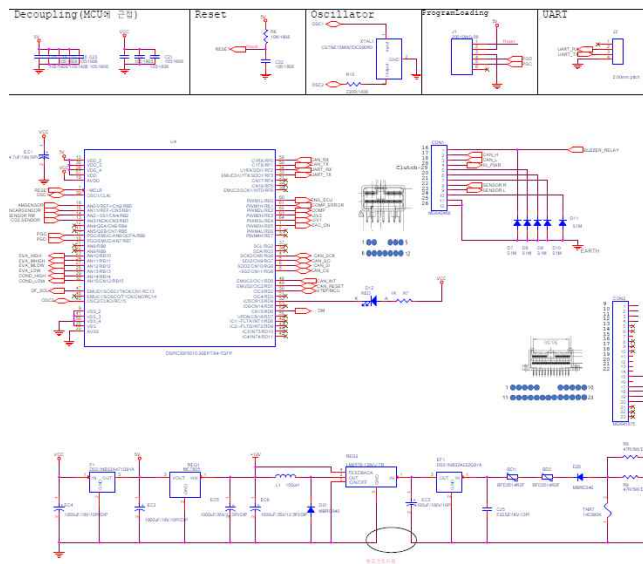


그림 227. 메인 회로도

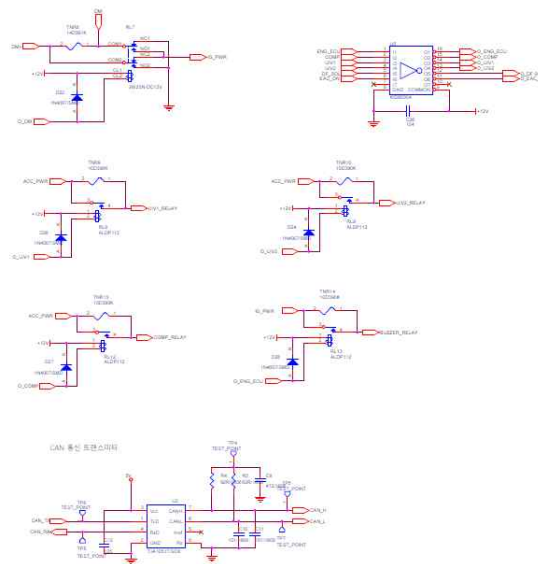


그림 228. CAN 통신 트랜스미터 회로도

(5) 코드 변경 이력

- 1차 코드 변경: 모터 드라이브와 CAN 통신 연결 구현.

- 2차 코드 변경:

더듬이 센서 인터페이스 및 조향 명령 CAN 통신 구현.

우측 센서 OFF 시 우향 턴, 두 센서 동시 ON, OFF시 중립 구현.

자율 주행 자동 진입, 해제 구현.

조향 감도 조절 기능 구현.

최대 각도 $\pm 45^\circ$ 구현.

자율주행 해제 시 중립 이동 기능 구현.

- 3차 코드 변경:

조향 감도 튜닝 (200m/s 마다 2°)

최대 조향 각 $\pm 30^\circ$ 수정

조향 진입 3초, 해제 10초 유지 기능 확정.

자율 조향 모드 진입 해제 시 부저 기능 구현.

(6) (바) 조향 제어 모터

- 조향 제어 모터 사양은 다음과 같음.

Item	Unit	KAFZ-02EF6N24 KAFZ-02E06N28	Remarks
Flange	mm	60	
Rated output	W	200	
Continuous Running Duty	%	100	
No. of poles		8	
Rated speed	r/min	3000	
Maximum speed	r/min	3500	
Rated torque	N·m	0.64	
	kgf·cm	6.53	
Maximum torque	N·m	1.2	
	kgf·cm	13.05	
Rated current	$A_{(s)}$	12	±10%
Rotor inertia	$\times 10^{-4} \text{kg} \cdot \text{m}^2$	0.161	
	$\text{gf} \cdot \text{cm} \cdot \text{sec}^2$	0.164	
Elec. time constant	ms	2.13	
Mech. time constant	ms	1.09	
Rated power rate	kW/s	25.94	
Momentary maximum current	$A_{(o-p)}$	34	
Back EMF constant per phase	$\times 10^{-4} V_{(e)}/\text{min}^{-1}$	2.04	±10%
	$V_{(s)}/\text{Krpm}$		
Torque constant	$\text{N} \cdot \text{m}/A_{(s)}$	0.053	±10%
	$\text{kgf} \cdot \text{cm}/A_{(s)}$	0.54	±10%
Phase resistance	Ω	0.061	±10%
Phase inductance	mH	0.13	±20%
Insulation class		B	
Vibration class		V-15	
Oil seal		O/X	
Brake		X	
Structure		Totally-enclosed self-cooled	
Supply voltage	V_{dc}	24	

표 76. 조향 제어 모터 사양



그림 229. 조향 제어 모듈 실차

(7) 컨트롤러 케이스

- 제어 컨트롤러 케이스는 다음과 같음.

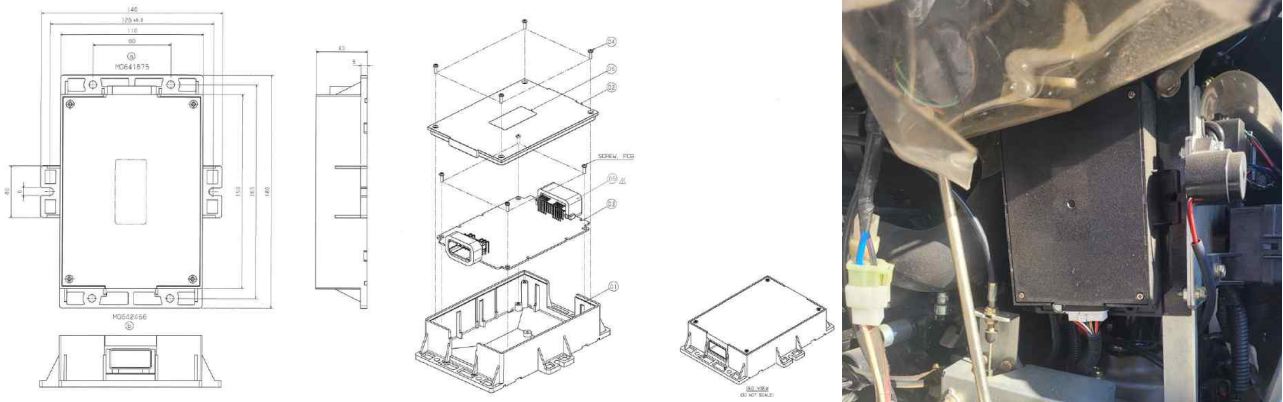


그림 230. 제어 컨트롤러

10) 유압 시스템 주요 부품 제작

가) 정식부 승·하강 유압 실린더 제작

- 정식부 승·하강 유압 실린더의 최대 작동 스트로크는 155.5mm이며, 이에 따른 정식부 승·하강시 하부링크의 최대 및 최소 각은 수평기준 최상승 각 30.7°부터 최하강 -27.7°이며 총 이동 각도는 58.4°임.



그림 231. 승강 실린더 실차

나) 정식부 승·하강 제어 연동

- 정식부의 승·하강은 스위치를 이용해 제어할 수 있도록 구성하였으며, 스위치는 토글식 스위치로 채택하여 레버를 상·하로 움직여 정식부 승·하강을 제어함.

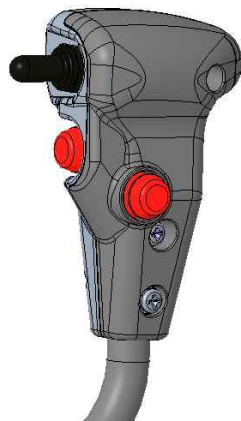


그림 232. 정식부 승·하강 스위치

11) 필드적응 성능시험 및 개선

가) 두둑 추종 성능평가(노상)

- 두둑 추종 성능 테스트를 위해 노상에서 두둑 대신 사다리를 이용하여 두둑 추종 센서 인식 및 조향 모터에 대한 성능 평가를 진행하였음. 성능평가의 기준은 모터 브라켓 및 센싱로드 변위 조절을 통해 최소 1,114mm부터 최대 1,314mm 길이를 기준으로 두둑 추종 및 조향 성능 평가를 진행하여 변위조절에 따른 두둑 추종 성능 양호로 판단.



그림 233. 시작품 테스트

나) 1차 성능평가

- 두둑 추종 조향 1차 성능평가는 사내 시험지(1자형 두둑)에서 진행하였으며 두둑 폭 1,100mm으로 선정하였음.
- 1차 성능평가 진행 시 전차륜이 두둑을 타고 올라가는 현상이 발생하였음. 이를 개선하기 위해 두둑 감지 딜레이 속도를 200m/s 마다 2°씩 회전하도록 변경하였음.

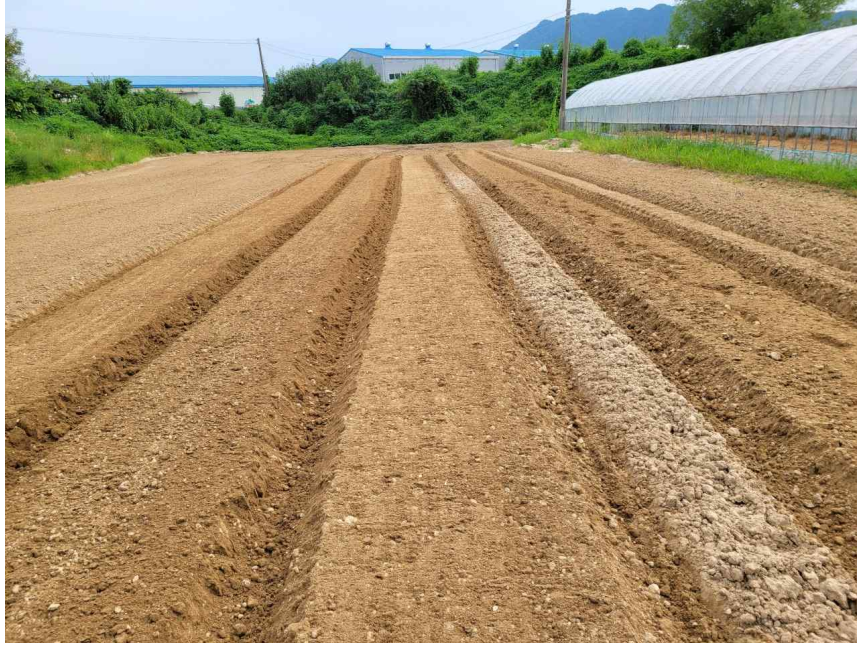


그림 234. (주)국제종합기계 필드시험지 (1자형 두둑)



그림 235. 필드 시험

다) 2차 성능평가

- 두둑 추종 조향 2차 성능평가는 사내 시험지(S자형 두둑)에서 진행하였으며 폭 1,100m으로 선정하였음.
- 두둑 추종 조향 1차 성능평가에서 1자형 두둑을 통해 조향 각을 선정하였으나 두둑 라인이 고르지 못할 것을 고려하여 S자형 두둑에서 2차 성능평가를 진행하였으며 1차 성능평가에서 반영된 200m/s 마다 2°씩 회전하는 조건과 최대 조향각 $\pm 45^\circ$ 로

기본 셋팅을 진행하였으며 필드는 1자형 구간 15m, 좌향으로 10° 곡선구간 10m, 우향으로 20° 곡선구간 10m로 구간을 설정하여 성능평가를 진행하였음.

- 2차 성능평가 진행시 S자 회전 구간에서 조향각이 크게 틀어져 불안정한 선회가 진행됨에 따라 최대 조향각 $\pm 45^\circ$ 에서 $\pm 30^\circ$ 로 바꾸어 진행하였음. 최대 조향각 $\pm 30^\circ$ 에서는 곡선구간에서 더욱 안정적인 선회를 보임.



그림 236. (주)국제종합기계 필드시험지 (S자형 두둑)

라) 공인 인증 시험

(1) 양파 정식기 최종 구성

- 최종 예비 묘탑재대 및 두둑추종 시스템 등을 적용한 양파 정식기는 다음과 같음.

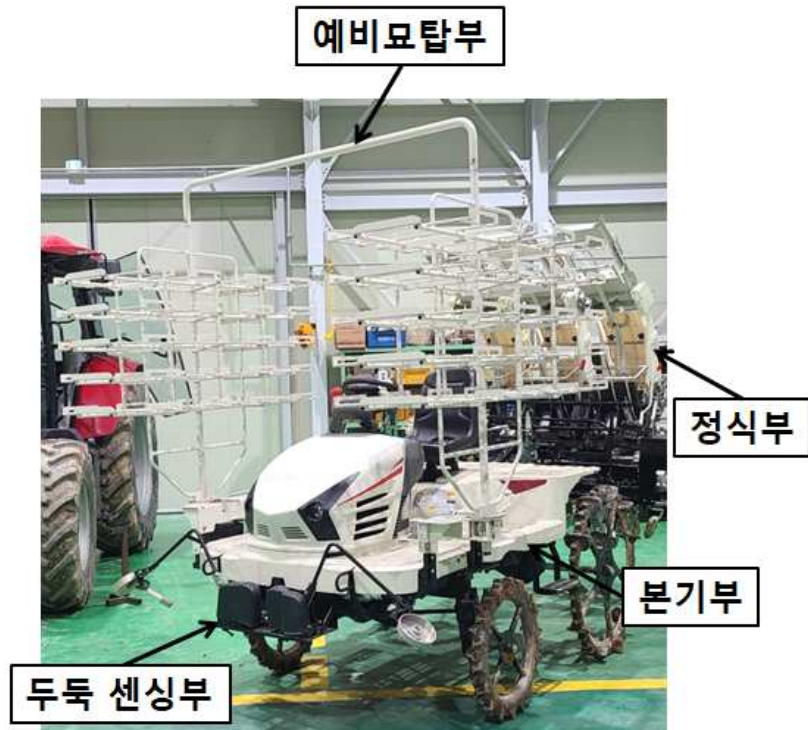


그림 237 양파 정식기 본기부 구성

(2) 시험 조건 및 결과

- 1차 11월 25일 강원도 춘천

시험 조건	
시험장소	강원도 춘천시 신북읍 지내리 254
시험일시	2021. 11. 25.
시험날씨	맑음
시험포장 면적	10a (50×20)m
사용모의 종류	양파모(스트라이크 골드)
엽령	이엽
모의길이	110mm
두둑폭 및 고랑폭	두둑폭 120cm 고랑폭 30cm
조간거리	200m
주간거리	160m
작업단수	무단
작업속도	0.16m/s (0.6km/h)
육모포트의 크기	448공 (32×14)공
시험결과	
포장작업능률	135분/10a

표 77. 1차 시험 조건 및 결과

시험 조건	
시험장소	전북 부안군 동진면 증산리 107-4
시험일시	2021. 12. 15.
시험날씨	맑음
시험포장 면적	10a (50×20)m
사용모의 종류	양파모(스트라이크 골드)
엽령	이엽
모의길이	100mm
두둑폭 및 고랑폭	두둑폭 120cm 고랑폭 30cm
조간거리	200m
주간거리	160m
작업단수	무단
작업속도	0.12m/s (0.4km/h)
육모포트의 크기	448공 (32×14)공
시험결과	
포장작업능률	106분/10a

표 78. 1차 시험 조건 및 결과



그림 238. 공인 인증 시험

□ 국립농업과학원(협동기관)

12) 승용 양파 정식기 시작기 안정성 분석 및 현장실증

가) 양파 정식기 시작기 횡전도 안정성 분석

시작기의 횡전도 안정성 평가 시험을 위해 농업기술실용화재단의 전도각 측정장비를 이용하여 작업기 상승, 하강에 따른 횡전도각을 분석하였다. 횡전도각은 작업기 하강 시 좌·우 전도각은 약 40°로 측정되었으나, 작업기 상승 시 횡전도각이 약 6° 감소하는 것으로 분석되었다. 시작기의 최저 횡전도각은 33.4°로 농업기술실용화재단의 농기계 검정기준(승용자주형 농업기계의 횡전도 검정기준 30°이상)을 만족하는 것으로 분석되었다.

표 79

작업기 상승·하강에 따른 횡전도각 분석

구분	횡전도각(°)	
	좌	우
작업기 하강	40.3	39.9
작업기 상승	35.1	33.4



(a) 작업기 하강[우측]



(b) 작업기 상승[좌측]

그림 239 작업기 상승·하강에 따른 횡전도각 분석

나) 양파 정식기 시작기 포장성능시험

양파 정식기 시작기 포장 성능 시험은 2021년 12월 16일 전북 부안군 동진면 증산리 소재의 농가 포장에서 수행하였다. 공시 육묘는 논양파 및 발양파 재배에 사용되는 스트라이크 골드 품종을 선정하였다. 양파 정식기 전용 트레이(448공)에 파종한 육묘를 사용하였으며, 생육상태는 아래 표 7과 같다. 작업속도는 0.12 m/s, 주간거리는 160 mm로 고정하고 수행하였으며, 시작기의 작업성능은 아래 식 (1)과 같이 농업과 학기술 연구조사분석기준의 농작업기계 포장성능 산출식을 이용하여 분석하였다. 정식성능은 결주율, 기계로 인한 육묘 손상률, 주간·조간거리 편차율을 측정 후 분석하였다.

표 80. 양파 육묘 생육 상태

측정위치	초장 (mm)	뿌리활착 (mm)	줄기경 (mm)	상토높이 (mm)	상토 함수율 (% , w.b)
	115.37±10.71	13.97±3.69	3.97±0.55	25.83±1.03	41.72
	무게(g)		함수율(% , w.b)		
	지상부	지하부	지상부	지하부	
	1.69±1.84	0.68±0.14	91.80±5.27	89.59±1.41	



그림 240. 양파 육묘 생육상태 조사

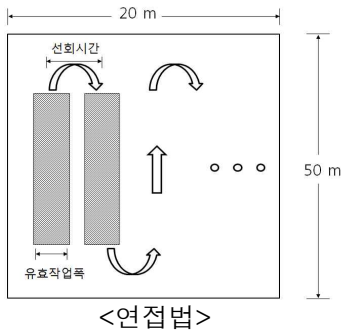
$$\text{포장작업성능(시간/10a)} = \left(\frac{50}{v} + t\right) \times \left(\frac{20}{3600 \times b}\right) \dots \dots \dots (1)$$

여기서, v : 평균작업속도(m/s)

t : 평균회행시간(s)

b : 평균작업폭(m)

* 회행시간 : 연접법(작업방법) 적용에 따른 총회행시간의 평균값 적용



(예시)	회행시간(s)
1회	
2회	
3회	
:	
:	
평균	

양파 정식기 포장 성능시험 결과 전체 결주율은 39.7%, 기계로 인한 육묘 손상률은 0.9%로 나타났으며, 조간거리 편차율은 4%로 분석되었다. 또한 양파 정식기 시작기 포장 작업능률은 106분/10a로 산출되었다. 육묘 기계 정식 시, 육묘의 뿌리활착 높이가 전체 상토 높이의 약 1/2지점까지 형성되어 묘 취출 또는 이송 시 상토가 부서져 결주가 더 높게 나타난 것으로 판단되었다. 따라서, 상토 부서짐을 줄이기 위해 뿌리 활착 높이가 전체 상토 높이의 2/3지점 이상까지 형성될 수 있는 육묘기술이 필요한 것으로 판단되었다.

표 81. 양파 정식기 시작기 작업성능 산출

평균 작업속도 (m/s)	평균 선회시간 (s)	평균 작업폭 (m)	계 (시간/10a)
0.12	61.2	1.5	1.77

표 82. 양파 정식기 시작기 정식성능

전체 결주율 (%)	기계로 인한 육묘 손상률 (%)	주간거리 편차율 (%)	조간거리 편차율 (%)
39.7	0.9	0.0	4.0



그림 241. 양파 정식기 시작기 포장성능 시험

□ 경남농업기술원(협동기관)

13) 육묘트레이 소독방법에 의한 양파 병 방제 연구

가) 수행방법

- 대상작목 : 양파(비스트)
- 처리내용 : 차아염소산나트륨 10% 1분 소독 등 7처리
- 조사항목 : 출현율, 육묘 트레이 및 정식 시 결주율, 묘 생육, 병원균 밀도 등
- 재배개요
 - 파종일 : 2020년 9월 11일
 - 정식일 : 2020년 11월 4일
 - 묘 엽 절단일 : 2020년 10월 1일, 10월 20일, 11월 1일
 - 육묘방법 : 448공 트레이 육묘

나) 시험성적

- 재사용 육묘 트레이의 소독시간에 따른 시들음병 병원균 밀도는 30분 이상 소독에서 0.0 cfu/100ml로 검출되지 않았음

표 83. 파종 전 소독에 따른 육묘 트레이 내 시들음병 병원균 밀도

소독 시간	병원균 밀도(cfu/100ml)
무 소독	2.37
1분	0.22
10분	0.00
20분	0.15
30분	0.00
60분	0.00
120분	0.00

※ 병원균 밀도 조사 : 트레이 각 셀당 증류수 15ml 분주하여 시험관에 수집한 후 0.1ml 치상 후 코로니 형성 수로 계산, 9반복 평균 값

- 육묘 트레이 소독 시간에 따른 묘 출현율, 정식 전 결주율은 처리 간에 차이가 없었으며, 정식 직후 결주율은 무소독 처리구보다 소독 처리구에서 약간 높은 경향을 보였음

표 84. 묘 출현율, 정식 전 묘 결주율 및 정식 직후 결주율

소독 시간	묘 출현율(%)	정식 전 묘 결주율(%)	정식 직후 결주율(%)
무 소독	95.8	6.0	12.5
1분	95.8	6.4	15.0
10분	95.1	7.2	11.3
20분	95.5	6.1	18.8
30분	95.2	7.4	17.5
60분	94.5	7.4	17.5
120분	96.1	6.3	18.8

※ 묘 출현율 조사일 : 2020년 9월 24일/ 정식 전 묘 결주율 조사일 : 2020년 10월 27일

- 트레이 소독 처리구에서 엽초경, 구경, 구와 엽 생체중, 근밀도는 무 소독 처리구보다 컸음

표 11. 정식 전 묘 생육 조사

소독 시간	엽수	엽초경 (mm)	구경 (mm)	생체중(g/주)				근밀도 (g/cm ³)	T/R
				근	구	엽	합계		
무 소독	3.7	3.7	4.6	0.28	0.11	0.92	1.31	9.3	3.8
1분	3.8	3.8	4.7	0.39	0.13	1.08	1.61	13.0	3.2
10분	3.9	4.0	4.7	0.43	0.11	1.18	1.71	14.2	3.0
20분	3.8	4.2	5.2	0.45	0.15	1.25	1.85	15.1	3.1
30분	3.9	4.0	5.0	0.35	0.16	1.18	1.69	11.8	3.8
60분	3.6	4.0	5.1	0.37	0.16	1.10	1.64	12.5	3.4
120분	3.5	4.3	5.8	0.36	0.21	1.19	1.76	12.0	3.9

※ 조사일 : 2020년 11월 4일(파종 후 54일)

- 트레이 소독 10분과 20분 처리구에서 트레이 셀 내 시들음병 병원균 수는 각각 2.5×10^5 cfu/g, 7.5×10^5 cfu/g로 가장 적었음

표 86. 정식 전 묘 시들음병 발생률

소독 시간	트레이 셀 내($\times 10^5$ cfu/g)	뿌리 감염률(%) ²
무 소독	33.3	22.2
1분	17.1	17.8
10분	2.5	7.8
20분	7.5	5.6
30분	20.0	18.9
60분	15.6	7.8
120분	11.4	17.8

※ 치상일 : 2020년 11월 17일(파종 후 54일)

뿌리 감염률(%)² : 양파 묘 뿌리 9개 당 시들음병 병원균 검출 뿌리 수

14) 개발정식기의 정식효율성 검정 및 한계결주율 설정

가) 수행방법

- 처리내용 : 4조, 6조, 8조 정식
- 조사지역 : 경남 합천군 야로면 덕암리 264-5
- 조사항목 : 엽수, 초장, 구경, 생체중, 수량, 결주율 등

※ 승용형 양파 정식기 개발이 당초 일정보다 늦어져서, 추가로 3가지(4조, 6조, 8조) 기종으로 기계정식이 이루어진 합천지역 현지포장을 선정하여 생육특성과 결주율을 조사하였음

나) 시험성적

- 양파 정식기종별 특성은 아래와 같고, 10a당 정식소요량은 4조식, 6조식, 8조식(4조 왕복)이 각각 29,200주, 33,100주, 36,700주임

표 87. 정식기종별 특성

기종	이랑조성(cm)	방식/조수	조간/주간(cm)	정식소요량(주)	작업능력(10a)
4조식	이랑폭 100	보행형 4조	24 / 10~13	29,200	100분
6조식	고랑폭 30	보행형 6조	14 / 14	33,100	120분
8조식	높이 20	승용형(4조왕복)	14 / 12.2~15	36,700	82분

※ 자료 : 합천군농업기술센터

- 옆 생육중기의 엽수, 초장, 구경은 기종에 따라 차이가 발생하지 않았으나, 생체중은 6조식에서 주당 180.65g으로 가장 양호한 것으로 나타났음

표 88. 옆 생육중기의 생육특성

구분	엽수 (매/주)	초장 (cm)	구경 (mm)	구경 /엽초경	생체중(g/주)			
					근	구	엽	전체
4조식	9.53 a	92.30 a	35.90 a	1.76 a	0.66 b	34.83 b	105.56 a	141.04 b
6조식	9.87 a	90.14 a	41.91 a	1.82 a	1.03 a	56.42 a	123.20 a	180.65 a
8조식	9.47 a	88.49 a	37.25 a	1.88 a	0.71 b	39.68 b	102.60 a	142.99 b

※ 조사일 : 2021. 4. 16., DMRT(5%)

- 구 비대초기에 기종별 생체중은 6조식이 가장 양호하였음

표 89. 구 비대초기의 생육특성

구분	엽수 (매/주)	초장 (cm)	구경 (mm)	구경 /엽초경	생체중(g/주)			
					근	구	엽	전체
4조식	9.73 a	98.21 a	56.77 b	2.90 a	1.41 b	117.22 a	138.28 a	256.91 a
6조식	9.40 ab	9.40 ab	62.32 a	2.94 a	1.65 a	140.95 a	126.79 ab	269.39 a
8조식	8.93 b	90.11 b	51.75 b	2.93 a	1.23 b	87.14 b	112.19 b	200.56 b

※ 조사일 : 2021. 5. 3., DMRT(5%)

- 구 비대중기의 구경은 4조식과 6조식이 양호하였고, 이로 인하여 전체적인 생체중도 4조식과 6조식이 8조식보다 양호한 것으로 나타남

표 90. 구 비대 중기의 생육특성

구분	엽수 (매/주)	초장 (cm)	구경 (mm)	구경 /엽초경	생체중(g/주)			
					근	구	엽	전체
4조식	7.87 a	88.03 a	76.88 a	4.36 a	0.81 a	241.12 b	106.66 a	348.59 a
6조식	7.13 a	71.83 b	81.18 a	5.36 a	0.93 a	292.60 a	75.20 b	368.73 a
8조식	6.87 a	81.13 a	66.42 b	4.83 a	0.89 a	175.59 c	73.21 b	249.69 b

※ 조사일 : 2021. 5. 18., DMRT(5%)

- 10a당 상품수량은 6조식에서 9,439kg으로 높게 나타났고, 8조식이 8,957kg으로 다소 낮게 나타났으나, 비상품 수량은 6조식에서 274kg으로 4조식과 8조식에 비하여 많았음

- 결주율은 기종에 따라 차이가 없었으며, 모두 10% 미만이었음

표 91. 수량 및 결주율

구 분	상품수량(kg/10a)				비상품 수량					결주율 (%)
	대구 ^z	중구	소구	합계(지식)	추대	분구	부패	열구	합계	
4조식	7,270 ab ^y	1,201 b	45 a	8,515 (100) a	0	0	61	0	61	7.5 a
6조식	8,719 a	649 b	71 a	9,439 (111) a	0	0	81	193	274	9.4 a
8조식	6,010 b	2,886 a	62 a	8,957 (105) a	0	0	27	0	27	9.6 a

※ ^z구 크기(구 직경, cm) : 대구(≥8), 중구(≥6, <8.0), 소구(<6.0)

^yDMRT(5%)

- 가식부의 10a당 구중은 4조식과 6조식이 양호하였으나, 8조식은 282g으로 낮게 나타났고, 구경도 유의하게 낮게 나타났음.

표 92. 가식부의 구 및 인편특성

기 종	구중(g)	구고(mm)	구경(mm)	인편수	링수	맹아
4조	405.4 a	91.6 a	92.7 a	9.6 a	4.9 a	2.7 a
6조	389.5 a	85.1 a	92.3 a	8.9 a	5.0 a	2.9 a
8조	282.0 b	86.0 a	81.1 b	9.3 a	4.7 a	2.5 a

※ DMRT(5%)

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

우리나라에서 개발된 정식기는 당사에서 개발하여 보급한 보행형 양파 정식기만 존재하며 보행형 정식기의 경우 작업능률이 낮고 운전자가 기계를 따라 걸어 다니면서 작업을 해야 하여 작업자의 피로도가 높은 문제점이 있음.

이러한 문제점을 해소하기 위해서는 승용형 정식기의 개발이 필요 하였음.

본 정식기는 전자동 시스템을 갖춘 승용 6조 양파 정식기임.

이는 우리나라에서는 최초로 개발된 승용형 양파 정식기임.

(2) 정량적 연구개발성과

특허는 총 4건을 등록하였으며, 1건은 등록되었고 나머지 3건은 등록 심사 중임.

논문은 총 4건을 등록하였으며, 1건의 SCI를 등록하였음.

현재 기술이전을 위한 MOU 체결이 2022년 2월 23일 예정되어 있음.

(단위 : 건, 천원)

성과지표명		연도	1단계 (2019~2021)	n단계 (YYYY~YYYY)	계	가중치 (%)
전담기관 등록·기탁 지표	SCI	목표(단계별)	2		2	
		실적(누적)	1		1	
	비SCI	목표(단계별)	3		3	
		실적(누적)	3		3	
	논문평균IF	목표(단계별)	0.5		0.5	5
		실적(누적)	2.43		2.43	
	특허출원	목표(단계별)	4		4	15
		실적(누적)	4		4	
	특허등록	목표(단계별)	2		2	20
		실적(누적)	0		0	
연구개발과제 특성 반영 지표	기술실시 (이전)	목표(단계별)	2		2	10
		실적(누적)	1		1	
	제품화	목표(단계별)	1		1	15
		실적(누적)	1		1	
	고용창출	목표(단계별)	2		2	5
		실적(누적)	6		6	
	제품인증	목표(단계별)	1		1	10
		실적(누적)	1		1	
	교육지도	목표(단계별)	1		1	5
		실적(누적)	5		5	
	인력양성	목표(단계별)	4		4	5
		실적(누적)	9		9	
	정책활용	목표(단계별)	1		1	5
		실적(누적)	1		1	
	홍보(전시)	목표(단계별)	10		10	5
		실적(누적)	6		6	
계						100

< 연구개발성과 성능지표 >

평가 항목 (주요성능 ¹⁾)		단위	전체 항목에서 차지하는 비중 ²⁾ (%)	세계 최고		연구개발 전 국내 성능수준	연구개발 목표치	연구개발 성과	목표설정 근거
				보유국/보유기관	성능 수준	성능수준	1단계 (2019~2021)		
1	결주율	%	50	일본/MINORU	95	승용형 기계없음	3	39.7	실용화재단 검정성적서 성능기준
2	작업 능률	분/10 a	15	일본/MINORU	85	승용형 기계없음	60	106	선진사대비
3	작업 속도	m/s	15	일본/MINORU	90	승용형 기계없음	0.24	0.12	선진사대비
4	주간 거리 편차율	%	10	일본/MINORU	100	승용형 기계없음	15	0	실용화재단 검정성적서 성능기준
5	조간 거리 편차율	%	10	일본/MINORU	100	승용형 기계없음	10	4.0	실용화재단 검정성적서 성능기준

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

□ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Kinematic Analysis of a Gear-Driven Rotary Planting Mechanism for a Six-Row Self-Propelled Onion Transplanter	Machines	Md Nasim Reza	9(9)	Switzerland	MDPI	SCI(E)	30 August 2021	2075-1702	100%
2	Turning stability analysis of a 12-kW self-propelled riding-type automatic onion transplanter to ensure user safety	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	Milon Chowdhury	924 (1)	United Kingdom	IOP Publishing	Scopus	08 December 2021	1755-1307	100%
3	Theoretical analysis of velocity, acceleration and torque calculation of a five-bar onion transplanting mechanism	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	Kamal Rasool	924 (1)	United Kingdom	IOP Publishing	Scopus	08 December 2021	1755-1307	100%
4	Onion transplanting mechanisms : A review	Precision Agriculture Science and Technology	Kamal Rasool	2(4)	republic of Korea	KSPA	N/A	12 November 2020	2713-5632	100%

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	한국농업기계학회 추계학술 대회	최일수	2019.10.18.	강촌	대한민국
2	KSAM & ARCs 2020 Spring Coference	Kamal Rasool	2020.06. 5~26	Jinju	Republic of Korea
3	International Conference on Green Agro-Industry and Bioeconomy	Kamal Rasool	2020.08.25	Malang	Indonesia
4	KSAM & ARCs 2020 Autumn Coference	Kamal Rasool	2020.10.30	Jeonju	Republic of Korea
5	한국농업기계학회 추계학술대회	이에슬	2020.10.30	전북대학교 (온라인)	대한민국
6	한국원예학회 112차 추계학술대회	이종태	2020.11.05. ~11.11	이-컨퍼런스	대한민국
7	한국원예학회 113차 추계학술대회	이종태 등	2021.5.24.~5.27	http://conferenc e.horticulture.or. kr (온라인)	대한민국
8	International Conference on Green Agro-Industry and Bioeconomy	Milon Chowdhury	2021.07. 06~07	Malang	Indonesia
9	KSAM & ARCs 2021 Autumn Coference	Milon Chowdhury	2021.10. 27~30	Jeju	Republic of Korea

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명

기술 요약 정보

연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용여부	허용방식

보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호

생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

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

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율	활용 여부	
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일			등록 번호
1	농기계용 전동제어 유닛	대한민 국	신종필 외7명	2019- 11-18	10-20 19-01 47622	10-21 23801	동양물 산기업	2020-0 6-11	10-212 3801	1/1	
2	주행 가능한 승용형 양파정식기	대한민 국	신종필 외6명	2020.0 6.02	10-20 20-00 66341					1/1	
3	양파정식기의 식부어셈블리 지지장치	대한민 국	신종필 외6명	2020.0 6.02	10-20 20-00 66342					1/1	
4	농업용 작업차의 두둑 경로 감지장치	대한민 국	고광명 외 4명	2021.1 2.27	10-20 21-01 88206					1/1	

○ 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

저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율
1	생산비 절감을 위한 양파 기계화 최신기술	2020.09.01	이종태	2020.09.01	ISBN 979-11-853 65-37-4	경상남도농업 기술원	80%

신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		

표준화

○ 국내표준

번호	인증구분 ¹⁾	인증여부 ²⁾	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류 ³⁾	제안/인증일자

* 1) 한국산업규격(KS) 표준, 단체규격 등에서 해당하는 사항을 기재합니다.

* 2) 제안 또는 인증 중 해당하는 사항을 기재합니다.

* 3) 신규 또는 개정 중 해당하는 사항을 기재합니다.

○ 국제 표준

번호	표준화단계구분 ¹⁾	표준명	표준기구명 ²⁾	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식 ³⁾	제안자	표준화 번호	제안일자

- * 1) 국제표준 단계 중 신규 작업항목 제안(NP), 국제표준초안(WD), 위원회안(CD), 국제표준안(DIS), 최종국제표준안(FDIS), 국제표준(IS) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 2) 국제표준화기구(ISO), 국제전기기술위원회(IEC), 공동기술위원회1(JTC1) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 3) 국제표준(IS), 기술시방서(TS), 기술보고서(TR), 공개활용규격(PAS), 기타 중 해당하는 사항을 기재합니다.

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황

- * 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 투자실적

번호	추가 연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격*

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		

- * 1) 기술이전 또는 자기실시
- * 2) 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등
- * 3) 국내 또는 국외

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
합계					

□ 사업화 계획 및 무역 수치 개선 효과

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

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)			합계
			2019년	2020년	2020년	
1	신입사원 채용	(주)티와이엠	2	2	2	6
합계			2	2	2	6

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력		
		생산인력		
	개발 후	연구인력		
		생산인력		

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
해당 연도							
기대 목표							

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원

기술 무역

(단위: 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	기 징수액	총 계약액	해당 연도 징수액	향후 예정액	수출/ 수입

[사회적 성과]

법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
1	채택	승용형 양파 정식기 농기계 보급정책에 활용	국립농업과학원	2022	농업기계임대사업 에 승용형 양파 정식기 활용

설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황											
			학위별				성별		지역별					
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타	
1		2019		1			1							√
2		2020	1	3			3	1	√					√
3		2021		1	3		3	1						√

산업 기술 인력 양성

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	신문	경남연합일보,경남도민일보,농업경제신문, 농촌여성신문, 뉴스 경남등	양파 파종을 위한 묘상준비	2019.08.08
2	신문	경남연합일보, 뉴스경제신문, 아시아뉴스통신등	기계정식 파종관리	2019.09.16
3	신문	경남연합일보, 창원일보, 경남데일리 등	경남도, 태풍 대비 양파농가 기술지원	2019.10.7.
	신문	경남도민신문, 농업경제신문 등	경남동기원 양파 기계화 최신기술 책자 발간	2020.9.22.~10.4.
	신문	경남도민신문 등	경남동기원 (주)씨드온, 업무협약 체결	2021.10.8.
	월간지	농업기술	양파 농가 활성화를 위해 끊임없이 연구하는 경상남도농업기술원 양파연구소	2021.3

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²) (22쪽 중 11쪽)]

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

구축기관	연구시설/연구장비명	규격(모델명)	개발여부(○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자(YY.MM.DD)	구축비용(천원)	비고(설치 장소)

* 「과학기술기초법 시행령」 제42조제4항제2호에 따른 연구시설·장비 종합정보시스템을 의미합니다.

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

○ 교육지도: 5건

- 양파 육묘 및 월동기 재배요령: 2019. 7. 29, 완주군농업기술센터(공문 양파연구소-1828)
- 고품질 양파 재배기술 : 2019. 9. 24, 당진시농업기술센터(공문 양파연구소-2179)
- 양파 재배매뉴얼 및 생산기술 품질관리 : 2019.10.11., 신미네유통사업단(공문 양파연구소-2497)
- 양파 재배기술 교육 : 2020.5.9, 구성농협(공문 초원 20200525-01)
- 양파 품질향상 세미나 : 2020.7.28., 함양군농업기술센터(공문 친환경농업과-9568)

○ 영농기술정보 : 3건

- 기계정식 양파 시들음병 방제를 위한 차아염소산나트륨 소독방법
- 기계정식 양파 시들음병 방제를 위한 육묘상 방수매트 깔개 설치
- 양파의 국내외 생산 및 소비현황
- 승용형 양파 정식기 이용기술 및 효과

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성합니다)

연구 성과 증빙자료

□ 논문(총 4건)

가. 비SCI 논문

- 논문명: Onion transplanting mechanisms: A review
- 주저자: Md Nasim Reza
- 학술지: Machines

REVIEW ARTICLE

Onion transplanting mechanisms: A review

Kamal Rasool¹, Md Nafiu Islam¹, Mohammad Ali¹, Bo-Eun Jang¹, Nadeem Ali Khan², Milton Chowdhury^{1,3}, Sun-Ok Chung^{1,2*}, Haing-Ju Kwon^{2*}

¹Department of Agricultural Machinery Engineering, Graduate School, Chungnam National University, Daejeon, Republic of Korea

²Department of Smart Agricultural System, Graduate School, Chungnam National University, Daejeon, Republic of Korea

³Tonyang Moolsan Co., Ltd. Gongju, Republic of Korea

*Corresponding Author: sochung@cnu.ac.kr; hjkwon@tym.co.kr

*These authors equally contributed to this study as corresponding author

Abstract

The objective of this study was to review the research activity and developments on transplanting mechanisms for onion cultivation. The literature was reviewed for handheld, semi-automatic and automatic onion transplanting devices and their respective mechanisms used for onion transplantation. Handheld onion transplanter devices used a simple structure mechanism consisting of two jaws pivoted at the bottom of the seedling guide tube and can be open and close by pressing the hand lever. Finger type and plug type transplanting mechanism commonly used in semi-automatic onion transplanter. Semi-automatic onion transplanters are either walk behind or tractor driven and an operator need to concentrate on manual feeding of seedlings into the planting hoppers. Fully automatic onion transplanters consist of seedling picking and planting mechanisms. These automatic transplanting mechanisms involve a continuous process of seedling extraction from the growing medium cell tray and punching into the soil at required depth and planting interval respectively. Pin type and pushing bar type pickup mechanisms have developed to extract the onion seedlings automatically and place at pre-defined position. These mechanisms are comprise by grippers, manipulators, and end effectors. In recent studies, 4 bar and 5 bar seedlings pickup mechanisms were investigated to evaluate the motion trajectories and best possible combinations of the link bars. The wheel type, rotary type, and linkage type planting mechanisms have been developed to deposit the onion seedlings into the soil. Transplanting rate, efficiency, and accuracy of the automatic onion transplanting mechanism is significantly better than the handheld and semi-automatic onion transplanters.

Keywords: Onion, handheld, semi-automatic, automatic transplanting, picking mechanism, planting mechanism

The onion (*Allium cepa* L.) also known as the bulb onion is the most widely cultivated and consumed vegetables across the globe. The onion cultivation area in the world was 2.4 million ha in 1996 and it reached 4.9 million ha in 2016 and the changes in onion production was recorded 60 million tons in 1996 to 90 million tons in 2016 (Hanci, 2018). China is the largest onion producer in



OPEN ACCESS

DOI: <https://doi.org/10.112972/pastj.202000024>

Received: September 25, 2020

Revised: October 29, 2020

Accepted: November 12, 2020

Copyright: © 2020 Korean Society of Precision Agriculture



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non-Commercial license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

나. 비SCI 논문

- 논문명: Turning stability analysis of a 12-kW self-propelled riding-type automatic onion transplanter to ensure user safety
- 주저자: Milon Chowdhury
- 학술지: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science

Turning stability analysis of a 12-kW self-propelled riding-type automatic onion transplanter to ensure user safety

M Chowdhury^{1,2}, M A Gulandaz³, S Kiraga¹, M Ali¹, M N Reza¹,
H J Kwon³, D H Lee^{1,2} and S O Chung^{1,2}

¹Department of Agricultural Machinery Engineering, Graduate School, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea

²Department of Smart Agricultural Systems, Graduate School, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea

³Tonyang Moolsan Co., Ltd., Iksan 54576, Republic of Korea

E-mail: sochung@cnu.ac.kr

Abstract. The lateral turning stability analysis of the self-propelled riding-type upland crop machinery is an important issue as the cultivation lands are usually uneven, and cause severe work-related injuries, even death. In this study, the lateral turning stability of a 12-kW self-propelled riding-type automatic onion transplanter was analyzed for ensuring the operator's safety during transplanting operation. To evaluate turning stability, the center of gravity (CG) of the developed onion transplanter was determined theoretically. Then, a simulation was carried out to identify the lateral turning stability angles using the RecurDyn software, and the results were validated through tests. Rollover angles in the loaded and unloaded conditions were also checked. The statistical significance of the replications was determined by a one-way analysis of variance (ANOVA). According to the physical dimensions of the onion transplanter, the mathematical rollover angle was 34.5°. The average simulated rollover angles were 43.9°. Due to the symmetrical structure, a 4.5° turning difference was observed between the right and left side turning, and a 3° angle difference was occurred due to the variation of load conditions. The rollover angles fulfilled the ISO (International Organization for Standardization) standard. The findings of this study would be helpful for the manufacturers to ensure operator safety during the upland crop machinery operation in uneven and sloped lands.

1. Introduction

Onion (*Allium cepa* L.) is one of the major industrially marketable crops widely cultivated in different countries of the world [1]. It contains several types of functional components such as carbohydrates, proteins, vitamin C, B6, folic acid, sugars (glucose, fructose, galactose, and arabinose), minerals (Ca, Fe, S), flavonoid, antioxidant, and polyphenol components, which act as an alternative of medicines and promotes health [2, 3]. It can be consumed as a raw and also in cooked condition. The cultivation area of onion was 2.4 million ha in 1996, which became 4.9 million ha in 2016, and the production increased from 60 to 90 million tons by this 20 year [4]. Despite this, the cultivation rate of onion is decreasing in many countries, such as Korea (1.41 million tons in 2010 to 1.17 million tons in 2020) [5], due to labor intensiveness, aging of the farmers, high labor cost, and low mechanization rate. The conventional method of onion transplantation needs 185-260 man.hr.ha⁻¹, which is very labor-intensive and non-efficient [6]. The semi-automatic and automatic transplanting mechanisms are also



Content from this work may be used under the terms of the [Creative Commons Attribution 3.0 licence](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/). Any further distribution of this work must maintain attribution to the author(s) and the title of the work, journal citation and DOI.

Published under licence by IOP Publishing Ltd

1

다. 비SCI 논문

- 논문명: Theoretical analysis of velocity, acceleration and torque calculation of a five-bar onion transplanting mechanism
- 주저자: Kamal Rasool
- 학술지: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science

Theoretical analysis of velocity, acceleration and torque calculation of a five-bar onion transplanting mechanism

K Rasool¹, M Ali¹, M Chowdhury^{1,2}, H J Kwon³, K M Swe¹, and S O Chung^{1,2}

¹ Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Graduate School, Chungnam National University, Daejeon, Republic of Korea

² Dept. of Smart Agricultural Systems, Graduate School, Chungnam National University, Daejeon, Republic of Korea

³ Tonyang Moolsan Co., Ltd. Gongju, Republic of Korea

E-mail: sochung@cnu.ac.kr

Abstract. The seedling transplanting mechanism is one of the key components of onion transplanter. Therefore, kinematic analysis of the transplanting mechanism is helpful to calculate the operational efficiency and performance of the device. The purpose of this study is to perform theoretical analysis of a five-bar mechanism to calculate the velocity, acceleration and input driving torque as well as to select the appropriate combination of link bars for smooth transplantation of onion seedlings. 3D model assembly of the mechanism was theoretically modelled and its motion was simulated by using commercial software. The five-bar mechanism is comprised of a driving link, driven link, connecting link, slider and the fixed slot. The movement of the slider was constrained to follow a fixed slot pathway, which was the combination of a straight line and a circular path along the driven link bar. Four number of simulation trials were conducted with different lengths of link bars for the selection of the appropriate link combination and respective peak velocities and accelerations. Driving torque was calculated at 30, 40, and 50 rpm speed of the driving link. The simulated velocities and accelerations of the end effector in 'X' and 'Y' directions for appropriate link combination were found as 0.36 m/sec, 0.73 m/sec and 4.5 m/sec², 4.7 m/sec² respectively. The required driving torque were observed 3.8 Nm at 30 rpm to complete the one cycle of onion seedling transplantation. The outcomes of this study would provide a significant reference for the validation and development of an efficient transplanting scheme for onion transplanting.

1. Introduction

The onion (*Allium cepa* L.) crop is one of the most widely grown, ingested and highly demand vegetables around the world. Low pungency yellow onion is preferably grown in Korea because it has better storability as compared to the red cultivars [1]. In general, the early and late harvesting times for onion are 135-155 and 165-175 days respectively. The conventional method used for vegetable transplantation is labor-intensive and inefficient which needs 185-260 man-hr/ha [2]. Research and development of plug seedling transplanter were started in the 1980s [3]. Overall transplanting efficiency depends on the mechanism type used in the transplanter. These limitations in the transplanting efficiency



Content from this work may be used under the terms of the [Creative Commons Attribution 3.0 licence](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/). Any further distribution of this work must maintain attribution to the author(s) and the title of the work, journal citation and DOI.

Published under licence by IOP Publishing Ltd

1

라. SCI 논문

- 논문명: Kinematic Analysis of a Gear-Driven Rotary Planting Mechanism for a Six-Row Self-Propelled Onion Transplanter
- 저자: Md Nasim Reza
- 학술지: Machines



Article

Kinematic Analysis of a Gear-Driven Rotary Planting Mechanism for a Six-Row Self-Propelled Onion Transplanter

Md Nasim Reza ^{1,2}, Md Naful Islam ^{1,2}, Milon Chowdhury ^{1,2}, Mohammad Ali ¹, Sumaiya Islam ², Shafik Kiraga ², Seung-Jin Lim ³, Il-Su Choi ⁴ and Sun-Ok Chung ^{1,2,*}

- ¹ Department of Agricultural Machinery Engineering, Graduate School, Chungnam National University, Daejeon 31134, Korea; reza5575@cnu.ac.kr (M.N.R.); nafulislam@cnu.ac.kr (M.N.I.); chowdhurym90@cnu.ac.kr (M.C.); sdali77@o.cnu.ac.kr (M.A.)
 - ² Department of Smart Agricultural Systems, Graduate School, Chungnam National University, Daejeon 31134, Korea; dina_0075@o.cnu.ac.kr (S.I.); kiragashafik@o.cnu.ac.kr (S.K.)
 - ³ TYM Co., Ltd., Iksan 54576, Korea; seungjin.lim@tym.world
 - ⁴ National Institute of Agricultural Science, RDA, Jeonju 54875, Korea; cis1981@korea.kr
- * Correspondence: sochung@cnu.ac.kr; Tel.: +82-42-821-6712

Abstract: The purpose of this study was to develop a kinematic model of a gear-driven rotary planting mechanism for a self-propelled onion transplanter. The kinematic model was simulated using a commercial mechanical design and a simulation software package, and was validated through an on-site performance test. Torque and acceleration sensors were installed with an input power shaft and hopper jaws, respectively. Through kinematic analysis and simulation, the appropriate length combinations for primary, connecting, and planting arm were determined as 90, 70, and 190 mm, respectively. The diameters of the driver, driven, and idler gears in the primary arm were 56, 48, and 28 mm, respectively. For the secondary link, the diameters of the driver, idler, and driven gears were 28, 28, and 56 mm, respectively. The length of the planting hopper was selected as 190 mm and remained constant during the kinematic analysis. The maximum magnitude of the velocity and acceleration of the planting mechanism were determined as 1032 mm/s and 6501 mm/s², respectively. The power consumption was measured as 35.4 W at 60 rpm. The single- and double-unit assembly of the studied rotary planting mechanism can transplant 60 and 120 seedlings/min, respectively.

Keywords: agricultural machinery; onion; transplanter; planting mechanism; kinematic analysis



Citation: Reza, M.N.; Islam, M.N.; Chowdhury, M.; Ali, M.; Islam, S.; Kiraga, S.; Lim, S.-J.; Choi, I.-S.; Chung, S.-O. Kinematic Analysis of a Gear-Driven Rotary Planting Mechanism for a Six-Row Self-Propelled Onion Transplanter. *Machines* 2021, 9, 183. <https://doi.org/10.3390/machines9090183>

Academic Editor: Hermes Giberti

Received: 16 July 2021
Accepted: 24 August 2021
Published: 30 August 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Onion (*Allium cepa* L.) is one of the most popular vegetables, used throughout the year in all manner of condiments and in all households, especially in Asian countries. It contains several nutritional components such as carbohydrates, proteins, vitamin C, B6, folic acid, sugars (glucose, fructose, galactose, and arabinose), minerals (Ca, Fe, S), flavonoids, antioxidants, and polyphenols, all of which function as alternative medicines and as methods for promoting health [1,2]. Onions can be consumed in a raw or cooked condition. Yellow and green onions are often used as ingredients in traditional cuisine in south-east Asia. Hence, the demand for onions is high all over the world. In 1996, onion cultivation occupied 2.4 million ha of land globally, which increased to 4.9 million ha by 2016; during this period, onion production increased from 60 to 90 million tons [3]. Despite this, onion cultivation rates are decreasing in many countries. For instance, onion production in Korea declined by 426,223 tons (26.7%) in 2020 compared to 2019 [4]. The primary causes of declining onion production are a scarcity of farm labor and the lack of mechanization in transplanting operations [5]. Mechanized onion transplanters are therefore required to solve issues in production and help both small landholders and older, more established farmers.

□ 국내 및 국제 학술회의 발표(국내외 9건)

- 논문명: 승용 양파정식기 개발을 위한 주산지 양파 재배양식 및 기계정식 실태조사
- 발표자: 최일수
- 학술지: 한국농업기계학회/2019년 추계공동학술대회



한국농업기계학회/2019년 추계공동학술대회

승용 양파정식기 개발을 위한 주산지 양파 재배양식 및 기계정식 실태조사
A Survey on Cropping Patterns & Transplanting Machine
for Development of Riding Type Onion Transplanter

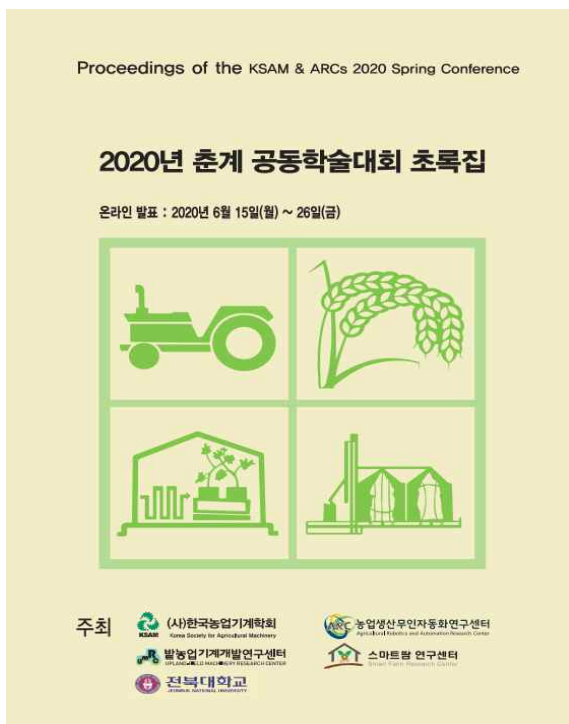
최일수^{1*} 김병근¹ 최홍¹ 유승하¹ 우재근¹ 강해정¹ 전현봉¹ 이상희¹ 김진규¹ 한지환¹
Il-Su Choi¹ Byung-Kun Kim¹ Hong Choi¹ Seung-Hwa Yoo¹ Jae-Kyun Woo¹
Tae-Gyung Kang¹ Hyeon-Jong Jun¹ Sang-Hee Lee¹ Jin-Gu Kim¹ Ji-Won Han¹
¹농촌진흥청 국립농업과학원 양파연구팀
²Upland Mechanization Team, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Jeonju, Korea
³Vegetable Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Wanju, Korea

초록(Abstract)
양파, 마늘과 같이 벼에 비해 상대적으로 소파의 높은 밀착률이 높아지면서 발농양이 우리 농업의 주요 소득원으로 부각되고 있다. 양파는 국내 필수적인 양파재배로 겨울 휴경기 이용 제재 및 활용 후 모내기 전 수확하는 대표적 주요 소득 작물로, 재배면적은 '19년 22.9천ha에서 '19년 21.7천ha로 감소하였으나, 생산량은 '19년 1,520천톤에서 '19년 1,594천톤으로 증가해 과잉생산에 따른 판매가격 하락으로 생산이 절감요구되고 있다('2019 통계청, 농지조사 재해연차 및 생산량). 국내 양파 재배 기계화율은 '18년 62.2%로 조사되고 있으며 작업단계별 세부 기계화율의 경우 비닐사 및 타 밭작물의 경우로 농기계용 이용률은 경운·갈지, 비닐파쇄, 양파 등의 작업을 제외하고 갈지 13.1%, 수확 24.2%로 미흡한 실정이다('2017 농업기계 이용실태 조사, 이용 절감화율의 경우 보행형 자동 양파 정식기 14, 용달용양파기 개발되어 보급중이나, 수일 승용 정식기 비료 요구기술 절감형 및 적지침는 제조 보급이 미흡한 것으로 보고되고 있다. 따라서, 양파 기계 정식을 위한 요구기술 정밀 및 고성능 승용 양파 정식기 개발이 필요할 실정이다.
이에 본 연구는 고성능 승용 양파 정식기 개발을 위한 기초조사로 국내 양파 재배지역인, 남해 양파 주산지 대상 재배양식 및 기계정식 실태 조사를 수행하였다. 관행 양파 재배양식 조사는 논영양은 합천, 창녕, 양양 또는 무안, 함평 소재 농가포장에서 수행하였으며, 양파 기계정식 실태조사는 국내 보급 양파정식기의 특징, 제작주수, 작업속도 등을 조사하였다. 관행 재배양식 조사 결과 논영양은 합천, 창녕에서 수확을 위해 두둑 폭 110~120cm, 고랑폭 30~60cm, 조간 14~15cm, 주간 14~15cm, 발양하는 무안, 함평에서 9~13cm 정제에 두둑폭 150~180cm, 고랑폭 20~30cm, 조간 13~15cm, 주간 15~20cm로 조사되었다. 이번 조사는 논 영양의 경우 굴취기를 이용한 수확 증가로 트랙터 차를 높고 고랑 폭의 기계정식 보급과 최근 작면에서 확대되고 있는 양파 정식기 이용 증가에 따른 것으로 분석되었다. 양파 기계정식 실태조사 결과 국내 D사의 보행형의 경우 8호 정식(양파) 두둑폭은 90~100cm, 조간 14cm, 주간 12~15cm였으며, 수입 M사의 승용형의 경우 8호 정식(양파) 두둑폭은 100~120cm, 조간 14cm, 주간 12~20cm로 조사되었다.

키워드(Keywords)
양파정식기, 정식기, 양파, 재배양식

사사(Acknowledgment)
본 결과는 농림수산식품부의 재원으로 농업수산식품기술기획평가원의 첨단생산기술훈련사업의 지원을 받아 연구되었음(과제번호 : 319043-03)
*교신저자: 최일수(csi1981@korea.kr)

- 논문명: Working speed simulation of a single hopper type rotary dibbling mechanism for self-propelled onion transplanter
- 발표자: Kamal Rasool
- 학술지: KSAM & ARCs 2020 Spring Conference



(사)한국농업기계학회/2020년 춘계 공동학술대회

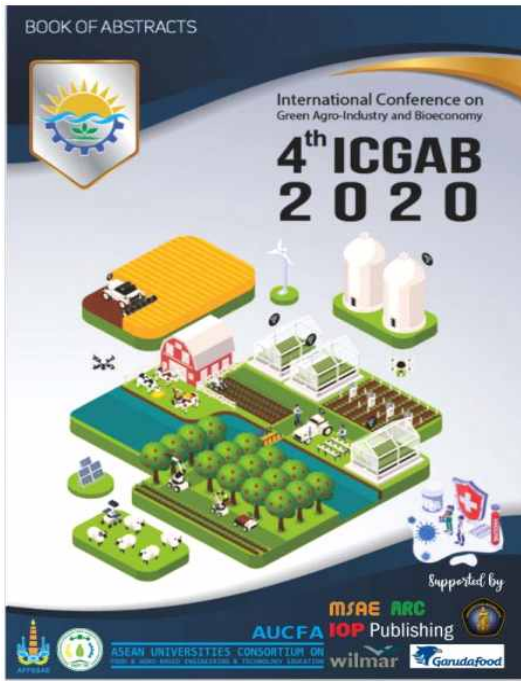
자주식 양파정식기 단일 호퍼형 회전식 점과 베커니즘의 작업속도 시뮬레이션
Working speed simulation of a single hopper type rotary dibbling mechanism for self-propelled onion transplanter

카말 라술¹, 나피울 이슬람¹, 모하마드 알리¹, 밀론 초우리², 권현주³, 정진옥^{3*}
Kamal Rasool¹, Md. Nafizul Islam¹, Mohammad Ali¹,
Milon Chowdhury², Hainge-Ju Kwon², Sun-Ok Chung^{3*}
¹Department of Agricultural Machinery Engineering, Graduate School, Chungnam National University, Daejeon, Korea
²충남대학교 대학원 스마트농업시스템학과
³Department of Smart Agricultural Systems, Graduate School, Chungnam National University, Daejeon, Korea
⁴동양물산주식회사
⁵Tongyang Moolsan Co. Ltd., Gongju, Korea

초록(Abstract)
The dibbling mechanism for onion transplantation is a major key component to obtain regular deposition of the seedling into the soil. Obtaining a suitable dibbling mechanism play an important role for the development of other mechanisms. Therefore a number of parameters need to be optimized by simulation in order to design a dibbling mechanism. The purpose of this study is to perform simulation using software package to develop a gear driven hopper type rotary dibbling mechanism for self propelled onion transplanter. The dibbling mechanism comprises by the three main parts primary arm, connecting arm, and rotary dibbling hopper. Both in a primary and connecting arms, two stage spur gears mechanisms were installed, three gears each arm. The ratio between driver and idler gear of primary arm is 1.2:1 and in the connecting gear arm the ratio between the idler and driver gear is 2:1. Different trials of simulation analysis were conducted using SolidWorks software to calculate the optimal working speed of the dibbling mechanism which satisfy the smooth vertical deposition of the seedling for standard plant interval. The drive shaft rpm ranging from 40 to 70 and the working speed ranging from .05 m/sec to 0.28 m/sec were considered. In order to identify the planting condition visually, the planting trajectory for dibbling mechanism were drawn. The peak velocity and acceleration were observed 0.8 m/sec and 5.5 m/sec² respectively. Working speed and planting rate of the mechanism for smooth vertical deposition of the seedling were found to be 0.13 m/sec for the plant interval of 7cm at 60 rpm. The seedlings will be subjected to damage if working speed is over 0.13m/sec. This proposed single hopper dibbling mechanism could plant 60 seedling/min at the depth of 35 ± 5mm. The outcomes of this study would provide a significant references for the development of an efficient onion transplanting.

*교신 저자: 정진옥(sochung@cnu.ac.kr)

- 논문명: Kinematic analysis of different seedling transplanting mechanism for self-propelled onion transplanter
- 발표자: Kamal Rasool
- 학술지: International Conference on Green Agro-Industry and Bioeconomy



[AEE-024]
Kinematic analysis of different seedling transplanting mechanism for self-propelled onion transplanter

K. Rasool¹, S-O Chung^{1,2}, M. Ali¹, H-J Kwon³, Y-J Kim¹, and K-M Swe¹

¹Department of Agricultural Machinery Engineering, Graduate School, Chungnam National University, Daejeon, Republic of Korea

²Department of Smart Agricultural System, Graduate School, Chungnam National University, Daejeon, Republic of Korea

³Tonyang Moolsan Co., Ltd. Gongju, Republic of Korea

E-mail: sochung@cnu.ac.kr

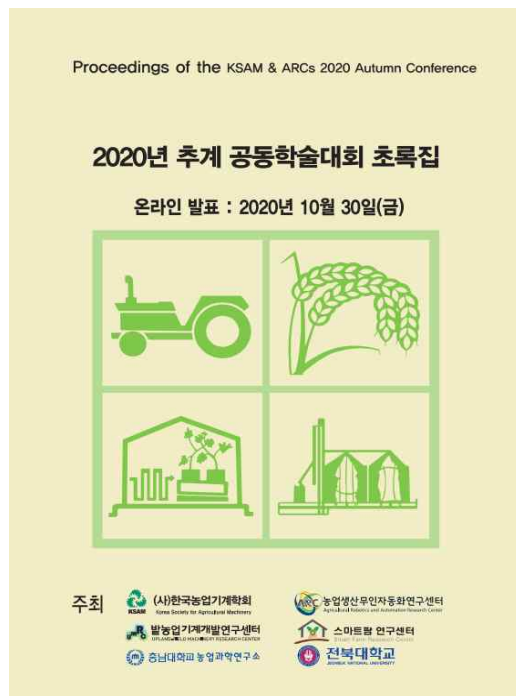
Abstract

Seedling transplanting mechanism is one of the key components of onion transplanter. Therefore, kinematic analysis of different transplanting mechanism is helpful to determine the operational efficiency and performance of the implement. The purpose of this study is to develop an onion seedling transplanting mechanism by simulating and analyzing the parameters of different transplanting mechanisms. Three different mechanisms; finger type transplanting mechanism with pushing type seedling extraction from the cell tray, five bar transplanting mechanism with pin type seedling extraction, and four bar transplanting mechanism with clamp type seedling extraction were considered and simulated using SolidWorks software. Selection of the appropriate link combination was done by conducting five numbers of trials for each mechanism with different lengths of link bars. The simulated velocities and accelerations of the end effectors for each mechanism in the 'X' and 'Y' directions for appropriate link combination were found as 0.3 m/sec, 0.5 m/sec, 0.36 m/sec, 0.73 m/sec, 1.29 m/sec, 1.27 m/sec and 3.9 m/sec², 1.6 m/sec², 4.5 m/sec², 4.7 m/sec², 7.34 m/sec², 7.26 m/sec² respectively. The maximum seedling extraction rates were found as 60, 60 and 30 seedlings per minute, respectively. The finger type picking mechanism with pushing type seedling extraction could be considered as appropriate picking mechanism for onion seedling transplantation at 60 rpm speed of the driving link. The outcomes of this study would provide significant reference for the development of efficient transplanting scheme for onion transplanting.

Key Words: Onion, Seedling, Transplanter, Kinematic Analysis

Topic: AGRICULTURAL ENGINEERING

- 논문명: Kinematic analysis of different seedling transplanting mechanism for self-propelled onion transplanter
- 발표자: Kamal Rasool
- 학술지: KSAM & ARCs 2020 Autumn Conference



자주식 양파정식기 정식 메커니즘에 따른 기구학적 해석
Kinematic analysis of different transplanting mechanism for a self-propelled onion transplanter

카말 라수¹, 나피울 이슬람¹, 모하마드 알리¹, 밀론 호두리^{1,2}, 임승권^{1,2}, 정현욱^{1,2*}*
 Kamal Rasool¹, Md. Nafid Islam¹, Mohammad Ali¹, Milon Chowdhury^{1,2}, Seung-jin Lim³, Sun-Ok Chung^{1,2*}

¹충남대학교 대학원 농업기계공학과
 School, Daejeon, Korea

²Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Chungnam National University Graduate School, Daejeon, Korea

³Dept. of Smart Agricultural Systems, Chungnam National University Graduate School, Daejeon, Korea
 *동양물산주식회사
⁴Tonyang Moolsan CO., LTD. Gongju, Korea

Abstract

The demand of the onion transplanter is increasing in Korea as mechanization rate of the transplantation is less than 2% - 5%. Seedling transplanting mechanism is the key component of onion transplanter. Therefore, kinematic analysis of transplanting mechanism is helpful to determine the operational efficiency and performance of the implement. The purpose of this study is to develop kinematic models and simulation analysis of three different transplanting mechanisms. Five bar transplanting mechanism with pushing type seedling extraction, five bar transplanting mechanism with pin type seedling extraction, and four bar transplanting mechanism with clamp type seedling extraction were considered and their motions were simulated using commercial software. Selection of the appropriate link combination was done by conducting five numbers of trials for each mechanism with different lengths of link bars. The simulated velocities and accelerations of the end effector for each mechanism in the 'X' and 'Y' directions for appropriate link combination were found as 0.3 m/sec, 0.5 m/sec, 0.36 m/sec, 0.73 m/sec, 1.29 m/sec, 1.27 m/sec and 3.9 m/sec², 1.6 m/sec², 4.5 m/sec², 4.7 m/sec², 7.34 m/sec², 7.26 m/sec² respectively. The maximum seedling extraction rates were found as 60, 60 and 30 seedlings per minute, respectively. The five bar transplanting mechanism with pushing type seedling extraction could be considered as appropriate picking mechanism for onion seedling transplantation at 60 rpm speed of the driving link.

Keywords

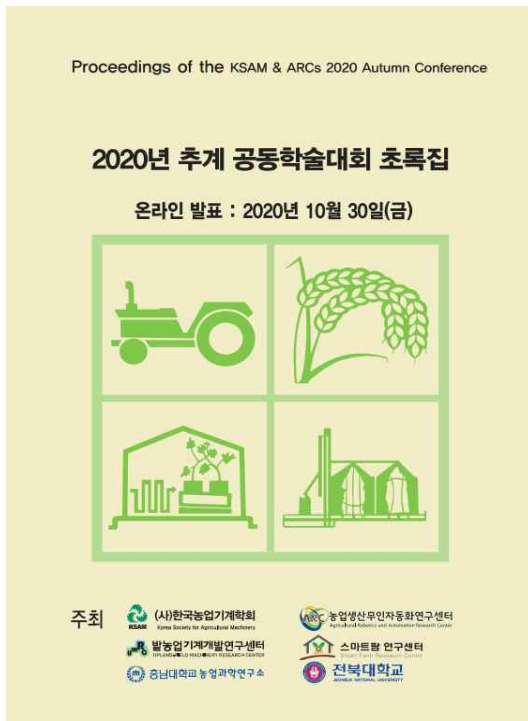
Kinematic analysis transplanting mechanism onion seedling five bar

Acknowledgment

This Research was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET) through (Project No. 2019300514), Funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA).

*교신 저자 : 정현욱(sochung@cnu.ac.kr)

- 논문명: 양파 정식기 개발을 위한 식부장치 궤적 가시화 분석
- 발표자: 이에슬
- 학술지: 한국농업기계학회/2020년 추계공동학술대회



양파 정식기 개발을 위한 식부장치 궤적 가시화 분석
Visualization analysis of transplanting device trajectory for development of onion transplanter

이에슬¹ Yesul Lee¹ 최일수^{1*} Ilu Choi^{1*} 강나래¹ Narac Kang¹ 윤상희¹ Sangheo Yun¹
김영희¹ Younghwa Kim¹ 유승화¹ Seungbwa Yu¹ 우재근¹ Jaekun Woo¹ 최덕규¹ Duckkyu Choi¹ 최용¹ Yong Choi¹

¹농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부
¹Department of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Science, RDA, Jeonju, Korea

초록(Abstract)

국내 양파 생산량은 2019년 기준 159만 4,450톤으로 전년대비 7만 3,481톤(4.83%) 증가하였다(통계청, 2019). 양파 생산량은 증가하고 있으나 양파재배 전체 작업 중 소요되는 노동력의 26%를 차지하고 있는 정식 작업의 기계화는 비효율 실정으로 정식시기에 맞춰 적은 노동력으로 고숙작업이 가능한 승용 양파 정식기 개발이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 승용 양파 정식기 개발을 위한 식부장치 메커니즘 구명을 위해 식부장치 궤적분석 시뮬레이션을 제작 후 요인별 가시화 분석을 수행하였다. 양파 정식기 식부장치 궤적분석 시뮬레이션은 원형도조와 연결되도록 설계하였으며, 원형도조(3점링크) 연결부, 구동 모터, 모터 스피드콘트롤러, 식부기어 케이스, 식부암, 호퍼부, 지지 프레임 등으로 구성되어 제작하였다. 양파 정식기의 식부장치는 극히 선진 양파 정식기에서 일반적으로 사용하고 있는 2단 로터리 방식을 채용하였으며, 본 연구에서 개발하고자 하는 양파 정식기의 목표성능을 고려하여 주행속도가 0.24 m/s일 때, 주간거리 7.7~17.4 cm 구멍이 가능하도록 설계하였다. 양파 정식기 식부장치 궤적 가시화 분석 시험은 식부장치의 적정 회전속도를 구명하기 위해 양파 표준재양식(농업기술개발사업, 2018)을 참고하여 주간거리 13 cm, 정식 깊이 3 cm로 설정하고, 식부장치 회전속도에 따른 식부장치 궤적분석을 실시하였다. 양파 정식기가 정식 상태일 때 식부장치 궤적분석 결과 타원형의 궤적으로 나타났으며, 하사점에서 상사점으로 올라갈 때 타원형의 궤적에서 직선 궤적으로 나타났다. 이는 식부장치의 호퍼가 열었다가 닫히기 때문에 나타난 현상으로 판단된다. 궤적의 세로방향의 최대면적은 285 mm, 가로방향 변위는 80 mm로 나타났다. 식부장치 회전속도가 100 rpm일 때, 식부호퍼가 토양에 삽입된 상태에서 20 mm정도 뒤로 밀리는 현상이 발생하였다. 식부장치 회전속도가 110 rpm일 경우는 식부호퍼가 토양속에서 끌리는 현상을 방지할 수 있는 것으로 나타났다.

키워드(Keywords)

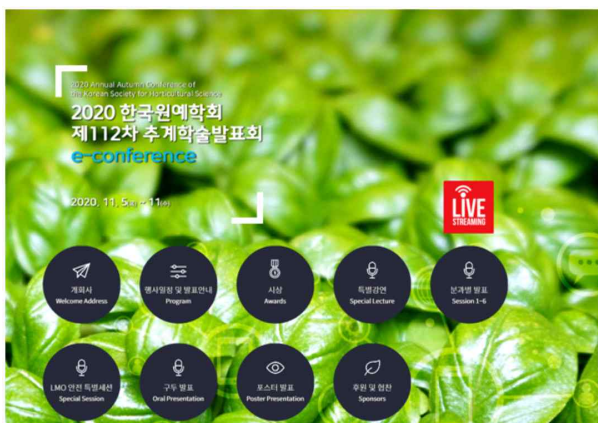
양파, 정식기, 식부장치, 궤적분석, 메커니즘

사사(Acknowledgement)

본 연구는 농림수산식품부의 재원으로 농림과학기술개발지원의 원천생산기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(과제번호: 319043-03)

*교신저자 : 최일수(cis1981@korea.kr)

- 논문명: 기상온도에 따른 양파의 추대 발생 양상
- 발표자: 이종태
- 학술지: 2020 한국원예학회 제 112차 추계 학술발표회



P-1-34

양파 품종과 종자의 저장온도에 따른 무펠렛 종자와 펠렛 종자의 발아율 평가

Evaluation of Germination Ratio of Non-pelleted and Pelleted Onion (*Allium cepa* L.) Seed as Affected by Different Cultivars and Storage Temperature

이종태*, 민병규, 이미진, 하인종, 장영호, 김미애, 박미정
경상남도농업기술원 양파연구소

Jongtae Lee*, Byeong-Gyu Min, Mijin Lee, In-Jong Ha, Young-Ho Chang, Mi-Ae Kim, and Mi-Jeong Park
Onion Research Institute, Gyeongnam Agricultural Research and Extension Services, Changnyeong 50319, Korea

양파는 육식 위주의 식생활 변화와 건강에 대한 소비자들의 인식이 고조되면서 소비량이 증가하고 있으며, 고속도로 노지 채소작물로 재배면적이 증가하는 추세에 있다. 최근 파종작업의 자동화와 기계정식을 위하여 트레이 육묘가 늘어나고 있다. 트레이 육묘의 효율적인 파종을 위하여 펠렛 종자의 활용이 늘어나고 있는데, 품종이나 판매 연도에 따라서 펠렛 종자의 출현율이 감소하는 경우가 발생하고 있다. 종자의 발아율은 종자 생산과정에서의 성숙 환경이나 생산 연도, 종자 수확 후 처리 등에 따라서 차이가 있을 수 있다. 본 연구는 시판되는 9 품종의 양파 종자에 대하여 무펠렛과 펠렛 종자의 발아율을 비교하였고, 종자의 저장온도에 따른 발아율 변화를 조사하여 최적의 종자 저장조건을 구명하기 위하여 수행하였다. 종자의 펠렛은 2018년 9월 10일에 펠렛 전문업체(신농)에 의뢰하였다. 종자의 발아율은 페트리디시에 여과지를 깔고 각 종자 별로 50립을 치상하여 7일 후에 5mm 이상 유근이 나온 종자의 비율로 계산하였다. 2018년 10월 2일에 품종별로 발아시험을 하였으며 그 이후에 저장온도별로 나누어 저장하였고 2020년 6월 20일까지 3개월 간격으로 발아율을 조사하였다. 2018년 10월 2일 조사에서 무펠

- 논문명: Working speed analysis of a gear-driven rotary planting mechanism of a 12-kW self-propelled riding-type automatic onion transplanter
- 발표자: Milon Chowdhury
- 학술지: KSAM & ARCs 2021 Autumn Conference



Working speed analysis of a gear-driven rotary planting mechanism of a 12-kW self-propelled riding-type automatic onion transplanter

초두리 밀론^{1,2} 레자 나심¹ 알리 모하마드¹
Milon Chowdhury^{1,2} Md Nasim Reza^{1,2} Mohammad Al¹
고란달 앗라푸자만 굴란다즈² 권행주³ 정선옥^{1,2*}
Md Ashrafuzzaman Gulandaz² Haing-Ju Kwon³ Sun-Ok Chung^{1,2*}

¹충남대학교 대학원 농업기계공학과
²Department of Agricultural Machinery Engineering, Graduate School, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea
³충남대학교 대학원 스마트농업시스템 공학과
²Department of Smart Agricultural Systems, Graduate School, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea
³티와이엠유식회사
³TYM Co., Ltd, Iksan 54576, Republic of Korea.

초록(Abstract)

The development of a riding-type automatic onion transplanter could be effective in improving the mechanization rate in onion cultivation, where the working speed analysis plays a vital role and determines planting performance and efficiency. The objective of this study was to select a suitable working speed of a 12 kW self-propelled riding-type automatic onion transplanter for efficient planting of onion seedlings with minimum damage. The proposed transplanting mechanism consisted of six assembling units of picking, conveyors, and rotary planting mechanism, where every rotary planting unit needs a continuous supply of onion seedlings at a certain rate for uniform and upright plantation. To enable the smooth collection and plantation of onion seedlings, analysis was carried out via a mathematical working trajectory model of the planting mechanism, virtual prototype simulation, and validation tests using a physical test bench. In the mathematical model analysis and simulation, the suitable rotational speed was found as 60 rpm and it was able to transplant 60 and 120 seedlings/min using the single and double unit assembly of planting mechanism, respectively. A 150 mm/s forward speed of the transplanter was preferable in terms of seedling uprightiness and low damage. A forward speed of 150 mm/s with a transplanting speed of 120 seedlings/min was preferable in terms of achieving a high degree of seedling uprightiness. A field test using the real prototype of the onion transplanter would be necessary to verify the accuracy of these findings.

키워드(Keywords)

Field machinery, onion transplanter, planting mechanism, working speed analysis, planting performance and efficiency.

사사(Acknowledgement):

This work was supported by the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET), through the Advanced Production Technology Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (Project No. 319043-03), Republic of Korea.

*교신저자: 정선옥 (sochung@cnu.ac.kr)

□ 지식재산권(특허 4건)

- 특허명: 농기계용 전동제어 유닛
- 출원인: 동양물산기업(주)
- 출원번호: 10-2019-0147622 / 등록번호: 10-2123801



발명의 명칭 Title of the Invention
농기계용 전동제어유닛

특허권자 Patentee
동양물산기업 주식회사(110111-*****)
서울특별시 강남구 언주로133길 7, 대용빌딩 (논현동)

발명자 Inventor
등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 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.



2020년 06월 11일

특허청장
COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

박원주



QR코드로 현재기준
등록사항을 확인하세요



- 특허명: 주행 가능한 승용형 양파정식기
- 출원인: 동양물산기업(주)
- 출원번호: 10-2020-0066341

관 인 생 략

출원번호통지서

출원일자 2020.06.02
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(P2020011)
 출원번호 10-2020-0066341 (접수번호 1-1-2020-0565871-64)
 출원인명칭 동양물산기업 주식회사(1-1998-000924-2)
 대리인성명 김한얼(9-1998-000081-9)
 발명자성명 강영선 신종필 권행주 조민영 임승진 소진환 황성근
 발명의명칭 주행 가능한 승용형 양파정식기

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
 ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 ※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
 ※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드>
 ※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
 ※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

- 특허명: 양파정식기의 식부어셈블리 지지장치
- 출원인: 동양물산기업(주)
- 출원번호: 10-2020-0066342

관 인 생 략

출원번호통지서

출원일자 2020.06.02
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(P2020010)
 출원번호 10-2020-0066342 (접수번호 1-1-2020-0565872-10)
 출원인명칭 동양물산기업 주식회사(1-1998-000924-2)
 대리인성명 김한얼(9-1998-000081-9)
 발명자성명 강영선 신종필 권행주 조민영 임승진 소진환 황성근
 발명의명칭 양파정식기의 식부어셈블리 지지장치

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
 ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 ※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
 ※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드>
 ※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
 ※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

- 특허명: 농업용 작업차의 두둑 경로 감지 장치
- 출원인: 국제종합기계(주)
- 출원번호: 10-2021-0188206

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2021.12.27
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(P2021024)
 출원번호 10-2021-0188206 (접수번호 1-1-2021-1506220-14)
 (DAS접근코드43C2)
 출원인명칭 국제종합기계 주식회사(1-1998-000230-7)
 대리인성명 김한얼(9-1998-000081-9)
 발명자성명 고광명 이봉규 장규식 김종문 민경민
 발명의명칭 농업용 작업차의 두둑 경로 감지장치

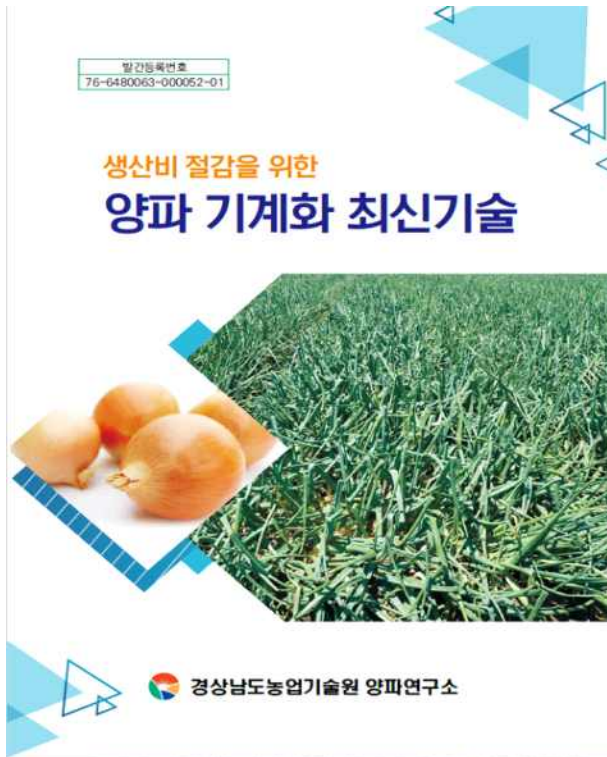
특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허로 홈페이지(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다.
 2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다.
 ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
 3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 4. 기타 심사 절차(제도)에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고객상담센터(☎ 1544-8080)에 문의하여 주시기 바랍니다.
 ※ 심사제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-지식재산제도

□ 저작권(서적 1건)

- 제목: 생산비 절감을 위한 양파 기계화 최신기술
- 등록번호: ISBN 979-11-85365-37-4



Contents

I 양파 생산현황	<ul style="list-style-type: none"> 1. 양파 생산 8 2. 양파 산업과 소비 9 3. 양파 수출입과 종자 현황 11 4. 경남 시군별 양파 재배현황 12
II 양파 생리생태	<ul style="list-style-type: none"> 1. 양파의 한 살이와 구조 14 <ul style="list-style-type: none"> 가. 씨앗에서 다시 씨앗까지 14 나. 양파의 전체적인 구조 16 <ul style="list-style-type: none"> >> 양파의 씨앗 18 >> 양파의 뿌리 18 >> 양파의 잎 20 >> 양파의 구 21 >> 양파의 줄기 23 >> 양파의 꽃 24 2. 양파의 발육과 환경 26 <ul style="list-style-type: none"> 가. 양파 씨앗의 발아 26 <ul style="list-style-type: none"> >> 온도 27 >> 수분 28 >> 공기 28 >> 빛 28 나. 양파 잎과 뿌리의 발육 생리 29 <ul style="list-style-type: none"> >> 온도 32 >> 빛의 세기 32 >> 해갈이 32 >> 토양 수분 32 >> 토양 산도 33 >> 비료 33 다. 양파 구의 비대 개시 33 <ul style="list-style-type: none"> >> 구의 비대가 시작되었다는 것을 확인하는 방법 34 >> 해갈이 35 >> 온도 36 >> 햇빛의 세기 36 >> 토양 수분과 양분 36 >> 잎과 뿌리의 생장 37 라. 양파 구의 비대 과정 37 <ul style="list-style-type: none"> >> 해갈이와 일조량 39 >> 온도 40 >> 토양 수분과 통기 40 >> 무기양분 40

III 양파 기계화 생산과정	<ul style="list-style-type: none"> 마. 양파의 꽃차례 형성 생리 43 바. 양파의 휴면과 저장 45 <ul style="list-style-type: none"> >> 휴면 생리 46 >> 양파 구의 결실 46 >> 온도의 영향 48 >> 풍량의 영향 49 >> 양파 구의 호흡량과 탄수화물 대사 49 >> 수확시기 50 >> 생장조절제의 역할 50 1. 양파 파종과 육묘 52 2. 파종 방법별 양파 묘 56 3. 경지 및 비닐 일차 작업 60 4. 양파 정식기 61 5. 양파 모종 운반 물 63 6. 양파 지하 파종기 64 7. 방제용 장비 65 8. 수확작업 67
IV 양파 기계정식 최신기술	<ul style="list-style-type: none"> 1. 기계정식 육묘시기별 주요 작업내용 71 2. 우리나라에 보급되어 있는 양파 정식기 74 3. 기계정식을 위한 묘가 갖추어야 할 조건 76 4. 묘상 밭 준비 77 <ul style="list-style-type: none"> 가. 묘상 밭 선정 77 나. 직경 육묘 상의 조건 78 다. 묘상 밭 조성 방법 79 5. 기계정식 육묘에 필요한 자재 81 <ul style="list-style-type: none"> 가. 자재의 종류 81 <ul style="list-style-type: none"> >> 햇빛 증가 81 >> 육묘 트레이 82 >> 육묘 상토 83 >> 파종기 84 >> 모종집단지 84 나. 자재의 소요량 85 <ul style="list-style-type: none"> >> 양파 정식기 종류별 정식 구역 85 >> 양파 정식기 종류별 종자 소요량 87 >> 양파 정식기 종류별 상토 소요량 87 >> 양파 정식기 종류별 묘상 밭 면적 87

생산비 절감을 위한 양파 기계화 최신기술

발행일 : 2020년 9월 1일
 발행인 : 경상남도농업기술원장 최달현
 교정 및 감수 : 연구개발과장 장영호
 양파연구소장 하인중
 양파연구소장 민병규
 양파연구소장 박소득
 양파연구소장 김주연
 저자 : 이종대
 발행처 : 경상남도농업기술원 양파연구소
 경상남도 창원군 대저면 우포2로 1055
 전화 055-254-1511

디자인 - 인쇄 : 우리인쇄기획 (전화 055-743-7129)
 ISBN 979-11-85365-37-4

한권은 경상남도농업기술원이 소유하고 있습니다.
 본 책의 무단복제나 사용을 금합니다.
 비매품

본 성과물(저술)은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 첨단생산기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(과제번호 319043-03)

□ 고용창출(6명)

- 동양물산기업(주)

- 오O웅 연구원
- 고용창출일: 2019.05.16

발급번호 : G2019110501421472				
건강보험자격득실확인서				
확인청구자	성명	주민등록번호		
	오O웅	940100-3*****		
자 격 득 실 확 인 내 역				
No	가입자구분	사업장명칭	자격취득일	자격상실일
1	직장가입자	동양물산기업 (주) <i>alth insur</i>	2019.05.16	

- 동양물산기업(주)

- 김O영 연구원
- 고용창출일: 2019.05.16.

발급번호 : G2019110501421383				
건강보험자격득실확인서				
확인청구자	성명	주민등록번호		
	김O영	910000-3*****		
자 격 득 실 확 인 내 역				
No	가입자구분	사업장명칭	자격취득일	자격상실일
1	직장가입자	동양물산기업 (주) <i>alth insur</i>	2019.05.16	

- 동양물산기업(주)
- 황O승 연구원
- 고용창출일: 2020.01.13.

발급번호 : G2020101501421129				
건강보험자격득실확인서				
확인청구자	성명		주민등록번호	
	황O승		941103-1*****	
자격득실확인내역				
No	가입자구분	사업장명칭	자격취득일	자격상실일
1	직장가입자	동양물산기업 (주)	2020.01.13	

- 동양물산기업(주)
- 황O근 연구원
- 고용창출일: 2020.01.13.

발급번호 : G2020111801421198				
건강보험자격득실확인서				
확인청구자	성명		주민등록번호	
	황O근		938000-1*****	
자격득실확인내역				
No	가입자구분	사업장명칭	자격취득일	자격상실일
1	직장가입자	동양물산기업 (주)	2020.01.13	

- (주)티와이엠
- 경O석 연구원
- 고용창출일: 2021.01.04.





발급번호 : G202201040142198				
건강보험자격득실확인서				
확인청구자	성명		주민등록번호	
	경O석		940000-1-*****	
자 격 득 실 확 인 내 역				
No	가입자구분	사업장명칭	자격취득일	자격상실일
1	직장가입자	주식회사 티와이엠	2021.01.04	

- (주)티와이엠
- 문O태 연구원
- 고용창출일: 2021.01.04.

건강보험자격득실확인서				
가입자	성명		주민등록번호	
	문O태		900000-1-*****	
자 격 득 실 확 인 내 역				
NO	가입자구분	사업장명칭	자격취득일	자격상실일
1	직장가입자	주식회사 티와이엠	2021-01-04	

□ 정책활용 내용(1건)

- 정책명: 승용형 양파 정식기 농기계 보급정책에 활용
- 채택 내용: 농업기계 임대 사업에 승용형 양파정식기 활용

제 목	승용형 양파 정식기 농기계 보급 정책에 활용
활 용 가 능 부 서	농림축산식품부 식품산업정책실 농기자재정책팀
건 의 분 야	농업공학
제 안 내 용 요 약	<p>○ 현황 및 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 양파는 필수 양념채소 작물이나, 정식 및 수확작업 기계화 미흡 · 경운·정지 100.0%, 정식 14.0, 비닐피복 81.2, 방제 98.0, 수확 23.6 - 보행형 자동 양파 정식기(14, 동양물산)가 개발되어 보급 중이나, 수입 승용 양파 정식기 대비 성능저조로 보급 미흡한 실정임 · 양파 정식 기계화를 위한 현장맞춤형 고성능 승용 양파 정식기 개발 필요 <p>○ 연구개발 결과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 승용형 양파 정식기 개발 <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 2;"> <ul style="list-style-type: none"> - 형식 : 자주식 승용형 - 제원 <ul style="list-style-type: none"> · 크기(mm) : 3,900(L)×2,300(W)×2,500(H) · 무게(kg) : 963 · 작업범위 : 6조식 </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> · 육묘관에서 자동으로 양파 묘를 취출한 후 포장에 아주심는 정식기 · 두둑추종 시스템 및 정식깊이 자동 조절기능 적용을 통한 편이성 향상 <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p><양파 정식기></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><작업광경></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><정식 상태></p> </div> </div> <p>○ 활용방법</p> <ul style="list-style-type: none"> - 농기계임대사업에 승용형 양파 정식기 활용 <p>○ 효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 양파 정식 노력 95.3% 및 비용 24.4% 절감 · 노력 : (관행) 32.0시간/10a → (정식기) 1.49시간/10a · 비용 : (관행) 396,455원/10a → (정식기) 299,637원/10a
연구개발자	농촌진흥청 국립농업과학원 발농업기계화연구팀 최용 (전화 : 063-238-4042, e-mail : happymind@korea.kr)

□ 전문 연구 인력 양성(총 9명)

- 학사: 김O옥, 문O민, 장O혁(3명)

- 김O옥

* 원본확인번호 : 8278-60976-A4C7-38E05

제 2022 - 5063 호

졸업증명서

성 명 : 김 O 옥

생 년 월 일 :

대 학 : 농업생명과학대학

학 과, 학 부 : 바이오시스템기계공학과
(계열, 학과군)

부 전 공 1 :

부 전 공 2 :

복 수 전 공1 :

복 수 전 공2 :

입학 년월일 : 2015년 03월 01일

졸업 년월일 : 2021년 02월 25일

학위등록번호 : 충남대2020(학)1937

학 위 명 : 공학사

위의 사실을 증명합니다.

2022년 01월 11일

충남대학교 총장



• 문O민

• 원본확인번호 : 622E-56153-9351-DCED

제 2022 - 5066 호

졸업증명서

성 명 : 문O민

생년월일 :

대 학 : 농업생명과학대학

학 과, 학 부 : 바이오시스템기계공학과
(계열, 학과군)

부 전 공 1 :

부 전 공 2 :

복 수 전 공 1 :

복 수 전 공 2 :

입학 년월일 : 2016년 03월 01일

졸업 년월일 : 2021년 02월 25일

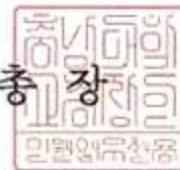
학위등록번호 : 충남대2020(학)1945

학 위 명 : 공학사

위의 사실을 증명합니다.

2022년 01월 11일

충남대학교 총장



- 장O혁

* 원본확인번호 : 1E31-56516-24CA-99528

제 2022 - 5065 호

졸업증명서

성 명 : 장 O혁

생년월일 :

대 학 : 농업생명과학대학

학 과, 학 부 : 바이오시스템기계공학과
(계열, 학과군)

부 전 공 1 :

부 전 공 2 :

복 수 전 공1 :

복 수 전 공2 :

입학 년월일 : 2019년 03월 01일

졸업 년월일 : 2021년 02월 25일

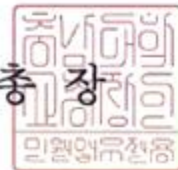
학위등록번호 : 충남대2020(학)1947

학 위 명 : 공학사

위의 사실을 증명합니다.

2022년 01월 11일

충남대학교 총장



- 석사: Md Z. I., Md N. I., 장O균, 장O은, Rasool K.(5명)
• Md Z. I.

* 원본확인번호 : C36C-D9309-7364-E3AB9

제 2022 - 5070 호

학 위 수 여 증 명 서

성 명 : MD Z. I.
생년월일 :
대 학 원 : 대학원(석사)
학 과 : 농업기계공학과
전 공 : 생물생산기계공학
입학 년월일 : 2017년 09월 01일
학위수여년월일: 2019년 08월 23일
학위등록번호 : 충남대2018(석)1159
학 위 명 : 공학석사

위의 사실을 증명합니다.

2022년 01월 11일

충남대학교 총장



- Md N. I.

• 원본확인번호 : 20D5-1703F-84E8-04F70

제 2022 - 5075 호

학 위 수 여 증 명 서

성 명 : MDN:20190338

생년월일 :

대 학 원 : 대학원(석사)

학 과 : 농업기계공학과

전 공 : 생물생산기계공학

입학년월일 : 2017년 09월 01일

학위수여년월일: 2020년 02월 25일

학위등록번호 : 충남대2019(석)0338

학 위 명 : 공학석사

위의 사실을 증명합니다.

2022년 01월 11일

충남대학교 총장



- 장O균

• 원본확인번호 : 280D-711FF-2A9B-13CA2

제 2022 - 5068 호

학 위 수 여 증 명 서

성 명 : 장 O 균
생 년 월 일 :
대 학 원 : 대학원(석사)
학 과 : 농업기계공학과
전 공 : 생물생산기계공학
입학 년월일 : 2018년 03월 01일
학위수여년월일: 2020년 08월 25일
학위등록번호 : 충남대2019(석)1117
학 위 명 : 공학석사

위의 사실을 증명합니다.

2022년 01월 11일

충남대학교 총장



- 장O은

* 원본확인번호 : 5B3C-CB8E5-0837-2DC47

제 2022 - 5069 호

학 위 수 여 증 명 서

성 명 : 장O은

생 년 월 일 :

대 학 원 : 대학원(석사)

학 과 : 농업기계공학과

전 공 : 생물생산기계공학

입학 년월일 : 2018년 03월 01일

학위수여년월일: 2020년 08월 25일

학위등록번호 : 충남대2019(석)1116

학 위 명 : 공학석사

위의 사실을 증명합니다.

2022년 01월 11일

충남대학교 총장



• R. K.

* 원본확인번호 : 5C40-C9CDF-36CB-53A10

제 2022 - 5072 호

학 위 수 여 증 명 서

성 명 : R. K.
생년월일 :
대 학 원 : 대학원(석사)
학 과 : 농업기계공학과
전 공 : 생물생산기계공학
입학년월일 : 2019년 03월 01일
학위수여년월일 : 2021년 02월 25일
학위등록번호 : 충남대2020(석)0268
학 위 명 : 공학석사

위의 사실을 증명합니다.

2022년 01월 11일

충남대학교 총장



- 박사: 미O노(1명)

* 원본확인번호 : 3A14-4DE7B-D2DD-59C02

계 2022 - 5062 호

학 위 수 여 증 명 서

성 명 : 미O노
생년월일 :
대 학 원 : 대학원(박사)
학 과 : 농업기계공학과
전 공 : 생물생산기계공학
입학년월일 : 2016년 03월 01일
학위수여년월일: 2020년 02월 25일
학위등록번호 : 충남대2019(박)0100
학 위 명 : 공학박사

위의 사실을 증명합니다.

2022년 01월 11일

충남대학교 총장



□ 홍보 실적(6건)

- 홍보 유형: 신문
- 매체 명: 경남연합일보, 경남도민일보, 농업경제신문, 농촌여성신문, 뉴스경남 등
- 제목: 양파 파종을 위한 묘상준비
- 날짜: 2019년 8월 8일

경남연합일보

2019년 08월 08일 목요일 009면 사회

도농기원 “고품질 양파 생산은 묘상 준비가 관건”

“양파 밭 일작지 피하고 묘상은 고온숙독 처리 준비해야”

경남도농업기술원은 7월 고온질, 다수확 양파를 생산하기 위해 저상묘의 묘상준비를 한 달 전부터 철저하게 할 것이 중요하다고 밝혔다.

경남도농업기술원 영과연구소에 따르면 묘상은 지난 2013년 이후 6년 만에 양파 수확이 급속한 한해였다.

양파 묘상준비를 위한 양파 농사가 올해까지 끝났지만 묘상은 없다. 따라서 양파 고온질 준비부터 철저하게 관리해 어찌 다 할지 모르는 이상기상에 대처할 수 있어야 한다.

양파 재파종 가능한 시기는 9월이 온도는 매년 조금씩 올라가는 추세에 있다. 이에 따라 양파 파종 시기를 8월 20~15일도 될수는 것이 좋다.

묘상 준비는 이보다 한 달 이상 일찍, 7월 하순에서 8월 상순 말이 적당할 때 때 두

는 것이 좋다.

대량별 숙독은 양파 묘상 밑에서 많이 분포하는 곰팡이병, 뿌리혹병과 함께, 고지리박의 유충 등에 피해를 줄여주고, 잡초발생을 줄여준다.

두꺼운 피닐로 덮어도 되지만, 노균병 발생이 우려될 경우에는 두꺼운 고온질 덮어 덮는 것이 안전하다.

대량별 숙독을 더 철저히 하기 위해서는 비닐을 덮을 때 모질 밭 인박에 흙을 덮어놓으면 비닐을 덮은 후에 외부로 노출되지 않아서 대량별 숙독효과가 더 좋다.

대량별 숙독은 묘상내 지온을 상승시켜서 모질 속에 있는 병원균이나 고지리박과 일, 일초 계양을 죽게 하는 효과가 있다. 8월 고온질 30일 이상 충분히 숙독해야 고온질 효과를 높일 수 있다.

영과연구소의 연구결과에 따르면 대량별 숙독으로 지온이 20~30도까지 상승하는 기간이 30일 이상이면 10% 이상 수확량 증가, 분얼률 20% 이상 증가, 고온질 효과를 극대화할 수 있다. 또한 고온질 효과를 극대화하기 위해서는 고온질 효과를 높여야 한다.

양파 재파종이 가능하기 위한 묘상에는 순채의 재파종 가능한 묘상 밑에서 묘상 준비 후 묘상을 만들 때 배수관리가 잘 되도록 고온질 깊이는 30cm 이상 되도록 깊게 파고 무척의 최고 가능인 1cm를 넣지 않게 하는 것이 좋다.

이름대 경남농업기술원 영과연구소 연구사는 “이런 묘상 비가 오르면 대량별 숙독을 제대로 하지 못해 묘상에서 병해충이 나오므로 파종이 잘 안될 수 있으므로 비가 온 후에는 시기를 보지 않고 묘상 재파종 숙독을 하도록 해 줄 것”을 당부했다.

2019년 08월 08일 009면 사회

- 홍보 유형: 신문
- 매체 명: 경남연합일보, 뉴스경제신문, 아시아뉴스통신 등
- 제목: 기계정식 파종관리
- 날짜: 2019년 9월 16일

경남연합일보

2019년 09월 16일 월요일 009면 사회

도농기원 “양파 씨앗 파종, 이달 중순까지 마쳐야”

배수르 정비 등 건강한 묘상

경남도농업기술원 영과연구소 고온질, 다수확 양파를 생산하기 위해 가장 중요한 것은 묘상 정비이다. 건강한 묘상 준비를 위한 묘상 정비에 대해 소개하고 있다.

묘상은 작물을 파종해 묘상에서 모질 가꾸어 키우는 작물이기 때문에 파종과 묘상 관리가 어느 것보다 중요하다.

양파 재파종을 파종하는 시기를 결정할 때는 일반적으로 그 지역의 일평균 기온이 15도가 되는 날에서 역산해 40일 전으로 정하는데, 경남지역의 경우 어찌 10일부터 15일 사이이다.

묘상은 너무 일찍 파종을 하면 온도가 높아 씨앗 발아율이 떨어지고 광합성 등의 병해를 받을 수 있으며, 너무 큰 묘상 물거림이면 활착이 잘 안되고 생육이 과다하게 진행돼 다음 해에 양파 구근 고개로 나눠지기나(분구), 꽃대가 올라오거나(부대) 등 병해를 예방할 수 있다.

묘상내 너무 늦게 파종을 하게 되면 묘가 언락하고 심은 후에 활착이 지연돼 일출 중에 시들발 피해를 주는 문제가 많아진다.

파종이 늦은 경우에 육묘양수를 맞추기 위해 물거림기를 늦추면 뿌리 활착에 영향을 미치고 씨앗을 파종하기 어렵게 할 수 있으므로

파종 시기는 11월 상순으로 맞춰 주어야 한다. 파종기간에 비가 많이 내리게 되면 질소 피해나 습해, 병해 발생 등의 피해를 받을 수 있다.

파종시 가능한면 두께의 나뭇잎 1cm 이내로 짙게 하고 고온의 온도를 20cm 이상으로 깊게 파고, 낮은 비가 내릴 때 벗겨내 파종 후 파종할 수 있도록 비닐 배수관 정비를 잘 해 주어야 한다.

파종은 준비된 묘상에 골무편이나 흙이 뿌림을 해거나, 전용 육묘상자를 이용해 파종하면 된다. 골무편이나 흙이 뿌림을 할 때는 흙이 10cm 이상 두께를 16~20cm 5~6명으로 한다.

파종 후에는 10cm 2~3cm대의 물받이 나 상토를 덮어준다. 너무 무겁게 덮으면 비가 균일하게 내지 않고 너무 얇게 덮으면 토양에 씨앗이 잘라 나가거나 잡초가 많이 발생할 수 있다.

물받이를 복토한 후에는 묘상내 흙이 충분히 스며들도록 관수를 한다. 광합성 병해 예방을 위해 파종당일에 관수하고 나서 비로 적을 적게 관수에 주의 할 필요가 있다.

파종이 늦은 후에 병해를 살포하면 약해를 받을 수 있기 때문에 주의해야 한다. 파종에 정식 전까지 관수를 줄이기 위해 정식

기계를 활용하는 농가가 늘어나고 있다. 기계정식을 하는 농가에서는 역산에 사용한 육묘도량에 비닐도량과 수확을 해야 잘 관리한다. 사들일때의 파종을 받을 수 있다.

사용한 트랙터는 트랙터 새끼기로 새끼를 하고 10% 약수로 10cm 이상 두께로 트랙터에 붙어있던 상토 정제물이 제거가 된다.

그리고 기계정식을 위해서는 관수 장비가 있어야 하고 정식작업 과정에서 제대로 일거야하기 때문에 육묘관리기 매우 중요하다.

파종기를 이용해 전용 육묘 트랙터에 파종하면서 파종 관수를 해 주고 20~40cm를 파종해 경정비와 차광막 등으로 일출 후에도 충분한 파종과 2~3일 정도 비가 많이 내리면 파종한다.

비가 온 육묘 트랙터는 이월 일찍 묘상에 옮겨서 비로 파종과 차광막(또는 반사 필름)으로 2~4일 덮어두면 비에 의해 파종이 균일하게 파종한다.

도 농업기술원 영과연구소 이경대 박사는 “고온질 양파생산을 위해서 가장 중요한 것이 튼튼한 묘상이다” “건강한 묘상 생산을 위해 묘상을 사전에 정비하고 배수관리에 특별히 주의할 것”을 당부했다.

2019년 09월 16일 009면 사회

- 홍보 유형: 신문
- 매체 명: 경남연합일보, 창원일보, 경남데일리 등
- 제목: 태풍피해 육묘관리 비상
- 날짜: 2019년 10월 07일

경남연합일보

2019년 10월 07일 월요일 008면 경제

경남도, 태풍 대비 양파농가 기술 지원

태풍 침수피해 모상 배수로 정비·흙덮기 등 당부

경남도농업기술원은 연이은 태풍에 인한 후기 양파관리를 위해 현장 기술지원을 강화한다고 밝혔다.

올해는 지난 달 하순에 발생한 '타파'와 제18호 태풍 '미탁'이 연이어 발생하면서, 양파 묘 생육에 많은 피해를 주고 있어 안정적인 양파 정식과 다수확을 위한 관리가 필요하다.

도에서는 태풍의 영향으로 배수 관리를 소홀히 한 모상에서는 습해를 심하게 받을 수 있으며, 연약하게 웃자란 묘에서는 세균성 무름병, 잿빛곰팡이병 등의 발생이 증가할 수 있으므로 주의를 당부했다.

태풍으로 인해 침수피해를 받은 모상은 조속히 배수로를 정비해 고랑의 물이 빠져나가도록 하고, 밭에 묻은 흙탕물은 물을 뿌려서 씻어내야 한다. 덮어놓은 톱밥이나 삼토가 흘러나가서 묘의 뿌리가 드러나 있으면 다시 흙덮기를 해주어야 한다.

양파 모상의 두둑에 스며든 수분은 오래 동안 과습한 상태로 유지되기 때문에 7~10일 정도는 물이나 비료를 주지 않는 것이 좋다. 웃자란 묘나 기계정식을 위해 육묘 트레

이로 모를 키우는 경우에는 일을 잘라줘야 하는데, 일을 자르게 되면 상처를 통해 세균병 감염이 쉽게 일어날 수 있으므로 일을 절단할 때는 비 오는 날은 피하고, 일을 자르고 나서 바로 세균병 적용 약제를 살포해야 한다.

특히 사용한 모종 일 절단기의 칼날에 세균이 붙어 있을 수 있기 때문에 사용 전에 10% 락스액으로 소독이 필요하다.

모잘록병은 모 본 잎이 2개가 나올 때까지 주로 발생하기 때문에 파종 후 3~4주가 지나면 더 이상 발생하지 않으나, 고지리파리 예벌레 피해가 나타날 수 있다.

일이 힘없이 쓰러지는 양파 모를 뽑아보면 묘의 밑동에 고지리파리 예벌레가 파먹고 있는 것을 확인할 수 있다. 양파 모상 밭을 잘 관찰해 피해 증상이 보이면 조기에 적용약제를 살포해야 피해를 줄일 수 있다.

경남농업기술원 양파연구소 이종태 연구사는 "건강한 모를 생산하기 위해서는 정식 전까지 배수 관리를 철저히 하고, 병해충을 조기에 방제해야 한다"고 말했다.

/김소현기자 ksh@gnynews.co.kr

- 홍보 유형: 신문
- 매체 명: 경남도민신문, 농업경제신문, 농촌여성신문 등
- 제목: 양파 기계화 최신기술 책자 발간
- 날짜: 2020년 9월 23일

경남도민신문

2020년 09월 23일 수요일 010면 경제

경남농기원 '양파 기계화 최신기술' 책자 발간

전국 도농업기술원과 양파 생산단체 등에 배부



경남도농업기술원은 우리나라 양파 산업에서 가장 큰 걸림돌이 되고 있는 생산비를 절감하기 위해 기계화 최신기술을 정리한 기술보급서 100부를 발간하고 전국 도농업기술원, 양파 주산지 농업기술센터, 전국 양파생산자단체 및 양파 전문경영인들에게 배부했다.

이번에 발간한 '생산비 절감을 위한 양파 기계화 최신기술'은 양파 생산현황과 양파 생리생태

에 대한 기본 사항을 설명하고 우리나라에서 활용되고 있는 기계정식에 대하여 소개했다. 또한 정식작업의 기계화 최신 기술과 기계정식 과정에서 발생하는 현장의 문제를 해결하기 위한 대책을 제시하고 외국의 양파 생산사례를 소개했다.

양파연구소 하인종 소장은 "기계화에는 초기 기계구입 부담이 크고 우리나라의 기후 조건에서 적용하기 어려운 부분도 있지만,

기계화 확대를 위한 그동안의 연구 성과를 정리하여 양파생산 현장에서 쉽게 활용할 수 있는데 중점을 두고 발간했다"며 "이번에 발간한 기술보급서가 우리나라 양파 산업의 경쟁력 강화에 도움이 되길 바란다"고 전했다.

한편, 우리나라 양파 재배면적은 2만6425ha이며 생산량은 114만4300t에 달한다. 이중 경남은 재배면적 547ha로 전국의 2.0%를 차지하고 있어 전남(1만1327ha)에 이어 두 번째로 가장 넓으며, 생산량은 전국 생산량의 20.9%인 23만500t이다. **황원식기자**

- 홍보 유형: 신문
- 매체 명: 경남도민신문 등
- 제목: 경남농기원 (주)씨드온, 업무협약 체결
- 날짜: 2021년 10월 8일

경남농기원(주)씨드온, 업무협약 체결

양파신품종 조기육성 보급·수입대체 업무협력



경상남도농업기술원과 (주)씨드온이 양파 신품종의 조기 육성·보급 협조체계를 구축하기 위해 업무협약(MOU)을 체결했다.

경상남도농업기술원(원장 정재민)과 (주)씨드온(대표 손현울)이 양파 신품종의 조기 육성·보급으로 양파 종자 수입 대체 및 농업인의 소득증대를 위한 유기적인 협조체계를 구축하기 위해 업무협약(MOU)을 체결했다.

7일 오전 11시, 농업기술원 2층 회의실에서 가진 업무협약 식에는 정재민 농업기술원장을

비롯한 손현울 씨드온 대표이사 등 관계관 7명이 참석해 양기관을 소개하고, 상호 협력 업무체결에 대한 협약서에 서명했다.

업무협약서의 주요 내용은 ▲양파 품종 육성을 위한 유전자원 공동 수집 및 보유 자원 공유, ▲양파 F1 품종 육성 중간모·부본 공동 육성 및 교환, ▲양파 신품종 국내·외 농가

실증시험포 공동 활용 및 평가 ▲개발 신품종의 현장적응, 홍보 및 보급에 관한 협력, ▲실험, 연구장비, 육묘, 종자관련 보유시설의 상호 이용, ▲기타 양기관 간 상호 협력이 가능한 사항 등이다.

농업기술원 하인종 양파연구소장은 “이번 협약을 통해 양기관이 육성한 양파 신품종의 조기 육성 보급으로 수입종자를 대체하고, 국내육성 양파종자의 해외 진출 교두보를 마련하는 기회가 될 것”이라고 전했다.

한편, 농업기술원과 업무협약을 체결한 (주)씨드온은 ‘거창한’ 등 15종의 양파품종을 국내에 등록된 농업회사법인으로 대구광역시에 본사를 두고 있으며, 카자흐스탄, 키르기스스탄, 러시아, 몰도바 등 총 8개국에 법인을 소유하고 있다.

배병일기자

- 홍보 유형: 월간지
- 매체 명: 농업기술
- 제목: 양파 농가 활성화를 위해 끊임없이 연구하는 경상남도농업기술원 양파연구소
- 날짜: 2021년 3월



지역농업 돋보기

양파 농가 활성화를 위해
끊임없이 연구하는

경상남도농업기술원 양파연구소

취재도움_박갑석 연구원
경상남도농업기술원 양파연구소
055-254-1522

양파는 백합목(Liliales) 부추과(Alliaceae) 부추속(Allium)에 속하는 다년생에 식물로 동서양을 막론하고 채소와 양념 조미료로써 널리 사용되고 있다. 중국에서는 후송, 일본에서는 다마네기로 불리고 있으며, 우리나라에서는 서양에서 들어온 피라는 뜻으로 양파라고 부른다. 양파는 사계절 내내 우리 식탁을 지키고 있지만 국내 양파 총자 대부분을 일본에서 수입한 품종으로 재배되고 있다. 국산 품종의 경우 저장성이 낮아서 일본 품종을 선호하기 때문이다. 경상남도농업기술원 양파연구소에서는 일본 총자 대체를 위한 국내 품종 강화와 육성에 힘쓰고 있다.




양파의 새로운 가능성을 열다

양파는 창녕의 대표적인 생산물로서 연간 생산량이 80만 톤에 달한다. 특히 창녕군 대지면은 국내 양파 최초 재배지로 경상남도농업기술원 양파연구소를 설치하여 오늘날 양파 품종육성 및 경쟁력 강화를 위한 연구 산업을 추진하고 있다. 우리나라에서 재배되는 양파 품종은 초극소생종부터 중만생종까지 다양하다. 하지만 중만생종 양파가 85% 이상 재배되기 때문에 출수 출하에 따른 가격 폭락과 수확 시 인력 부족 및 인건비 상승 등의 문제가 발생하고 있다. 이에 농가에서는 양파보다 앞서 수확되는 마늘과 동시에 수확 작업이 가능한 품종 육성을 꾸준히 요구해왔고, 양파연구소에서는 2016년에 '오수황'과 '인터레드' 품종을 개발했다. '오수황'은 5월 하순에 수확이 가능한 중생종 황색 양파로 둥그란 형태에 수량이 많고 교일성이 높아 상품성이 뛰어나다. '인터레드'는 적색 중만생종 양파로 기존 일본 품종인 '천주적'에 비해 상품 수량이 20% 이상 증수되고 상품성이 우수하다. 특히 '인터레드'는 수확 시에 인편이 적은 적색으로 생식은 물론 양파즙용으로도 우수한 품종이다.

□ 교육지도 : (5건)


- 양파 육묘 및 월동기 재배요령
2019. 7. 29. , 완주군농업기술센터(공문 양파연구소-1828)
- 고품질 양파 재배기술
2019. 9. 24. , 당진시농업기술센터(공문 양파연구소-2179)
- 양파 재배매뉴얼 및 생산기술 품질관리
2019.10.11. , 신미네유통사업단(공문 양파연구소-2497)
- 양파 재배기술 교육
2020.5.29. , 구성농협(공문 초원 20200525-01)
- 양파 품질향상 세미나
2020.7.28. , 함양군농업기술센터(공문 친환경농업과-9568)

- 제9회 완주와일드푸드축제(9. 27 - 9. 29 고산자연휴양림 일원) -



완 주 군

수신 경상남도 농업기술원(양파연구소장)
(경유)
제목 완주 양파농업인 연구회 재배기술 교육 감사출강 협조 요청




1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.

2. 완주군 양파농업인연구회 재배기술 교육을 실시하여 고품질 양파생산을 위해 다음과 같이 귀 기관 감사의 출강을 의뢰 하오니 협조하여 주시기 바랍니다.

일 자	시 간	초빙강사	교육내용	교육대상	장 소
7. 29. (월)	11:00~16:00 (4시간) 중식시간 제외	경남농업기술원 양파연구소 이종태 농업연구사	- 양파 육묘 및 월동기 재배 요령 - 양파 고품질 구비대 조건 및 병해충 예방	양파연구회 80명	완주군 농업기술센터 2층 강당

끝.




주무관 김현철 식량지원팀장 최장혁 기술보급과장 권영 2019. 7. 23.
협력자

시행 기술보급과-8841 (2019. 7. 23.) 접수 양파연구소-1828 (2019. 7. 23.)

우 55310 전라북도 완주군 고산면 고산천로 720-45, 완주군농업기술 / www.wanju.go.kr
센터 1층 기술보급과 식량지원팀


전화번호 290-3302 팩스번호 290-3330 / forever106@korea.kr / 대국민 공개

소중한 개인정보는 "나"부터 지킵시다.



당진시농업기술센터

수신 경상남도 농업기술원(양파연구소장)
(경유)
제목 양파 재배기술 교육 강의 의뢰




1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.

2. 고품질 양파 생산 및 재배농가의 역량강화를 위한 양파 재배기술 교육을 아래와 같이 추진하고자 하오니 협조 바랍니다.

가. 교육일시 : 2019. 9. 24(화) 14:00 ~ 16:00
나. 교육장소 : 당진시농업기술센터 중강의실
다. 교육인원 : 50명
라. 교육내용 : 고품질 양파 재배기술
마. 의뢰강사 : 경남농업기술원 양파연구소 이 종 태 박사

* 강사카드를 첨부하니 9월 10일까지 아래 메일로 송부바랍니다.

붙임 : 강사카드(양식) 1부. 끝.



주무관 이연숙 재소회팀장 조은주 기술보급과장 권영 2019. 9. 2.
협력자 주무관 송인성

시행 기술보급과-4140 (2019. 9. 2.) 접수 양파연구소-2179 (2019. 9. 2.)

우 31763 충청남도 당진시 구봉로 46, (원당동, 당진농업기술센터) / http://www.dangjin.go.kr/
전화번호 0413606371 팩스번호 041-360-6389 / power1996@korea.kr / 부분공개(6)

아이와 함께 행복한 미래를 열어가는 당진



문경시농업기술센터



수신 경상남도 농업기술원장(양파연구소장)
(경유)

제목 2019년 양파재배기술교육 강사 의뢰

- 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.
 - 2019년 양파산업발전을 위한 재배기술교육에 대하여 아래와 같이 강의를 요청하오니 협조하여 주시기 바랍니다.
- 가. 교육일시 : 2019. 10. 11.(금) 13:00 ~ 15:00 (2시간)
 나. 교육장소 : 신미내유동사업단 회의실
 다. 교육인원 : 40여명
 라. 의뢰강사 : 이종태 박사(경상남도농업기술원 양파연구소)
 리. 교육내용 : 양파재배매뉴얼 및 생산기술 병충해 품질관리, 끝.

문경시농업기술센터



지방농촌지도사 박은진 재소담당 안진호 소독개발과 전담 2019. 10. 4. 과장 김경훈

합조사 지방농업연구 김태연

시행 소독개발과-4642 (2019. 10. 4.) 접수 양파연구소-2497 (2019. 10. 6.)

우 36961 경상북도 문경시 중앙로 280, (점촌동) / http://www.gbm.go.kr

전화번호 054-550-8252 팩스번호 054-550-6499 / pej1971@korea.kr / 비공개(6)

- 행정서비스창장의 실현,으로 시민합동서비스 실현 -



문서번호 초원 20200525-01

발송일자 2020. 5. 25.

수신 경상남도농업기술원

수신참조 연구개발국 양파연구소실장 이종태

제목 「2020년 구성농협 발작물공동경영체육성지원사업 농가조직화 교육」 강의요청의 건

- 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.
- 본 사에서 구성농협이 주관하는 「2020년 구성농협 발작물공동경영체육성지원사업 농가조직화 교육」을 시행하게 됨에 따라 아래와 같이 강의를 요청 드립니다.

- 아래 -

- 가. 교육명 : 2020년 구성농협 발작물공동경영체육성지원사업 농가조직화 교육
 나. 내용 : 양파재배기술교육 및 발작물공동경영체육성지원사업 안내
 다. 일시 : 2020년 5월 29일(금)
 라. 장소 : 구성농협 농산물산지유통센터 2층(경북 김천시 구성면 하리길 43)
 마. 대상 : 구성농협 양파 출하농가(약 90명)
 바. 교육주관 : 구성농협협동조합
 사. 교육시행 : (주)초원지역전략연구소

※ 붙임 : 20년 구성농협 발작물공동경영체육성지원사업 농가조직화 1차교육 계획서 1부.

(주) 초원 지역 전략 연구소 대표



담당 연구원 김해남 실장 김형근 대표이사 권영광

합조 초원 20200525-01 접수

시행 14057 경기도 안양시 동안구 별말로 126 (평촌오비즈타워 1503호)

우편번호 031) 389-2831 팩스 031) 389-2834

전화



함양군농업기술센터



수신 수신자 참조
(경유)

제목 함양알과 품질향상을 위한 세미나 참석 요청

- 귀 기관 및 조합의 무궁한 발전을 기원합니다.
 - 함양알과 품질향상을 위한 알과 건부병 연구결과 및 재배기술 공유 세미나를 다음과 같이 개최하고자 하오니 참석하여 주시기 바랍니다.
1. 일시 : 2020. 7. 28.(화) 14:00
 2. 장소 : 농업기술센터 회의실(1층)
 3. 참석대상 : 20명(영장, 함양군양파작목반연합회 임원, 농협 관계자 등)
 - 행 정 : 농촌진흥청 국립원예특작과학원 원예특작환경과 박항기 박사
 경남농업기술원 양파연구소 재태이용필담 이종태 박사
 진안농업기술원, 협에달달, 달달자
 - 농 업 인 : 함양군양파작목반연합회 회장, 부회장, 사무국장 등 10명
 - 농 협 : 농협경제지주 함양군연합사업단장, 4개 농협(함양, 수유, 지곡, 안의) 관계자
 4. 주요내용
 - 알과 건부병 관련 연구내용 발표
 - 함양알과 품질향상을 위한 정보교환 및 증진토론 등, 끝.

함양군농업기술센터



수신자 국립원예특작과학원(원예특작환경과장), 경상남도 농업기술원(원예특작환경과장), 농협경제지주 함양군연합사업단장, 함양농업협동조합장, 구룡농협협동조합장, 지곡농협협동조합장, 안의농협협동조합장

주무관 함진우 재소담당 박재규 진안농업기술원 전담 2020. 7. 28. 장 최상우

합조사 진안농업기술원-9668 (2020. 7. 28.) 접수 양파연구소-1754 (2020. 7. 28.)




우 30049 경상남도 함양군 함양읍 함양남서로 999-76 / http://www.hygj.go.kr

전화번호 055-960-8233 팩스번호 055-964-9025 / hnjoc266@korea.kr / 대국일 공개

합동행위 함양1 부회의 이종태 교수님 가져갑니다.

□ 영농기술정보 : (4건)

- 기계정식 양파 시들음병 장제를 위한 차아염소산나트륨 소독방법

제 목	기계정식 양파 시들음병 방제를 위한 차아염소산나트륨 소독방법						
활 용 분 야	채소						
검 색 어	시들음병 기계정식 소독 양파						
활 용 내 용 요 약	<p>□ 배경</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 양파 생산비는 2010년에 1,422천원/10a에서 2018년에 2,537천원/10a로 8년 동안 78% 증가하였으며, 생산비 증가는 양파 생산농업인에게 큰 부담이 되고 있음 ○ 양파의 파종정식작업이 기계화율은 15.9%에 거치고 있으며, 최근에 양파 자동정식기의 도입이 증가하고 있으며, 2019년까지 약 600여대가 보급되었음 ○ 본 영농기술정보는 양파 기계정식에 사용하는 육묘트레이를 재사용함으로써 발생하는 시들음병을 방제하기 위하여 트레이 소독방법을 설정하였음 						
	<p>□ 개발된 영농기술정보</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 육묘트레이 소독방법 <ul style="list-style-type: none"> - 이물질 제거 : 자동세척기 또는 컵프레셔 이용 - 트레이 소독 : 차아염소산나트륨(유효염산 4%) 10%액 10분간 담금 ⇒ 트레이 내 시들음병균 100% 제거 ○ 차아염소산나트륨 소독시간별 시들음병 병원균 밀도조사 						
	처리방법	무소독	1분	10분	30분	1시간	2시간
	발생밀도(%)	39.5	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0
							
	소독 전			소독 10분			소독 30분
	<p>□ 파급효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기계정식 양파의 시들음병 경감을 통한 기계정식 보급 확대 및 생산비 절감 						
활 용 구 분	영농기술				영농정보		
	신기술 보급	현장실증 현장점검	농업기술 감잡이	교육현장 연시	○	국가농업 기술포털	
연구개발자	경상남도농업기술원 양파연구소 이종태 (전화 : 055-254-1522, e-mail : organicjt@korea.kr)						




- 기계정식 양파 시들음병 방제를 위한 육묘상 방수매트 깔개 설치

제 목	기계정식 양파 시들음병 방제를 위한 육묘상 방수매트 깔개 설치												
활 용 분 야	채소												
검 색 어	시들음병, 기계정식, 방수매트, 양파												
활 용 내 용 요 약	<p>□ 배경</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 양파 생산비는 2010년에 1,422천원/10a에서 2018년에 2,537천원/10a로 8년 동안 78% 증가하였으며, 생산비 증가는 양파 생산농업인에게 큰 부담이 되고 있음 ○ 양파의 파종·정식작업이 기계화율은 15.9%에 거치고 있으며, 최근에 양파 자동정식기의 도입이 증가하고 있으며, 2019년까지 약 600여대가 보급되었음 ○ 본 영농기술정보는 양파 기계정식을 위한 육묘과정에서 발생하는 시들음병을 방제하기 위하여 육묘상에서 육묘트레이 밑에 방수매트를 까는 기술임 <p>□ 개발된 영농기술정보</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 양파 시들음병 방제를 위한 육묘상 트레이 하부 방수매트 설치 <ul style="list-style-type: none"> - 방수매트 재질 : 폴리에틸렌 필름, 80-100g/m² - 육묘상에 방수매트와 뿌리억제망(방충망)을 깔고 육묘트레이를 높음 ⇒ 수확기의 양파 뿌리 시들음병 감염률 22.2%로 관행대비 18.5% 감소 ○ 육묘상 깔개 방법에 따른 양파 뿌리 시들음병 감염률 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">처리방법</th> <th style="text-align: center;">방수매트+방충망</th> <th style="text-align: center;">방충망</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">감염률(%)</td> <td style="text-align: center;">22.2</td> <td style="text-align: center;">40.7</td> </tr> </tbody> </table> <p>* 트레이는 세척만 하고 소독은 하지 않았음</p> <p>□ 파급효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기계정식 양파의 시들음병 경감을 통한 기계정식 보급 확대 및 생산비 절감 							처리방법	방수매트+방충망	방충망	감염률(%)	22.2	40.7
처리방법	방수매트+방충망	방충망											
감염률(%)	22.2	40.7											
활 용 구 분	영농기술			영농정보									
	신기술 보급	현장실증 현장범무		농업기술 감잡이	교과현장 연시	○	국가농업 기술포털						
연구개발자	경상남도농업기술원 양파연구소 이종태 (전화 : 055-254-1522, e-mail : organicjt@korea.kr)												

영농기술·정보

제 목	양파의 국내외 생산 및 소비현황							
활 용 분 야	농업경영							
검 색 어	양파							
활 용 내 용 요 약	<p><input type="checkbox"/> 배경</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 농업기술길잡이의 「양파의 국내외 생산 및 소비현황」 자료는 과거 데이터를 그대로 사용하고 있어 정보를 찾는 고객들에게 신뢰성이 떨어지고 있음 ○ 따라서 관련 데이터를 최신자료로 갱신하여 제공함으로써 농촌진흥기관의 위상 제고와 함께 고객의 신뢰성 회복이 필요함 <p><input type="checkbox"/> 개발된 영농기술정보</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 세계의 양파 재배면적과 생산량은 226천ha, 4,491천톤임(FAO) ○ 2021년 우리나라의 양파 재배면적과 생산량은 18,461ha, 1,577천톤임 지역별로는 전남 6,775ha(36.7%), 경남 4,023ha(21.8%), 경북 3,159ha(17.1%), 전북 1,687ha(9.1%) 등의 순임 ○ 양파 재배농가(2020년)는 46,016호이고, 이 중 62.6%가 0.1ha 미만의 영세농이고, 1ha 이상 농가는 5.5%에 불과함 ○ 양파 공급량은 국내생산량과 수·출입량에 따라서 결정되며, 2019년 기준으로 1,603천톤이 공급되었음 ○ 채소류 중 1인당 식품공급량이 가장 높은 작목은 배추(79.73g)이고, 그 다음이 양파, 무 등의 순임. 양파의 1인당 식품공급량은 기본적으로는 증가하는 추세를 보이고 있으며, 2019년에는 68.97g이 공급되었음 ○ 소비자는 연간 양파 구매액은 17,194원이고, 구매횟수는 연간 5.8회이며, 94.0%의 가구에서 양파를 구매함 ○ 소비자가 선호하는 양파 크기는 7~9cm 정도의 중간 크기를 선호하는 비율이 78.5%로 가장 높고, 대형(9~10cm, 12.7%), 소형(7cm 미만, 5.1%), 특대형(10cm 이상, 0.4%) 순임 <p><input type="checkbox"/> 파급효과</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 양파 생산 및 소비에 대한 최신 정보를 제공함으로써 고객의 신뢰성 확보 및 농촌진흥기관의 위상 제고 							
활 용 구 분	영농기술				영농정보			
	신기술 보급	현장실증 현장접목	농업기술 길잡이	○	교육현장 연시	국가농업 기술포털		
연구개발자	경남농업기술원 양파연구소 박갈석 (전화 : 055-254-1522, e-mail : pgs73762@korea.kr)							

영농기술정보

제 목	승용형 양파 정식기 이용기술 및 효과						
활 용 분 야	농업공학						
검 색 어	양파, 농업기계, 정식기, 승용형						
활 용 내 용 요 약	<p>□ 배경</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 양파는 필수 양념채소 작물이나, 정식 및 수확작업 기계화 미흡 <ul style="list-style-type: none"> - 경운·정지 100.0%, 정식 14.0, 비닐피복 81.2, 방제 98.0, 수확 23.6 ○ 보행형 자동 양파 정식기('14, 동양물산)가 개발되어 보급 중이나, 수입 승용 양파 정식기 대비 성능저조로 보급 미흡한 실정임 <ul style="list-style-type: none"> - 양파 정식 기계화를 위한 현장맞춤형 고성능 승용 양파 정식기 개발 필요 <p>□ 개발된 영농기술정보</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 승용형 양파 정식기 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 형식 : 자주식 승용형 - 제원 <ul style="list-style-type: none"> · 크기(mm) : 3,900(L)×2,300(W)×2,500(H) · 무게(kg) : 963 · 작업범위 : 6조식 <p>- 육묘관에서 자동으로 양파 묘를 취출한 후 포장에 아주심는 정식기 - 두둑추종 시스템 및 정식깊이 자동 조절기능 적용을 통한 편이성 향상</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <p style="text-align: center;"> <양파 정식기> <작업광경> <정식 상태> </p> <p>□ 파급효과</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 양파 정식 노력 95.3% 및 비용 24.4% 절감 <ul style="list-style-type: none"> - 노력 : (관행) 32.0시간/10a → (정식기) 1.49시간/10a - 비용 : (관행) 396,455원/10a → (정식기) 299,637원/10a 						
활 용 구 분	영농기술			영농정보			
	신기술 보급		현장실증 현장접목	농업기술 갈집이	○	교육현장 연시	국가농업 기술포털
연구개발자	농촌진흥청 국립농업과학원 밭농업기계화연구팀 최용 (전화 : 063-238-4042, e-mail : happymind@korea.kr)						

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 고속 전자동 정식시스템 개발	○ B/M 기대 조사 및 구조 분석 ○ 양파 정식에 맞는 정식부 설계 ○ 시작품 제작 및 구동시험 ○ 인증 시험	○80
○ 양파정식기 본체 개발	○ 승용 양파 정식기 플랫폼 설계 ○ 정식기용 동력 전달 장치 ○ 양파 정식에 맞는 주행부 설계 ○ 자율 조향 관련 플랫폼 설계 ○ 필드 성능 시험	○100
○ 주요부 구조 및 안전성 해석	○ 모 취출부 이송, 식부장치, 및 운동해석 ○ 동력 전달 시스템 해석 및 구조해석 ○ 통합시작품 안전성 해석	○100
○ 식부 메커니즘 구명 및 현장 실증	○ 지역별 재배양식 조사 ○ 승용 양파 정식기 고속 식부 메커니즘 구명 ○ 시험기 테스트베드 구축 및 성능시험 ○ 시작기 성능시험 및 현장 실증	○100
○ 기계화 육묘 기술 및 생육장애 연구	○ 기계 정식 육묘 및 정식 과정의 결주 발생 요인 분석 ○ 육묘 조건별 정식시 결주 발생률 조사 ○ 정식기에 적합한 육묘 기술 확립	○100

□ 승용 양파 정식기 개발 목표 사양

구분		개발 목표 사양	3차년도 개발 사양	비고	
본기부	전장(mm)	3,800	3,900		
	전폭(mm)	2,100	2,300		
	전고(mm)	2,500	2,500		
	중량(kg)	800	963		
엔진	수냉 3기통(디젤)	10ps 이상/3600rpm	16.2kw/3400rpm		
	총배기량(cc)	903	904		
	출력/회전속도(kW/rpm)	14.5/3400	16.2kw/3400rpm		
	연료 탱크 용량(L)	35L	35L		
주행부	전륜/후륜(mm)	650/950	650/950		
	차륜폭(mm)	1400~1500	1400~1500		
	변속단수(단)	(주) 무단 (전진, 후진) (부) 2단 (주행, 작업)	(주) 무단 (전진, 후진) (부) 2단 (주행, 작업)		
	최고 작업속도(m/s)	0.24	0.16		
	자체승강제어	유압식	유압식	전자 제어식	
	회전 반지름(m)	1.8 이하	1.8 이하		
정식부	적용 상자(공)	448	448	트레이 규격	
	취출 방식	7개 동시 취출	7개 동시 취출		
	반송 방식	벨트 수평이송	벨트 수평이송		
	정식 방식	식부컵 방식	식부컵 방식		
	조수	승용 6조	승용 6조		
	식부 조간(cm)	20	20		
	표준 주간(cm)	10~15단(4단)	8~18단(6단)		
	주수, 주/평(주/10a)	최대	124(37,200)	26,880	
		최소	80(24,000)		
	정식 깊이(cm)	1~4(12단)	1~4(12단)		
	적응모 크기(cm)	10~15	10~15		
	비닐 멀칭	0	0		
	사용 모판	POT448	POT448	시중 판매 제품	
	모 탑재수(개)	40	40		
	정식성능	작업능률(min/10a)	60이하	106	
결주율(%)		3이하	39.7		
조간거리 편차(%)		10이하	4.0		
주간거리 편차(%)		15이하	0		

4. 목표 미달 시 원인분석

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

목표 사양 중 결주율(실용화재단 공인성적서 기준 5%이내)에서 2번의 성능시험 결과 52%,39.7%를 기록하였다. 높은 결주율의 원인은 개발기대의 좌우 수평조절 장치의 수평제어 센서의 위치 및 개수의 문제가 있었음. 현 기대는 센서 2개의 평균 값으로 수평위치를 결정하는데 센서의 위치가 중앙부와 가까워 두둑 양측의 높이차를 감안하지 못 하였다. 수평조절의 문제로 작업속도를 올리지 못해 작업 능률도 낮게 측정 되었다.

2) 자체 보완활동

좌우 수평 제어 센서의 위치 및 개수를 변경하는 설계를 진행 중이며, 3월 중 자체 시험을 진행할 예정이다.

3) 연구개발 과정의 성실성

본 과제에의 주 목표인 승용양파 정식기 개발로 정식기의 본기부, 정식부의 구조 분석 및 메커니즘 개발과 기계 정식 활용을 위한 양파 기계화 육묘 기술 및 생육에 관한 연구가 필수적이다. 이에 위탁기관에서 목표한 양파정식기 본체 개발, 식부 메커니즘 구명 및 현장실증, 기계화 육묘 기술 및 생육장애 연구를 성실히 이루었으며, 데이터 및 실증 양파정식기 정식 시험을 통해 보여주었다. 협동기관에서는 목표한 주요부 구조 및 안정성 해석 연구를 성실히 임하였으며, 결과적으로 각 작동부 구조 해석을 통한 데이터 축적 및 연구활동(논문게시등)을 보여주었다. 본 주관기간에서는 목표한 고속 전자동 정식 시스템 개발 수행 중 성능시험의 주요 요인인 결주율과 작업효율 목표치를 달성 못하였지만, 정식부 구동 메커니즘 확립 및 기술 데이터를 확보하였다. 또한 전체적으로 승용양파정식기는 국내 최초 개발 관점에서 봤을때, 정식기 메커니즘 개발 및 원활한 구동과 정식부 구조 및 설계 데이터 등 양파 기계작업에 활성화를 위해서 성실히 수행 하였다고 판단된다.

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

본 과제에서 개발된 승용 6조 양파정식기는 국내 최초로 개발되었으며 다음과 같은 특징을 가지고 있음.

- 전자 제어 시스템을 이용한 식부부로 자동 수평제어 시스템을 도입하였으며, 작업 성능을 향상
- 농촌 고령화로 인한 노동 인력 수급난을 해소
- 한국 농촌 실정에 맞는 영농기계화로 국산화함.
- 유사 정식기 개발시 본 과제의 개발 기술 활용
- 정식기 보급으로 인한 재배방식 일원화 및 표준화로 생산비용 및 인건비 절감 기대
- 양파의 품질 향상 및 생산량 증대

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

- 개발 기술에 대한 산업재산권 등록
- 정책제안: 양파정식기 임대사업소 활용 방안
- 농업인 영농활용 기술 보급: 적정 두둑규격, 육묘방법 및 정식시기와 방법 등
- 개발 기술에 대한 유사 기종에 적용 및 상용화
 - 자율 조향 및 두둑 추종 시스템은 유사 정식기 및 수확기 활용
 - 기술의 확장화, 개발비 절감 및 관련 기술 발전에 기여
- 기계정식을 위한 육묘기술 보급서 발간
- 기술 이전을 통한 개발 기술에 대한 상품화

< 연구개발성과 활용계획표 >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		종료 1차년도	종료 2차년도	종료 3차년도	종료 4차년도	종료 5차년도
특허출원	국내	1				
	국외					
	계	1				
특허등록	국내	2				
	국외					
	계	2				
사업화	상품출시		1			
	기술이전	1				
	공정개발					
제품개발	시제품개발	1				

붙임. 참고 문헌

1. Achari, A. S., Chaitanya, R. P., and Prabhu, S. A comparison of bending stress and contact stress of a helical gear as calculated by AGMA standards and FEA. *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng.* 2014, 4, 38–43.
2. Ahlin, K., Granlund, N.O.J. Relating road roughness and vehicle speeds to human whole body vibration and exposure limits. *Int. J. Pavement Eng.* 2002, 3, 207–216.
3. Ali, M., Lee, Y. S., Chowdhury, M., Khan, N. A., Swe, K. M., Rasool, K., Kabir, M. S. N., Lee, D. H. and Chung, S. O. Analysis of driving stability and vibration of a 20-kw self-propelled 1-row Chinese cabbage harvester *J. Biosyst. Eng.* 2021, 46(1), 48
4. Ayers, P., Conger, J. B., Comer, R. and Troutt, P. Stability analysis of agricultural off-road vehicles. *J. Agric. Safety and Health.* 2018, 24(3), 167
5. Brigham, E.O. The Discrete Fourier Transform. *The fast Fourier transform and its applications* 1988.
6. Choi, K. H., Kim, S. M., and Hong, S. Analysis of static stability by modified mathematical model for asymmetric tractor-harvester system: changes in lateral rollover angle by movement of center of gravity coordinates. *J. Biosyst. Eng.* 2017, 42(3), 127
7. Chowdhury, M., Islam, M. N., Iqbal, M. Z., Islam, S., Lee, D. H., Kim, D. G., Jun, H. J. and Chung, S. O. Analysis of rollover and vibration during field operation of a tractor-mounted 4-row radish collector toward ensuring user safety *Machines*, 2020, 8(4), 77
8. Cochran, W.T., Cooley, J.W., Favin, D.L., Helms, H.D., Kaenel, R.A., Lang, W.W., Maling, G.C., Nelson, D.E., Rader, C.M., and Welch, P.D. What Is the Fast Fourier Transform? *Proceedings of the IEEE.* 1967, 55, 1664–1674,
9. Cutini, M., Romano, E., and Bisaglia, C. Effect of tyre pressure and wheel loads on whole-body vibration characteristics of tractors. In *Proceedings of the Int. Conf., Work Safety and Risk Prevention in Agro-Food and Forest Sys.* 2010, 431–436.
10. De la Hoz-Torres, M.L., Aguilar-Aguilera, A.J., Martínez-Aires, M.D., and Ruiz, D.P. Assessment of whole-body vibration exposure using ISO2631- 1:2008 and ISO2631-5:2018 Standards. *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings.* 2019, 259, 4511–4520.
11. Du, Y., Liu, C., Wu, D., and Jiang, S. Measurement of international roughness index by using γ -axis accelerometers and GPS. *Math. Prob. Eng.* 2014.
12. Han, L., Mao, H., Hu, J., and Tian, K. Development of a doorframe-typed swinging seedling pick-up device for automatic field transplantation. *Span. J. Agric. Res.* 2015, 13, 13.
13. Hong, S., Lee, K., Kang, D. and Park, W. Analysis of static lateral stability using mathematical simulations for 3-axis tractor-baler system. *J. Biosyst. Eng.* 2017, 42(2), 86

14. Hwang, S.C., Lee, J.H., Lee, D.H., Han, S.H., and Lee, K.H. Contact stress analysis for a pair of mating gears. *Math. Comput. Model.* 2013, 57, 40–49.
15. Iqbal, M.Z. Design of a Gear Driven Hopper Type Dibbling Mechanism for a 2.7 kW Two-Row Pepper Transplanter. Master's Thesis, Chungnam National University, Daejeon, Korea, 2019.
16. Iqbal, M.Z., Islam, M.N., Ali, M., Kabir, M.S.N., Park, T., Kang, T.G., Park, K.S., and Chung, S.O. Kinematic analysis of a hopper-type dibbling mechanism for a 2.6 kW two-row pepper transplanter. *J. Mech. Sci. Technol.* 2021, 35, 2605–2614.
17. Islam, M.N., Iqbal, M.Z., Ali, M., Chowdhury, M., Kabir, M.S.N., Park, T., Kim, Y.J., and Chung, S.O. Kinematic analysis of a clamp-type picking device for an automatic pepper transplanter. *Agriculture.* 2020, 10, 627.
18. ISO 16231-2:2015. Self-propelled agricultural machinery—assessment of stability—part 2: determination of static stability and test procedures. *Geneva, Switzerland: ISO.*
19. ISO 2631-1:2008 Mechanical Vibration and Shock—Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration—Part 1: General Requirements. *Geneva, Switzerland: ISO.*
20. ISO 2631-5:2018 Mechanical Vibration and Shock. Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration. Part 5: Method for Evaluation of Vibration Containing Multiple Shocks. *International Organization for Standardization, ISO.*
21. ISO 5349-1:2001 Mechanical Vibration — Measurement and Evaluation of Human Exposure to Hand-Transmitted Vibration. *Geneva, Switzerland: ISO.*
22. Jang, B. E., Chowdhury, M., Ali, M., Islam, M. N., Swe, K. M., Jung, D. U., Lee, S. H. and Chung, S. O. Stability and vibration analysis of a tractor-mounted Chinese cabbage collector. 2021. *The 4th Conf. on International Conference on Green Agro-industry and Bioeconomy.* 2021, 012021.
23. Kabir, M.S.N., Chung, S.O., Kim, Y.J., Sung, N.S., and Hong, S.J. Measurement and evaluation of whole body vibration of agricultural tractor operator. *Int. J. Agri. Biolog. Eng.* 2017, 10, 248–255,
24. Kadhim, N.A., Mustafa, M., and Varvani-Farahani, A. Fatigue life prediction of low-alloy steel samples undergoing uniaxial random block loading histories based on different energy-based damage descriptions. *Fatigue Fract. Eng. Mater. Struct.* 2015, 38, 69–79.
25. Karpat, F., Ekwaro-Osire, S., Cavdar, K., and Babalik, F.C. Dynamic analysis of involute spur gears with asymmetric teeth. *Int. J. Mech. Sci.* 2008, 50, 1598–1610.
26. Khaksar, Z., Ahmadi, H., and Mohtasebi, S.S. Whole body vibration analysis of tractor operators using power spectral density. *JMET.* 2013, 6–12.
27. Kim, W.S., Kim, Y.S., Kim, Y.J., Choi, C.H., Inoue, E., and Okayasu, T. Analysis of the load of a transplanter PTO shaft based on the planting distance. *J. Fac. Agric. Kyushu Univ.* 2018, 63, 97–102.

28. Kim, Y.J., Chung, S.O., and Choi, C.H. Effects of gear selection of an agricultural tractor on transmission and PTO load during rotary tillage. *Soil Tillage Res.* 2013, 134, 90–96
29. Konieczny, Ł., Burdzik, R., Warczek, J., Czech, P., Wojnar, G., and Młyńczak, J. Determination of the effect of tire stiffness on wheel accelerations by the forced vibration test method. *J. Vibroeng.* 2015, 17, 4469–4477.
30. Kuria, J., and Kihui, J. Prediction of overall efficiency in multistage gear trains. *Int. J. Mech. Mechatron. Eng.* 2011, 5, 300–306
31. Liljedahl, J., Turnquist, P., Smith, D., and Hoke, M. Tractors and their power units (4th ed.). New York, NY: Van Nostrand Reinhold.1989.
32. Manilla, R.D. and Shaw, L.N., A high-speed dibbling transplanter. *Trans. ASAE*, 1987.30(4), 904–0908.
33. Miner, M.A. Cumulative damage in fatigue. *J. Appl. Mech.* 1945, 12, 159–164.
34. Nejad, A.R., Gao, Z., and Moan, T. On long-term fatigue damage and reliability analysis of gears under wind loads in offshore wind turbine drivetrains. *Int. J. Fatigue.* 2014, 61, 116–128.
35. Nejad, A.R., Xing, Y., Guo, Y., Keller, J., Gao, Z., and Moan, T. Effects of floating sun gear in a wind turbine's planetary gearbox with geometrical imperfections. *Wind Energy.* 2015, 18, 2105–2120.
36. Nguyen, H.T., Chu, Q.T., and Kim, S.E. Fatigue analysis of a pre-fabricated orthotropic steel deck for light-weight vehicles. *J. Constr. Steel Res.* 2011, 67, 647–655
37. Paraforos, D.S., Griepentrog, H.W., and Vougioukas, S.G. Methodology for designing accelerated structural durability tests on agricultural machinery. *Biosyst. Eng.* 2016, 149, 24–37.
38. Phromjan, J., Suvanjumrat, C. Vibration effect of two different tires on baggage towing tractors. *J. Mech. Sci. Technol.* 2018, 32, 1539–1548.
39. Rasool, K., Ali, M., Chowdhury, M., Kwon, H., Swe, K.M., and Chung, S.O. Theoretical analysis of velocity, acceleration and torque calculation of a five-bar onion transplanting mechanism. In *IOP Conference Series: Earth and Environ. Sci.* 2021, 012019.
40. Rider, M.J. Design and analysis of mechanisms: A Planar Approach; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2015.
41. Sam, B., and Kathirvel, K., Vibration characteristics of walking and riding type power tillers. *Biosyst. Eng.* 2006, 95, 517–528.
42. Scarlett, A.J., Price, J.S., Semple, D.A., and Stayner, R.M. Whole-body vibration on agricultural vehicles: evaluation of emission and estimated exposure levels. *Health & Safety Exec. Res. Rep.* 2005, 321.
43. Scarlett, A.J., Price, J.S., and Stayner, R.M. Whole-body vibration: evaluation of emission

- and exposure levels arising from agricultural tractors. *J. Terramech.* 2007, 44, 65–73.
44. Srivastava NSL. Animate energy in agriculture. Publication on Invited Papers *International Conference on Managing Natural Resources for Sustainable Agricultural Production*. 2000, 14–18
 45. Swami, A., and Pandey, A.K. Vibration analysis of a tire under static loading using flexible ring-based model. *J. Vib. Acous.* 2020, 143.
 46. Tewari, V.K., and Dewangan, K.N. Effect of vibration isolators in reduction of work stress during field operation of hand tractor. *Biosyst. Eng.* 2009, 103, 146–158.
 47. Tewari, V.K., Dewangan, K.N., and Karmakar, S. Operator's fatigue in field operation of hand tractors. *Biosyst. Eng.* 2004, 89, 1–11.
 48. Wang, J., and Howard, I. Finite element analysis of high contact ratio spur gears in mesh. *J. Trib.* 2005, 127, 469–483.
 49. Welch, P. The use of Fast Fourier Transform for the estimation of power spectra: a method based on time averaging over short, modified periodograms. *IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics* 1967, 15, 70–73.
 50. Youngworth, R.N., Gallagher, B.B., and Stamper, B.L. An overview of power spectral density (PSD) calculations. In *Proceedings of the Optical Manufacturing and Testing VI*; SPIE, August 18 2005; Vol. 5869, 206–216.
 51. Zhou, H., Li, H., Liang, C., Zhang, L., and Wang, G. Relationship between tire ground characteristics and vibration noise. *Strojniski Vestnik/J. Mech. Eng.* 2021, 67.

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업 승용 자주식 양파 정식기 연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부(농림식품기술기획평가원)에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.