

11-1543  
000-002  
107-01

여반  
성자  
고동  
령  
자편  
의  
친  
정  
화  
식  
형  
기

전  
개  
기  
발  
구  
동  
식

최  
종  
보  
고  
서

2017

농  
림  
축  
산  
신  
진  
부

여성고령자친화형 전기구동식 반자동편이정식기 개발 R&D Report  
(Development of Semi-automatic Vegetable Transplanter with Electric Power)

발 간 등 록 번 호

11-1543000-002107-01

# 여성고령자 친화형 전기구동식 반자동 편이 정식기 개발 최종보고서

2018. 03. 02.

주관연구기관 / (주)헬퍼로보텍

협동연구기관 / (주)조은농기계

경상대학교

한국생산기술연구원

농업기술실용화재단

농 립 축 산 식 품 부

# 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “여성고령자 친화형 전기구동식 반자동 편이정식기 개발”(개발기간 : 2015. 11.30. ~ 2017.11.29.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018. 03. 02 .

주관연구기관명 :	㈜헬퍼로보텍	(대표자)	오창준(인)
참여기관명 :	경상대학교	(삼학협력단장)	정종일(인)
	한국생산기술연구원	(원장)	이성일(인)
	농업기술실용화재단	(이사장)	류갑희(인)
	㈜조은농기계	(대표자)	이준선(인)

주관연구책임자 :	㈜헬퍼로보텍	오창준
참여기관책임자 :	경상대학교	권기영
	한국생산기술연구원	이동근
	농업기술실용화재단	강신호
	㈜조은농기계	이신혁

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

## 보고서 요약서

과제고유번호	115041-2	해 당 단 계 연 구 기 간	2015.11.30.~ 2017.11.29	단 계 구 분	(최종)/ (2단계)
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	첨단생산기술개발과제			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	여성고령자 친화형 전기구동식 반자동 편이 정식기 개발			
연구책임자	오창준	해당단계 참 여 연구원 수	총: 28명 내부: 28명 외부: 0명	해당단계 연 구 개 발 비	정부:674,000천원 민간:225,000천원 계:899,000천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 28명 내부: 0명 외부: 0명	총 연구개발비	정부:674,000천원 민간:225,000천원 계: 899,000천원
연구기관명 및 소속부서명	(주)헬퍼로보텍, (주)조은농기계, 경상대학교 한국생산기술연구원, 농업기술실용화재단			참여기업명 (주)헬퍼로보텍 (주)조은농기계	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
<p>농업에서 많이 사용되는 편이정식기는 시중에 많이 판매를 하고 있으나 소음, 무게, 진동 및 기계조작의 어려움 등 여러 가지 문제점을 가지고 있으며 특히 고령자 및 여성농업인들이 사용하기 힘들다는 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 전동형 모터로 작동하는 농업기계를 개발하고자 하였다. 고령자 및 여성 농업인이 농업기계를 쉽게 사용하기 위해서는 사용하기 편리한 작업높이를 가져야 하며 근골격계 질환의 주원인이 되는 농업기계의 진동 및 소음 감소대책이 필요하고 사용자 편의성 향상을 통하여 조작하기 쉬워야 하며 정식성공을 또한 높을 필요성이 있다. 본 연구에서는 위에서 설명한 조건에 충족하는 보행형 1조식 반자동 정식기, 보행형 어긋심기 2조식 반자동 정식기 그리고 모종트레이와 정식기를 운반하기 위한 운반대차를 개발하였으며 배터리 1회 완충 시 5시간 이상의 작업시간을 확보함으로써 전동형 농업기계의 가장 큰 약점을 극복하였다고 판단하였다.</p>				<p>보고서 면수</p>	

		코드번호	D-01			
연구의 목적 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 편이정식기는 많이 개발되어 왔으나 소음, 무게, 진동 및 기계조작의 어려움 등 여러 가지 문제점을 가지고 있으며 특히 고령자 및 여성농업인에게 많은 영향을 끼친다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 보행식 반자동 편이정식기를 경량형 모델로 개발하여 싸고, 쉽고, 편한 영농에 기여하고자 함</li> </ul>					
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고령자 및 여성농업인이 농업기계를 쉽게 사용하기 위한 조건은 다음과 같음 <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 고령자 및 여성농업인이 사용하기 편리한 작업높이</li> <li>2. 농업기계의 진동 및 소음 감소 대책필요</li> <li>3. 사용자 편의성 향상(주행속도, 편이조작)</li> <li>4. 높은 정식성공율</li> <li>5. 편이정식기의 경량화</li> </ul> </li> <li>- 본 연구에서는 제시한 조건을 가지고 설계 및 제작을 진행하여 1조식 고추묘 보행식 반자동 정식기[T1], 2조식 어긋심기 배추묘 보행식 반자동 정식기 [T2], 농가-경작지간 정식기와 트레이를 운반가능한 편이 운반대차[T3] 등을 개발하였으며 성능테스트를 T/B에서 진행하였을 때 전동식 장비의 문제가 되어온 사용시간의 경우 최소 5시간이상 사용 가능한 것으로 나타났으며 정식성공율 또한 모종의 공급이 원활할 때 90%이상의 정식성공율을 보이는 것으로 나타났음</li> </ul>					
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 짧은 정식기간에 많은 노동력을 투입해야하는 고추정식작업의 특성상 임대하지 못하는 농가에서는 개인농가 구매나 인력으로 작업을 진행 해야 하고, 농지가 작은 농가에서는 구매하는 것이 부담이 되어 낮은 가격의 정식기의 개발을 진행함</li> <li>- 편이 정식기는 고추 및 배추 이외 다양한 작물의 정식기에 적용 가능하여 추후 파생 기술로 활용될 것으로 기대함.</li> </ul>					
중심어 (5개 이내)	정식기	정식용부착 작업기	정식도구	고추정식	배추정식	

## < SUMMARY >

		코드번호	D-02			
Purpose& Contents	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Many automatic vegetable seeders have been developed but they have a few problems such as heavy, noisy, vibration and inconvenient, especially, for female and elderly workers. To solve these issues, a semi-automatic electric planter was developed for low cost and easy operation.</li> </ul>					
Results	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The operation condition for easy use of agricultural machinery by female and elderly workers as follows.                             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Working height</li> <li>2. Vibration and noise reduction plan</li> <li>3. Improvement of user-friendly manipulability</li> <li>4. High success rate</li> <li>5. Weight reduction of machinery</li> </ol> </li> <li>- In this study, we developed a chili pepper transplanter[T1], a Kimchi cabbage transplanter [T2] and a transport vehicle[T3] based on the operation conditions. Test results showed that operation time of the transplanters were more than 5 hours and a success rate of planting was at least 90%.</li> </ul>					
Expected Contribution	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The use of the transplanter reduces 2.86hour per 1000m<sup>2</sup> area, which save 16,900won. It also can alleviate the muscular skeletal disease of female and elderly.</li> <li>- A following study for autonomous robot will be implemented based on the a semiautomatic transplanter.</li> </ul>					
Keywords	Transplanter	Electric power	Elderly	Chili pepper	Kimchi cabbage	

## < Contents >

1. Summary of Research .....	7
2. Present State of Technologies at Home and Abroad .....	11
3. Research Contents and Results .....	14
4. Degree of Accomplishment in Research and Contribution to Related Fields .....	123
5. Achievements of Research and Further Prospect .....	125
6. Information of Related Technologies Abroad .....	126
7. Security Level .....	128
8. Current Research Facilities and Equipments .....	129
9. Results of Laboratory Safety Management .....	130
10. Research Achievements .....	132
11. Other Matters .....	132
12. Reference .....	133

<Attachment> Self Evaluation Report

## < 목 차 >

1. 연구개발과제의개요 .....	7
2. 국내외 기술개발 현황 .....	11
3. 연구수행 내용 및 결과 .....	14
4. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	123
5. 연구결과의 활용계획 등 .....	125
6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	126
7. 연구개발성과의 보안등급 .....	128
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비현황 .....	129
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적 .....	130
10. 연구개발과제의 대표적 연구실적 .....	132
11. 기타사항 .....	132
12. 참고문헌 .....	133

<별첨> 자체평가의견서

# 1. 연구개발과제의 개요

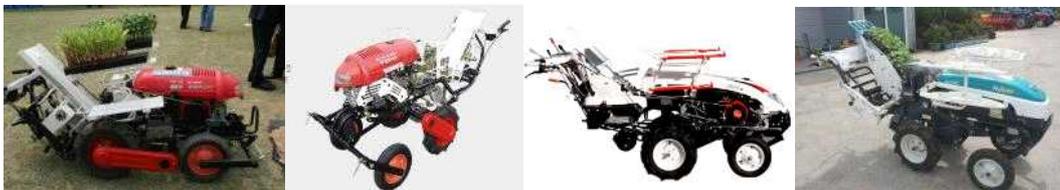
코드번호	D-03
------	------

## 가. 연구개발 목적

- 본 연구는 발작물 영농작업에 기여도가 높은 여성 농업인을 위한 편이 정식기 개발로 고추, 배추 등 전국적 작물을 대상으로 육묘된 묘를 보행식 반자동 경량형 모델로 개발하여 싸고, 쉽고, 편한 영농에 기여하고자 함

## 나. 연구개발의 필요성

- 기술적측면
  - 주요 고추 재배지역의 관행 일반고추 재배농가의 10a당 노동시간을 조사·분석한 결과 총 노동시간 201시간으로 수확 55시간, 육묘 45시간, 지주 및 유인 25시간, 정식 24시간, 방제 19시간, 시비·제초 및 본포관리 등 기타 20시간이 소요되는 것으로 나타났음.
  - 현재 정식노력시간은 전 작업의 11.7%를 점하며 인력 정식작업은 작업시간이 과다 소요되고 적기 작업이 어려우며, 불편한 자세로 작업을 하기 때문에 노동부하가 매우 크고 피로가 누적됨. 또한, 짧은 정식기간에 많은 노동력이 필요하고 인건비 상승, 냉동고추 수입 등으로 고추재배 농가의 어려움이 늘어나고 있어 생력기계화가 필요하게 되었음.
  - 조방농업을 하고 있는 서양의 채소 정식작업은 주로 트랙터 부착형 또는 자주형 반자동 정식기를 사용하고 있음. 이것들은 사람이 탑승하여 묘를 묘공급 장치에 공급하는 방식으로서 규모가 작은 여건에는 적합하지 않음.
  - 우리와 영농여건이 비슷한 일본에서는 양배추, 배추 등의 플러그 묘를 자동으로 심을 수 있는 승용형 및 보행형 채소정식기, 폐지를 육묘용 포트에 재활용한 종이포트로 채소정식기 등 다양한 방식의 채소정식기가 보급되고 있음.
  - 국제종합기계개발한 1조식 보행형 고추 자동정식기는 모종 취출 기능에 문제가 많아 현재 판매가 많지 않은 상태이며, 국외 제품 중 한국에서 판매중인 구보다 1조식 자동정식기는 월동형 채소인 양배추, 배추, 브로콜리 등을 대상으로 제작되었으며 안마코리아의 다목적이식기의 경우 1조와 2조가 있으며 현재, 대파 정식용으로 판매되고 있음.



<그림 1. 보행형 채소 반자동 정식기(1.농촌진흥청, 2.우진공업, 3.안마코리아, 4. 한국구보다)>

- 반자동 정식기의 경우, 현재 다목적이식기 TVP-1(동양기계), KTP-30 채소이식기(국제종합기계)에서 생산되고 있으나 인력으로 묘를 공급하는 불편함 때문에 저조한 판매를 보이고 있음.

- 자동정식기의 경우에는 비싼 가격 때문에 임대사업을 활용하여야 하지만 짧은 정식기간에 많은 노동력을 투입해야하는 고추정식작업의 특성상 임대하지 못하는 농가에서는 개인농가 구매나 인력으로 작업을 진행해야하고, 농지가 작은 농가에서는 구매하는 것이 부담이 되어 낮은 가격의 자동식 채소정식기의 개발이 필요한 것으로 나타났음.

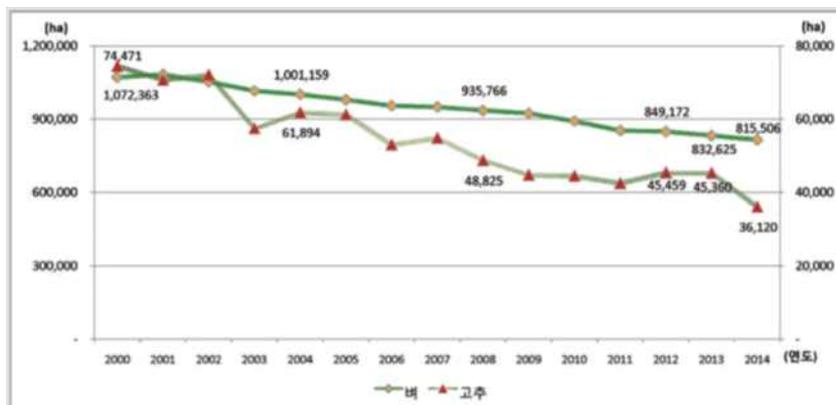


<그림 2. 보행형 채소 반자동 정식기(1.TVP-1(동양기계), 2.KTP-30채소이식기(국제종합기계)>

- 밭작물도 농경지가 평지가 아닌 중산간 지역에 위치하다 보니 경사, 굴곡, 부정형, 소규모 등의 특징을 안고 있는 것이 전국적인 형상임.
- 거기다가 배추, 고추 같은 채소 작물과 콩, 옥수수 같은 곡물류에 이르기 까지 다품종 소량재배가 영농 기계화에 걸림돌로 작용하여 지금까지 정식-수확 등이 인력에 의존.
- 또한, 기존에 만들어진 자동 채소 정식기 등은 모두 남성체형에 맞춰진 기계조작의 불편함이 지적되었으며 남성에 비해 근력이 떨어지는 여성들이 조작하기에는 기계자체가 무겁고 페달이나 장치조작이 험겨워 사용이 쉽지 않다는 점을 호소하고 있음.
- 따라서, 낮은 가격과 가벼운 무게를 가지고 조작이 간단한 반자동식 또는 자동식 채소정식기의 개발이 절실함.
- 본 과제에서는 육묘후 정식 관행이 정착된 밭작물중 주산지가 전국적으로 분포되어 있는 고추와 배추를 중심으로 개발.

○ 경제·산업적 측면

- 고추는 원예작물 중에서 생산액이 가장 많은 작물임(MAF, 2004).
- 현재 고추의 재배면적은 그림 3에서 나타나는 것과 같이 지속적인 감소를 보이고 있으나, 고추의 생산량은 2010년 95,391톤에서 2013년 117,816톤으로 약 23% 증가한 것으로 나타났음(통계청, 2014).



<그림 3. 연도별 벼, 고추 재배면적 추이(통계청, 2014)>

- 이는 고추의 파종에서 수확, 건조까지의 모든 작업이 생력화 및 경영적 수지를 맞출 수 있는 방향으로의 재배기술의 개선이 많이 진행되어 면적 당 수확량이 늘어난 것으로 판단되었음.
- 하지만, 고추는 다른 작물에 비하여 투하 노동력이 많이 들고, 생산비가 높아 작업의 생력화가 필요한 작물임(RDA, 1998, 2002, 2003).
- 농촌노동력은 노령화, 부녀화에 따른 인력 수급난이 심화되고 있으며 수급인력 또한 악성 노동을 회피하고 있어 금후 고추 생산이 제한받을 것으로 전망됨.
- 또한 농기계 개발은 자금회전력이 낮고 참여 기업체의 영세성으로 타 산업 분야보다 발전이 늦고 낙후되어 있음.
- 따라서, 고추 생산기반의 안정화와 생산비 절감, 인력 수급난 해결 등을 통한 국제 경쟁력 향상을 위하여 고추 자동정식기 개발 연구를 수행함으로써 개발 기술의 실용화뿐만 아니라 관련 산업체의 경쟁력을 한 단계 높일 수 있음.

#### ○ 사회·문화적 측면

- 최근 농업노동의 여성화 현상이 강화되면서 2000년도에는 농업종사자 중 여성이 46.7%를 차지했지만 2010년 농림어업총조사(통계청)에 따르면 49.5%로 증가 했고, 2014년 농림어업조사(통계청)에서는 53%를 차지하고 있음.
- 하지만 일반적인 여성농업인은 농기계 운전비율이 31.8% 수준이고 또한 다룰 수 있는 농기계의 종류도 일반 여성농업인은 평균 1.95종 수준이며, 2001년 국민건강조사 자료를 분석한 결과에 따르면, 근골격계 질환으로 의사의 검진을 받은 농업인 354명에 대하여 작목별로 발생비율은 과수농가 66.7%, 고추농가 60.1%, 축산농가 35.3%인데 반해 비 농업인은 30.9%로 나타났음.
- 여성농업인의 전문인력화를 위해 농기계의 능숙한 조작을 통한 농업생산기술능력의 제고는 필수적임에도 기존의 농기계는 대부분 남성의 체형에 맞추어 개발되어 여성의 체형에 맞지 않고 운전 조작이 불편하다는 지적이 있음.
- 국가에서는 여성농업인 육성정책을 지속적으로 펼치고 있으며 그에 따라 사용하기가 편리한 여성친화형 농기계 개발·보급, 농기계 사용 기술 교육 확대, 여성 농업인의 노동부담 완화 및 농업 참여율을 제고하고 있음.
- 또한, 여성농업인 노동생산성 향상과 노동부담 완화 측면에서 여성이 주로 참여하는 농작업용 농기계 개발이 강조되고 있으며, 여성용 농기계 개발의 의미는 여성농업인들에게 적합한 작고 가벼운 농기계 개발을 비롯하여 여성 참여도가 높은 농작업의 기계화와 자동화 추진, 개발된 농기계의 현장 적용 시험과 여성농업인이 참여하는 현장평가회 개최, 여성농업인들에게 농기계 정보의 전달체계 구축까지 포괄적으로 추진방향을 설정하고 있음.
- 이는 여성이 많이 활용하는 밭작물용 농기계와 선별기 등 기계의 개발, 기계 개발의 소재와 설계, 조작 장치를 여성이 다루기 쉬운 소형화, 경량화 하는 것은 물론 여성 농업인이 주로 참여하는 작업에 우선적으로 자동화 등의 설비로 개선하는 것과 함께 여성농업인의 농기계 사용에 대한 능력, 농기계 활용에 대한 접근성을 함께 개선할 목표를 설정하고 있는 것임.
- 또한, 농촌노동력의 고령화화와 더불어 노동력 자체가 부족하여 인력수급난이 심화되고 있는 실정이므로 고추 자동정식기의 개선 및 개발 등을 통하여 이를 해결할 수 있음.

- 따라서 여성농업인과 고령자의 부담을 덜어주기 위하여 가볍고 사용이 편리한 고추 자동정식기의 개발이 절실함.
- 본 과제에서는 편이 정식기 기준을 아래와 같이 설정
  - ✓ 60~70대 여성 인력도 사용할 수 있는 편이성
  - ✓ 4~5백만원대의 저가 임대 농기계용으로 농가 부담 없음
  - ✓ 정식 작업 속도가 인력의 3배 이상 되는 생산성
  - ✓ 무릎, 허리 관절을 굽히지 않고 선 자세로 작업되는 편리성
  - ✓ 사용 설명서를 보지 않고도 바로 운전할 수 있는 단순함
  - ✓ 기존의 엔진식 농기계에 비해 매연, 소음 없는 친환경성

## 2. 국내외 기술개발 현황

코드번호	D-04
<p>가. 해외 R&amp;D 동향</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 농업기계의 세계적인 연구 동향은 기계의 기능 및 성능을 제고하는 연구에서 이제는 작업효율을 높이면서 작업자의 사용편의성, 안락성, 안전성을 제고하는 방향으로 연구개발이 추진되고 있으며, 고효율, 고기능, 지능형, 자동화, 무인화의 방향으로 발전 중에 있다<sup>1)</sup>.</li> <li>○ 동력전달시스템의 경우 기본적으로 HST, 파워셔틀, 파워 시프트 등의 유압식 변속장치 기능을 출시한지는 이미 오래 되었고 첨단 변속제어 기술이 적용된 HMT, CVT 등 차별화된 기술을 바탕으로 핵심 기업 및 해당 국가는 보이지 않는 무역장벽을 형성하였고 이에 국내 LS엠트론 등이 그 뒤를 쫓아가고 있다<sup>2)</sup>.</li> <li>○ 친환경 제어기술 측면에서도 고기능 청정화 처리 장치 개발을 완성하여 배기가스 규제 강화를 통해 후발업체와의 기술 격차 유지 전기를 이용한 구동 방식도 연구개발 추진되어 주행부를 전기구동 또는 작업기 구동부를 전기로 작동시키는 연구도 유럽, 일본 등지에서 추진하고 있다.</li> <li>○ 농기계 R&amp;D는 농작업의 자동화·로봇화·무인화 및 인간공학기술, 환경을 보전하면서 수확량과 품질을 보장하는 정밀농업용 기계기술의 실용화 중심으로 수행되고 있다<sup>3)</sup>.</li> <li>○ 과실 수확 로봇, 착유로봇 등 농업용 로봇 개발 등 생물 생산 기계의 자동화, 로봇화, 무인화 기술 개발 및 인간공학적 성능향상 기술 분야로 발전하고 있다. 또한 주요 선진국에서는 융합기술을 통한 농업의 경쟁력을 강화하기 위해 새로운 국가적 발전계획을 강구하고 있고, 현재 BT-NT-IT 융합기술 개발은 미국이 선도, 일본 유럽 등도 적극적으로 개발 추진 중이다.</li> <li>○ 유압전자제어기술과 센서융합기술 등 센서류 및 제어기술의 발전을 이용하여 작업자의 안전을 고려한 연구개발이 활발히 추진된 결과, 기계 주요 시스템간 양방향 통신을 가능하게 하여 작업중 위험요소 제거 또는 최소화하고, 기계의 자가고장진단이 가능한 제품들이 출시 예정이다.</li> <li>○ 농업기계 내구 및 신뢰성 시험 평가기술은 우리나라와 많은 차이를 보이는 분야로서 선진업체는 신뢰성 이론을 적용하고, 국가는 내구성 시험기술 및 검인증 고도화를 촉진하여 지속적으로 제품의 신뢰도 및 경쟁력 향상을 도모해야 할 것으로 판단된다.</li> <li>○ 부속작업기 분야의 대형화에서 점차 본기와 CAN통신을 통한 양방향 제어를 통해 작업효율을 높이고 작업 안전성을 제고하는 방향으로 연구개발되고 있으며, 부속작업기의 탈부착기술, 부속작업기에 요구되는 경량 고강도 부품기술 등의 개발도 중요하다.</li> <li>○ 축산기계 및 시설부분은 외국에서는 가축 개체관리 자동화, 무창축사 보급 및 환경 관리 시스템 등 기술이 개발 및 상용화되어 제품 출시되었으며 시설원예는 국외의 경우 대량 육묘시설, 분화생산시설, 식물공장 기술, 각종 제어시스템 개발 및 재배기술 분야 연구개발 추진 중에 있다.</li> <li>○ 수확 후 처리시스템은, 식미측정 및 비파괴 품질 판정, 예냉, 저온 및 유통기술이 개발되고 있으며, 저장, 미질 향상을 위한 건조, 저장 및 도정시스템 등의 경우 일본은 기술이 확립되어 있는 상태이고, 우리나라를 비롯한 중국 및 동남아시아는 지역·품종적합형 기술 수준이 미진한 상태이다.</li> </ul>	

- 정식기(파종이식기), 방제기, 수확기 등 발작물 분야의 경우 각 국의 특성에 맞는 전용기계의 개발이 심화되고 있으며, 일본과 서유럽국가를 중심으로 다작물용, 다목적용으로 연구개발 추진. 최근 일본에서는 중산간지용으로 벼와 다른 작물 수확작업이 가능한 범용(보통형, 복합형) 콤바인이 개발되어 시장에 출시되었다.
- 또한, 현재 일본의 경우 D-GPS, GPS등을 활용한 무인 자율주행 트랙터를 연구하여 농업인 한명이 동시에 여러작업을 수행하는 기술 등을 연구 중에 있으며 정식작업 등의 정밀작업의 경우에는 D-GPS, GPS등의 경우에는 정확도가 낮아 RTK GPS를 활용하는 연구가 진행되고 있으나 RTK GPS의 경우 가격대가 높아 실제 사용에는 많은 어려움이 있다.
- 본 사업에서 개발된 전동형 정식기의 경우, 현재 출시되어 있는 정식기에 대비하여 무게를 40% 이상 절감하고 MCU제어를 통하여 장비의 정식속도, 주행속도등을 제어함으로써 GPS를 활용하지 않고 RAIDA, 초음파센서 등을 활용하여 두둑을 읽어내는 방식으로 제어방식의 자율주행 정식기의 개발로 이어질 수 있음

#### 나. 국내 R&D 동향

- 세계 농기계 산업의 기술 흐름에 따른 운전자의 운전 편의성 및 안전성 확대, 기계의 성능 및 효율성의 증대, 환경 친화성 강화, 현지적응형 모델 기술, 부품 경량화 기술, 원가 절감 기술, 연비절감 기술 등을 목표로 발전되고 있으며 국내업체는 이와 같은 시장요구와 국제시장에서의 요구에 따라 기술발전을 도모하고 있다.
- 환경규제 대응을 위한 기술개발에는 친환경 동력원 시스템 상용화, 에너지 효율 향상을 위한 동력원 고효율 변속 시스템 개발 가속화, 작업부하감지 엔진 및 변속기 제어시스템 연구, 인간-기계 상호작용을 고려한 감성공학 운전시스템 등을 자동화 기계 쪽에서 진행 중인데 농업기계 분야에도 도입하기 위해 노력 중이다.
- 미국 EPA 등 배기 가스 규제 강화에 따른 전자식 분사 펌프 커먼레일 분사방식, 배기가스 후처리 장치 등 각종 신기술 개발이 진행되고 있다. 이에 Full power shift 유압변속식 transmission을 장착하고, 자가고장 진단 및 자율주행이 가능한 150 마력급 대형 트랙터 개발이 진행되고 있다<sup>4)</sup>.
- 이외에도 복합제어기반 무단변속 농업기계 연구, 복합제어 농작업기, 무인자율주행 지능형 농업차량과 농용로봇 연구 등의 개발을 R&D 영역에서 수행 중이다<sup>5)</sup>.
- 작업효율 및 안전성을 높이고 쾌적한 작업자 공간을 확보하기 위한 고기능저소음 캐빈 개발 및 캐빈, 전차축 suspension 제어 기술 개발, 작업기의 유압 damping 제어 기술이 개발 진행중이고, 해외수출을 목표로 현지 실정에 맞는 농기계 모델 개발 기술이 시급함에 따라, 동남아 및 개발도상국을 대상으로 고성능 스펙의 농기계가 아닌 현지 농업환경에 적합하게 개발·개조된 절충형 모델을 개발하고 있다.
- 해외수출시장에서 작업기의 역할이 커지면서, 고부하 작업용 강도설계, 고능률 Implement 기술 개발, 최적화 작업기 전자제어시스템 등이 개발 중이며 파종이식기, 수확기 등의 발작물기계는 점차 국내 시장 요구 증대 및 해외 틈새시장(niche market) 전략용으로 연구개발 초기 단계에 해당된다.

1) 보고서: 스마트 농기계 전장부품산업 육성((재)경북테크노파크, 2017)

2) 보도자료: [현장보고] LS엠트론(주) 트랙터사업부(농축산기계신문, 2017. 11. 5. 보도)

3) 보도자료: [연구동향] 농업기계화의 미래와 발전방향(농축산기계신문, 2016. 8. 5. 보도)

- 농업기계의 엔진, 미션, 작업기 등을 최적으로 제어하기 위한 통합 제어 기술과 장비에 장착된 센서를 통해 각종 소모품들의 품질을 계측하여 관리하는 고장진단시스템 연구가 활발히 진행 중이다.
- 특히 농산업 신성장 원천기술을 위해 IT융합 생물생산 무인자동화 연구 진행 중이며, IT/BT/NT 활용기술은 농업기계 무인화를 위한 자율 주행 기술, 원격제어기술, IT/BT/NT 융복합 자동화 기술 등 실용화를 위해 일부 업체에서 추진하고 있으며 이의 산업 확대를 위하여 농림축산식품부·농촌진흥청·농업기술실용화재단을 중심으로 「스마트팜ICT융합 표준화포럼」이 창립되어, 한국형 스마트팜 기장비의 국내 및 국제 표준 제정을 도모하고 있다<sup>6)</sup>.
- 뿐만 아니라 농작업의 자동화·로봇화·무인화 기초기술, 발작물 재배 일관기계화 기술, 친환경 정밀농업 실현을 위한 기초기계 기술 개발이 산·학·연에서 추진되고 있다.
- 현재 국내 기술 수준은 내수 규모의 협소, 기업의 영세성, 기술 수준 미흡 등으로 선진국 대비 원천 핵심 기술 및 시험평가 기술력 저하 상태여서 이를 극복하기 위한 연구개발을 산학연 공동연구가 지속적으로 진행 중이다.
- 특히 본 사업에서 개발한 편이정식기는 농산물 생산에 있어 모종 이식용도로 쓰여 향후 밭농업 자동화에서 주도적인 역할을 할 것으로 기대된다.

#### 다. 해외기술 동향

- 해외 선진사에서는 트랙터, 콤파인 등을 포함한 다양한 농기계의 캐빈, 대차 프레임, 트랜스미션 등의 설계 및 개선보완에 구조해석 기술을 활용함으로써 구조건전성 향상을 도모하고 있다. 구조해석 기술은 농기계 분야에 국한되어 적용되는 기술이 아니며, 산업 전반에 걸쳐 설계 및 개선의 목적으로 광범위하게 사용되는 기술로써 현재는 실제 시험체를 이용한 시험평가를 대체할 수 있을 정도의 수준에 이른 상태이다.
- 트랙터 캐빈의 경우 정적인 상태에서 외력에 대한 구조물의 변형 및 응력발생 상태를 확인함으로써 취약부를 도출 및 개선하는 방식으로 구조해석이 적용중이며, 대차프레임의 경우 완성차 작업시의 실 동응력 측정을 통해 대차프레임의 수명을 예측하고자 할 때 스트레인 게이지 등의 센서를 부착하기 위한 중요 포인트 선정시 구조해석을 이용하기도 한다.
- 현재 BMW, 벤츠, 웨보레 등을 포함한 대부분의 세계적 상용차 업체를 포함하여 존디어, AGCO, 구보다 등을 포함한 세계적 농기계업체, 동양물산, 대동공업 등을 포함한 국내 대표 농기계 업체에서도 구조해석을 제품 설계 및 개선보완에 활용하고 있다.

4) 연구보고서: 트랙터 무단변속기 개발(농림부, 1998)

5) 정책보고서: 중소·중견기업 기술로드맵(2017-2019)(중소기업청 등, 2017)

6) 보도자료: ‘스마트팜ICT융합표준화포럼’ 창립총회출범(한국농기계신문, 2017. 9. 30. 보도)

### 3. 연구수행 내용 및 결과

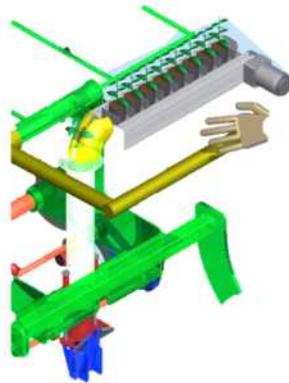
코드번호	D-05
------	------

#### 가. 연구개발 추진전략 및 방법

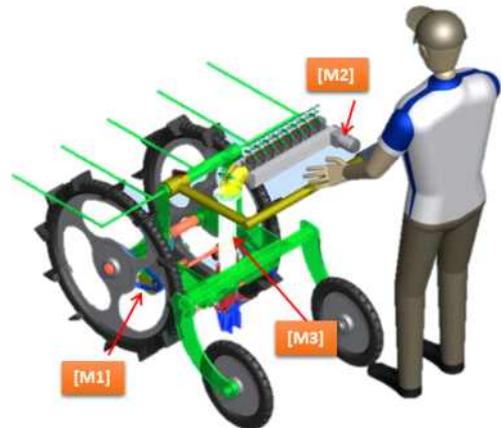
< 세부과제 1 > 발작물 편이 정식기 개발 및 시작품 제작 [(주)헬퍼로보텍]

(1) 편이 정식기 1조식[T1], 2조식[T2], 편이 정식기 운반차[T3] 시작품 제작 및 보완

- 세계 각국의 편이 정식기의 자료를 문헌과 자료를 조사하고 문제점과 구성 재료, 구조를 분석한다.
- 여성, 고령자의 사용 목적으로 적합한 경량형 구조로 설계 제작 한다.
- 협동과제1로부터 모종 공급 장치와 세부과제2의 식부장치의 삽날구조의 설계 모델을 제시 받아 시작품 3D 설계 후 협동과제2로부터 구조해석과 내구수명평가(피로시험) 등을 협의 검토하여 시작품의 설계방향을 수립한다.
- 협동과제 1이 제시한 기계정식 적기 및 포장 조건에 맞는 여성, 고령자용 전동 보행식 전용 편이 정식기의 시작품을 제작한다.
  - 협동과제3이 선정한 T/B에 포장 실험을 진행할 수 기반을 조성(1차 년도)하고 T/B에서 나온 문제점을 수정 보완(2차 년도) 한다.
  - 다양한 작물로 확대 할 수 있도록 타작물 정식 테스트와 쉽게 운반할 수 있는운반어태 치먼트를 제작한다.
- 시스템 구성
  - 보행식 편이 정식기의 구성은 동력원은 전동방식으로 구동 모터[M1], 플러그로 자동공급부[M2], 식재삽날 상하작동 [M3] 구성되고 이를 제어할 수 있는 전기제어 장치와 배터리로 구성된다.



< 정식묘 10주 자동 공급부 >



< 편이 정식기 전동 구동부 구성 >

- 편이 정식기 [T1][T2]의 구동부 전동장치의 설계 및 제작
  - 전동용 작업기의 자료를 문헌과 방문 견학을 통해 조사하고 문제점과 구성요건 및 구조를 분석한다.
  - 협동과제 1로부터 선행 연구한 기계정식 및 포장조건의 내용을 전달 받아 노지용자율주행식 전용 전동 구동부의 모터 사양 및 1일 작업 배터리 용량 등의 설계 방향을 수립한다.

- 설계방향에 따라 구동부 주요장치와 조립도를 설계하여 협동과제1의 연구팀과 모여 1차 문제점을 토의 분석한 후 상세 부품도 설계에 들어간다.
- 구동부 시작품을 제작한 후 편이 정식기에 매칭하고 [T1][T2]의 시작품 제작 후 문제점을 수정 보완 한다.
- 여성, 고령자용 편이 조작 전동식 컨트롤러 개발
  - 전동용 작업기 중에서 여성, 고령자가 활용하는 작업기를 조사하고 농업현장에 맞는 편이 조작 전동 컨트롤러를 개발한다.
  - 협동 과제1이 제시하는 여성 농업인의 작업 부담 경감 방안을 바탕으로 설계 방향을 수립한다.
  - 협동과제1과 협의 하여 구동부[M1], 묘공급부[M2], 정식부[M3]의 전기제어 컨트롤러 개발과 1일 작업량에 맞는 배터리 용량 설계방향을 수립한다.
  - [M1][M2][M3] 시작품 제작 완료 후 협동과제1의 연구팀이 모여 작동테스트 및 문제점을 도출하고 이를 수정 보완 한다.
- 설계 방법 진행
  - 지역별 재배 환경에 맞게 좌우 차륜간 거리 조절이 가능하고 주간거리 40~50cm 조절이 가능한 시스템으로 설계 방향을 수립한다.
  - 구동부와 정식부를 상세 구분하여 구동용 본기부와 노지 저속용 구동장치를 매칭 설계하고 정식부는 세부과제2 및 협동과제2와 협의하여 설계 방향을 수립한다.
  - 세부과제와 협동과제의 설계 방향에 따라 [M1][M2][M3]의 주요 장치와 조립도를 설계하고 연구팀이 1차 문제점을 토의한 후 보완하여 부품 도면을 설계 한다.
- 시작품 제작 및 시험
  - 구동부 제작은 노지 저속용 구동장치와 편이 정식기 프레임을 매칭 하여 시작품을 제작하고 정식부는 세부과제 2와 시작품 제작한다.
  - 협동과제 3이 선정한 T/B에 설치 시험과정을 거쳐 문제점을 보완한다.
  - 협동과제 1이 제시한 작업 성능 테스트를 확인한다.
  - 협동과제 3이 T/B 모니터링을 거쳐 편이 정식기의 성능 및 경제성 분석을 진행하며, 주요시험 항목은 동력 이식기 형식 검사 기준에 준하여 실시한다.
- 시작품의 실용화
  - 시작품 제작된 [T1][T2][T3]를 T/B의 시험 운영 과정에서 문제점을 보완 후 실용화 시작품을 제작한다.
  - 실용화 시작품 제작 시 여성, 고령자용 저가용 정식기 임으로 가격 경쟁력 확보를 위해 원가 절감을 추진할 수 있는 금형 제작 등을 진행한다.
  - 반자동형, 무동력형, 트랙터어태치형 등 생산 모델의 다양화를 진행한다.
  - 협동과제3을 통해 ‘농기계등록’을 위한 절차 및 검정 자문을 받아 정부·지자체, 농협 등의 보급사업 및 임대사업 연계를 위한 계획을 수립한다.

### < 협동과제 1 > 편이 정식기용 삼날부 개발 [(주)조은농기계]

- 편이 정식기의 삼날부의 설계
  - 세계 각국의 정식기의 삼날부 자료를 문헌 통해 조사하고 문제점과 구성요건 및 구조를 분석한다.
  - 협동과제 1로부터 선행 연구한 삼날부 조건의 내용을 전달 받아 대상 작물 및 포트 크기에 적합한 삼날 형상 및 재질 등의 설계 방향을 수립한다.
  - 설계방향에 따라 초기 형태의 삼날부 가 금형설계에 들어간다.
- 편이 정식기의 삼날부 금형 설계 및 제작
  - 생산타당성 및 생산용이성을 고려하여 삼날부 금형을 설계 및 제작한다.
  - 삼날부 시작품을 제작한 후 협동과제1 및 협동과제2에서 수행 할 정식 삼날 내구성, 신뢰성 연구를 위한 시료를 제공한다.
- 시작품 제작 및 수정 보완
  - 협동과제1, 협동과제2의 내구성 및 신뢰성 평가 결과를 바탕으로 삼날부 구조 및 재질을 보완 설계한다.
  - 재설계된 재질 및 형상의 삼날부 생산이 가능한 금형을 설계 및 제작한다.
  - 삼날부를 세부과제1의 편이 정식기에 매칭하고 [T1][T2]의 시작품 제작 후 문제점을 수정 보완 한다.
  - [M1][M2][M3] 시작품 제작 완료 후 세부과제1과 협동과제1의 연구팀이 모여 작동테스트 및 문제점을 도출하고 이를 수정 보완 한다.

### <협동과제 2>고추정식 기계작업 시스템 연구 [경상대학교]

- 기계정식 적기 및 포장조건
  - 국내외 문헌 및 특허 내용 조사·분석
  - 고추모종의 종이포트(순대 포트 등)에 대한 적응 파종기간, 육묘기간 조사
  - 자료조사 내용 및 전문가 자문을 토대로 기계 정식용 고추모종 최적조건 제시
- 모종 공급장치 최적 구조 및 작업조건
  - 국내외 문헌 및 특허 내용 조사·분석
  - 모종공급모듈에 적용 가능한 전동실린더 사양 검토
  - 자료조사 내용 및 전문가 자문을 통하여 시험용 모종 공급모듈을 설계
  - 3D, 2D 모델링을 통하여 모종공급모듈의 운행 시뮬레이션 및 분석
  - 시험용 모종공급모듈를 제작, 순대포트 이동 및 모종 공급을 분석
  - 자료조사 내용, 시험결과 및 전문가 자문을 토대로 모종공급모듈 설계자료 제시
- 식부장치 최적 구조 및 작업조건
  - 국내외 문헌 및 특허 내용 조사·분석
  - 식부장치에 적용 가능한 전동실린더 사양 검토
  - 자료조사 내용 및 전문가 자문을 통하여 시험용 식부장치, 답압장치 등을 설계
  - 1·2조식 식부 모듈의 3D, 2D 모델링을 통하여 식부장치, 답압장치 등 구동 시뮬레이션
  - 1·2조식 식부 모듈의 시험용 식부장치, 답압장치, 토양조를 제작 및 설치하여 주행속도, 식부궤적, 최적속도 등을 초고속 영상을 통하여 분석하고 회전토크 센서를 설치하여 식부모듈에 걸리는 회전토크 측정

- 자료조사 내용 및 전문가 자문을 토대로 식부모듈 설계모델 제시
- 정식시스템(모종공급, 정식) 작업조건
  - 원활한 모종 이송과 정식을 위한 모종공급모듈, 식부모듈의 타이밍 차트를 1·2 조식으로 나누어 작성
  - 3D, 2D 모델링을 통하여 정식시스템(자동/반자동)의 운행 시뮬레이션 및 분석
  - 시험용 정식모듈(모종공급, 정식, 답압)을 제작하여 주행속도 및 주간거리 등에 따른 모종 공급율, 이식율 등을 조사
  - 시험결과 및 전문가 자문을 토대로 정식기의 모종공급모듈 및 식부모듈 설계 모델 제시

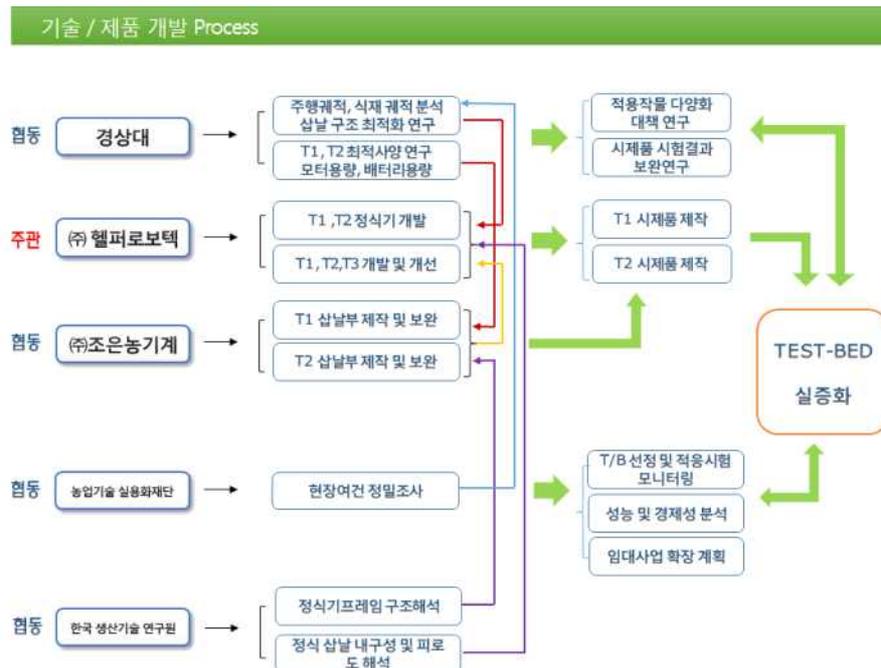
### < 협동과제 3> 정식기 구조물 및 핵심부품의 내구성 및 신뢰성 향상방안 연구 [한국생산기술연구원]

- 편이 정식기 [T1][T2]의 내구/신뢰성 기반조건 분석
  - 편이 정식기의 사용 환경을 고려하여 하중 조건을 분석함
  - 제작 시 사용될 대상소재에 대한 재료물성을 조사하고, 장단점을 비교분석 함
- 편이 정식기 [T1][T2]의 프레임 구조해석
  - 세부과제1에서 3차원 모델링 프로그램(INVENTOR)을 이용하여 작성한 설계 모델 에 대하여 정식기 프레임에 가해지는 하중조건에 따른 구조해석을 3차원 유한요소 해석을 통해 수행하고 취약 부위를 도출함(ANSYS 또는 ABAQUS 등의 상용 구조해석 프로그램을 이용한 해석 진행)
  - 유한요소해석 결과 도출된 취약부위를 보완하기 위하여 재질 및 형상에 대한 개선 방향을 제시함
  - 제시된 개선 방향을 바탕으로 세부과제1에서 개선한 프레임 설계안에 대하여 구조해석을 추가로 수행하여 개선 효과를 기존과 비교·검증함
- 정식부 삼낱의 사용조건 대응 정적 강도 및 내구성 평가
  - 정식부 삼낱의 구조 및 가동 조건을 분석하여 사용하중 조건을 도출함
  - 도출 된 사용하중 조건을 실험적으로 구현하기 위하여 삼낱 가동조건을 모사한 정하중 시험용 Jig 및 피로시험용 Jig를 구축함
  - 정식부 삼낱에 대한 정적 강도 평가를 수행하여 내구수명 평가를 위한 기반 데이터를 확보함
  - 기존 및 협동과제 1에서 제시한 삼낱에 대한 내구수명 평가를 수행하여 내구성능을 비교·분석하고, 그 결과를 바탕으로 최종적으로 적용할 삼낱에 대한 개선 및 보완을 세부과제1의 연구팀과 수행함

< 협동과제 4 > 결과물의 검증 및 보급 확대방안 수립 [농업기술실용화재단]

- 현장실증을 위한 T/B 사업기획
  - 지역별 재배주산지 파종조건 조사·분석, 연구개발을 위한 피드백
  - 현장여건 정밀조사 및 편이 정식기의 실증가능한 최적 T/B 선정
  - 농업기술센터 2곳(시험장 및 연구소 포함), 농가 2곳을 선정하고 세부과제1이 제작한 시작품을 현장에 설치 운영 할 수 있는 기반 조성
  - 세부과제1이 T/B에 정식기를 투입하여 시험운영하며, 실증결과에 대한 객관적 모니터링을 협동과제3에서 실시
- T/B사업 실시 후 결과분석 (성능 및 경제성)
  - T/B 모니터링을 통한 실사용자 만족도조사와 성능 및 경제성 분석 추진
    - : 연구결과의 현장적용을 통한 기존방법 대비 증대효과(정략, 정성), 비용편익분석, 사회적 편익, 투자회수기간 등
    - \* 외부 전문가 자문 활용
  - 실증모니터링을 통한 문제점 및 개선방안을 도출하여 피드백을 통한 제품 개량 유도
- 연구결과 성과확대 방안 마련 : 기술실용화 성공률 제고
  - ‘농기계등록’을 위한 절차 및 검정 자문
  - 정부-지자체, 농협 등의 보급사업 및 임대사업 연계를 위한 계획 수립
    - \* 농기계임대사업, 신기술보급사업(농진청), 밭 농업기계화 촉진을 위한 정책건의 등
  - 연구 결과물에 대한 정보공유, 이를 통한 관계자 및 수요자 반응조사
    - : 향후 보급 확산을 위한 정보전달 및 추가 제품개선을 위한 의견 수집
    - \* 시연회, 전시회, 동영상 배포를 통한 지자체, 농협, 관계기관, 수요처 등 공유

나. 연구개발 추진체계



<그림 4. 연구개발 추진체계>

구분	연구개발 목표	연구개발의 내용	연구범위
주관기관 세부과제1 (㈜헬퍼 로보틱)	<ul style="list-style-type: none"> <li>발작물 편이 정식기 개발 및 시작품제작</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>[T1][T2]관련 전동장치 - 노지 저속용</li> <li>고추 1조식,2조식 편이정식기 [T1] [T2] 시작품 제작</li> <li>[T1]과[T2]를 농가 경작지간 이동시키는 어태치형 운반구 [T3] 시제품 제작, 어태치형 정식기</li> <li>여성,고령자용 편이조작 전동식 컨트롤러 개발</li> <li>T/B 설치 운영 및 보완</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>하루10시간 기준 연속작업 가능한 모터와 배터리 사양 개발</li> <li>주행모터의 제어장치 개발</li> <li>주행프레임 완성</li> <li>편이(Easy) 슬로건 구현</li> <li>싸고,쉽고,편한 구조설계</li> <li>Adjusting Free 요소 실현 연구</li> </ul>
세부과제2 (㈜조은 농기계)	<ul style="list-style-type: none"> <li>정식 작물에 적합한 삼날 구조 개발 및 시작품 제작</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>정식기 삼날부의 선행연구 분석</li> <li>정식기 삼날부 구조 및 재질 설계</li> <li>금형 제작</li> <li>시작품 제작 및 개선</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>대상 작물 및 대상 포트 크기에 적합한 삼날 형상 설계</li> <li>내마모성 및 강도 확보 가능 재질 선정</li> <li>금형 제작 및 시작품 제작</li> </ul>
협동1 (경상 대학교)	<ul style="list-style-type: none"> <li>여성,고령자용 편이정식기의 모종공급 및 식부모듈 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기계정식 적기 및 포장조건 분석</li> <li>모종 공급모듈 개발</li> <li>식부모듈 개발</li> <li>정식작업 최적작업조건 구명</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기계정식 적용 정식적기 도출</li> <li>기계정식시 최적의 토양 및 식부조건 연구</li> <li>1조 및 2조식 모종공급 및 식부모듈 개발</li> <li>주행속도, 주간거리등을 고려한 최적 작업 성능 구명</li> </ul>
협동2 (생산 기술 연구원)	<ul style="list-style-type: none"> <li>정식기 구조물 및 핵심부품 내구성 및 신뢰성 향상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>설계시 프레임 구조 해석 수행</li> <li>구조해석 기반 프레임 구조개선</li> <li>정식 삼날에 대한 내구성 평가</li> <li>내구성 평가결과기반 정식 삼날 수명개선 방안 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>프레임 구조해석을 통한 취약부위 도출</li> <li>구조적 취약부위 보완을 위한 프레임 구조개선</li> <li>정식 삼날의 사용 조건 대응 정적 강도 평가 수행</li> <li>정식 삼날의 사용 조건 대응 내구성(피로) 평가 수행</li> <li>정식 삼날의 내구성능 비교분석 및 삼날 개선방안 연구</li> </ul>
협동3 (농업기술 실용화 재단)	<ul style="list-style-type: none"> <li>결과물 검증 및 보급확대 방안 수립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>현장실증을 위한 T/B 구축사업 기획 및 모니터링</li> <li>T/B사업 실시 후 결과분석</li> <li>기술실용화 성과확산방안 마련                         <ul style="list-style-type: none"> <li>정책적 연계방안</li> <li>보급확산 방안</li> </ul> </li> <li>개발성과물 홍보(개발 완료시점)                         <ul style="list-style-type: none"> <li>관련 전문가 및 수요자 반응 조사</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>T/B 대상현장 선정                         <ul style="list-style-type: none"> <li>고추 농가 2곳, 기술센터 2곳</li> </ul> </li> <li>작물별 작부체계 조사 (이랑폭, 조간거리, 주간거리등)</li> <li>T/B 설문조사 및 경제성분석</li> <li>농기계 등록 준비를 위한 자문</li> <li>정부·지자체의 임대사업 및 보급사업 연계방안 기획</li> <li>시연회 및 전시(박람회 등)</li> <li>홍보물(동영상 등) 제작·배포</li> </ul>

다. 연구개발 추진일정

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	
1차년도 [T1] 개발 가중치 50%	2016	1세부 (HRC)	○1조식 편이정식기[T1] 시작품 제작 ○노지 저속용 구동장치 개발 ○여성,고령자용 제어 컨트롤러개발	- 정식기 시작품 설계자료 정립 - 최적 묘 공급 방식과 장치 고안 - 최적 식부 방식과 장치 고안 - 경사형 노지용 전동 구동부 제작 - 편이정식기 3D 모델링 및 설계 - 고령자,여성농업인의 작업 부담 경감을 위한 인간공학 적 설계 진행
			○TB 설치 및 시험	- 정식기 시작품 포장적응성 실증 및 문제점 도출 후 보완
		2세부 (JOEUN)	○삽날부의 설계 및 평가	- 선행개발 정식기의 삽날부 분석 - 대상 작물 및 포트 크기에 적합한 삽날부 형상 설계
			○삽날부의 금형 및 시제품 제작	- 프로토타입 삽날부 금형 설계 및 제작 - 1, 2협동 연구 수행을 위한 시료 제작
		1협동 (GNU)	○기계정식 적기 및 포장조건 구명	- 기계정식용 모종 조건 제시 - 기계정식 적응 파종기간, 육묘기간
			○1조식 모종공급모듈 개발	- 모종공급모듈 관련문헌 조사 분석 - 1조식 모종공급모듈 제작 및 설계모델 제시(자동/반자동) - 1조식 모종공급모듈 성능시험
			○1조식 식부모듈 개발	- 식부모듈 관련문헌 조사 분석 - 식부장치 최적 궤적 분석을 위한 초고속 영상분석 - 1조식 식부모듈 제작 및 설계모델 제시 - 정식 후 답압 장치 설계 및 제작 - 1조식 식부모듈 성능시험
			○1조식 정식시스템의 최적 작업조건 구명	- 주행속도 주간거리에 따른 모종 공급율, 정식율 조사 분석하여 최적 작업조건 제시
		2협동 (KITECH)	○1조식 및 2조식 편이정식기 내구/신뢰성 기반조건 분석	- 1조식 및 2조식 편이정식기 사용하중 조건 분석 - 구조해석을 위한 재료물성 및 컨택 조건 등 분석
			○1조식 편이정식기[T1] 프레임 구조해석	- 설계된 1조식 정식기 프레임에 대한 3차원 구조해석 수행 및 취약부 도출 - 취약부 보안을 위한 재질 및 형상 개선 방향 제시
			○정식부 삽날의 사용조건 대응 정적 강도 평가	- 정식부 삽날의 사용하중 조건 분석 - 정식부 삽날의 사용하중 조건 모사 정하중 시험 Jig 구성 - 정식 삽날에 대한 정적 강도 평가 수행
		3협동 (FACT)	○편이 정식기 적응 현장 실증 연구	- 지역별 재배주산지 포장조건 구명 - 기계화 재배양식 도입의향 조사 - 지역별 재배주산지 선호모델 제시 - 노지 정식용 트레이 사이즈 조사
			○현장실증을 위한 T/B 사업 기획 및 선정	- 지역별 T/B 선정 - T/B 모니터링 - T/B의 작업강도, 모종파손등 문제점 파악 및 개선방향 설정

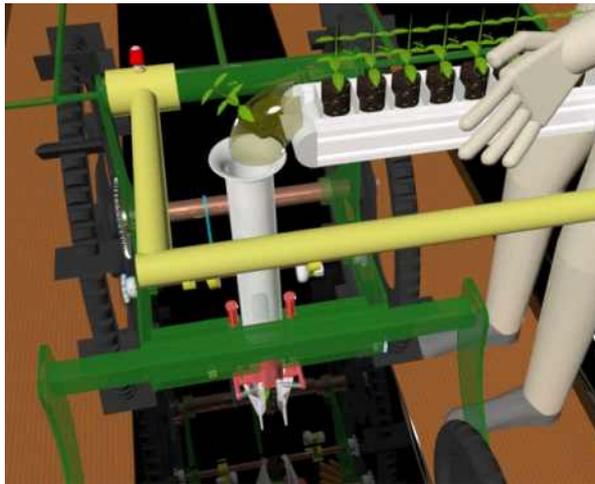
구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	
2차년도  [T2] 개발 가중치 40%  [T3] 개발 가중치 10%	2017	1세부 (HRC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2조식 배추 정식기 [T2] 시작품 제작</li> <li>○ 노지 저속용 구동장치 개선</li> <li>○ 여성,고령자용 제어 컨트롤러 개선</li> <li>○ 트랙터 견인형 모델 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 편이정식기 3D 모델링 및 개선 설계</li> <li>- 2조식 시제품 제작</li> <li>- 2조식 시제품 성능 시험 및 보완방향 제시</li> <li>- T/B에서 도출된 문제점 확인 후 최적 사양 변경</li> <li>- 넓은 경작지용 부족한 전동구동장치를 대신 할 수 있는 트랙터 견인형 정식기 모델 연구</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 정식기용 전동운반구[T3] 시작품 제작</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 농가,경작지간 정식기 및 정식묘 트레이 적재가능 구조 설계</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>○ TB 설치 및 운영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 편이 정식기 시작품 포장적용성 실증 및 문제점 도출 후 보완</li> </ul>
		2세부 (JOEUN)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 정식 삽날부의 개선</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- T/B 및 1, 2협동 연구 결과로 도출된 문제점 보완 및 최적 사양 변경</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 삽날부 제작 금형 수정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 생산성을 고려한 삽날부 금형 설계 및 제작</li> <li>- 삽날부 시작품 제작</li> </ul>
		1협동 (GNU)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기계정식 적기 및 포장조건 구명(계속)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기계정식용 모종 조건 제시(계속)</li> <li>- 기계정식 적용 파종기간, 육묘기간(계속)</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2조식 모종공급모듈 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2조식 모종공급모듈 제작 및 설계모델 제시</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2조식 식부모듈 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2조식 식부모듈 제작 및 설계모델 제시</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2조식 정식시스템의 최적 작업조건 구명</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 주행속도 주간거리에 따른 모종 공급율, 정식율 조사분석하여 최적 작업조건 제시</li> </ul>
		2협동 (KITECH)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2조식 편이정식기[T2] 프레임 구조해석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 설계된 2조식 정식기 프레임에 대한 3차원 구조해석 수행 및 취약부 도출</li> <li>- 취약부 보완을 위한 재질 및 형상 개선 방향 제시</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 정식부 삽날의 사용조건 대응 내구성(피로) 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 정식부 삽날의 사용하중조건 모사 피로시험 Jig 구성</li> <li>- 정식 삽날에 대한 내구수명 평가 수행</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 내구성 평가결과기반 정식 삽날 수명개선 방안 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 정식 삽날의 내구성능 비교분석</li> <li>- 정식 삽날에 대한 내구성능 평가결과 및 정하중 강도를 고려하여 삽날 개선연구</li> </ul>
		3협동 (FACT)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현장실증을 위한 T/B 사업 기획 및 선정 (계속)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지역별 T/B 선정</li> <li>- T/B 모니터링</li> <li>- T/B의 작업강도, 모종파손등 문제점 파악 및 개선방향 설정</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>○ T/B사업 실시 후 결과분석 (성능 및 경제성)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- T/B 실증모니터링을 통한 결과분석 : 만족도 조사, 성능 및 경제성 분석</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실용화 계획 수립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 농기계 검정기관(FACT)으로서 농기계 등록을 위한 자문</li> <li>- 정책적 연계방안(지자체 임대기종 포함, 농진청 신기술보급사업 등) 계획 수립</li> <li>- 개발결과 노출을 통한 수요(반응) 조사</li> </ul>

라. 연구개발 성과

< 세부과제 1 > 여성, 고령자 친화형 전기구동식 반자동 편이정식기 개발 [(주) 헬퍼로보텍]

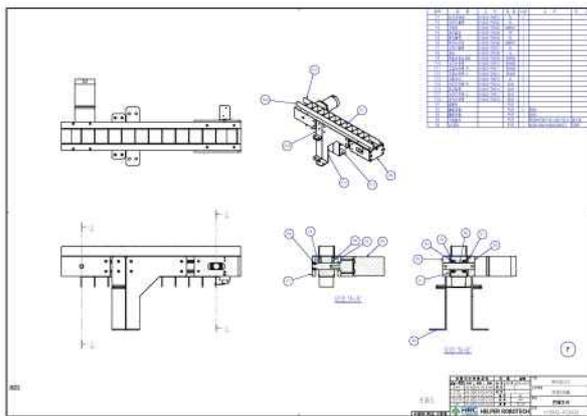
(가) 발작물 편이 정식기 개발 및 시작품 제작

① 최적 묘 공급 방식과 장치 고안

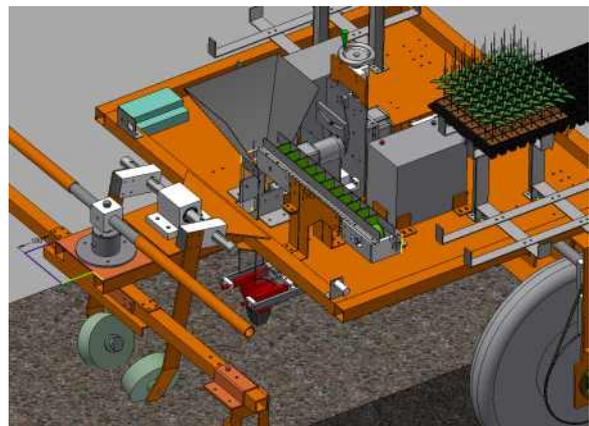


<그림 5. 플러그묘 10주 자동공급 컨베이어 개념도>

- 그림 5는 플러그 묘 10주 자동공급 컨베이어 개념도로 사용자가 플러그 묘를 기계의 타이밍이 아닌 미리 해놓는 방식으로 사용자의 편의성을 추구하였음
- 개념도를 기본으로 하여 정식묘 공급 컨베이어를 그림 6과 같이 설계 및 3D 모델링을 실시하였음



A. 정식 묘 공급컨베이어(설계)

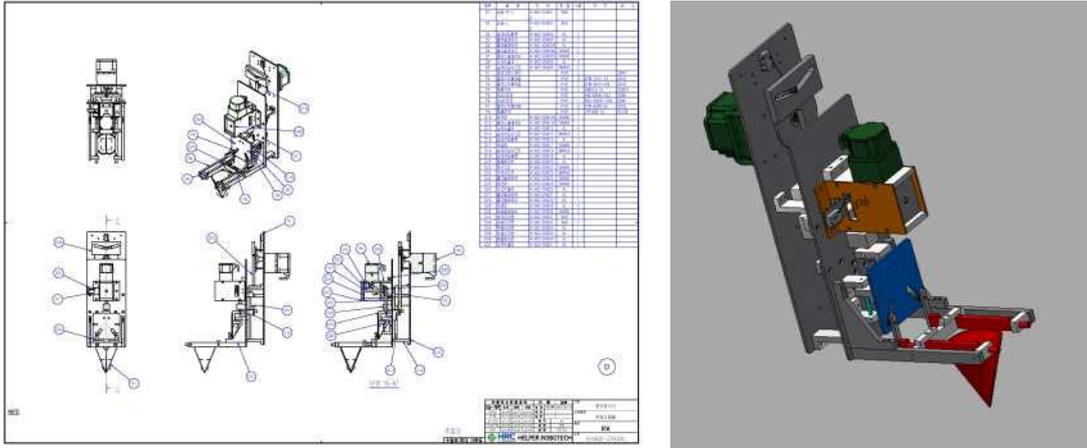


B. 3D 모델링

<그림 6. 플러그묘 자동공급 컨베이어 설계 및 모델링 자료>

- 설계된 자료를 바탕으로 연구팀들이 회의하여 제어방법 및 기계 작동 타이밍 등에 대하여 논의 하였으며 주행장치에 부착하기로 하였음

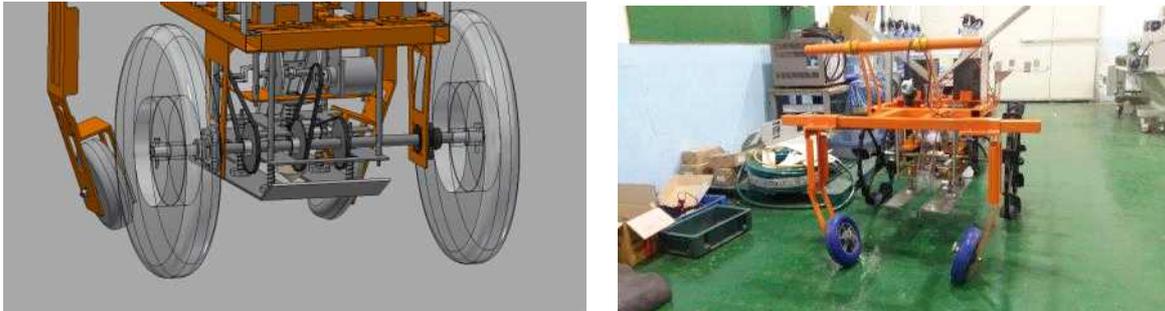
② 최적 식부 방식 및 장치 고안



<그림 7. 식부장치 설계 및 모델링>

- 협동과제 2로부터 식부장치의 작동방법 등에 대하여 논의하고 그림 7와 같이 식부장치를 설계 및 모델링을 실시하였음

③ 경사형 노지 전용 구동부 제작



A. 정식기 전동 구동부 3D 모델링

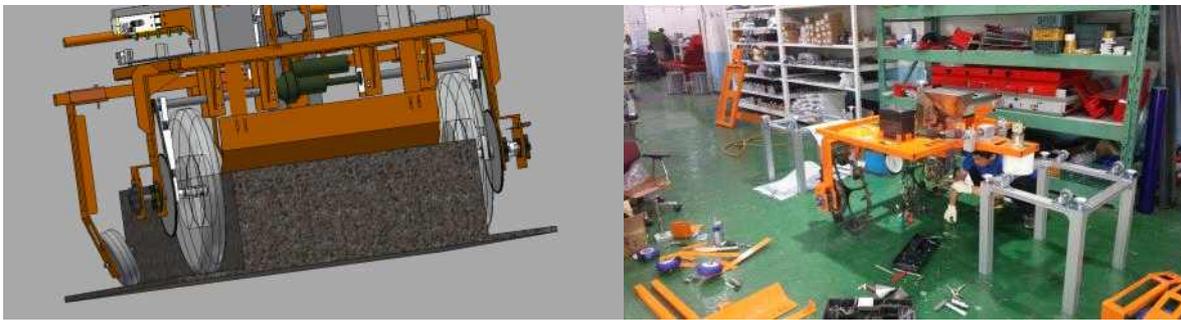
B. 정식기 전동 구동부 제작

<그림 8. 경사형 노지 전용 구동장치>

- 협동과제2에서 제시한 기계정식 적기 및 포장조건에 맞는 여성 고령자용에 맞는 전동 보행식 전용 편이 정식기의 전동 구동부 및 시작기를 제작하였음
- 고추 모종의 초장 길이가 25cm 이상일 경우, 테스트 결과 적용 실패하였음
- 협동과제2에서 제작한 선형연구 정식기와 시작기를 비교하여 문제점 도출 후 개선방향을 설정하였음
- 그림 8과 같이 구동부에 차동기어 모터를 적용하여 휠 내부 감속을 사용하도록 하여 조향 등이 편리하게 하였음
- 그러나, 두둑 폭 변화에 따른 체인 기어부 간섭으로 인하여 현장적용 테스트 실패하였음
- 2차 시작기에서 나타난 문제점을 수정하기 위하여 휠 내부 감속이 아닌 휠 외부 감속으로 시작품을 제작하여 1차년도 고추정식기를 제작하였음



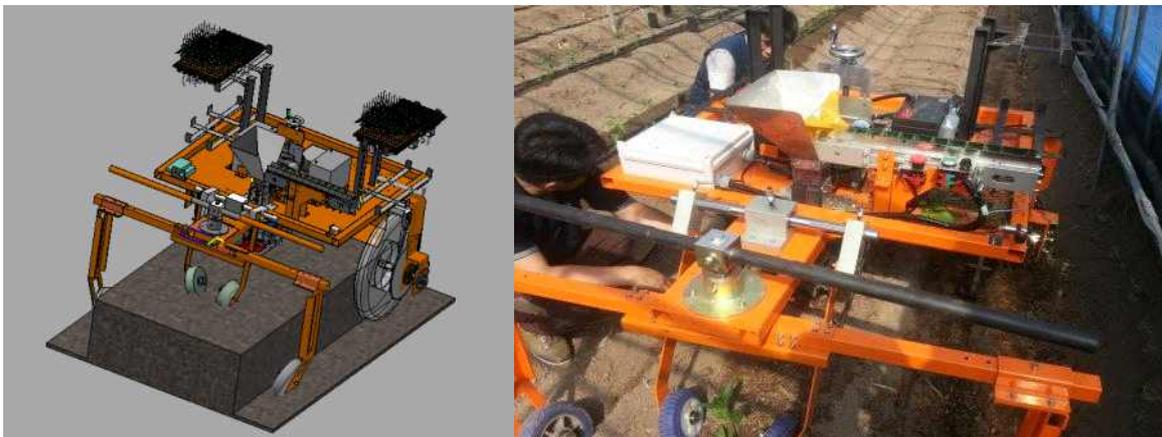
<그림 9. 2차 시작기>



<그림 10. 3차 시작기>

④ 편이정식기 3D 모델링 및 설계

- 앞에서 설명한 모종 공급장치, 식부장치, 주행장치 등을 바탕으로 하여 고령, 여성농업인이 작업하기 쉬운 편이정식기를 설계하고 그림 11과 같이 3D 모델링하고 제작하였음

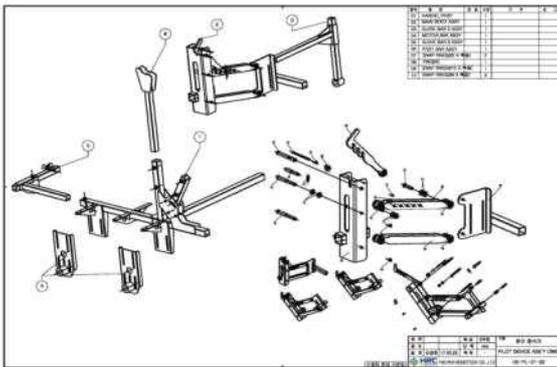


<그림 11. 반자동 편이정식기>

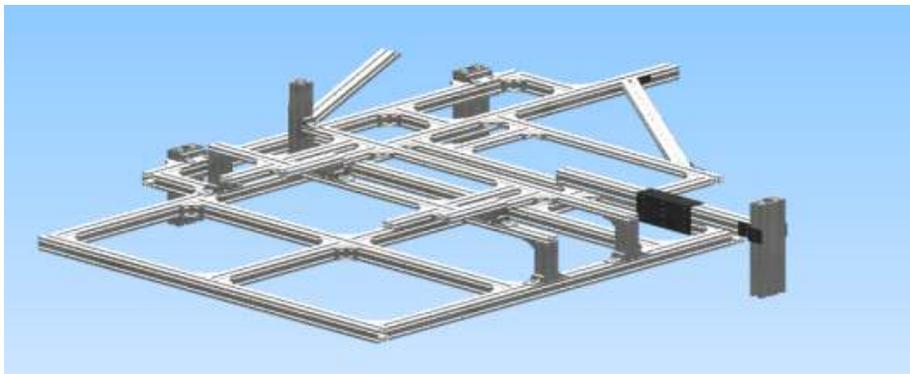
(나) 2조식 어긋심기 배추묘 보행식 반자동 정식기 개발

① 1년차 연구 문제점 해결방안 및 2년차 2조식 배추정식기 제작방향 논의

- 1차년도 정식기의 문제점 중 하나인 무거운 중량 등의 문제로 인하여 사용하기에 애로 사항이 있었던 부분을 해소하기 위해서, 해외제품 중 일본 미노루사에서 제작한 채소 정식기를 벤치마킹하여 그림 12와 같이 PILOT DEVICE를 제작하고, 연구팀 전체가 참여하여 2차년도 배추 정식기의 소형화, 경량화 및 양산 단가 저감 대책 등 제작방향에 대하여 논의하였음.
- 여성 및 고령자를 사용자로 하고, 기존에 나와 있는 가솔린 엔진 사용 농기계가 사용 중에 배기가스 등의 매연이 사용자의 건강에 위협 요소가 됨을 고려해서 정식장치, 주행장치 등의 구동을 전동으로 하기로 결정하고 그 제어장치는 참여기관2(경상대학교)에서 제작하기로 하였음.
- 또한, 주행 장치에서 조향장치의 경우 4륜 주행 장치로 제작할 경우 장치가 복잡해지고 무게가 무거워 지는 문제점이 있어 3륜 주행 장치에 초점을 맞추어 연구방향을 결정하였음.
- 아울러 이와 같이 논의, 분석한 자료를 바탕으로 프레임을 그림 13과 같이 설계, 제작하여 참여기관3(한국생산기술연구원)에 제공해서 강도를 검증받아 시작품 설계에 반영함.



<그림 12. PILOT DEVICE>



<그림 13. FRAME 3D 도면>



- 모종 공급 장치는 그림 15와 같이 설계, 제작하여 모종을 모종 공급컵에 투입하면 식부호퍼가 위로 올라오면서 모종 공급컵의 하부를 여는 링크를 눌러서 식부장치가 최상점에 왔을 때 모종 공급컵이 최대로 오픈되어 모종이 식부 호퍼에 투입되고 식부장치가 밑으로 내려가면서 모종 공급컵의 하부가 닫히면서 모종 공급동작이 종료됨

③ 최적 식부 방식과 장치 설계

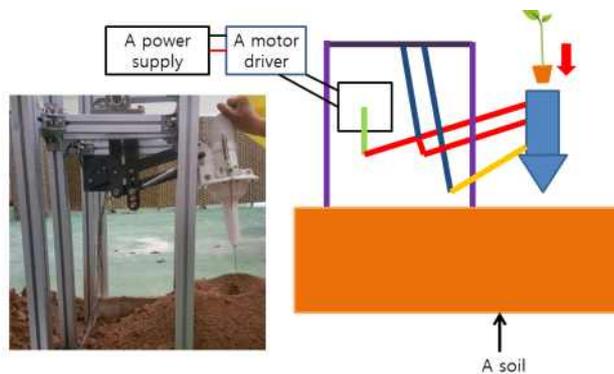
- 참여기관2로부터 식부장치의 작동방법, 설계조건 등을 표 2, 그림 16과 같이 제시받아 그림 17과 같이 설계, 제작하여 참여기관2와 같이 작동실험을 실시하였음

<표 2. 4절 링크의 길이>

No.	Length(mm)
L1	172
L2	160
L3	35
L4	351

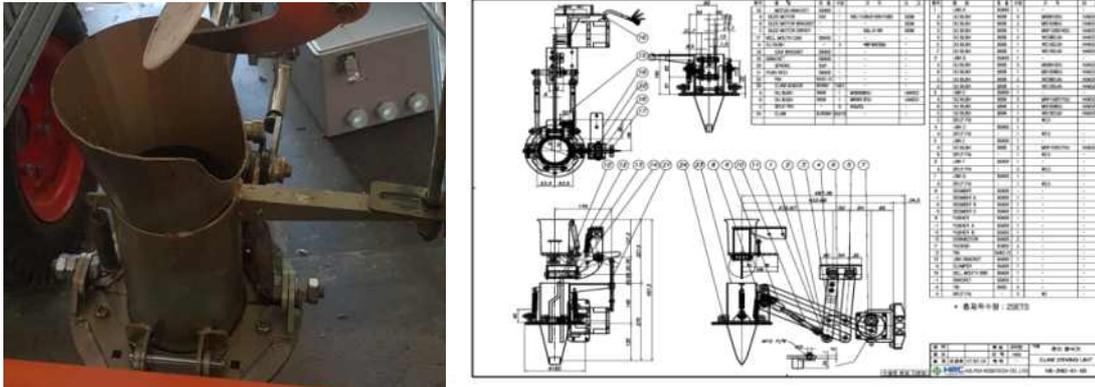


<그림 16. 식부장치 설계조건>



<그림 17. 테스트용 식부장치>

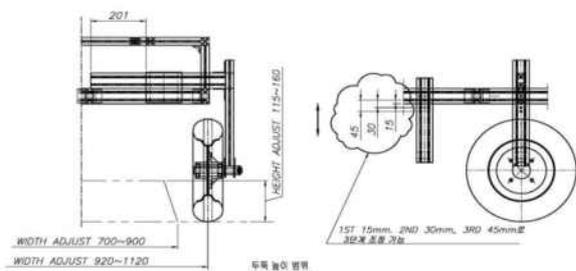
- 참여기관1((주)조은농기계)로부터 식부 장치 삼날 구조의 설계 모델을 제시받아 식부 장치 설계에 사용하였음.
- 참여기관3(한국생산기술연구원)에 설계 자료를 제공하여 구조 해석과 내구수명 평가 등을 협의하고 검토하여 식부 장치의 설계 보완 작업을 실시하였음.
- 각 참여기관에서 보내온 자료를 참고하여 그림 18와 같이 정식 장치를 설계하고 제작하였음.



<그림 18. 테스트용 식부장치>

④ 식부 호퍼 높이 조절장치

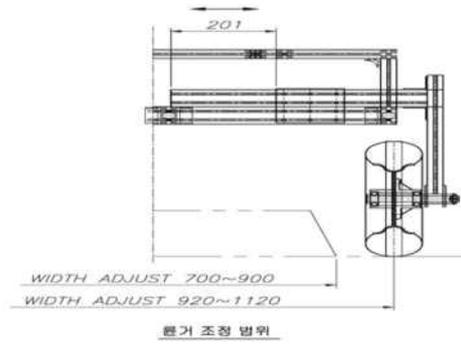
- 각 지역별 포장 환경은 적정 작업높이가 아니라 상시 변화하기 때문에 그 환경에 따라 식부 호퍼의 높이를 조절할 필요성이 있음.
- 따라서 식부 호퍼의 높이를 0 - 45mm까지 조절 가능하도록 삼날 높이 조절 장치를 그림 19와 같이 설계하고 제작하였음.



<그림 19. 식부 호퍼 높이 조절장치>

⑤ 정식기 넓이 조절 장치

- 각 지역별 포장 환경은 적정 작업높이가 아니라 상시 변화하기 때문에 그 환경에 따라 정식기의 넓이를 조절할 필요성이 있음.
- 따라서, 정식기의 넓이를 700 - 900mm로 조절 가능하도록 정식기 넓이 조절 장치를 그림 20과 같이 설계하고 제작하였음.

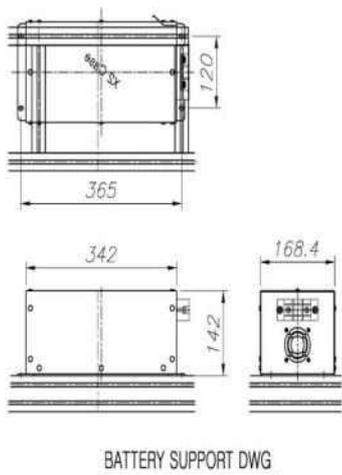


<그림 20. 정식기 넓이 조절 장치>

⑥ 노지 저속용 구동 장치 개선

○ 전동형 정식기 배터리 선정

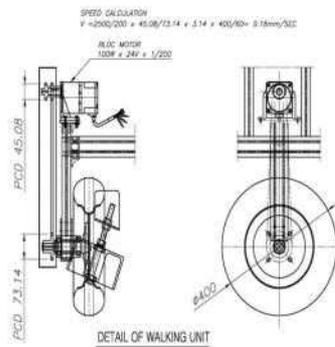
- 1년차 고추 정식기에서 참여기관2(경상대학교)에서 선행 연구한 배터리 소모 전력 등에 대한 자료를 전달 받아 자율 주행식 전동 구동부의 모터 사양과 1일 작업 시 소모되는 전력량 등을 고려하여 TABOS사의 DC24Vx70AH 모델을 선정하였음
- 배터리를 장착하기 위하여 그림 21에서 나타난 것과 같이 배터리 도면을 작성하여 주행장치에 배터리가 부착가능 하도록 제작하였음



<그림 21. 전동형 배터리>

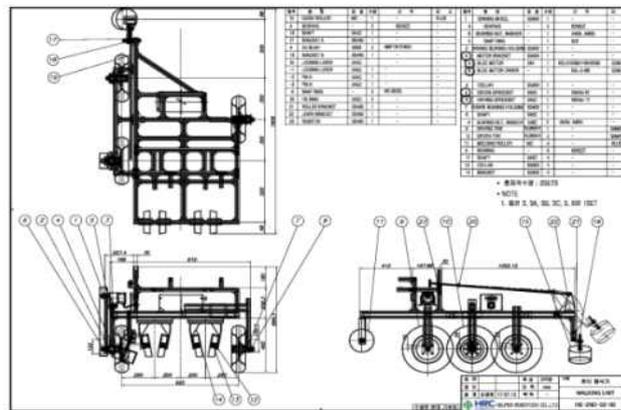
○ 주행 모터

- 주행 모터는 100W x 24V Brushless type을 적용하여 10시간 작업 기준으로 모터 수명을 15,000시간으로 목표치 설정(1년에 300일 기준으로 5년 사용 수명)하고, GGM CO.,LTD.사의 100Wx24Vx1/200 모델을 선정함.
- 구동부의 GEAR RATIO를 최대 토크 제품인 1/200로 선정하여 요철이 심한 노지에도 쉽게 대응할 수 있도록 함.
- 그림 22와 같이 주행 모터를 주행장치에 부착하여 사용하였음



<그림 22. 전동형 배터리>

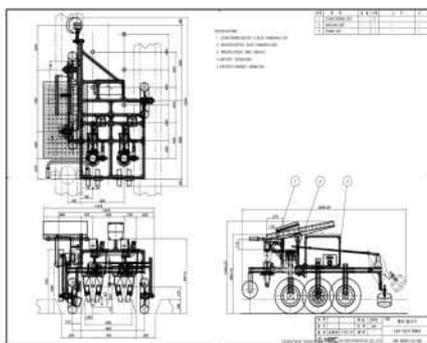
- 최종적으로 선정된 배터리와 주행장치를 활용하여 식부장치가 부착이 가능하도록 그림 23과 같이 주행 장치 설계 도면을 작성하였음



<그림 23. 주행 장치 설계 도면>

⑦ 시작품 제작

- 각 파트별로 설계된 모종 공급 장치, 식부 장치, 식부 호퍼 높이 조절 장치, 정식기 넓이 조절 장치를 그림 24에서 나타난 것과 같이 전체 설계 도면을 완성, 시작기를 제작하였음



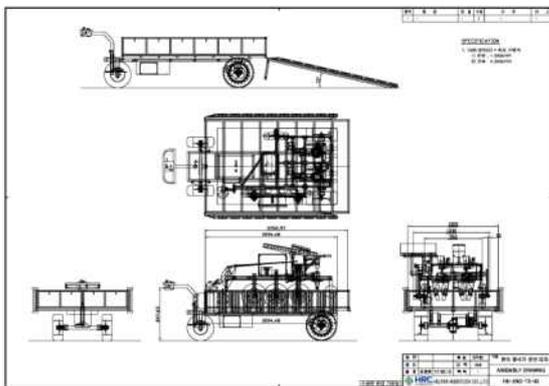
<그림 24. 반자동 배추정식기 시작기>

### ⑧ 여성 고령자용 제어 컨트롤러 개선, 1조식 고추 정식기 보완

- 협의에 의해 참여기관2 (경상대학교)에서 시행키로 하였음

### ⑨ 농가 - 경작지간 정식기와 트레이를 운반하는 편이 운반대차 개발

- 편이 정식기를 적재하고 1.5 ~ 4.5km/h의속도로 운행이 가능한 편이 운반대차를 그림 25와 같이 설계, 제작하였음
- 장치의 몸체는 Stainless Steel을 사용하여 발청 방지에 적합하도록 하였으며 정식기를 적재하기 위한 Ladder은 Aluminum 재질로 경량화를 추구하였음
- 주행장치의 경우 ENERCELLKOREA CO., LTD의 트랜스 액슬 36v, 1500w, 1/57 Differential Gear 일체형 장비를 활용하였으며 제어 장치로는 Curtis 사의 1227 TYPE, 160A x 36V를 활용하여 제어하였음
- 배터리의 경우 DELCO 사의 DC12V x 100A 배터리를 3개 사용하였으며 사용자가 사용하기 편리하도록 제어기를 제작하였음



<그림 25. 반자동 배추정식기 시작기>

### ⑩ 시작품 농가 테스트

- 참여기관 4의 현장실증을 위한 T/B사업계획에 따라 사업계획에 따라 선정된 농가에서 시작품 테스트를 실시하였음
- 1차 테스트의 경우 2017년 9월 15일 경남 진주 관문동에서 참여기관2에서 제시한 모종 정식 두둑 조건과 같이 하여 테스트를 실시하였음
- 실험결과, 두둑조건에 따라 룬거가 쉽게 조작되지 않고 주행속도에 따른 삼날 작동 타이밍이 맞지 않아 개선 필요하였으며 2차 테스트 이전에 미흡한 점을 수정하였음
- 2017년 9월 26일 경남 창원시 대신면 일동리에서 2차 테스트를 실시하였음
- 여성 고령자가 작업 스트레스를 받지 않도록 독립적으로 사용가능하도록 하였으며 전체적으로 만족할 만한 성과를 얻었으며, 차후 경량화 등의 문제를 더 해결해나가야 된다고 판단됨



<그림 26. 1차 테스트(2017.09.15.)>



<그림 27. 2차 테스트(2017.09.26.)>

< 협동과제 1 > 편이 정식기용 삽날부 개발 [(주) 조은농기계]

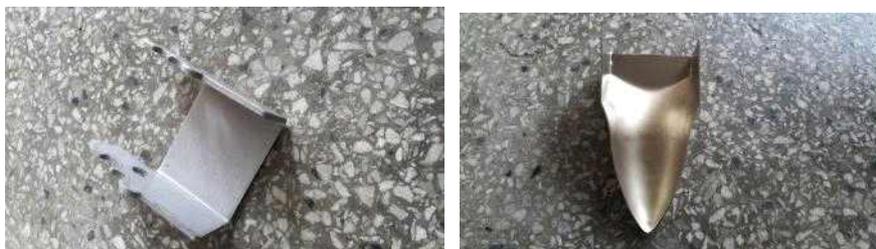
(가) 정식 작물에 적합한 삽날 구조 개발 및 시작품 제작

① 삽날부 설계 및 평가

- 고추묘와 같은 초장이 긴 작물의 묘를 이식하기에 기존의 삽날부는 적용이 어려워 양날 개폐 방식의 삽날부를 설계하여 초장이 긴 묘의 이식 시 발생하는 묘와 삽날부의 간섭문제를 해결
- 세부과제 1로부터 선행 연구한 삽날부 조건의 내용을 전달 받아 대상 작물 및 포트 크기에 적합한 삽날 형상 및 재질 등의 설계결정

② 편이 정식기의 삽날부 금형 설계 및 제작

- 생산타당성 및 생산용이성을 고려하여 삽날부 금형을 설계 및 제작
- 삽날부 시작품을 제작한 후 세부과제1 및 협동과제2에서 수행 할 정식 삽날 내구성, 신뢰성 연구를 위한 시료를 제공



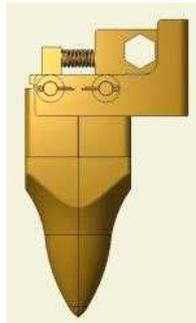
<그림 28. 제작된 테스트용 정식기 삽날>

(나) 정식 작물에 적합한 삼낱 구조 개발 및 시제품 제작

① 정식 삼낱부의 개선

	초기 삼낱부	최종 삼낱부
재질	S45C 열처리 및 아연도금	SUS304
브라켓 결합	측면 결합 - 브라켓과 세트로 교체	상면 결합 - 삼낱부만 별도 교체
사용포트 크기	30mm x 30mm 크기까지 사용가능	50mm x 50mm 크기까지 사용가능

- 초기의 삼낱부 재질은 토양에 반복적으로 삽입되며 생기는 마모와 하중에 견디기 위하여 S45C 재질에 열처리를 하여 제작하였으나, 1년에 한번 특정 시기에만 사용하고 장기 보관하여야하는 기기의 사용 특성을 고려해 내식성에 중점을 둔 SUS304 재질로 변경
- 삼낱부 파손 시 브라켓과 삼낱부를 세트로 제작해서 삼낱 모듈 전체를 교환해야하는 형상에서 삼낱부만 별도로 교체할 수 있도록 설계를 변경  
=> 삼낱부 파손 시 교체가 빠르고 용이하며 모종 투입구와 삼낱 고정 브라켓을 일체화 시켜 투입되는 모종이 간헐적으로 걸리는 문제까지 해결
- 일반적으로 사용되는 28mm x 28mm 크기의 128구 포트까지 사용할 수 있는 형상에서 40mm 직경의 순대포트까지 사용할 수 있는 형상으로 재설계하여 기기 활용성을 향상



A. 초기 삼낱부 설계      B.최종 삼낱부 형상

<그림 29. 삼낱부 개선>

② 삼낱부 제작 금형 수정

- 생산타당성 및 생산용이성을 고려하여 삼낱부 금형을 설계 및 제작



<1차년도 초기 제작한 삼낱부 세트>



<브라켓 결합 방식을 변경한 삽날부>



<50mm 직경의 포트까지 사용가능한 삽날부>

<그림 30. 1차년도 삽날부 개선>

- 고추정식기의 삽날부의 경우에는 사각 원뿔이면 되었으나, 배추정식기의 경우 모종이 낙하 하였을 때 사각 원뿔 부분에 부딪히는 문제점이 발생하였음
- 따라서, 원형 삽날부로 교체하기로 결정하고 브라켓 결합 방식으로 사각 원뿔 모양의 삽날부를 설계한 것을 개선하여 원뿔 모양의 삽날부로 개선하였음
- 또한, 원뿔의 끝부분이 둥글 경우 비닐 피복이 된 상태에서 개공할 때에 비닐을 땅속으로 끌고들어가는 문제점 등이 발생하여 끝 부분을 직선을 가지도록 하여 그러한 문제점이 발생하지 않도록 하였음
- 삽날부 시작품을 제작한 후 협동과제2 및 협동과제3에서 수행 할 정식 삽날 내구성, 신뢰성 연구를 위한 시료를 제공하였으며 세부과제 1에서 제작하는 시작기 삽날부에도 제공하였음

## < 협동과제 2 > 고추정식 기계작업 시스템 연구 [경상대학교]

### (가) (1차년도) 전동식 반자동 정식기의 모종공급 및 식부모듈 연구

#### ① 정식작업자세 분석

- 기존 고추 재배농가 및 반자동 정식기 사용농가 방문하여 정식작업 시 불편한 점과 관련하여 경남지역 농업인 10명을 대상으로 전화와 방문을 통하여 정식작업 시 불편사항과 개선점에 관련하여 설문조사를 실시하였음
- 설문조사 결과, 고추 정식작업은 양파, 마늘 등에 비하여 정식작업이 쉬운 편에 속하는 작업 이기 때문에 기계를 구입하여야 할 필요성을 느끼지 못한다고 하였으며, 반자동 정식기를 사용하는 농가에서는 여성이나 고령자가 사용하기에는 무게가 너무 무겁고 밭까지 옮겨가는 것이 가서 일을 하는 것보다 더 힘든 경우가 있다고 답변하였음
- 전기 구동식 정식기의 시험기 사용에 관련한 동영상을 보여주고 여성농업인을 대상으로 설문 결과, 현재 심는 속도가 숙련농업인의 정식속도에 비하여 매우 느리기 때문에 모종의 운반 및 수동형 정식장치를 조합한 장치를 제작 하면 좋겠다는 의견을 제시하였음
- 여성 및 고령 농업인의 고추정식 작업에서 근골격계 질환에 대한 위험 정도를 알아보기 위하여 작업자세 평가를 실시하였음
- 근골격계 질환은 특정 신체 부위 및 근육의 과도한 사용으로 인해 근육, 관절, 혈관, 신경 등에 미세한 손상이 발생하여 목, 어깨, 팔, 손목 및 손가락 등의 상지에 나타나는 만성적인 건강 장애를 말하고 있으며, 미국 국립산업안전보건 연구원(NIOSH)에서는 누적외상성 장애를 “1)적어도 1주일 이상 또는 과거 1년간 적어도 한달에 한번 이상 2)상지의 관절 부위(목, 어깨,팔꿈치 및 손목)에서 지속되는 하나 이상의 증상들 (통증, 쭈시는 느낌, 뻣뻣함, 화끈거리는 느낌, 무감각 또는 찌릿찌릿함)이 존재하고, 3)동일한 신체부위에 유사 질병과 사고 병력이 없어야 하고, 증상은 현재의 작업으로부터 시작되어야 한다.” 라고 정의하고 있음
- 작업자세 평가기법에는 여러 가지 종류가 있으나 농업인의 자세평가에는 RULA (Rapid Upper Limb Analysis), REBA(Rapid Entire Body Assessment), OWAS(Ovako Working Posture Analysis System) 등을 사용하고 있음
- RULA 작업자세 평가 기법은 주로 상체와 상지 자세 측정 등에 유리하며 작업물 및 공구 무게 등을 고려한다는 장점이 있으나 상지의 평가에 편중되어 있기 때문에 몸 전체의 자세를 평가할 수는 없다는 단점이 있음
- REBA 작업자세 평가 기법은 몸 전체 자세를 분석하며 RULA 작업자세 평가 기법의 단점을 보완하며 작업물, 공구 등의 무게를 고려하여 판단하는 것임. 하지만 평가결과에 대한 추가 검증이 필요함
- OWAS 작업자세 평가 기법은 현장에서 손쉽고 빠르게 사용이 가능하며 작업자세 유지 시간 등을 고려하는 장점이 있으나 정밀한 자세 평가가 힘들다는 단점이 있음
- 따라서, 서로 상호보완이 가능한 3가지 작업자세 평가기법을 활용하여 고추정식 시 농업인의 근골격계 질환에 대한 위험성을 평가하였음

- 진주지역 농업인 10명을 대상으로 평가하였는데 REBA 평가에서는 재래식 방법의 경우에는 최대 15점 중 11점으로 나타나 조치단계 4단계에 해당하였음. 이는 근골격계 질환에 대한 위험단계 매우 높음, 작업환경에 대한 조치가 즉시 필요한 것으로 농업인의 근골격계 질환을 예방하기 위하여 즉각적인 조치가 필요한 것으로 나타났으며 반자동 정식기를 사용할 경우 최대 15점 중 2점으로 조치단계 1로 근골격계 질환에 대한 위험단계 낮음, 작업환경에 대한 조치는 필요할 지도 모르는 것으로 나타났음.
- OWAS 평가는 AC1부터 AC4의 등급으로 나누어 작업환경을 평가하는데, 재래식 방법의 경우 AC 4로 나타나 근골격계에 매우 심각한 해를 끼치며 적극적인 작업자세의 교정이 필요한 것으로 나타났으며 반자동 정식기를 사용할 경우에는 AC 1로 나타나 근골격계에 해를 끼치지 않으며 작업 자세에 관련하여 조치할 사항이 없는 것으로 나타났음.
- 마지막으로 RULA 평가에서는 재래식방법은 최대점수 7, 조치수준 4로 나타나 조사와 작업자세 변경이 즉시 필요한 것으로 나타났으며 반자동 정식기를 사용하였을 경우 최대점수 7 중 4, 조치수준 2로 작업자세에 관련하여 추가적인 조사가 필요하며 작업자세의 변경이 요구되는 것으로 나타났음
- 위의 결과로 볼 때, 농업인의 근골격계 질환 등을 예방하기 위해서 반자동 정식기의 시급한 도입이 필요로 하는 것으로 나타났음



A. 재래식 방법



B. 반자동 정식기

<그림 31. 정식작업자세 평가>

② 기계정식 적기 및 포장조건

- 일반적으로 고추모종의 육묘는 불량환경으로부터 육묘 보호 및 관리비용의 절감, 분화 촉진으로 조기수확 및 증수 등을 목적으로 하여 실시됨. 우리나라와 같이 눈이 오지 않는 기간이 짧은 경우, 노지재배용으로 육묘되는 고추 모종의 생육기간을 연장하기 위해서이고 시설 재배에서는 불량 환경에 대한 내성이 약한 어린 시기에 집중적인 관리를 하고 시설의 이용률을 높이기 위하여 실시함.
- 좋은 환경에서 자란 모종은 착과 절위가 낮고 동화능력이 우수하여 조기 수확량이 많지만 불량 환경에서 자란 모종은 생육이 지연되고 동화양분의 합성, 양·수분의 흡수 능력이 떨어져 생산성이 낮음.

- 농촌진흥청에서는 노지재배에 사용되는 고추모종의 경우, 적정육묘 일수 70 ~ 80일, 본엽 11 ~ 13매 전개 시, 1번화가 개화된 것으로 정의하였음
- 하지만, 고추모종을 적정육묘 일수 70 ~ 80일을 육묘하였을 때, 모종의 초장이 50cm 이상, 폭이 15cm 이상으로 나타나 크기로 인하여 기계정식 시 정식 성공율이 낮은 것으로 나타났으며 적정육묘 일수가 지나지 않았을 경우 모종의 토양부를 뿌리가 단단히 감싸지 못하여 정식 시에 활착율이 떨어지는 것으로 나타났음
- 위와 같은 문제를 해결하기 위하여 헬퍼로보틱에서 생산·판매하는 종이포트(순대포트)와 일반 트레이에서 60일 동안 육묘하여 수확량 등을 비교실험을 실시하였음.
- 실험결과, 일반트레이에서 육묘한 모종의 경우 크기가 평균 43cm 종이포트 모종의 경우 평균 18cm로 나타났음



A. 종이포트 모종



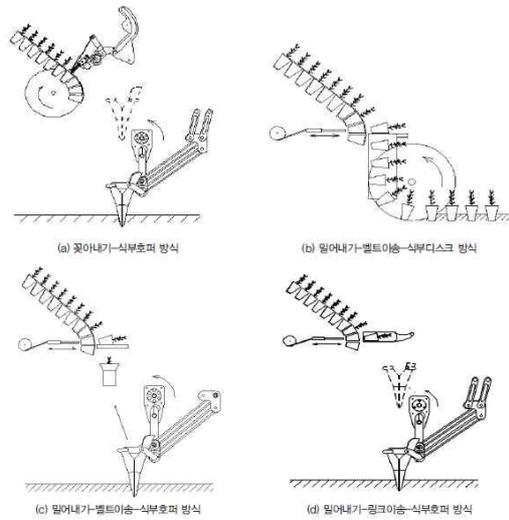
B. 일반 트레이 모종

<그림 32. 정식 후 모종크기(60일 육묘)>

- 정식 후 100일 경과 후 수확량을 측정한 결과, 일반 트레이 모종을 키운 고추 나무 1개에서 수량은 평균 122개, 생중량은 평균 2.2 kg으로 나타났으며 생중량 종이포트 모종에서 키운 모종에서는 수량은 평균 118개, 생중량 2.1 kg 으로 나타나 모종의 크기에 따른 수확량의 차이는 없는 것으로 나타났음
- 따라서, 종이포트 모종은 일반 트레이 모종에 비하여 크기가 작고 생산량 또한 차이가 없기 때문에 모종의 크기가 작을수록 정식 성공률이 높아지는 기계정식으로 볼 때, 종이포트 모종을 기계정식에 사용하는 것이 좋다고 판단됨

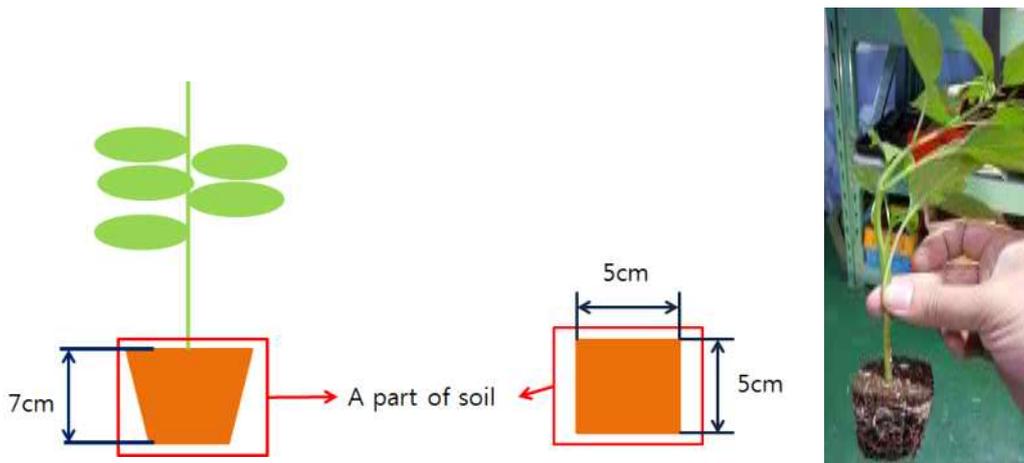
**③ 모종 공급장치와 식부장치의 최적 구조 및 작업조건**

- 자동 채소 정식기에 사용되는 묘 자동공급 및 식부장치의 구조는 그림 3에서와 같이 2가지 방식으로 구분 되는데 각각 장단점을 가지고 있으며, 페이퍼나 펄프폴드로 만든 트레이를 사용할 경우에는 묘발 방식이 절단 또는 집어내기로 하고 있으며, 이송방식은 핑거에 의한 직접 이송을 하고 있고, 식부방식은 핑거에 의하여 이송공에 낙하, 정식 하도록 하고 있다. 플라스틱 트레이를 사용할 경우의 묘발 방식은 꽃아내기과 밀어내기 방식이 있으며 꽃아내기 방식은 핀을 상토에 꽃을 때 상토판손과 모 상해를 입힐 확률이 높으며, 밀어내기 방식을 할 경우에는 상토판손과 모상해가 적다는 장점이 있는 반면 묘 이송장치가 추가되는 단점을 가지고 있음.



<그림 33. 플러그묘 자동공급 및 식부장치 매커니즘(민영봉, 1998)>

- 위에서 설명한 것과 같이 모종을 자동공급 및 식부장치를 만들기 위해서 트레이에서 모종을 모발하는 장치를 필요로 하지만 고추모종의 경우, 그림 4의 좌측 그림과 같이 토양부의 크기가 5 \* 5 \* 7cm 으로 양파 등에 비하여 상토부의 크기와 초장의 길이가 크고 길기 때문에 같은 방법을 사용할 때, 모종 공급 장치와 식부장치 또한 커져야 할 필요성이 있음



<그림 34. 고추모종 (좌 : 설명도, 우: 실제모종)>

- 장치의 크기를 키울 경우, 여성 및 고령자가 사용하기에는 너무 무거워지고, 가격이 비싸지기 때문에 반자동 형식을 사용하여 재설계 및 운행방식에 대한 검토가 필요하였음
- 따라서, 반자동 정식기의 운행방법을 모종공급 - 모종낙하 - 식부삽입 - 호퍼열림 - 식부복귀 - 정식기 전진 - 호퍼 닫힘 으로 결정하였음
- 반자동 정식기에 사용되는 모종공급 방식으로는 국제농기계 KTP-30 채소이식기는 그림 35와 같이 8개의 컵을 사용하여 모종을 적재하고 공급하는 방식을 사용하고 있으며 기타 다른 반자동 정식기의 경우 사람이 호퍼에 바로 투입하는 방식을 채택하고 있음



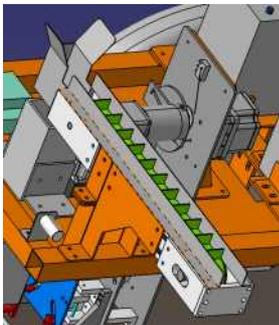
A. 모종공급장치



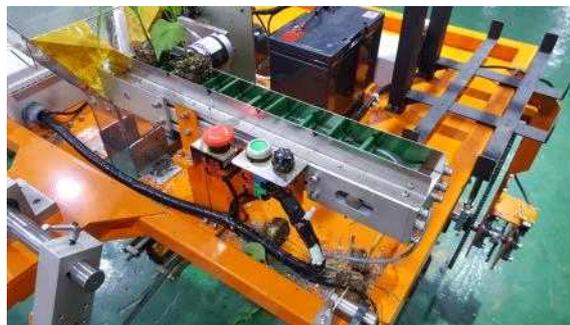
B. KTP-30

<그림 35. 반자동 채소 이식기(KTP-30, 국제농기계)>

- 하지만, 반자동 정식기에서 호퍼에 바로 모종을 투입할 경우에는 모종의 토양부가 파손되어 활착율이 낮아질 가능성이 있으며 호퍼에 모종을 투입하는 타이밍이 정확하지 않으며 정식 성공율이 낮아짐
- 위와 같은 문제를 해결하기 위하여 적시에 모종을 공급하는 모종 공급장치를 제작하고자 하였음
- 국제농기계에서 생산한 KTP-30의 모종 공급장치의 경우 구조가 간단하고 편의성도 좋으나 모종을 공급하는 부분이 반자동 정식기의 중앙에 위치하기 때문에 본 연구에서 목표로 하는 반자동 정식기에서는 사용자가 허리를 굽혀서 중앙에 모종을 넣어줘야 하는 문제점이 나타났음
- 이를 해결하기 위하여 모종의 공급을 반자동 정식기의 우측에서 서서 할 수 있도록 그림 36과 같이 모종 공급 장치를 설계하였음
- 그림 36에서 A는 모종 공급장치의 3D 모델링을 나타낸 것이며 B는 실제로 제작된 모종 공급 장치를 나타낸 것임



A. 3D 모델링



B. 제작된 모종 공급장치

<그림 36. 모종공급장치>

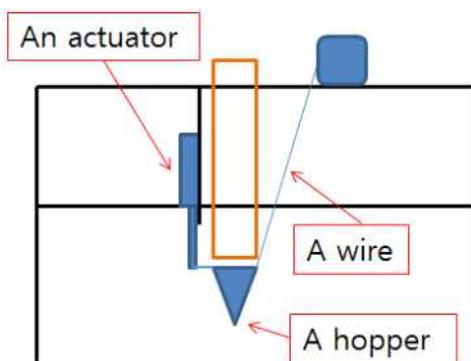
- 시험기 제작을 위하여 식부호퍼의 위치를 조절하는데 사용하기 위한 전동실린더를 선정하기 위하여 구동전원 12V, 행정길이 150mm 이상의 조건을 만족하는 SKF 사의 CAHB-10-A3A 모델을 선정하였음

- 호퍼의 개폐를 위하여 모터를 선정하여 와이어로 연결하였음
- 시험기의 주행을 위하여 24V로 구동하고, 270W의 출력을 가지는 ALF Motion Control사의 CA02S-68L12-180-24-2500 모델을 선정하였음



<그림 37. 고추정식장치 시험기>

- 그림 37는 헬퍼로보텍에서 제작한 시험기로 두둑에 영향을 주지 않도록 바퀴에 동력을 전달하는 축을 지면에서부터 위쪽 50cm에 설치하였으며 트랜스액슬로부터 출력되는 동력을 회전하기 위한 스프라켓에 체인을 통하여 전달하도록 제작하였으며 충분한 동력을 얻기 위하여 1:6.5의 비율로 감속하였음



A. 식부장치 설명도

B. 식부장치

<그림 38. 시험기 식부장치>

- 그림 38는 실험장치의 식부장치에 대한 설명도 및 실제사진을 나타낸 것임
- 식부장치의 구동순서는 모종공급 - 식부 하강 - 호퍼열림 - 식부 복귀 - 호퍼 닫힘의 순서대로 진행되며 식부 행정거리는 15cm로 모종의 초장길이보다 길도록 설정하였음
- 하지만, 시험기의 경우 식부장치의 열리는 힘이 부족하여 노지에서 작동 시 두둑을 가공하는 힘이 부족하여 헬퍼로보텍에 기초설계자료를 제공하여 새로 제작하였음

④정식시스템(모종공급, 정식) 작업조건

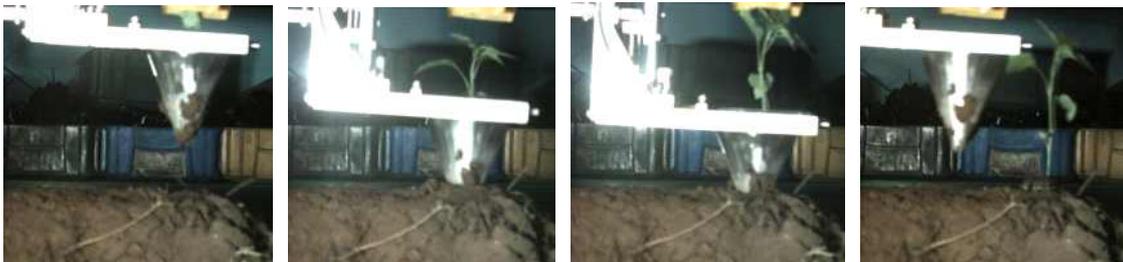
- 반자동 정식기의 타이밍 차트 작성을 위하여 시험기를 가지고 고속카메라 촬영을 통하여 호퍼가 열리는 시간을 조정하여 식부부분을 촬영하였음



<그림 39. 식부장치 고속카메라 촬영시험>



a. 호퍼열림 2초



b. 호퍼열림 3초



c. 호퍼열림 4초

<그림 40. 식부장치 고속카메라 촬영결과>

- 그림 40에서 나타난 것과 같이 호퍼가 열리는 시간을 2초로 설정 하였을 경우 모종이 다 빠져 나가지 못했을 때 호퍼가 닫히게 되어 모종을 끌고가는 현상이 나타났으며 호퍼가 열리는 시간을 4초로 설정하였을 때는 4초에서는 호퍼가 닫히는 시간이 너무 짧아 땅을 개공한 후에 모종이 공급되는 것으로 나타났고, 호퍼가 열리는 시간을 3초로 하였을 때 모종이 가장 잘 심기는 것으로 나타났음
- 반자동 정식기의 원활한 작업을 위하여 표 3과 같이 타이밍 차트를 작성하였음
- 반자동 정식기는 기본적으로 모종공급(2초)-모종공급 중 정식기 이동(3초) -정식기 이동 후 식부 삽입 (3초) - 식부 삽입 작동 2초 후 호퍼 열림(4초) - 호퍼 열린 상태로 식부 복귀 (3초)- 정식기 이동 후 호퍼 닫힘 의 동작을 1사이클로 함
- 하지만, 전동식 작업기는 노지에서 작업 시 미끌어짐 등이 발생하기 때문에 센서를 넣어서 보정 해줄 필요성이 있음

<표 3. 반자동 정식기 타이밍 차트>

작업명 \ 시간(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
모종공급											
정식기 이동											
식부 삽입											
호퍼 열림											
식부 복귀											
호퍼 닫힘											

- 시험기의 구동시간을 측정하기 위하여 파워미터(PM-2400A)를 설치하고 1사이클 구동 후 전력 소모량 측정하였음.
- 5회 시험결과, 평균 0.23Wh로 나타났으며 배터리 용량을 고려하여 계산한 결과 배터리 완충 시 18.55시간이 구동 가능한 것으로 나타났음
- 따라서, 시험결과에서 나타난 것과 같이 하루 8 시간 작동 기준으로 구동시간은 충분한 것으로 판단됨

(나) (2차년도) 2조식 어긋심기 배추묘 보행식 반자동 정식기 개발

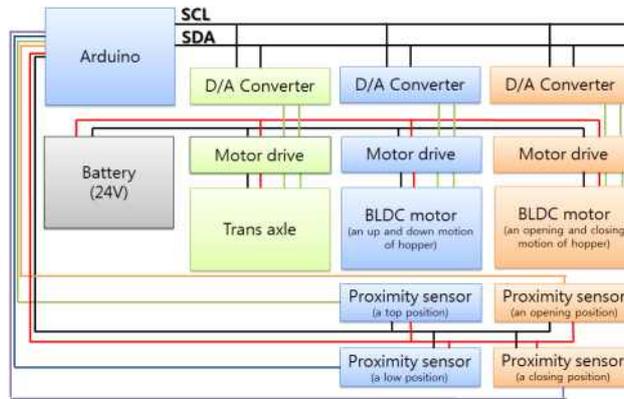
① 1차년도 정식기 개선 (주관기관과 협의, 경상대학교에서 진행)

- 1차년도에 제작된 고추 정식작업기계의 경우 STOP & GO 방식을 취하고 있으며 PLC(Programmable Logic Controller)와 리미트스위치를 활용하여 제어하여 다음과 같은 문제점이 발생하였음
  - 장치속도를 외부장치인 가변저항을 사용하여 장치속도의 실시간 제어 불가능
  - 주간거리 등을 맞추기 위하여 주행속도를 제어할 경우, 출력이 제한되어 장애물 등을 넘어서지 못함
  - 호퍼 상하이동 속도와 주행속도 등이 일정할 경우 급출발, 급제동 등으로 프레임 등에 전해지는 진동이 심하고 트랜스액슬에 심한 부하가 걸리게됨
  - 또한, 기존에 장착된 ALP Motion Control 사의 RP-T2-270 트랜스액슬의 경우에는 실내시험에서는 구동이 잘 되었으나 정식기의 자체 무게와 밭 작업시 장애물 등이 있을 경우 출력이 낮아 정지하는 등의 문제가 있었음
- 가장 큰 문제가 되었던 주행장치의 출력문제의 경우 기존 사용된 RP-T2-270 트랜스액슬을 같은 업체의 RP-T2-800 트랜스액슬로 교체하였음
  - 표 4는 기존 장착되었던 RP-T2-270 트랜스액슬과 교체한 RP-T2-800 트랜스액슬의 성능을 비교한 것임
  - 트랜스액슬 교체 후 노지 구동 시험을 실시한 결과 교체 전에 빈번하게 나타났던 장애물로 인한 이동 중 정지 문제가 없어진 것으로 나타났음
  - 하지만, RP-T2-800 트랜스액슬로 교체하면서 사용되는 전력양도 늘어나 장치의 경량화 등은 필수적으로 해결되어야할 문제임

<표 4. 기존 및 개선 트랜스액슬 비교>

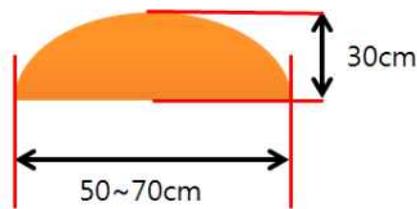
Model	RP-T2-270	RP-T2-800
Nominal Voltage(V)	24	24
Output Speed(RPM)	250 ~ 300	250 ~ 300
On Load Torque(N.M)	15 ~ 35	36 ~ 50
Motor Diameter(mm)	80	97
Max Torque Output(N.M)	≥100	≥180
Max Power Output(W)	≥1000	≥2000
Power Output(W)	170 ~ 320	700 ~ 950
Gear Ratio	21:1	20:1
Weight(kg)	8.5	10.8

- 자동제어용 MCU를 PLC에서 Arduino로 교체하여 디지털제어에서 아날로그제어로 전환하였음
  - 그림 41은 Arduino를 사용하여 제작한 제어반의 개념도를 나타내었음



<그림 41. 개선된 고추정식기 제어반 개념도>

- 기존에 모터를 ON-OFF하여 트랜스액슬을 제어하였으나 D/A 컨버터와 MCU를 I2C(Inter Integrated Circuit) 통신을 이용하여 트랜스액슬을 제어하고 실내에서 실험을 실시하여 주간거리에 따른 증속, 등속, 감속 시간을 Database화 하고, 주간거리 300mm 일 때 증속(0.28초) - 등속(2.44초) - 감속(0.28초)로 움직이게 하였음
  - 식부 호퍼 개폐 타이밍과 식부 장치의 상하 이동하는 타이밍이 맞지 않아 장비를 사용 할 때마다 장치의 타이밍을 가변저항을 이용하여 제어하던 것을 해결하기 위하여 근접센서와 D/A 컨버터를 추가 부착하여 식부 장치 상하 이동 모터, 식부 호퍼 개폐 모터를 제어하도록 하였음
  - 식부 호퍼 개폐 모터의 경우 순간적으로 개공을 위하여 순간적으로 강한 힘을 필요로 하기 때문에 ON - OFF 개념으로 제어하였음
  - 식부 장치 상하 이동 모터의 경우 증속 - 등속 - 감속(0.28초)의 개념으로 움직이게 하여 모터에 걸리는 부하를 감소시켰음
- 제어장치를 개선한 고추정식기의 필드테스트를 위하여 경남 진주시 판문동 포장에 1년차에 제시한 고추정식용 두둑을 그림 42와 같이 작성하였음



A. 고추정식 두둑 규격



B. 테스트용 고추정식 두둑

<그림 42. 테스트용 고추정식 두둑>

- 개선된 고추정식기가 주간거리 300mm를 이동하여 정식간격을 유지하는지를 확인하기 위하여 비닐멀칭을 하지 않은 두둑에서 주행을 실시하였음

- 실험결과, 그림 43과 같이 주간거리가 300mm로 일정하게 나타나는 것을 확인하였음



<그림 43. 주간거리 실험결과>

- 개선된 고추정식기를 사용하여 비닐피복이 되어있는 두둑에 주간거리 300mm마다 고추 정식하는 시험을 실시하였음
  - 정식시험 결과는 그림 44와 같이 300mm마다 정식하는 것을 확인할 수 있었음



<그림 44. 정식시험 시험결과>

- 그러나 호퍼의 행정거리가 짧아 비닐피복을 하였을 경우 호퍼와 두둑 위치의 오차가 1~2cm를 벗어나면 고추가 넘어지거나 비닐을 끌고 가는 문제가 있었음
- 발생한 문제를 해결하기 위하여 호퍼의 상하행정거리 증가, 두둑형성 시 인력형성이 아닌 작업기 진행, 호퍼 구조 변경등을 실시할 필요성이 있었음
- 또한, 정식기의 무게와 조향 장치 조작 불편 등의 문제점이 부각되었으며 이러한 문제점을 해결하기 위하여 조향장치의 전방 이동, 경량화 등의 추가개선을 할 필요성이 있음
- 1차년도 정식기에서 발생한 문제점을 바탕으로 하여 2차년도 2조식 정식기 제작에 반영하였으며, 1조식 정식기의 경우 개발된 2조식 정식기를 바탕으로 다시 제작해야 한다고 판단되었음

## ② 정식작업자세 분석

- 기존 배추 재배농가에 방문하여 정식작업 시 불편한 점에 대하여 설문하고 반자동 배추 정식기 사용 동영상을 시청하게 하고 기존 정식 작업에서 불편한 사항과 정식작업

기의 개선사항 및 재배방식 등에 대하여 경남지역 농업인 10명을 방문하여 설문조사를 실시하였음

- 설문조사 결과, 배추 정식작업은 경남지역에서는 1조식을 많이 사용하지만 정식자세가 불편하고 모종의 이동 등이 힘들고 배추모종을 트레이에서 취출할 때 모종의 토양부가 부서지는 경우가 많으므로 이러한 문제가 해결이 가능하다면 전동형 배추정식기의 구매는 필수적이 될 것이라고 답변하였음
- 전기 구동식 반자동 배추 정식기의 시험기를 사용한 동영상을 여성농업인에게 보여주고 설문한 결과 심는 속도를 조작이 가능하고, 정식성공률이 높을 경우 구매할 의사가 있다고 하였음
- 여성 및 고령 농업인의 고추정식 작업에서 근골격계 질환에 대한 위험 정도를 알아보기 위하여 작업자세 평가를 실시하였음
- 근골격계 질환은 특정 신체 부위 및 근육의 과도한 사용으로 인해 근육, 관절, 혈관, 신경 등에 미세한 손상이 발생하여 목, 어깨, 팔, 손목 및 손가락 등의 상지에 나타나는 만성적인 건강 장애를 말하고 있으며, 미국 국립산업안전보건 연구원(NIOSH)에서는 누적외상성 장애를 “1)적어도 1주일 이상 또는 과거 1년간 적어도 한달에 한번 이상 2)상지의 관절 부위(목, 어깨,팔꿈치 및 손목)에서 지속되는 하나 이상의 증상들 (통증, 쑤시는 느낌, 뻣뻣함, 화끈거리는 느낌, 무감각 또는 찌릿찌릿함)이 존재하고, 3)동일한 신체부위에 유사 질병과 사고 병력이 없어야 하고, 증상은 현재의 작업으로부터 시작되어야 한다.” 라고 정의하고 있음
- 농촌진흥청에서 2014년에 발간한 농업인건강정보에 따르면 농작업 관련 질병 중 가장 큰 비중을 차지하는 근골격계 질환은 남성보다는 여성, 고령자 일 때 많이 발병하며 이는 농가의 의료비 부담 증가로 이어진다고 판단하였으며 이는 곧 농가경영비의 증가로 이어짐
- 작업자세 평가기법에는 여러 가지 종류가 있으나 농업인의 자세평가에는 RULA (Rapid Upper Limb Analysis), REBA(Rapid Entire Body Assessment), OWAS(Ovako Working Posture Analysis System) 등을 사용하고 있음
- RULA 작업자세 평가 기법은 주로 상체와 상지 자세 측정 등에 유리하며 작업물 및 공구 무게 등을 고려한다는 장점이 있으나 상지의 평가에 편중되어 있기 때문에 몸 전체의 자세를 평가할 수는 없다는 단점이 있음
- REBA 작업자세 평가 기법은 몸 전체 자세를 분석하며 RULA 작업자세 평가 기법의 단점을 보완하며 작업물, 공구 등의 무게를 고려하여 판단하는 것임. 하지만 평가결과에 대한 추가 검증이 필요함
- OWAS 작업자세 평가 기법은 현장에서 손쉽고 빠르게 사용이 가능하며 작업자세 유지 시간 등을 고려하는 장점이 있으나 정밀한 자세 평가가 힘들다는 단점이 있음
- 따라서, 서로 상호보완이 가능한 3가지 작업자세 평가기법을 활용하여 고추정식 시 농업인의 근골격계 질환에 대한 위험성을 평가하였음
- 진주지역 농업인 10명을 대상으로 평가하였는데 REBA 평가에서는 재래식 방법의 경우에는 최대 15점 중 9점으로 나타나 조치단계 3단계에 해당하였음. 이는 근골격계

질환에 대한 위험단계 높음, 작업환경에 대한 조치가 즉시 필요한 것으로 농업인의 근골격계 질환을 예방하기 위하여 곧 조치가 필요한 것으로 나타났으며 반자동 정식기를 사용할 경우 최대 15점 중 1점으로 조치단계 0로 근골격계 질환에 대한 위험단계 무시해도 좋음, 작업환경에 대한 조치는 필요 없는 것으로 나타났음.

- OWAS 평가는 AC1부터 AC4의 등급으로 나누어 작업환경을 평가하는데, 재래식 방법의 경우 AC 3로 나타나 근골격계에 매우 심각한 해를 끼치며 적극적인 작업자세의 교정이 필요한 것으로 나타났으며 반자동 정식기를 사용할 경우에는 AC 1로 나타나 근골격계에 해를 끼치지 않으며 작업 자세에 관련하여 조치할 사항이 없는 것으로 나타났음.
- 마지막으로 RULA 평가에서는 재래식방법은 최대점수 7, 조치수준 4로 나타나 조사와 작업자세 변경이 즉시 필요한 것으로 나타났으며 반자동 정식기를 사용하였을 경우 최대점수 7 중 4, 조치수준 2로 작업자세에 관련하여 추가적인 조사가 필요하며 작업자세의 변경이 요구되는 것으로 나타났음
- 위의 결과로 볼 때, 농업인의 근골격계 질환 등을 예방하기 위해서 반자동 정식기의 시급한 도입이 필요로 하는 것으로 나타났음
- 또한, 전동형 정식기의 특성에 따라 진동 및 소음, 매연등이 가솔린 엔진에 비하여 낮거나 없어서 여성 및 고령자가 쉽게 접근할 수 있는 점이 장점으로 나타났음



A. 재래식 배추 정식방법

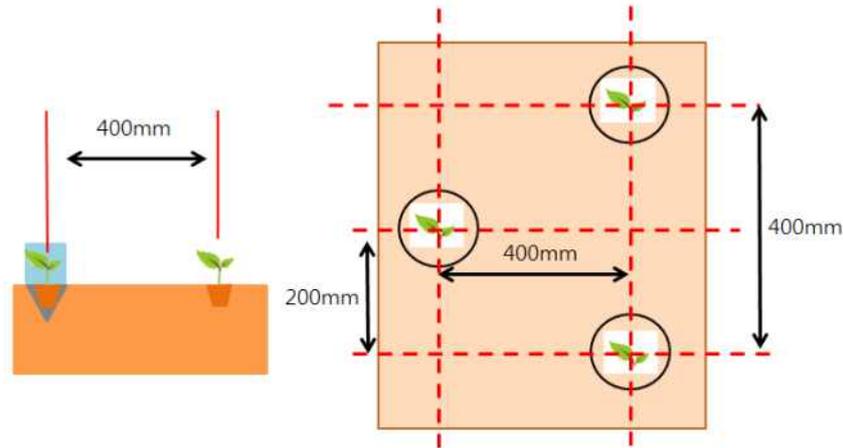


B. 개발된 전동형 배추정식기

<그림 45. 정식작업자세 분석>

③ 기계정식 적기 및 포장조건

- 배추 정식을 위한 포장조건인 경우, 농촌진흥청에서는 재식거리를 고랭지가 아닌 곳에서는 1조식으로 정식하여 이랑 넓이를 75cm, 주간거리를 45cm로 정의하고 있으며 고랭지 지역에서는 조간거리를 60 ~ 65cm, 주간거리를 30 ~ 40cm로 정의하고 있음
- 참여기관이 모여서 논의한 결과, 배추모종을 반자동으로 공급하므로 기계정식을 위하여 배추모종을 어긋심기로 심는 것으로 결정하고, 주간거리 40cm, 조간거리 40cm로 정의하고 그림 46과 같이 정식하는 것으로 정의하였음
- 두둑 폭의 경우 800mm, 이랑사이 거리를 200mm로 하여 두둑 당 1000mm를 유지하도록 하고 두둑 높이는 160mm로 하였음



<그림 46. 기계정식 포장조건>

- 기계정식 포장조건에서 생육에 문제가 없는지를 알아보기 위하여 일품가을 종자(KS종묘)를 60일간 육묘하여 2017년 9월 15일에 진주시 판문동 포장에서 100개의 모종을 기계정식 포장조건에 맞추어 정식하였을 때 그림 47과 같이 배추 생육에 문제가 없는 것으로 나타났음



<그림 47. 기계정식 포장조건 시험결과>

**④ 모종 공급장치 최적 구조 및 작업조건**

- 기존 계획에서는 모종을 자동으로 공급하는 공급모듈을 설계하여 부착하기로 하였으나 정식기의 단가가 맞지 않고, 여성 및 고령자형 저가 정식기가 아닌 전자동 정식기로 판단되어 정식 작업 자세 분석결과를 토대로 편의성을 고려한 2조식용 모종 공급장치를 설계하기로 하였음
- 기존 출시되어 있는 반자동 정식기에서 사용된 모종 공급장치를 조사하였음
- 조사결과, 기존 출시된 반자동 정식기에서는 그림 48에서 나타난 회전식 모 탐재대를 도입하여 모 탐재대가 지속적으로 회전하면서 식부가 최상점에 왔을 때 모종을 공급하는 지점에 와있는 모 탐재대의 바닥이 열려서 공급하는 형식을 취하고 있었음



<그림 48. 회전식 모 탑재대>

- 주관기관과 논의한 결과, 회전식 모 탑재대를 장착할 경우에는 2조식 정식기에서 구조가 복잡해지고 모터가 추가로 투입됨에 따라 투입 비용이 상승하고 작동시간이 짧아지는 문제점이 있음
- 여성 및 고령자가 이용하기 위해서는 작업장치의 높이를 제한할 필요성이 있음
- 표 5은 2016년 통계청에서 제시한 여성 및 고령자의 평균 신장을 가지고 적정작업높이를 계산한 것임
- 적정작업높이의 계산은 김현지<sup>7)</sup> 등이 여성고령자의 적정 작업높이에 대하여 제시한 방법을 사용하여 연령대 별로 적정 작업높이는 최소값은 사용자의 키에 0.49, 최대값은 0.56을 곱하여 구하였음

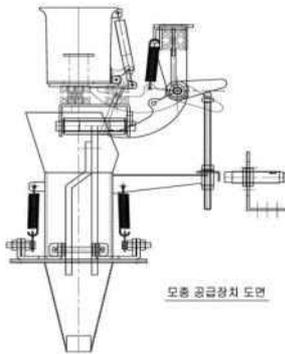
<표 5. 여성 고령자의 평균 신장<sup>8)</sup> 및 적정작업높이 >

연령	평균신장	적정작업높이	
		최소	최대
60 - 64	155.2	76.0	86.9
65 - 69	154.2	75.5	86.3
70 - 74	154.5	75.7	86.5
75 - 79	151.5	74.2	84.8
80 이상	150.8	73.8	84.4

- 따라서, 적정작업높이는 모든 연령의 작업높이에 포함되는 76 - 84cm로 결정하였음
- 장비에 기능을 더하기 위하여 복잡해질 경우 적정작업높이를 넘어서는 문제와 투입비용의 문제로 식부 장치 하나당 모 탑재대를 하나씩 배치하고 반복적으로 모종을 공급하는 형태를 취하기로 하였음
- 주관기업에서 식부장치의 움직임에 따라 모종을 공급하는 모 탑재대를 그림 49와 같이 설계, 제작하였음

7) 자료 : 노인을 위한 부업 작업공간의 계획지침 연구 (경희대학교, 2006)

8) 자료 : 여성 고령자의 평균 신장 (통계청, 2016)

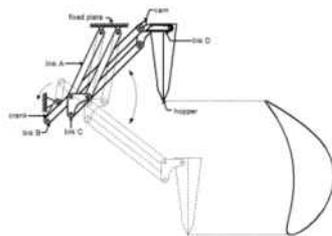


<그림 49. 모종 공급장치>

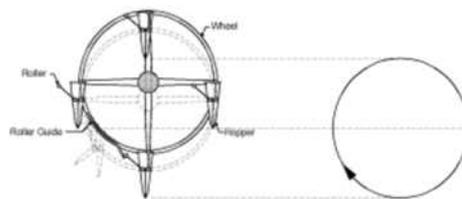
- 제작된 모종 공급장치는 식부 장치가 상하로 움직이면서 식부 호퍼의 옆에 부착된 봉의 높이에 따라 모종공급 속도를 조정가능하도록 제작하였음

⑤ 식부장치의 최적 구조 및 작업조건

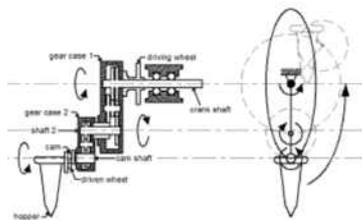
- 기존 계획에서는 식부모듈을 따로 제작하여 기존의 장치에 교체를 하는 방향으로 연구하고자 하였으나 여성 및 고령자가 사용하기에 장치가 복잡하고 결합장치로 무게가 무거워 지는 등의 문제점이 있다고 판단되어 정식 작업자세 분석결과를 토대로 편의성을 고려한 2조식용 식부장치를 설계하고자 하였음
- 기존에 개발되어 있는 연속적으로 정식이 가능한 식부장치를 조사하였음



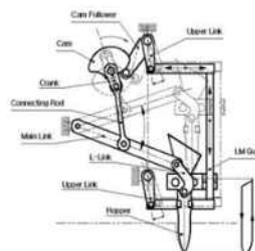
A. 4절 링크 타입



B. 휠 방식



C. 로터리 방식

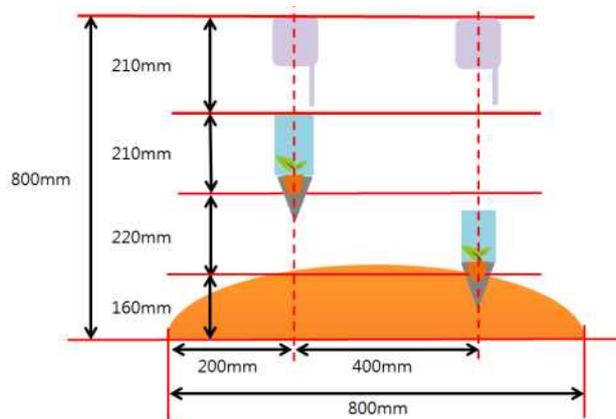


D. 4절 링크 캠 방식

<그림 50. 개발된 식부장치의 궤적>

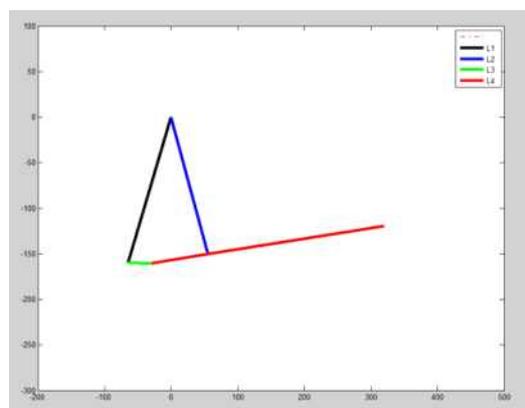
- 그림 50은 기존에 개발되어있는 식부장치와 정지하였을 때의 식부궤적을 나타내었으며 전동식 2조식 배추정식기 적절한 식부장치의 타입을 검토하였음

- 휠 방식과 로터리 방식의 경우 모터 축에 걸리는 무게가 많기 때문에 전동식 정식기에는 사용하기 적절하지 못하며 보조적으로 연결되는 축이 있는 4절 링크 혹은 4절 링크 캠 방식이 적절하다고 판단하였음
- 4절 링크 캠 방식의 경우 비닐을 식부호퍼가 직선으로 들어갔다가 직선으로 나오기 때문 비닐피복이 되어있는 곳에서는 최고의 성능을 보이나 캠에 지속적으로 걸리는 응력이 크기 때문에 전력소모량을 줄이기 위하여 4절 링크 방식을 선정하였음
- 그림 51은 여성고령자의 작업높이에 맞게 설정한 식부장치 설계조건으로서 각 장치의 높이와 식부 장치의 상하궤적 거리가 220mm가 되어야 한다고 제시하고 있음



<그림 51. 반자동 배추정식기 설계조건(작업높이)>

- 전동식 배추정식기에 사용하기로 결정된 4절 링크 장치의 링크 길이를 결정하기 위하여 MatLab를 활용하여 그림 52와 같이 시뮬레이션을 실시하였으며 결정된 각 링크의 길이는 표 6과 같이 나타났음

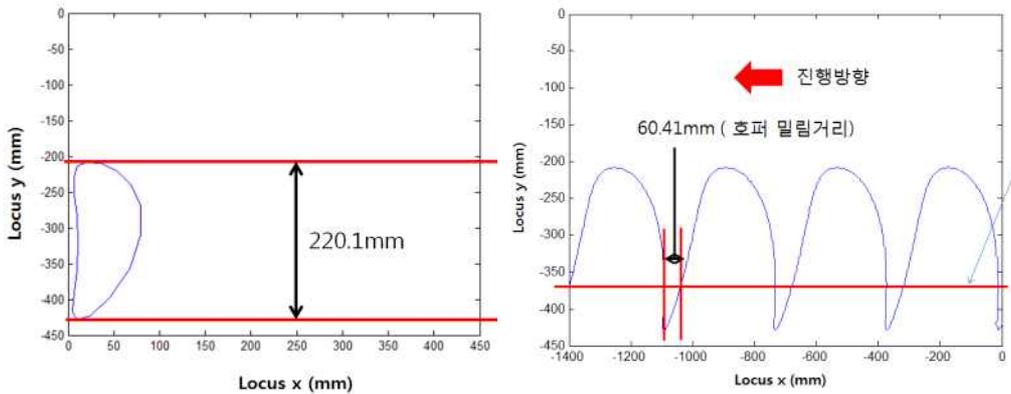


<그림 52. 4절 링크 시뮬레이션>

- 시뮬레이션을 통하여 그림 53과 같이 식부장치의 정지궤적, 주간거리 400mm로 하였을 때의 식부궤적 등을 확인하였음

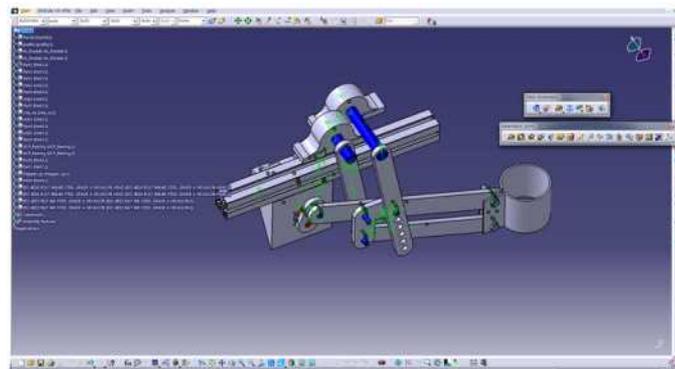
<표 6. 시뮬레이션에서 결정된 4절 링크의 길이>

No.	Length(mm)
L1	172
L2	160
L3	35
L4	351



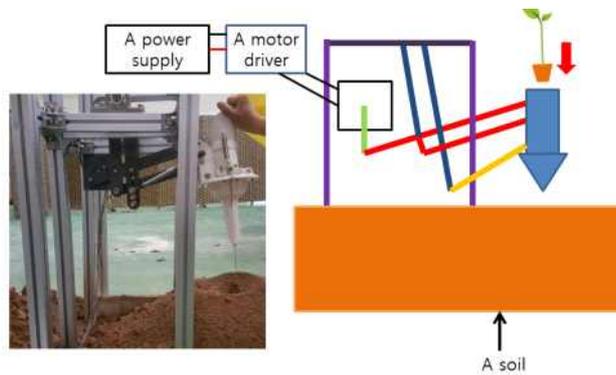
<그림 53. 4절 링크 시뮬레이션 결과>

- 시뮬레이션 결과에서 나타난 링크길이를 사용하여 식부장치의 상하궤적을 시뮬레이션 하였을 때 220.1mm로 나타났으며 주간거리를 400mm하여 시뮬레이션 하였을 때 비닐 피복을 할 경우 60.41mm의 호퍼 밀림거리가 발생하는 문제점이 있으나 식부 호퍼가 비닐피복이 밀리는 거리보다 호퍼 크기가 크기 때문에 문제가 발생하지 않을 것으로 판단됨
- 4절 링크 시뮬레이션에서 결정된 링크 길이를 활용하여 그림 54와 같이 3D 모델링을 실시하였음



<그림 54. 식부장치 3D 모델링>

- 3D 모델링 자료를 기반으로 식부 호퍼의 개폐타이밍과 식부 궤적을 확인하기 위하여 주관기관에서 링크 등을 제작하여 전달받아 그림55와 같이 실험장치를 제작하였음

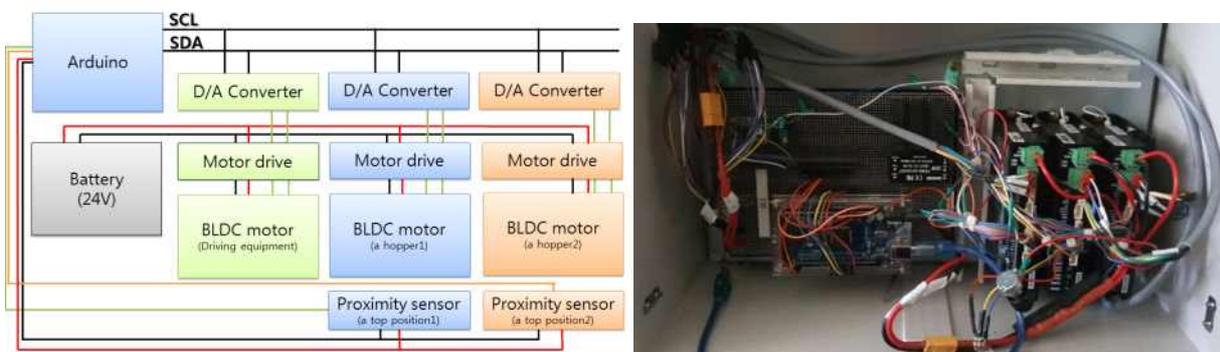


<그림 55. 테스트용 식부장치>

- 테스트용 식부장치는 100W급 BLDC 모터를 1:100으로 감속하여 사용하였으며 배추 모종과 고추 모종등을 활용하여 실험을 실시하였음
- 실험결과, 초장 14cm 이하의 모종은 정식이 가능한 것으로 나타났으며 정지상태에서 정식한 결과 모종이 진행방향과 반대방향으로 누워버리는 결과가 나타났으며 이는 실제 정식기에 적용하여 주행하면서 정식을 할 경우 해결될 문제로 판단되었음
- 이러한 실험결과와 설계데이터를 주관기관에 전달하여 식부장치를 설계토록 연구를 진행하였음

⑥ 정식시스템 작업조건

- 모종공급 장치, 주행장치, 식부 장치 등을 완성하여 타이밍 차트 작성, 전체 시스템 모델링 및 시뮬레이션을 진행하여야 하나 1차년도 정식기에서 활용된 디지털제어로는 불가능하다고 판단하여 주관기관과 논의하여 정식시스템이 정상적으로 작동하기 위하여 MCU를 활용하여 제어장치 및 제어식 등을 연구하였음
- 링크를 이용한 동력전달장치와는 다르게 주행모터, 식부모터 2개를 동기화 시켜서 작동시켜야 하기 때문에 그림 56과 같은 제어장치를 제작하였음



<그림 56. 배추정식기 제어장치>

- 제어장치는 MCU(Arduino)와 D/A 컨버터를 활용하고 이동 및 식부장치의 타이밍을 맞추기 위하여 근접센서를 2개 설치하여 제작하였음

- 주행장치의 속도와 식부장치의 속도를 맞추기 위하여 그림 27과 같은 제어식을 작성하였음

$$T_s = D / V \quad \omega = d / T_s$$

$$\omega = d \cdot V / D \quad \omega = 15.7 \cdot V$$

$T_s$  = 1회 정식 당 걸리는 시간(s)  
 $D$  = 주간거리(0.4m)  
 $V$  = 주행속도(m/s)  
 $\omega$  = 모터 축의 각속도(rad/s)  
 $d$  = 1회 정식 시 호퍼모터 회전거리(6.28 rad)

<그림 57. 배추정식기의 주행거리에 따른 식부장치 속도 제어식>

- 그림 57과 같이 제어식을 설정하여 주행속도에 따른 1회 정식시간 및 모터 각속도는 표 7과 같이 나타났음

<표 7. 주행속도에 따른 1회 정식시간 및 모터 각속도>

No.	주행속도(m/s)	1회 정식시간(s)	모터 축 각속도(rad/s)
1	0.3	172	4.72
2	0.4	160	6.28
3	0.5	35	7.85

- 또한, 반자동 정식기를 제어하기 위하여 그림 58과 같은 제어기를 설치하였음



<그림 58. 배추정식기 제어기>

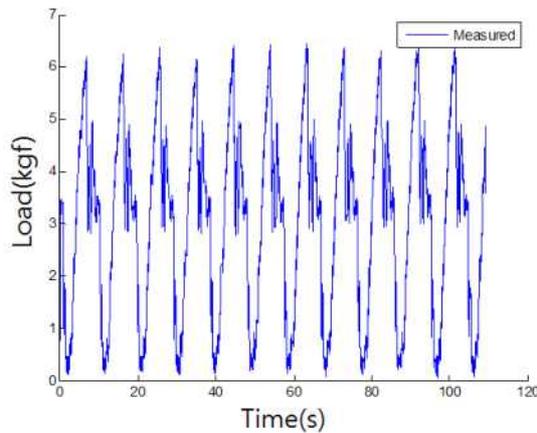
- 1차년도 시험기를 테스트 하였을 때, 노지에서 식부 호퍼를 개폐하는데 모터 출력이 부족하여 식부 호퍼 개폐장치를 만드는데 어려움을 겪었음
- 반자동 배추 정식기의 식부 호퍼가 개폐되는데 필요한 힘을 측정하여 정식기의 성능을 측정하고자 하였음

- 식부 장치에서 식부 호퍼가 개폐되는데 필요한 힘을 측정하기 위하여 그림 59와 같이 스트레인 게이지를 설치하여 개공 깊이를 0, 7, 9.5, 15cm로 설정하고 실험을 실시하였음



<그림 59. 식부장치 개폐 스트레인 측정>

- 그림 60은 무부하일 때 식부장치 개폐에 걸리는 응력을 나타낸 것이며 최대 응력은 6.45kgf로 나타났으며 개공깊이 7, 9.5, 15cm에서 나타나는 최대 응력은 6.55, 7.24, 8.54kgf로 개공깊이가 깊어질수록 모터에 걸리는 부하는 커지나 선정된 모터의 출력은 최소속도로 주행하였을 때 34kgf이기 때문에 모터출력에는 문제가 없는 것으로 판단되어 4절 링크 구조를 사용할 경우 모터로 문제없이 모종을 이식할 수 있는 것으로 나타났음



<그림 60. 식부 개공 응력(무부하)>

- 또한, 반자동 정식기의 소모전력을 알아보기 위하여 그림 31과 같이 파워미터를 설치하고 최고속도로 주행하면서 10회 정식한 결과 평균 전력소모율은 308.35wh 로 나타났으며 장착한 배터리를 기준으로 하였을 때 최대속도로 5.46시간 동안 사용이 가능한 것으로 나타났으며 실제 정식작업의 경우 최대속도보다 느리게 작업하기 때문에 배터리 용량은 적절하다고 판단되었음
- 하지만, 노외농업기계관련 전문가에게 문의한 결과 배터리의 가격이 비싸고 3시간 작동 후 점심시간 충전하고 3시간 작동하는 방식으로 할 경우, 배터리 가격에서 코스트 다운이 된다고 판단하였음

## ⑦ 정식시스템 과제달성도

- 본 과제에서 도달하고자 한 정식시스템의 목표 달성치는 표 8과 같이 나타났다.
  - 1차년도에 개발된 1조식 정식기는 자체무게 등으로 인하여 사용되는 모터의 출력이 상향조절 되었으며 진주시 관문동 포장에서 고추모종 100개를 정식 시험한 결과 정식성공율은 73%로 나타나 많은 개선이 이루어져야 할 것으로 나타났다.
  - 2차년도에 개발된 2조식 배추 정식기의 경우 과제에서 제시한 모든 목표치를 달성하였으나 경사조절 각도 부분에서 목표 하였던 0~16°보다 작은 0~10°로 나타나 목표치 달성에 실패하였으나 다른 목표치는 모두 달성하였으며 창원 테스트베드에서 배추모종 500개를 정식 시험하였을 때 정식성공율이 90% 이상으로 나타나 성공적인 장비로 제작된 것으로 판단하였다.
  - 정성적 성과 부분에서는 60~70대 여성 인력도 사용할 수 있는 편의성을 조절하기 위하여 통계청 자료를 바탕으로 하여 60 ~ 70대의 여성농업인의 평균 신장에 맞춰서 설계하여 작업 시 신체피로를 작게 느끼도록 하였으며 PUSH 버튼을 이용한 조작패널 제작으로 여성농업인이 작업기에 접근할 때 느끼는 거리감을 없애고자 하였다.
  - 또한, 차후에는 리모트 컨트롤 장치를 장착하여 사용자가 원거리에서 제어하는 방법 또한 고려하고자 한다.
  - 4백에서 5백만원 대의 저가형 농업기계를 개발하고자 하는 항목에서 많은 기능을 넣을 경우 저가형 농업기계를 유지하기 어렵다고 판단하여 단순히 정식만 가능한 저가형 패키지과 기능추가를 통한 고가형 패키지를 개별적으로 판매하여 농가의 부담을 없애고자 하였다.
  - 정식기의 생산성은 300평 2인 기준으로 인력정식은 16.7시간이 걸리나 정식기의 경우 5.2시간으로 작업 속도가 인력 정식 작업속도에 대비하여 3.2배로 나타나 초기에 선정한 인력정식 대비 3배 이상의 정식성능을 달성한 것으로 나타났다.
  - 작업자세에 대한 편리성은 인력 작업자세와 정식기를 활용한 작업자세를 REBA, OWAS, RULA 작업자세 평가기법을 통하여 평가한 결과 작업자세 및 작업환경에 대한 대처가 즉시 필요에서 정식기를 활용 하였을 때 작업자세 개선 필요없음 또는 필요할 수도 있음으로 나타나 개선이 많이 된 것으로 나타났다.
  - 정식기의 운전방법을 간단하게 만들기 위하여 LCD 패널과 제어박스등을 활용하여 정식기의 현재 상황을 LCD에 표기되도록 하고 제어박스의 버튼을 눌러서 사용함으로써 사용자가 쉽게 접근이 가능하도록 하였다.

### 정식작업자세 분석

정식 작업자세 평가를 실시, 정식기의 도입 전과 도입 후의 근골격계질환에 대한 위험정도를 판단하였음

- ▶ 작업자세 및 환경을 평가하기 위하여 설문 및 OWAS, RULA, REBA 방법 활용
- ▶ 조사대상 : 진주지역 고추재배 10농가(고추정식), 경남지역(함양, 산청, 진주) 배추재배 10농가(배추정식)
- ▶ 설문조사 결과 : 엔진형 정식기 사용시 **소음 및 진동, 매연**으로 인하여 여성 및 고령자가 작업장비를 사용하기 어려움
- ▶ 작업자세 평가 결과 : 재래식 방법으로 작업을 진행 시 모든 평가에서 **즉각적인 작업자세 변경**이라는 결과로 나타났으며 편이정식기를 도입 후에는 **근골격계 질환에 대한 위험단계가 매우 낮아졌음**



재래식 고추정식작업

- ✓ OWAS
  - 적극적 자세교정 필요
- ✓ RULA
  - 작업자세 즉각 변경필요
- ✓ REBA
  - 위험단계 매우 높음

개선



1조식 편이정식기

- ✓ OWAS
  - 자세교정 필요 없음
- ✓ RULA
  - 추가적인 조사 필요
- ✓ REBA
  - 위험단계 낮음



재래식 배추정식작업

- ✓ OWAS
  - 적극적 자세교정 필요
- ✓ RULA
  - 작업자세 즉각 변경필요
- ✓ REBA
  - 위험단계 높음

개선



2조식 편이정식기

- ✓ OWAS
  - 자세교정 필요 없음
- ✓ RULA
  - 추가적인 조사 필요
- ✓ REBA
  - 무시해도 좋음

### 기계정식 적기 및 포장조건

기계정식에 적합한 정식적기 및 포장조건을 제시하고자 하였음

- ▶ 고추 모종은 초장이 길어 기계정식에 불리함 : 일반육묘모종에서 종이포트모종으로 개선
- ▶ 배추재배의 경우, 좁은 지역에서 많은 수확량을 얻기 위하여 어긋심기를 실시하였음
- ▶ 시험포장 : 경북 안동시 도산면 오내리 (고추 재배포장), 경남 진주시 판문동 (배추 재배 포장)
- ▶ 고추 모종을 개선함에 따른 수확량의 변화가 작은 것으로 나타나 활용에 문제가 없는 것으로 나타났음  
배추 두둑 작성방식을 교체함에 따라 1평당 수확량이 30% 증가하였음



트레이 모종

- ✓ 육묘일수
  - 70일
- ✓ 초장길이
  - 50 ~ 60cm
- ✓ 수확량(1나무 기준)
  - 수량 122개, 2.2kg

개선



종이포트 모종

- ✓ 육묘일수
  - 60일
- ✓ 초장길이
  - 15 ~ 18 cm
- ✓ 수확량(1나무 기준)
  - 수량 118개, 2.1kg



1조식 심기 포장조건

- ✓ 육묘일수
  - 60일
- ✓ 1평당 수확량
  - 12개

개선



2조식 어긋심기 포장조건

- ✓ 육묘일수
  - 60일
- ✓ 1평당 수확량
  - 18개

- 기존 내연기관 방식을 활용한 것이 아닌 전동형 농업기계를 개발하는 것에 성공함에 따라 매연 및 소음 등에 대하여 작업자가 받는 스트레스가 상당히 감소되었으며 정식성공율 또한 90% 이상으로 나타나 과제에서 제시한 목표치를 모두 달성하였다고 판단하였다.



<그림 1. 편이정식기 정식성공율 시험>

<표 8. 개발된 정식기의 목표대비 성능지표 >

구분	목표	1조식 고추정식기	2조식 배추정식기
형식	보행식	보행식	보행식
조수	1조식, 2조식	1조식	2조식
정식장물	고추묘 및 채소묘정식	고추묘 정식	채소묘 정식
구동방식	전동식 500W, 60AH이하	전동식 800W, 65AH	전동식 300W, 65AH
크기(mm)	1,500×1,100×1,300		
중량(kg)	120	210	100
바퀴폭 조절	내측 : 360~750mm 외측 : 1,170~1,550mm	불가능	내측 : 360~750mm 외측 : 1,170~1,550mm
경사조절 각도	0~16°	0~10°	0~10°
주간거리	30~50cm	10~50cm	30~50cm
육묘 공급 방식	반자동식	반자동식	수동식
작업속도	0.2~0.4m/s	0.2~0.4m/s	0.05~0.16m/s
판매가격	4,000천원	4,000천원	4,000천원

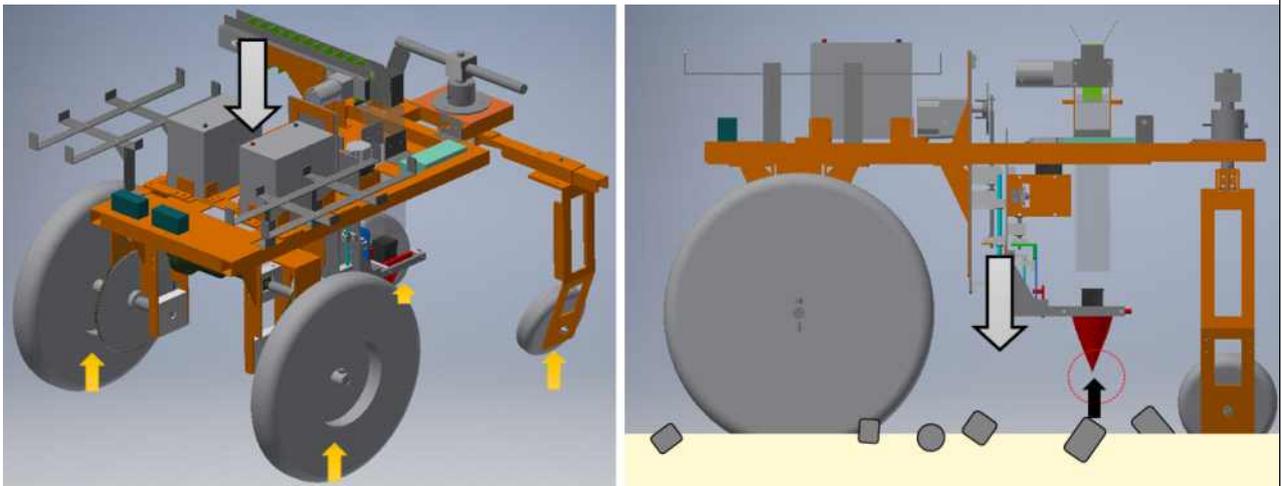
< 협동과제 3 > 정식기 구조물 및 핵심 부품의 내구성 및 신뢰성 향상 방안 연구  
 [한국생산기술연구원]

(가) 정식기 구조물 및 핵심부품의 내구성 및 신뢰성 향상방안 연구

① 편이정식기 내구 / 신뢰성 기반조건 분석

○ 편이정식기 사용하중/경계조건 분석

- 정식기는 주로 노외에서 사용되는 장치로 사용자에게 따라서는 매우 극심한 작업환경 하에서 사용될 수 있음. 특히, 포장로가 아닌 굴곡이 심한 험로에서 사용됨에 따라서 정식기에 반복적인 하중이 가해지거나, 순간적인 충격하중이 가해져 취약부가 파손될 가능성이 있음
- 이에 정식기의 사용조건을 분석하고, 이를 이용하여 구조해석을 수행하여 구조적 취약부위를 도출 한 후 취약부위의 개선을 수행하여 정식기의 신뢰성을 향상시킬 필요가 있음
- 또한, 정식기 핵심부품 중 하나인 식부 삽날의 경우 작업 중 돌이나 자갈 등에 충돌하여 파손 되는 사례가 발생하기도 하므로 이러한 상황을 모사하여 정하중 및 피로시험을 수행함으로써 정식기 삽날의 내구/신뢰성 을 검증할 필요가 있음
- 따라서 본 연구에서는 정식기 프레임의 구조해석 및 식부삽날 시험평가를 위한 편이정식기 내구/ 신뢰성 기반조건 분석을 우선적으로 수행하였음



<그림 61. 편이정식기 사용하중조건 (좌측 프레임 외력 및 반력, 우측 식부삽날 충격하중)>

- 그림 61의 좌측은 편이정식기 사용하중조건을 단순화하여 나타낸 것으로 정식기 배터리 및 트레이, 프레임 등의 자중에 의한 수직 하단 방향으로의 하중 및 해당 하중에 대한 바퀴와 지면 사이에서의 수직 상단 방향으로의 반력 등으로 구분됨
- 구조해석 수행 시 해석의 효율 향상을 위해 제거된 부분의 자중에 의한 추가하중 조건 및 반력을 모사하기 위한 바퀴 부분에서의 경계조건을 부여할 필요가 있음

- 또한, 작업지의 굴곡에 따라 작업시 반복적으로 발생할 수 있는 순간적 하중을 고려할 필요가 있음. 이러한 하중의 경우 스트레인지지 등을 부착하여 실 작업을 진행하면서 측정해야 함
- 하지만 이러한 하중 조건의 경우 측정하는데 상당한 시간과 노력이 소요되며 본 연구에서 의도한 프레임 구조해석의 범위를 벗어난 것이므로 본 연구에서는 정적인 상태에서의 구조해석을 수행하여 취약부를 분석하고 이에 대한 개선안을 도출하는 것을 범위로 함
- 그림 61의 우측은 식부삽날에 가해지는 충격하중을 나타낸 것으로 본 정식기는 일정구간 이동 후 정지 상태에서 서 묘를 심은 후에 다시 이동하는 형태로 작동하므로 식부삽날에 가해지는 충격 하중은 삽날이 아래로 이동 할 때 돌이나 자갈 등에 부딪혀 수직 방향 압축응력 형태로 삽날에 가해지게 됨
- 이에 식부삽날에 대한 정하중 시험시 수직방향 압축응력을 가하는 형태로 하여 일정 속도로 수행 되어야 하며, 내구시험에서는 압축방향 일정 반복충격하중이 가해지는 형태로 수행되어야 함
- 또한, 식부 삽날의 경우 신뢰성 있는 시험 결과를 위해서는 시험 수행 시 토양에 의해 발생할 수 있는 영향까지 함께 고려하는 것이 바람직함

○ 해석 모델 및 결과의 신뢰성 향상을 위한 구조해석 관련문헌 검토

- 구조해석 수행 시에는 구속 및 하중조건 변화에 따라 해석 결과가 매우 상이해지기 때문에 구속조건 및 하중조건에 적절한 부여가 매우 중요함. 본 연구에서의 구조해석 모델 및 결과의 신뢰성 향상을 위하여 수행하고자 하는 프레임 구조해석과 관련성이 있는 문헌을 조사하여 해석 경계조건 및 구속조건 선정에 참고 및 반영하고자 하였음
- 신동민 등이 수행한 119 구급자동차의 구조해석을 통한 내부 설계 안정성 검증에 관한 연구에서는 국내 소방용 구급자동차의 새로운 디자인에 따른 구조해석을 통해 안정성을 검증하고자 하였음
- 구급차 내부의 각 파트(부품) 특성에 따라 고정 및 연결조건 등을 달리 설정하였으며, 프레임, 캐비닛 등 주요 구조물 형태의 부속 파트를 메인 파트인 차량 프레임에 완전히 고정되는 조건을 적용하였음. 도어 등의 경우 자중에 의한 수직 하단 방향의 힘을 고려하였으며, 그 외 적절한 가정을 통하여 하중 및 경계조건들을 설정하여 구조해석을 수행하였음
- 또한, 구조해석 결과 나타난 취약부를 보완하기 위하여 구조 소재의 두께를 보강하는 방법과, 접촉면 증가를 통한 하중분산 방법 등을 제시하였음
- 김창수 등이 수행한 교통 약자를 위한 4륜 전동 스쿠터 프레임의 구조해석 연구에서는 새롭게 개발되는 전동식 스쿠터 프레임에 대한 3차원 구조해석을 통해 해당 프레임의 안전성을 평가하고자 하였음

- 원활한 해석을 위해 전체스쿠터 모델에서 해석에 필요 없는 부분은 모두 제거하고 해석을 수행하였으며, 하중조건으로 배터리의 무게인 20kg과 사람 및 각종 부품들의 무게인 80kg을 포함하여 인가하였음
- 구속조건의 경우 프레임의 한쪽 부분을 고정하고 앞쪽 바퀴와 연결된 부분의 축으로만 움직일 수 있도록 하였는데, 이는 실제 조건과 완벽히 일치하는 구속조건이라 볼 수는 없으나 구조해석을 수행할 때에는 구속 조건에 따라 해석이 수렴하지 않는 경우도 많기 때문에 실제 조건과 근사하면서도 해석이 가능하도록 적절한 구속조건 선정이 필요함
- 이승철 등이 수행한 와전류 제동프레임의 구조해석 및 최적설계 연구에서는 고속전철 제동프레임에 대하여 구조해석을 수행한 후 주요 취약부위 부재의 단면형상 최적화를 위한 최적설계를 수행하고자 하였음
- 대상 프레임을 세부 구성요소에 따라 다양한 좌표방향에 대해 구속을 하였으며, 하중조건인 경우 해석에서 제외되는 부분인 전자석의 자중에 의한 하중을 수직방향에 대해 부여하였음
- 해석 결과 나타난 구조적 취약부위를 보완하기 위하여 프레임에 사용된 H빔의 단면 형상을 굽힘에 의한 응력을 감소시킬 수 있도록 보완하여 최적설계를 수행하는 방안을 제시하였음
- 굽힘이나, 비틀림 하중이 주요 파손 원인이 될 수 있는 부재의 경우 이와 같이 부재 단면 형상에 대한 개선을 통해 구조적 개선을 할 수 있을 뿐만 아니라, 소재 사용 감소를 통한 경량화도 가능함
- 신정규 등이 수행한 저속차량 차체의 구조해석 및 구조최적설계 연구에서는 경량화를 위해 알루미늄 스페이스 프레임을 활용하여 개발되는 저속차량 차체에 대한 구조해석을 수행하여 프레임의 안정성을 검토하였음
- 해석 수행 시 프레임 용접부위의 경우 일반적 모재 부위와 달리 개별물성을 부여하는 것이 가장 정확한 해석 조건이나, 현재 개발단계에 있는 차체이고 전체적인 거동에 관심이 있으므로 이러한 물성치의 변화는 별도로 고려하지 않고 해석을 수행하였음
- 하중조건 부여시 해당 조건에서의 프레임에 대한 자유물체도를 작성하여 모멘트 및 각 축의 힘의 합이 평형을 이룰 수 있도록 하여 반력 등을 계산하였으며, 이때, 차체의 중량분포 등 현실적으로 반영하기 어려운 부분에 대해서는 단순화 하여 적용하였음
- 각각의 개별 해석에서도 다양한 형태의 가정이 포함되는데, 저속차량의 강도해석에 적용한 하중조건이 일반차량에 대한 하중조건이기 때문으로 저속차량에 맞는 하중조건에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다고 언급하고 있음

- 여러 구조해석에 이러한 다양한 형태의 가정들이 들어가는 이유는 실험적인 방법으로 실제 거동을 측정하지 않는 한 실 가동 상태에서의 정확한 조건을 알기 어렵기 때문으로 이러한 가정들은 면밀한 분석과 다양한 레퍼런스 자료를 통하여 가장 현실에 가까워 질 수 있도록 해야 함
- 본 연구에서 수행된 구조해석은 기본적으로 실제 조건에서 프레임에 발생하는 응력을 정확하게 도출하는 것 보다는 구조적 취약부가 향후 내구성 측면에서 불리하다는 전제 하에 상대적인 구조적 취약부를 확인하고, 이를 보완하는 방법을 도출하는 것을 최종 목표로 하였음
- 실제 실험을 통한 취약부 분석이 가장 정확한 방법이 될 수 있으나, 시험을 위한 시간 및 비용 소모 문제로 인하여 구조해석을 통해 진행하였으며, 이러한 형태의 접근은 상기의 참고문헌 외에도 다양한 연구에서 제시되고 있음
- 본 연구에서는 상기와 같은 다양한 해석 경계조건 및 구속조건 부여 방식들을 바탕으로 본 해석 모델에 적합한 형태의 구조해석을 수행함으로써 구조해석 모델의 유효성을 확보하고, 해석 결과 및 구조개선 방향의 신뢰성을 확보할 수 있도록 하였음

○ 구조해석을 위한 재료물성 분석

- 편이정식기를 제작하는데 사용되는 재료는 여러 가지가 존재하나 그 중 프레임에 사용되는 재료는 알루미늄, 스테인레스 스틸, 구조용 강 등임. 따라서 구조해석을 위해 프레임에 사용되는 세가지 재료에 대한 물성을 조사하여 표로 나타냄

<표 9. 알루미늄 재료물성>

항목	값	단위
Density	2770	$kg \cdot m^{-3}$
Young's Modulus	71	GPa
Poisson's Ratio	0.33	-
Bulk Modulus	69.6	GPa
Shear Modulus	26.7	GPa
Tensile Yield Strength	280	MPa
Compressive Yield Strength	280	MPa
Tensile Ultimate Strength	310	MPa

<표 10. 스테인레스 스틸 재료물성>

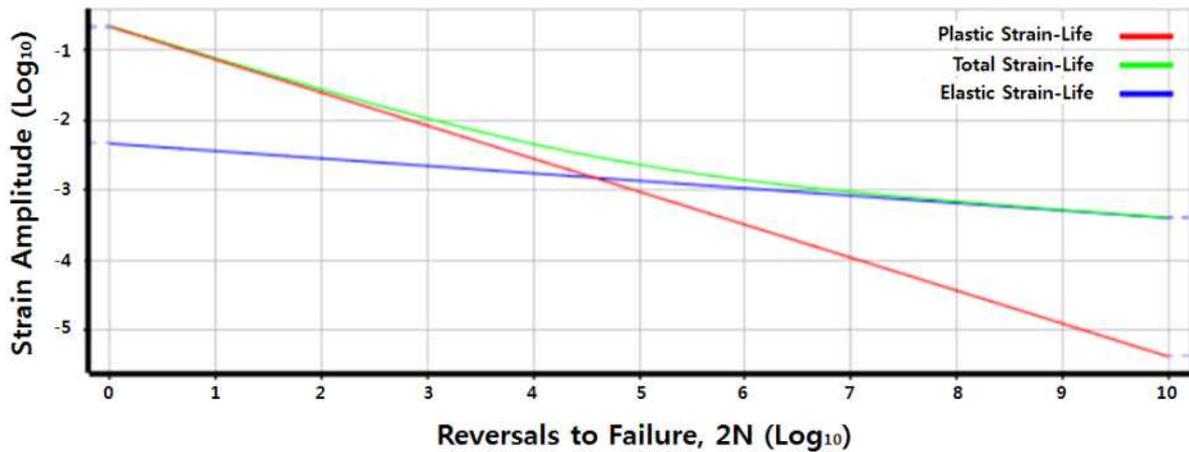
항목	값	단위
Density	7750	$kg \cdot m^{-3}$
Young's Modulus	193	GPa
Poisson's Ratio	0.31	-
Bulk Modulus	169	GPa
Shear Modulus	73.7	GPa
Tensile Yield Strength	207	MPa
Compressive Yield Strength	207	MPa
Tensile Ultimate Strength	586	MPa

<표 11. 구조용 강 재료물성>

항목	값	단위
Density	7850	$kg \cdot m^{-3}$
Young's Modulus	200	GPa
Poisson's Ratio	0.3	-
Bulk Modulus	167	GPa
Shear Modulus	76.9	GPa
Tensile Yield Strength	250	MPa
Compressive Yield Strength	250	MPa
Tensile Ultimate Strength	460	MPa

<표 12. 구조용 강 피로물성(참고)>

항목	값	단위
Curve Type	Strain-Life	-
Strength Coefficient	0.92	GPa
Strength Exponent	-0.106	-
Ductility Coefficient	0.213	-
Ductility Exponent	-0.47	-
Cyclic Strength Coefficient	1.0	GPa
Cyclic Strain Hardening Exponent	0.2	-



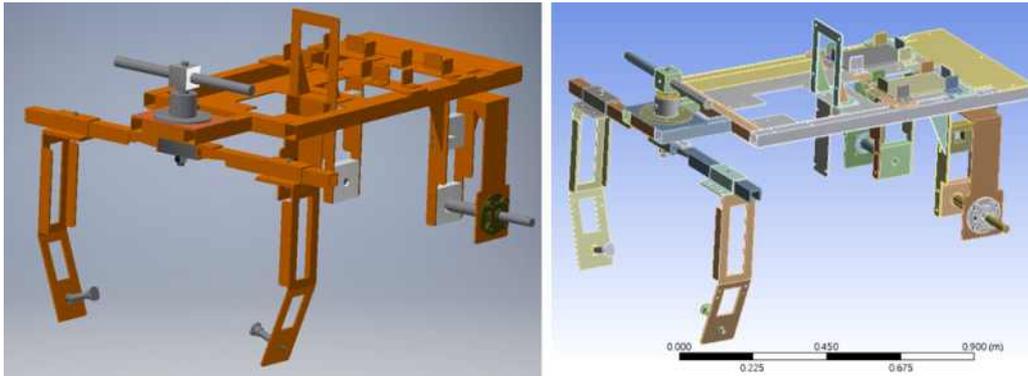
<그림 62. 구조용 강 Strain-Life 곡선(참고)>

② 편의정식기 프레임 구조해석

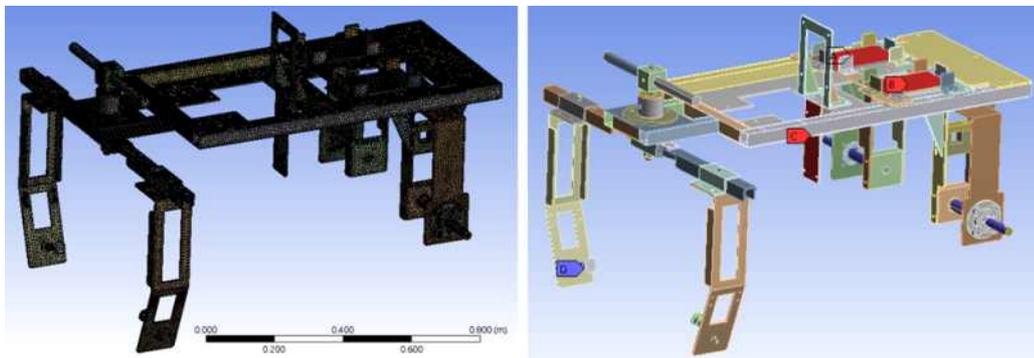
○ 3차원 구조해석 및 취약부 도출

- 앞서 수행된 내구/신뢰성 기반조건 분석 결과를 바탕으로 구조해석을 수행함. 해석의 효율 및 신뢰성 향상을 위하여 해석 결과에 직접적으로 영향을 미치지 않는 부분은 제거하였으며, 구조 개선에 필요하지 않으나 제거함으로써 구조해석 결과에 영향을 미칠 수 있는 부분은 따로 경계조건을 부여함
- 해석에 사용된 절점(node) 수는 약 870,900개, 요소(element) 수는 약 300,400 개로 요소의 형상은 프로그램에 의해 자동적으로 생성되도록 함

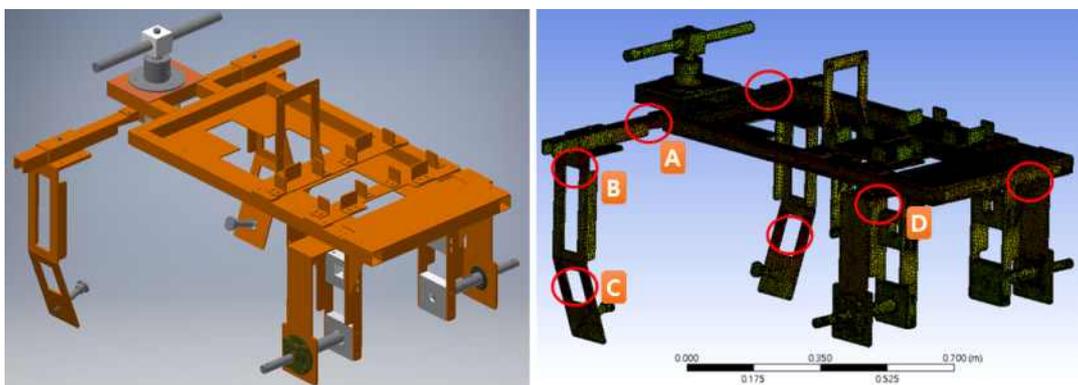
- 배터리 및 정식부 조립체를 해석에서 제외하면서 배터리 자중에 의한 수직 아래 방향 하중 각각 176N과 정식부 조립체 에 의한 수직 아래방향 하중 100N을 부가 하였으며, 바퀴가 장착되는 축에 지면과 바퀴 사이 반력을 모사할 수 있도록 경계조건을 부여함



<그림 63. 구조해석에 사용된 3차원 프레임 모델>



<그림 64. 메쉬 생성 및 해석 경계조건 부여>



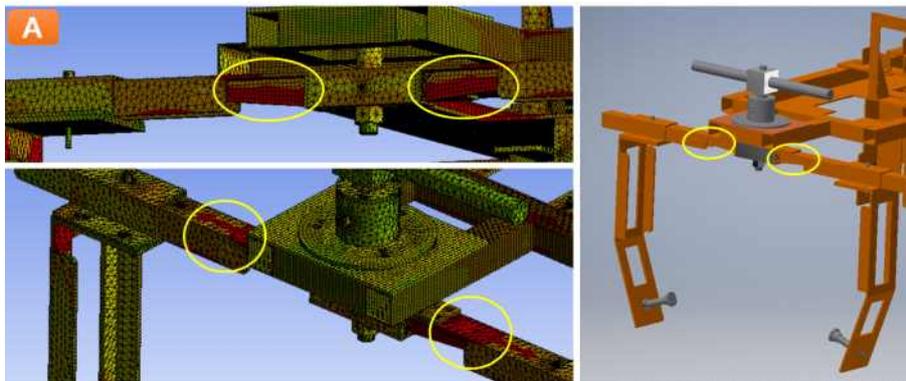
<그림 65. 구조해석 결과 및 취약부 분석>

- 그림65는 전체적인 해석 결과를 나타낸 것으로 최대응력은 약 30MPa로 나타남. 이는 프레임에 사용된 재료의 물성에 비해 매우 작은 수치로 현재 상태에서 정식 기 프레임의 구조적 신뢰성은 충분한 것으로 판단됨

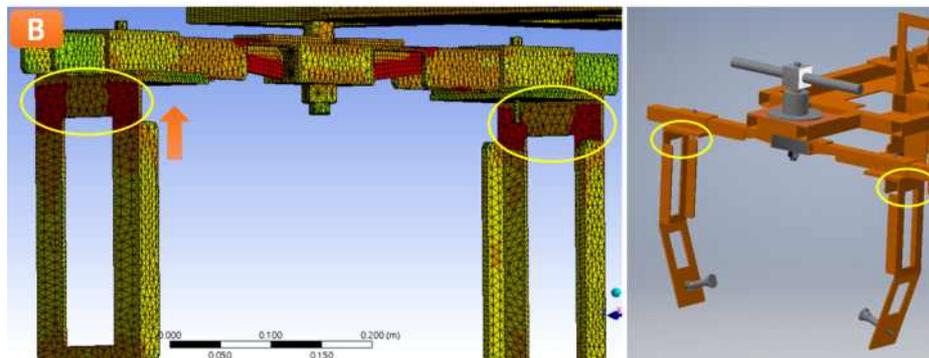
- 그러나 앞서 언급된 바와 같이 작업지의 굴곡에 따라 작업시 반복적으로 발생할 수 있는 순간적 하중의 영향을 받을 경우 발생하는 응력이 상승할 수 있으며, 그 크기가 재료의 항복강도 이하라고 하더라도 반복적 하중에 의한 피로파괴가 발생할 수 있음
- 따라서 본 연구에서는 현 구조에서 상대적으로 높은 응력이 발생하는 부분을 찾아내고, 발생 응력을 감소시킬 수 있는 방안을 제시하고자 하였음
- 그림65의 우측에 해석 결과 나타난 취약부를 붉은 원으로 표시하였으며, 위치 확인이 용이하도록 좌측에 해석에 사용된 모델을 함께 나타냄. 해석 결과 나타난 취약부는 대부분 직관적으로도 판단 가능한 부분인 것을 알 수 있음

○ 취약부 개선방향 도출

- 그림66에 프레임 취약부 A위치를 나타냄. A위치는 조향핸들과 바퀴 사이를 연결하는 수평방향 부재로 구조용 강으로 제작됨. A위치의 부재는 T자형으로 구성된 부재로 부재 변형에 따라 하단의 세로부재가 인장방향 응력의 대부분을, 상단의 가로방향 부재가 압축응력의 대부분을 받는 형태임
- A 부재에 집중되는 응력을 완화시키기 위해서는 T자형이 아닌 ㄷ 형태의 부재를 사용하거나, 해당 부재의 두께를 증가시킴으로써 단면적의 관성모멘트를 증가시켜 굽힘에 의한 응력을 감소시키는 방법을 사용할 수 있음

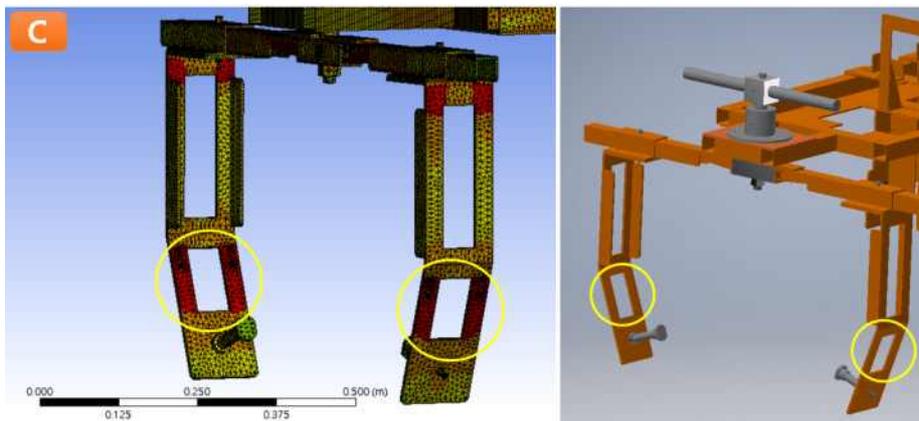


<그림 66. 프레임 취약부 분석(A위치)>

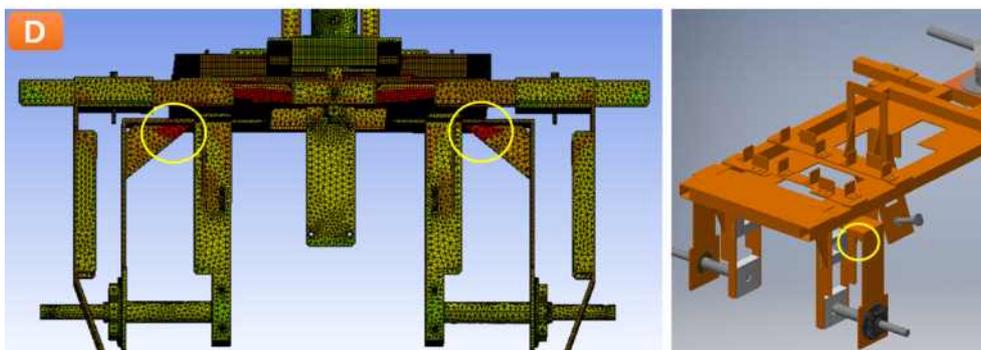


<그림 67. 프레임 취약부 분석(B위치)>

- 그림67은 프레임 취약부 B위치를 나타내는 것으로 조향핸들과 바퀴 사이를 연결하는 수평방향 A 부재와 수직 방향으로 결합되는 부재임. B 위치의 경우 내측으로 기울어지게 부착되는 바퀴 및 이로 인한 프레임 구조로 인해 지면과의 반력이 B 위치의 부재에 상당한 굽힘 응력을 발생 시키게 됨
- B위치의 부재는 프레임 구조상 발생하는 모멘트에 의해 발생하는 굽힘 응력에 가장 취약한 방향으로 구성되어 있으며(면적모멘트가 최소화 되어 이로 인해 굽힘 응력이 최대가 되는 방향) 이를 해결하기 위해서는 화살표로 표시된 것과 같이 B 위치 하단의 L 형태로 절곡된 부재를 상부로 확장해야 함
- 그림68은 프레임 취약부 C위치를 나타내는 것으로 B 위치 하단 내측으로 기울어지게 부착되는 바퀴 부분의 부재임. C 위치 역시 B 위치와 마찬가지로 프레임 구조상 발생하는 모멘트에 의해 발생하는 굽힘 응력에 가장 취약한 방향으로 구성되어 있음
- 이를 해결하기 위해서는 일자형이 아닌 L, C 등 부재의 굽힘에 대한 면적모멘트를 증가시킬 수 있는 형태로 수정되는 것이 좋으며, C 위치의 경우 내측으로 절곡될 경우 바퀴에 간섭이 발생할 수 있으므로 외측으로 절곡하는 것이 좋을 것으로 판단됨



<그림 68. 프레임 취약부 분석(C위치)>



<그림 69. 프레임 취약부 분석(D위치)>

- 그림 69는 프레임 취약부 D위치를 나타내는 것으로 정식기 전면에 구동 바퀴가 고정되는 수직 방향 부재와 해당 부재와 상호 결합되어 정식기에 부착되는 수평 방향 부재 사이의 구조적 취약점을 해결하기 위해 추가된 보강 부재임
- D위치의 경우 보강 부재 자체의 역할에 따라 상대적으로 큰 응력이 발생할 수밖에 없으나 응력의 완화를 위해 해당 보강 부재의 두께를 증가시키거나 부재의 수를 증가시키는 방법을 사용 할 수 있음
- 도출된 프레임 취약부들은 재료 자체의 항복응력보다 훨씬 낮은 수준의 응력이 발생하여 앞서 언급된 바와 같이 정식기의 신뢰성에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 판단되나, 구성품의 위치 변화나 구조변경이 발생할 경우에는 분석 결과가 크게 달라질 수 있으므로 새로운 해석을 수행해야 함
- 한 예로, 현재 배터리의 위치는 정식기의 앞부분에 부착되어 있는데, 현 구조상으로는 배터리 및 정식부, 구동부 등이 앞부분에 집중됨으로써 경사지에서 작업 시 정식기가 전복되거나 하는 등의 문제가 발생할 우려 가 있음
- 이를 방지하기 위하여 배터리의 위치를 B/C 사이의 위치로 이동시키면 적절한 하중분배와 더불어 조향 바퀴의 지면과의 접지력이 향상되어 조향에도 유리할 수 있음
- 이와 같이 변경될 경우 구조적인 면에서는 A/D 위치의 응력이 자연스럽게 감소할 것이나, B/C 위치의 응력은 증가하게 되므로 충분한 보강이 필요할 것으로 판단되며, 발생 응력의 크기 및 이로 인해 도출될 수 있는 문제점 파악을 위해서는 새로운 해석을 추가로 수행해야 함

**③ 정식부 삼날 정적 강도평가**

○ 정식부 삼날 시험조건 도출(예비시험)

- 정식기를 구성하는 여러 부품 중 육묘된 작물을 토양에 옮겨 심는 식부장치는 핵심 장치로써 복잡한 작동형태를 가짐. 특히 식부삼날은 정식 작업시 토양이나, 자갈, 돌 등에 의해 반복적 하중을 받게 되므로 충분한 내구/신뢰성을 필요로 함
- 본 연구에서는 정식기 식부삼날의 신뢰성 향상 및 내구시험을 위한 기반 데이터 확보를 위해 정적 강도 평가를 우선 수행함. 신규개발 및 기존 식부삼날에 대한 정적 강도평가를 수행, 그 결과를 비교하고자 하였으며 본 시험에 앞서 기존 상용 삼날을 이용하여 예비시험을 수행, 이를 통해 시험 조건을 도출하고자 하였음
- 정하중 예비시험에는 25ton 용량 유압식 구조시험기를 사용하였으며, 앞서 분석된 바와 같이 수직방향 압축 응력을 가하는 형태로 하여 분당 10mm의 일정 변위속도로 시험을 수행함. 그림70에 시험에 사용된 시험장치와 시험전후 시편의 모습을 나타내었으며, 그림71에 시험 과정을 나타냄
- 예비시험 결과 그림 71에 나타난바와 같이 시험이 진행됨에 따라서 식부삼날 끝단에 집중된 하중에 의해 둥글게 말리는 형상으로 변형되는 것을 확인할 수 있음. 삼날의 재료가 연성재이며, 과도하게 집중된 응력 등으로 인해 이와 같은 현상이 발생한 것으로 판단됨

- 그림 72는 예비시험을 통해 도출된 하중-변위선도로 약 550kgf 까지 하중이 증가하다가 삼낱 끝단이 변형됨에 따라 하중이 감소하는 것으로 나타남. 삼낱 끝단이 일정수준 변형된 후에는 다시 하중이 증가하는 경향을 나타내었으며 1ton 이상의 압축하중이 부가될 때 까지 계속하여 변형됨



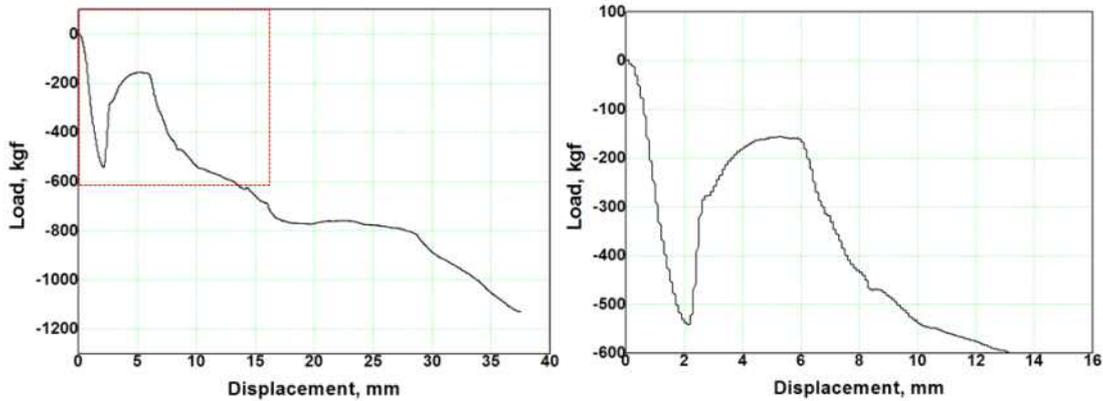
<그림 70. 정하중 예비시험 장치 및 시험편(기존 상용 삼낱)>



<그림 71. 정하중 예비시험 진행 모습(기존 상용 삼낱)>

○ 정식부 삼낱 정적 강도평가

- 예비시험 결과를 바탕으로 본시험을 위한 전용 지그를 새롭게 제작하여 기존 및 신규 식부삼낱에 대한 정하중 시험평가를 수행함

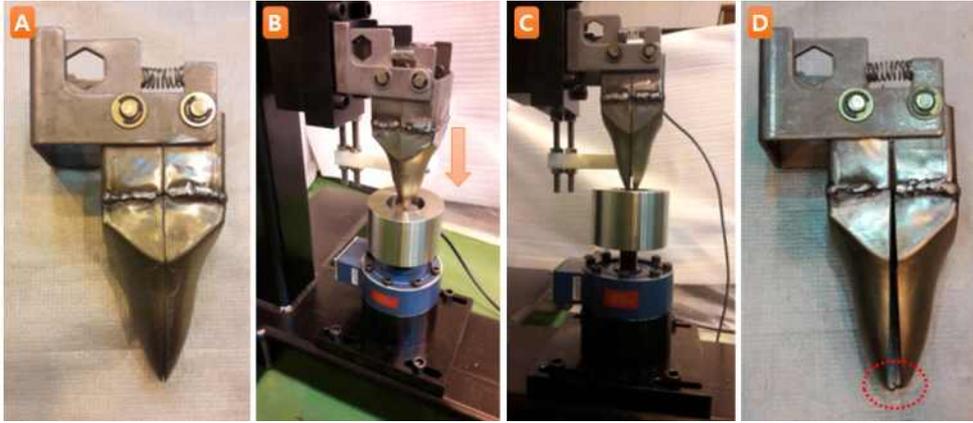


<그림 72. 정하중 예비시험 결과(하중-변위선도)>

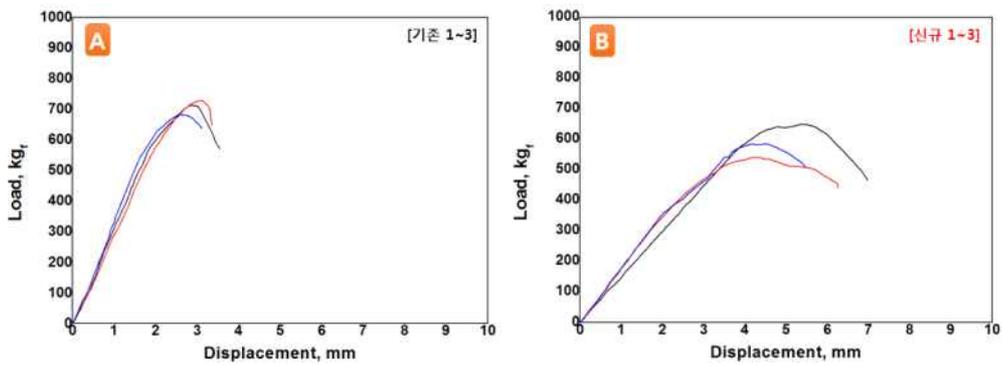
- 예비시험에 적용된 시험 속도가 일반적인 압축시험 속도에 비해 과도하게 부여된 점을 참고하여 본시험에서는 3 mm/min의 속도로 식부삽날에 하중을 가하였으며, 하중이 증가하다가 최대하중에 도달한 후, 하중이 최대하중의 60% 수준까지 감소되면 시험을 종료함
- 그림 73~74는 정하중 본시험 모습을 나타낸 것으로 (A)에 시험 전 시험편 형상, (B)~(C)에 시험 진행 모습, (D)에 시험 종료 후 시험편 형상을 나타냄
- 시험 종료 후 DAQ 시스템을 통해 시험 중 실시간으로 저장된 하중 및 변위 데이터를 이용하여 P- $\delta$  선도를 도출한 후 그림 75와 같이 제시함
- 기존 삽날에 대한 시험 결과 최대하중과 최대 하중점 에서의 변위는 각각 평균 707.9 kgf 및 2.87 mm로 측정되었으며, 정하중 시험 후 모든 기존품의 시편 끝단 부분에서 파손이 발생됨
- 기존품 2 및 3의 경우, 시편 끝단 양날이 가운데 방향으로 함몰되는 형태의 파손이 일어났으며, 기존품1에서는 시편 끝단 양날이 같은 방향으로 굴절되며 파손됨
- 신규 삽날에 대한 시험 결과 최대하중과 최대 하중점 에서의 변위는 각각 평균 591.8 kgf 및 4.6 mm로 측정됨. 정하중 시험 후 신규 식부삽날의 파손 형태를 살펴보면 기존품과 같이 모두 시편 끝단 부분에서 파손이 발생하였으며, 시편 끝단 양날이 가운데 방향으로 함몰되며 파손이 발생함



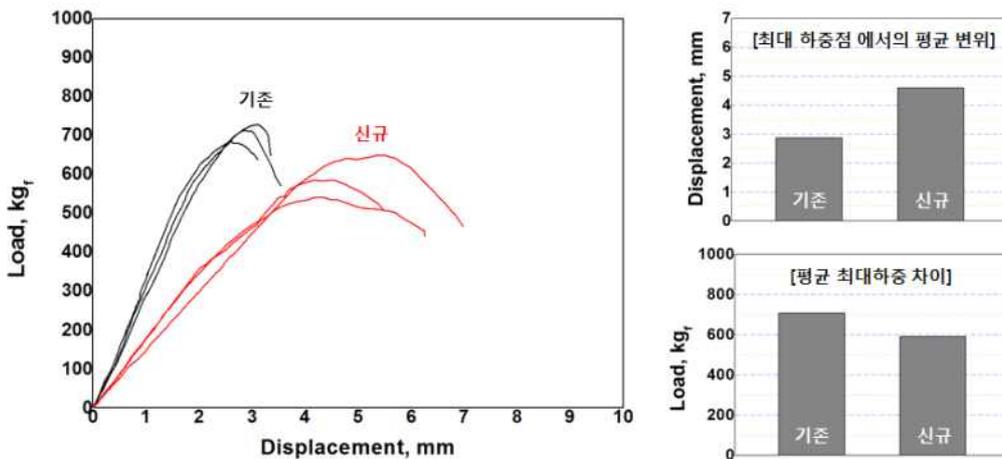
<그림 73. 정하중 본시험 진행(기존삽날)>



<그림 74. 정하중 본시험 진행(신규삽날)>



<그림 75. 정하중 본시험 결과(하중-변위선도)>



<그림 76. 정하중 본시험 결과 비교분석>

- 그림 76에 기준 및 신규 식부삽날의 정하중 시험 결과를 비교하여 나타냄. 두 식부삽날 모두 시편의 끝단에서 파손되었는데, 이는 정적 하중에 의한 식부삽날의 취약부가 끝단 부위라는 것으로 판단할 수 있음

- 그림에 따르면 기존 식부삽날의 평균 최대하중이 신규 식부삽날에 비해 약 16% 높은 것으로 나타났으며, 최대 하중이 나타나는 지점의 변위의 경우, 기존 식부삽날이 신규 식부삽날에 비해 약 60% 짧게 나타남. 또한, 같은 변위에서 받는 하중이 기존품이 신규품보다 높게 나타나는 경향을 보이는 것을 알 수 있음
- 정적 강도측면에서 신규 식부삽날이 기존 식부삽날에 비해 최대 강도가 낮은 것으로 판단할 수 있으나, 정식기 사용시 500kgf 이상의 한번에 삽날이 변형될 정도로 강한 하중이 발생되지는 않으므로 실사용에 대한 식부삽날의 강도로써는 충분한 수준인 것으로 판단됨
- 특히, 실제 식부 삽날의 내구성에 영향을 줄 수 있는 인자는 반복적으로 가해지는 비교적 낮은 수준의 충격하중으로 볼 수 있으며, 이러한 측면에서 볼 때 기존 식부삽날에 비해 낮은 강성을 가지는 신규 식부삽날이 유리하다고 볼 수 있음
- 본 시험 결과를 토대로 정하중 조건에서의 신규개발 삽날 신뢰성을 검증하였으며, 2차년도에 기존 및 신규 삽날에 대해 반복충격하중을 고려한 내구시험을 수행하기 위한 기반 데이터로 활용 가능할 것으로 판단됨

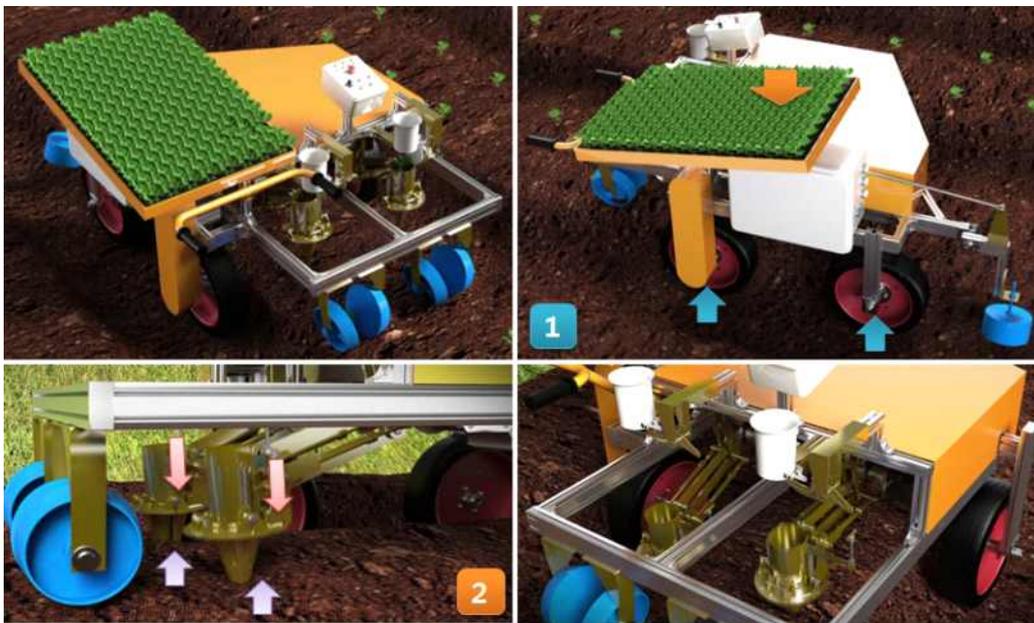
#### (나) 정식기 구조물 및 핵심부품의 내구성 및 신뢰성 향상방안 연구(배추정식기)

##### ① 편이정식기 내구 / 신뢰성 기반조건 분석

###### ○ 편이정식기 사용하중/경계조건 분석

- 정식기는 포장지가 아닌 험지(밭 등)에서 사용되므로 농지의 굴곡 및 토양에 포함된 자갈, 돌 등에 의하여 반복적 하중이 가해지며, 이러한 반복하중은 정식기 구조물 및 핵심부품의 내구/신뢰성에 악영향을 미치게 됨
- 따라서 정식기 구조물 및 핵심부품의 내구/신뢰성 확보를 위하여 본 연구에서는 정식기 프레임에 대한 구조해석을 수행하여 취약부위를 도출 한 후 구조개선을 수행하고, 식부 핵심 부품인 삽날에 대한 내구수명 평가 및 고찰을 통해 삽날 수명개선 방안을 제시하고자 함
- 그림1은 편이정식기 가동하중조건을 간략히 도식화하여 나타낸 것으로 1차년도 분석과 핵심은 동일함. 정적인 상황의 경우 배터리, 모판, 구조물 등의 자중에 의한 수직 아랫방향 하중과, 지면에 접하는 바퀴에서 발생하는 수직 위쪽 방향 반력으로 구분할 수 있음
- 정식기가 가동될 경우 이러한 조건 외에 노면의 굴곡 등에 의한 동하중이 추가적으로 발생할 수 있으며, 이와 같은 반복적 동하중은 정식기 프레임 및 핵심부품의 내구수명을 감소시킴
- 본 연구에서는 정적인 상태에서의 구조해석을 수행하여 취약부를 분석하고 이에 대한 개선안을 도출하는 것을 범위로 하였으므로 구조해석 시 동하중에 의한 영향을 고려하지 않았음
- 구조적 취약부(상대적으로 큰 하중이 발생하는 부위)에서 대부분의 피로파손이 일어나는 것을 고려할 때 정식기 가동에 의해 발생하는 동하중을 고려하지 않더라도 프레임 구조 개선에 활용하는 것에는 문제가 없을 것으로 판단됨

- 구조해석 수행 시 해석의 효율 향상을 위해 일부 파트를 제거할 필요가 있으며, 제거된 부분이 프레임 해석 결과에 영향을 미칠 것으로 판단될 경우 이러한 부분을 반영하기 위해 자중에 의한 수직방향 힘과 이로 인해 발생하는 모멘트 등 다양한 형태의 경계조건을 추가적으로 부여해야함
- 그림 77에 나타난 것과 같이 정식기가동시 삼날은 묘를 정식하는 단계에서 토양 및 자갈 등에 반복적으로 부딪히게 되며, 이러한 반복하중이 삼날에 마모 또는 변형을 동반한 파손을 일으킬 수 있음
- 따라서 삼날의 내구수명을 평가하기 위해서는 삼날에 수직한 방향으로 반복적인 압축하중을 가하는 방식으로 시험이 수행되어야 함



<그림 77. 편이정식기 가동하중조건(1-프레임 외력 및 반력, 2-식부삼날 작동 및 반력)>

○ 구조해석을 위한 재료물성 분석

- 본 연구에서 개발된 편이정식기에는 다양한 소재가 사용되었으나, 정식기 프레임에는 1차년도와 동일하게 구조용 강, 알루미늄, 스테인레스 스틸 등이 사용됨. 이에 프레임에 사용된 세가지 재료에 대한 기계적 물성을 표1과 같이 제시함

② 편이정식기 프레임 구조해석

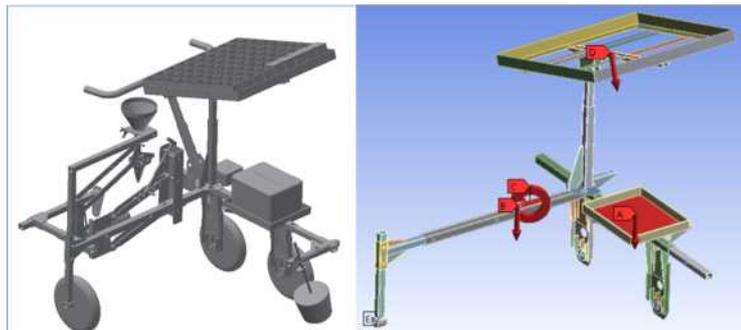
○ 1차모델 구조해석 및 취약부 개선방향 도출

- 내구/신뢰성 기반조건 분석 결과를 바탕으로 1차 모델에 대한 구조해석을 수행함. 해석의 효율 및 신뢰성 향상을 위하여 해석 결과에 직접적으로 영향을 미치지 않는 부분은 제거하였으며, 구조 개선에 필요하지 않으나 제거함으로써 구조해석 결과에 영향을 미칠 수 있는 부분은 따로 경계조건을 부여함
- 해석에 사용된 절점(node) 수는 약 618,300개, 요소(element) 수는 약 282,600 개로 요소의 형상은 프로그램에 의해 자동적으로 생성되도록 함

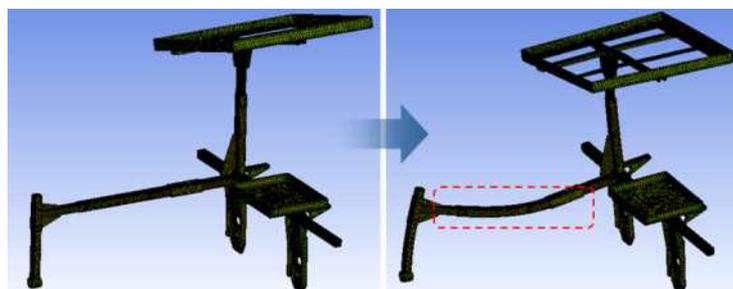
<표 13. 구조해석에 사용된 재료물성>

	Aluminum Alloy		Structural Steel		Stainless steel	
	값	단위	값	단위	값	단위
Density	2770	$kg \cdot m^{-3}$	7850	$kg \cdot m^{-3}$	7750	$kg \cdot m^{-3}$
Young's Modulus	71	GPa	200	GPa	193	GPa
Poisson's Ratio	0.33	-	0.3	-	0.31	-
Bulk Modulus	69.6	GPa	167	GPa	169	GPa
Shear Modulus	26.7	GPa	76.9	GPa	73.7	GPa
Tensile Yield Strength	280	MPa	250	MPa	207	MPa
Compressive Yield Strength	280	MPa	250	MPa	207	MPa
Tensile Ultimate Strength	310	MPa	460	MPa	586	MPa

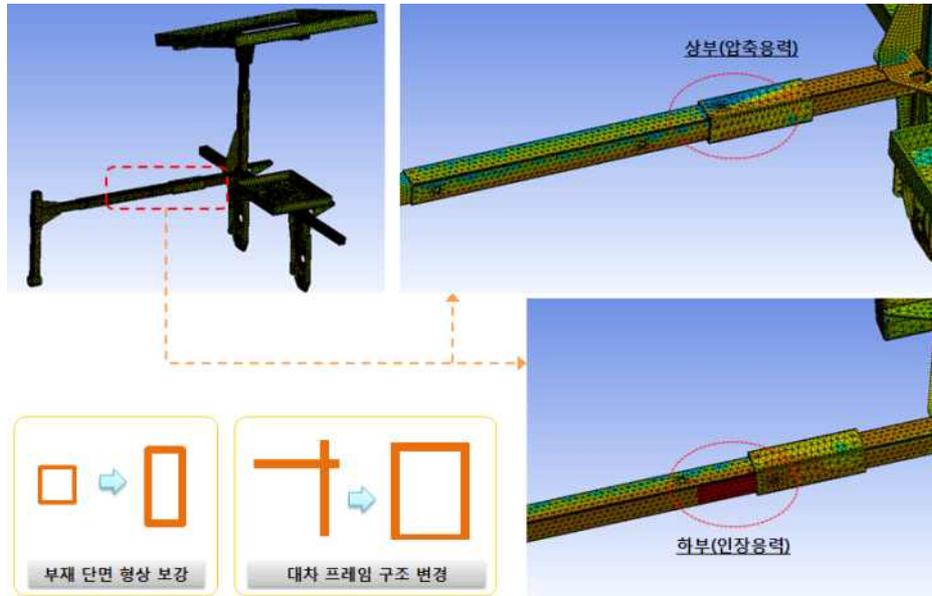
- 배터리 및 정식부 조립체를 해석에서 제외하면서 배터리 자중에 의한 수직 아래 방향 하중 176N과 정식부 조립체에 의한 수직 아래방향 하중 100N을 부가하였으며, 정식부 조립체에 의해 발생하는 모멘트 15N·m를 추가적으로 부가함. 바퀴가 장착되는 축에 지면과 바퀴 사이 반력을 모사할 수 있도록 경계조건을 부여함



<그림 78. 1차 모델 3차원 형상 및 경계조건 부여>



<그림 79. 1차 모델 구조해석 결과(프레임변형)>

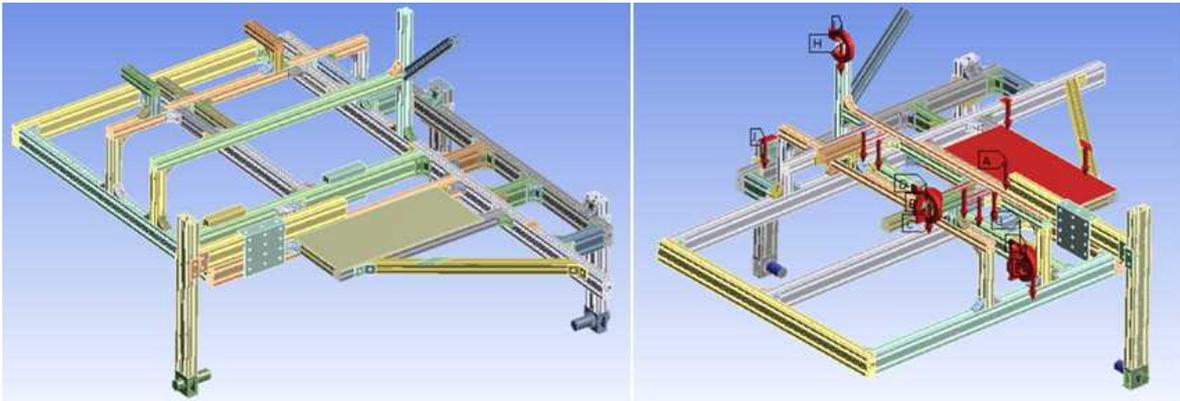


<그림 80. 1차 모델 구조해석 결과(취약부 분석)>

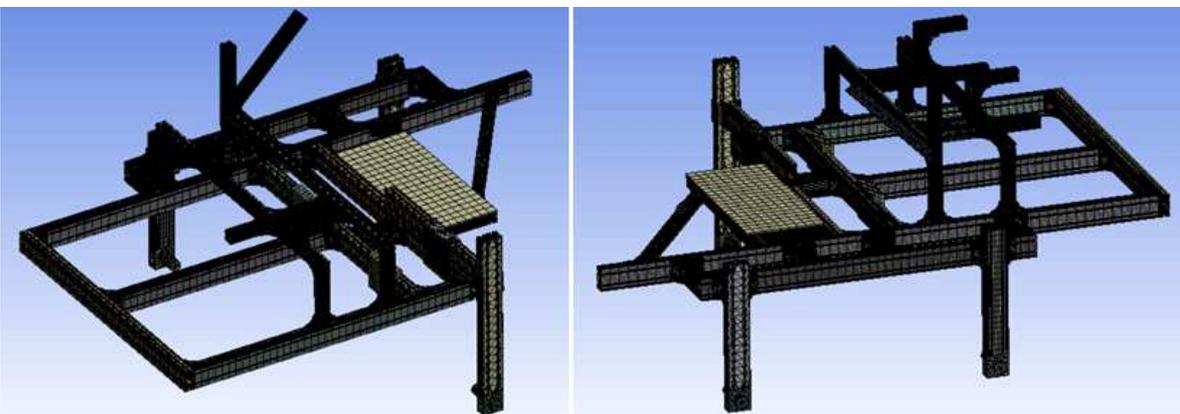
- 그림 79는 구조해석 결과 나타난 프레임의 변형을 보여주며, 변형 이미지는 변형된 부분을 쉽게 구분할 수 있도록 스케일을 과장해서 표현함. 확인 결과 붉은 박스 내부의 부재(구조용 강)에서 최대 변형 및 하중이 발생하는 것을 확인할 수 있음
- 그림 80과 같이 해당 부재의 상부는 압축응력, 하부는 인장응력이 발생하였으며 등가응력(von- Mises) 기준으로 약 10MPa 내외로 나타남. 해당 응력의 크기는 프레임에 사용된 재료의 물성을 고려할 때 미비한 수준이나, 실제运行时 발생할 수 있는 순간적인 충격하중 또는 항복강도 이하의 반복하중에 의한 피로파손이 발생할 수 있으므로 개선이 필요함
- 취약부의 경우 정식부에 의한 수직하중 및 모멘트의 영향이 큰 것으로 판단되며, 작업자에 의한 하중 발생 또는 묘판 무게 상승 등이 추가적으로 발생할 경우 비틀림 및 굽힘 하중에 취약한 프레임 구조로 판단됨
- 응력을 완화시키기 위해서 해당 부재를 그림 80에 나타난 것과 같이 단면 형상을 보강(단면적의 관성모멘트를 증가시킴)하거나 정식기 대차 프레임의 기본 형상을 □ 형상으로 변경함으로써 응력분포를 완화시킬 수 있음
- 단면형상 보강시에는 단순히 단면적의 관성모멘트를 증가시키는 것이 아니라 부재의 굽힘하중 방향을 고려하여, 중립축에 대한 면적관성모멘트를 증가시키면서 비틀림 방향을 고려하여 축의 길이방향 중심축에 대한 횡단면적의 극관성 모멘트를 함께 증가시킬 수 있는 방향으로 개선해야 함
- 또한, 일정한 부하조건 하에 있다고 가정할 경우 부재 단면형상 방향에 따라 소재의 부피(및 무게)증가 대비 면적관성모멘트의 크기 증가율이 상이하므로, 최소한의 부재 사용으로 최대의 면적관성모멘트를 확보할 수 있는 방향으로 개선이 필요함

## ○ 2차모델 구조해석 및 취약부 개선방향 도출

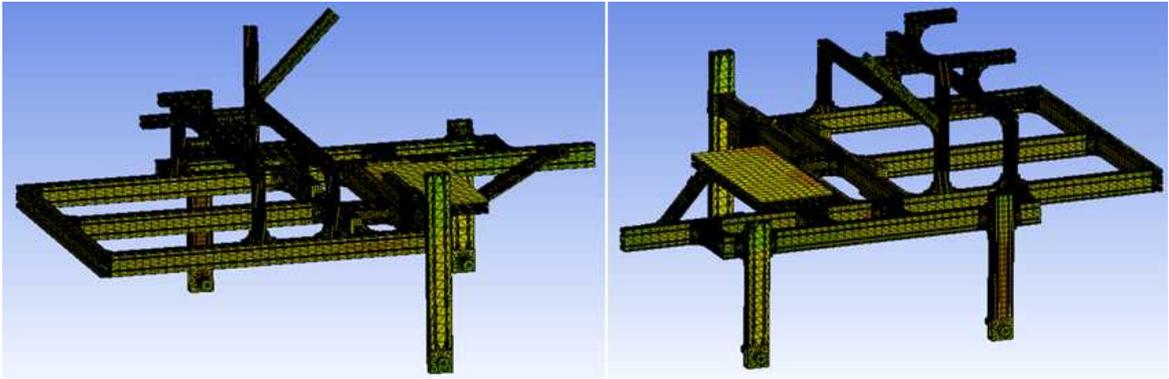
- 1차 구조해석 및 취약부 개선 방안을 참고하여 2차 모델이 설계됨. 1차 해석과 동일하게 해석의 효율 및 신뢰성 향상을 위하여 해석 결과에 직접적으로 영향을 미치지 않는 부분은 제거하였으며, 구조 개선에 필요하지 않으나 제거함으로써 구조해석 결과에 영향을 미칠 수 있는 부분은 따로 경계조건을 부여함
- 해석에 사용된 절점(node) 수는 약 3,765,400개, 요소(element) 수는 약 1,257,400개로 요소의 형상은 프로그램에 의해 자동적으로 생성되도록 함
- 배터리 및 정식부 조립체를 해석에서 제외하면서 배터리 자중에 의한 수직 아래방향 하중 176N과 정식부 조립체에 의한 수직 아래방향 하중 각각(2조식) 90N을 추가하였으며, 정식부 조립체에 의해 발생하는 단축 방향 모멘트 10.8N·m 및 장축방향 모멘트 23.4N·m를 각 조의 장착부에 추가적으로 추가함
- 또한, 묘판 및 묘판 가이드에 의해 발생하는 수직 아래방향 하중 40N 및 모멘트 8.8N·m, 바퀴 구동부 조립체에 의해 발생하는 수직 아래방향 하중 45N, 정식기 본체 덮개에 의해 발생하는 수직 아래방향 하중 200N을 각 지지부에 분산하여 추가하였으며, 바퀴가 장착되는 축에 지면과 바퀴 사이 반력을 모사할 수 있도록 경계조건을 부여함



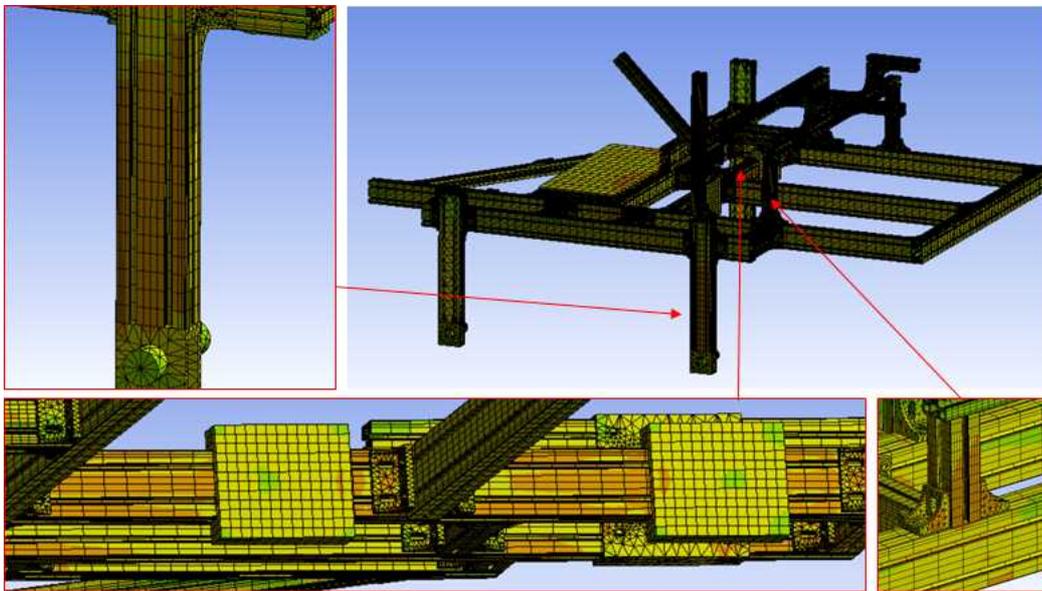
<그림 81. 2차 모델 3차원 형상 및 경계조건 부여>



<그림 82. 2차 모델 메쉬 생성>



<그림 83. 2차 모델 구조해석 결과>



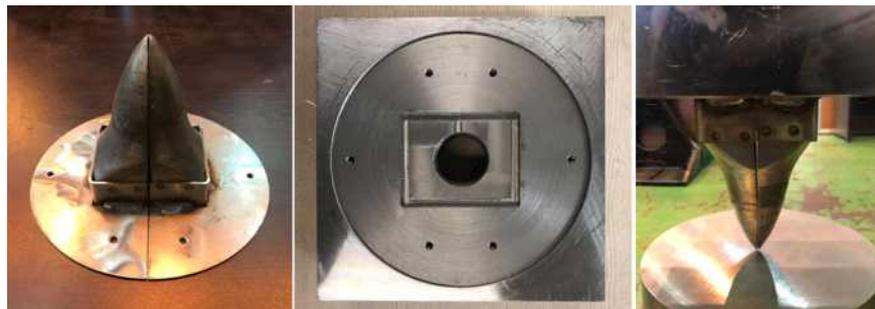
<그림 84. 2차 모델 취약부 분석>

- 그림 83은 2차 모델에 대한 구조해석 결과를 나타냄. 구조해석 결과 특별한 과다 응력 발생부위가 없이 대체적으로 응력 분산이 잘 되어 있는 것으로 나타남. 응력의 크기도 등가응력(von- Mises) 기준으로 대부분 10MPa 이하로 나타남
- 1차 모델과 마찬가지로 해당 응력의 크기는 프레임에 사용된 재료의 물성을 고려할 때 미비한 수준이나, 실제 운영시 발생할 수 있는 순간적인 충격하중 또는 항복강도 이하의 반복하중에 의한 피로파손이 발생할 수 있으므로 상대적 취약부위를 확인함
- 그림 84는 프레임 내 상대적 취약부위를 나타낸 것으로 정식부(2개조)가 부착되는 횡방향 부재와, 바퀴 구동부가 결합되는 위치의 고정부재, 정식기 본체 덮개를 지지하는 부재 일부 등임. 이 중 정식부가 부착되는 부재의 경우 정식기 가동시 발생하는 반복적 동하중에 의해 부재의 체결부에서 피로파손이 발생할 가능성이 상대적으로 높을 것으로 판단되며 따라서 체결부를 보강할 필요가 있을 것으로 판단됨

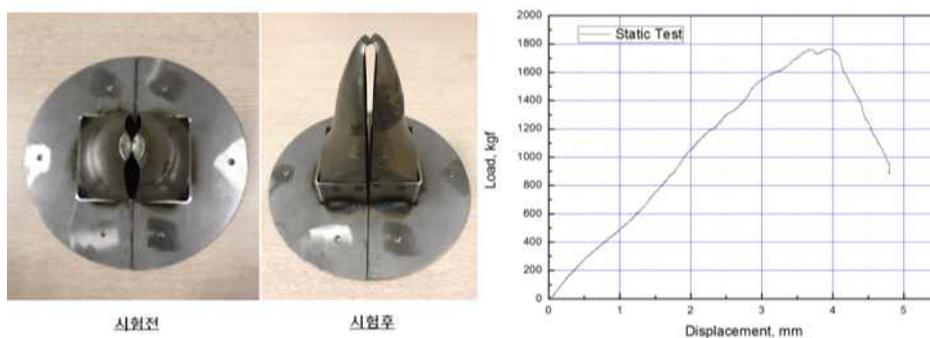
③ 정식부 삽날 내구성 평가

○ 정식부 삽날 피로수명 평가

- 정식기를 구성하는 여러 장치 중 정식부 삽날은 핵심 부품으로 작업 시 반복적인 하중을 받게 되며, 실제로 식부삽날의 파손이 발생하는 사례가 보고되고 있음. 이에 식부 삽날의 내구/신뢰성 확보를 위하여 1차년도에 식부삽날에 대한 정적강도 평가를 수행하였음
- 2차년도에는 새롭게 개발되는 정식기에 장착하기 위한 신규 식부삽날과 해당 신규 식부삽날의 성능 및 내구/신뢰성 향상을 목적으로 개선한 개선 식부삽날에 대하여 피로특성평가를 수행하고, 하중-피로수명 선도 도출 및 신규삽날과 개선삽날을 비교하여 피로특성의 향상성을 확인하고자 하였음
- 우선, 신규 식부삽날에 대하여 1회의 정하중 시험과 4회의 피로시험을 수행함. 피로시험 수행 전 하중조건 결정을 위한 정하중 압축 시험을 우선적으로 수행하였으며, 시험에는 25ton 용량 유압식 구조시험기를 사용하였음
- 그림 85에 시험편의 형상 및 지그형상, 시험 진행 모습을 나타내었음. 6개의 볼트를 사용하여 삽날을 지그에 체결하였으며, 식부삽날의 끝단이 파손될 경우 뿐만 아니라 삽날 상단의 용접부가 파손되는 경우까지 고려하기 위하여 5mm 깊이의 사각 홈을 지그에 가공함
- 수직방향 압축 응력을 가하는 형태로 하여 분당 1mm의 일정 변위속도로 시험을 수행하였으며, DAQ 시스템을 통해 시험 중 실시간으로 하중 및 변위를 측정하고 저장하였음



<그림 85. 신규삽날 정하중 압축시험>

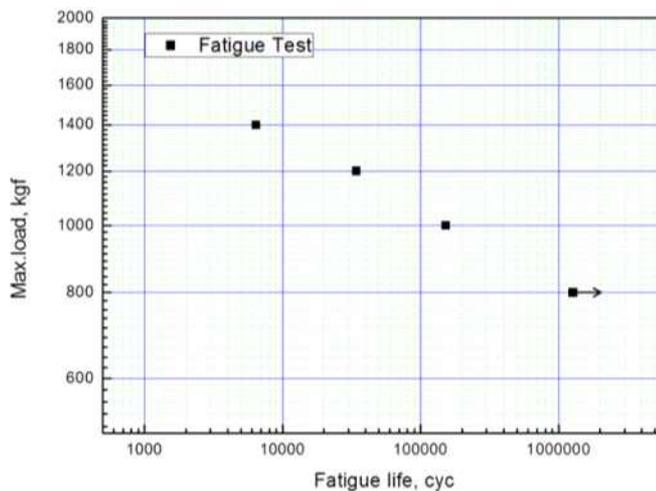


<그림 86. 신규삽날 정하중 압축시험 결과>

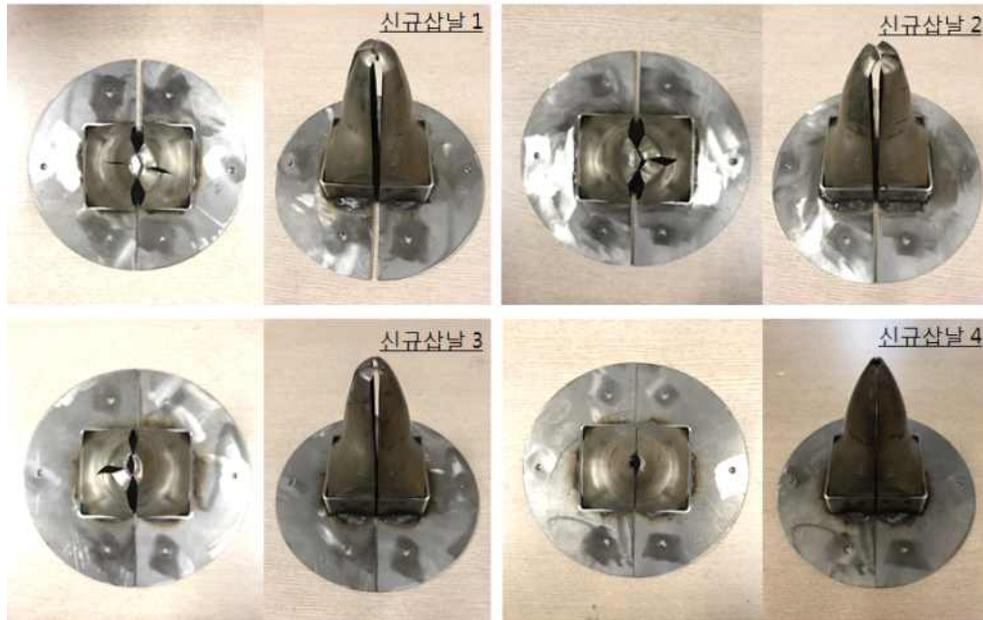
- 시험 결과 최대하중과 최대하중점 에서의 변위는 각각 1,764kgf 및 3.94mm로 나타남. 정하중 시험에서는 시편 끝단 부분에서 파손이 발생되었으며, 시편 끝단 양 날이 안쪽으로 함몰되는 형태의 파손이 일어남. 신규 식부삽날의 정하중 압축시험 후 시편의 모습 및 획득한 하중-변위 선도를 그림 86에 나타냄
- 신규삽날에 대한 정하중 시험 후 총 4건의 피로시험을 추가로 수행함. 피로시험 최대하중은 정하중시험 결과를 토대로 설정하였으며, 하중 비(R)를 0.1로 하여 시험을 수행함. 식부삽날이 변형되며 파손될 때 까지 시험을 수행하였으며, 시험이 종료되면 시험 하중과 피로수명을 기록함
- 시험 결과 3개의 시험편에 대하여 피로 파단이 일어나기 직전 수십 Cycle 내에 시험편이 급격히 변형되면서 시험이 종료되는 것을 확인함. 최대하중 800kgf로 시험한 시험편의 경우 1,273,600 cycle 까지 파손이 일어나지 않았으며 이는 공학적 측면에서 무한수명으로 간주할 수 있음
- 파손이 일어난 3개의 시험편 모두 시편의 끝단 부분에서 파손이 발생하였음. 또한, 시편 끝단 양날이 안쪽으로 함몰됨과 동시에 끝단 측면에 압축방향과 동일한 방향으로의 균열이 발생하며 파손이 일어남
- 각 피로시험의 최대하중과 피로수명을 표13에 나타내었으며, 시험을 통해 획득한 하중-피로수명 선도를 그림 87에 나타냄. 또한 시험이 완료된 4개의 시험편에 대하여 시험 후 모습을 그림 88에 나타냄

<표 14. 신규 식부삽날 피로시험 결과>

구분	최대하중 [kgf]	피로수명 [cycle]	비고
신규삽날 1	1,400	6,426	파손
신규삽날 2	1,200	34,435	파손
신규삽날 3	1,000	152,405	파손
신규삽날 4	800	1,273,600	비파손



<그림 87. 신규 식부삽날 하중-피로수명 선도>



<그림 88. 피로시험 완료 후의 신규 식부삽날>



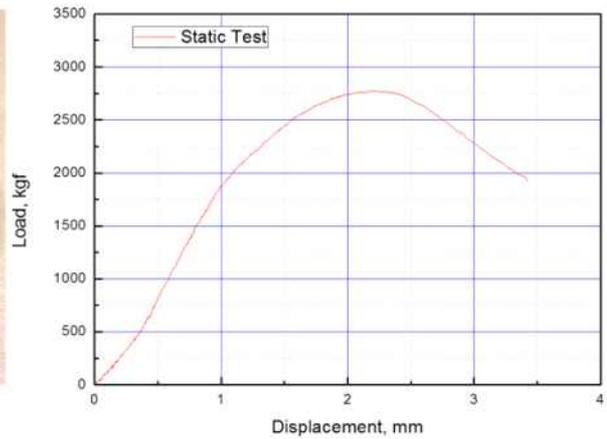
<그림 89. 개선삽날 정하중 압축시험>

- 신규 식부삽날에 대한 시험 후 개선 식부삽날에 대하여 1회의 정하중 시험과 5회의 피로시험을 수행함. 신규삽날과 동일하게 피로시험 수행 전 하중조건 결정을 위한 정하중 압축 시험을 우선적으로 수행하였으며, 동일한 구조시험기를 사용하였음
- 그림 89에 시험편의 형상 및 지그형상, 시험 진행 모습을 나타내었음. 신규삽날과 동일한 방식으로 삽날을 지그에 체결하였으며, 식부삽날의 끝단이 파손될 경우 뿐 아니라 삽날 상단의 접합부가 파손되는 경우까지 고려하기 위하여 5mm 깊이의 원형 홈을 지그에 가공함
- 수직방향 압축 응력을 가하는 형태로 하여 분당 1mm의 일정 변위속도로 시험을 수행하였으며, DAQ 시스템을 통해 시험 중 실시간으로 하중 및 변위를 측정하고 저장하였음



시험전

시험후

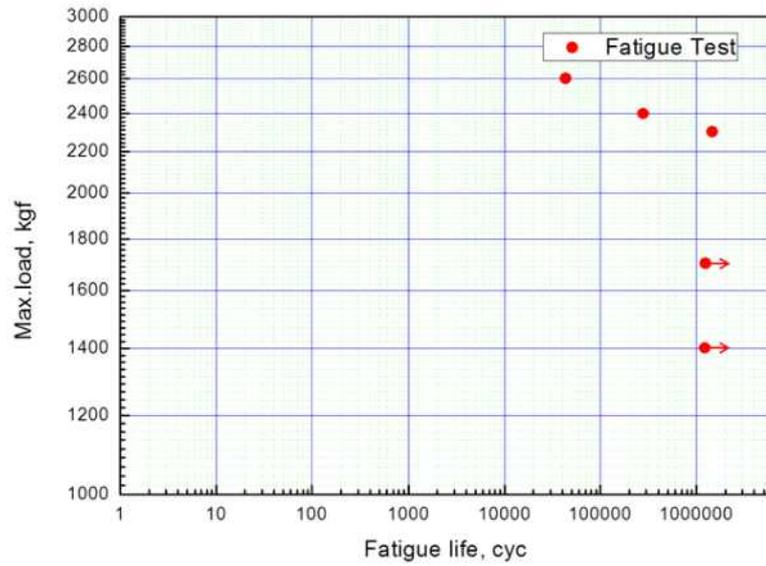


<그림 90. 개선삽날 정하중 압축시험 결과>

- 시험 결과 최대하중과 최대하중점 에서의 변위는 각각 2,744kgf 및 2.22mm로 나타남. 정하중 시험 결과 시험 끝단 부분에서 파손이 발생되었으며, 시험 끝단 양 날이 가운데 방향으로 구부러지는 파손양상을 나타냄. 개선 식부삽날의 정하중 압축시험 후 시험의 모습 및 획득한 하중-변위 선도를 그림 90에 나타냄
- 개선삽날에 대한 정하중 시험 후 총 5건의 피로시험을 추가로 수행함. 신규삽날과 동일한 절차로 피로시험 최대하중은 정하중시험 결과를 토대로 설정하였으며, 하중 비(R)를 0.1로 하여 시험을 수행함. 식부삽날이 변형되며 파손될 때 까지 시험을 수행하였으며, 시험이 종료되면 마찬가지로 시험 하중과 피로수명을 기록함
- 시험 결과 식부삽날이 파단시점 부근에서 급격히 변형되면서 시험이 종료되는 것을 확인함. 파손된 시험편 모두 시험 끝단 부분에서 파손이 발생하였으며, 시험 끝단 양 날이 가운데 방향으로 구부러지며 파손이 일어남
- 각 피로시험의 최대하중과 피로수명을 표14에 나타내었으며, 시험을 통해 획득한 하중-피로수명 선도를 그림 91에 나타냄. 또한 시험이 완료된 5개의 시험편에 대하여 시험 후 모습을 그림 92에 나타냄

<표 15. 개선 식부삽날 피로시험 결과>

구분	최대하중 [kgf]	피로수명 [cycle]	비고
개선삽날 1	2,600	43,748	파손
개선삽날 2	2,400	278,684	파손
개선삽날 3	2,300	1,458,699	파손
개선삽날 4	1,700	1,220,344	비파손
개선삽날 5	1,400	1,244,058	비파손



<그림 91. 개선 식부삽날 하중-피로수명 선도>

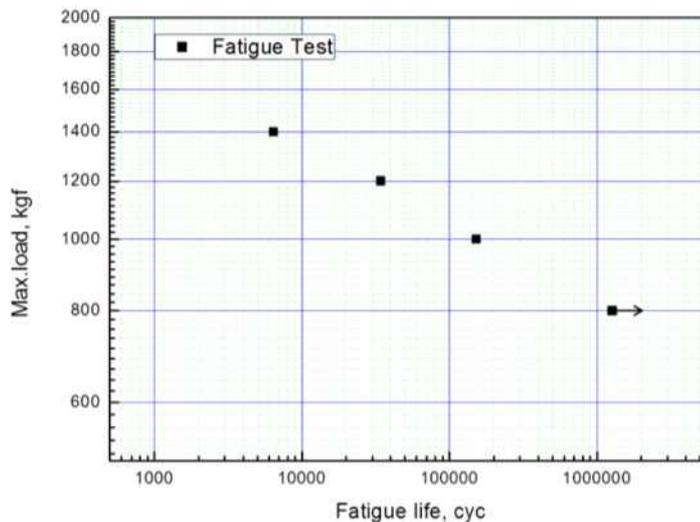


<그림 92. 피로시험 완료 후의 개선 식부삽날>

- 시험 결과 최대하중과 최대하중점 에서의 변위는 각각 1,764kgf 및 3.94mm로 나타남. 정하중 시험에서는 시편 끝단 부분에서 파손이 발생되었으며, 시편 끝단 양 날이 안쪽으로 함몰되는 형태의 파손이 일어남. 신규 식부삽날의 정하중 압축시험 후 시편의 모습 및 획득한 하중-변위 선도를 그림 93에 나타냄
- 신규삽날에 대한 정하중 시험 후 총 4건의 피로시험을 추가로 수행함. 피로시험 최대하중은 정하중시험 결과를 토대로 설정하였으며, 하중 비(R)를 0.1로 하여 시험을 수행함. 식부삽날이 변형되며 파손될 때 까지 시험을 수행하였으며, 시험이 종료되면 시험 하중과 피로수명을 기록함
- 시험 결과 3개의 시험편에 대하여 피로 파단이 일어나기 직전 수십 Cycle 내에 시험편이 급격히 변형되면서 시험이 종료되는 것을 확인함. 최대하중 800kgf로 시험한 시험편의 경우 1,273,600 cycle 까지 파손이 일어나지 않았으며 이는 공학적 측면에서 무한수명으로 간주할 수 있음
- 파손이 일어난 3개의 시험편 모두 시편의 끝단 부분에서 파손이 발생하였음. 또한, 시편 끝단 양날이 안쪽으로 함몰됨과 동시에 끝단 측면에 압축방향과 동일한 방향으로의 균열이 발생하며 파손이 일어남
- 각 피로시험의 최대하중과 피로수명을 표15에 나타내었으며, 시험을 통해 획득한 하중-피로수명 선도를 그림 94에 나타냄. 또한 시험이 완료된 4개의 시험편에 대하여 시험 후 모습을 그림 95에 나타냄

<표 16. 신규 식부삽날 피로시험 결과>

구분	최대하중 [kgf]	피로수명 [cycle]	비고
신규삽날 1	1,400	6,426	파손
신규삽날 2	1,200	34,435	파손
신규삽날 3	1,000	152,405	파손
신규삽날 4	800	1,273,600	비파손



<그림 93. 신규 식부삽날 하중-피로수명 선도>



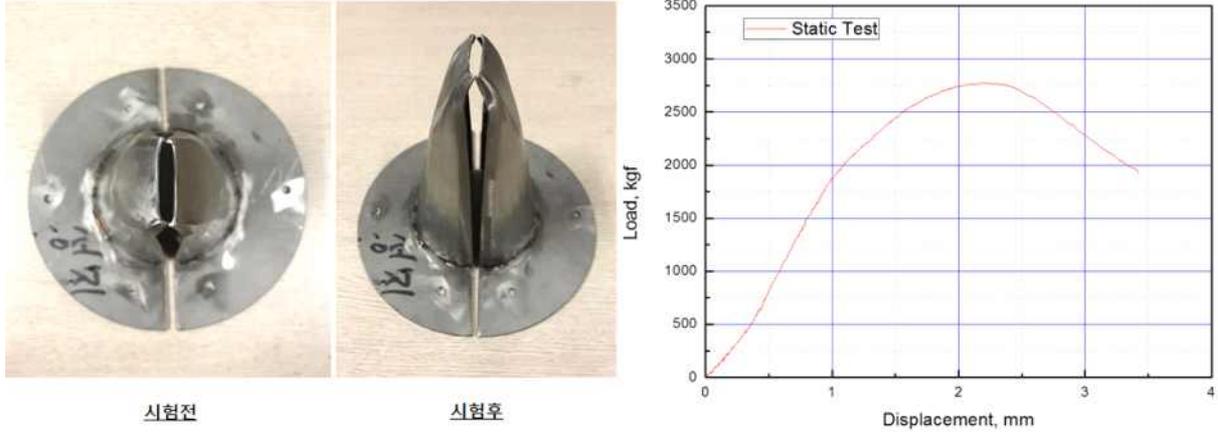
<그림 94. 피로시험 완료 후의 신규 식부삽날>



<그림 95. 개선삽날 정하중 압축시험>

- 신규 식부삽날에 대한 시험 후 개선 식부삽날에 대하여 1회의 정하중 시험과 5회의 피로시험을 수행함. 신규삽날과 동일하게 피로시험 수행 전 하중조건 결정을 위한 정하중 압축 시험을 우선적으로 수행하였으며, 동일한 구조시험기를 사용하였음
- 그림 95에 시험편의 형상 및 지그형상, 시험 진행 모습을 나타내었음. 신규삽날과 동일한 방식으로 삽날을 지그에 체결하였으며, 식부삽날의 끝단이 파손될 경우 뿐 아니라 삽날 상단의 접합부가 파손되는 경우까지 고려하기 위하여 5mm 깊이의 원형 홈을 지그에 가공함

- 수직방향 압축 응력을 가하는 형태로 하여 분당 1mm의 일정 변위속도로 시험을 수행하였으며, DAQ 시스템을 통해 시험 중 실시간으로 하중 및 변위를 측정하고 저장하였음

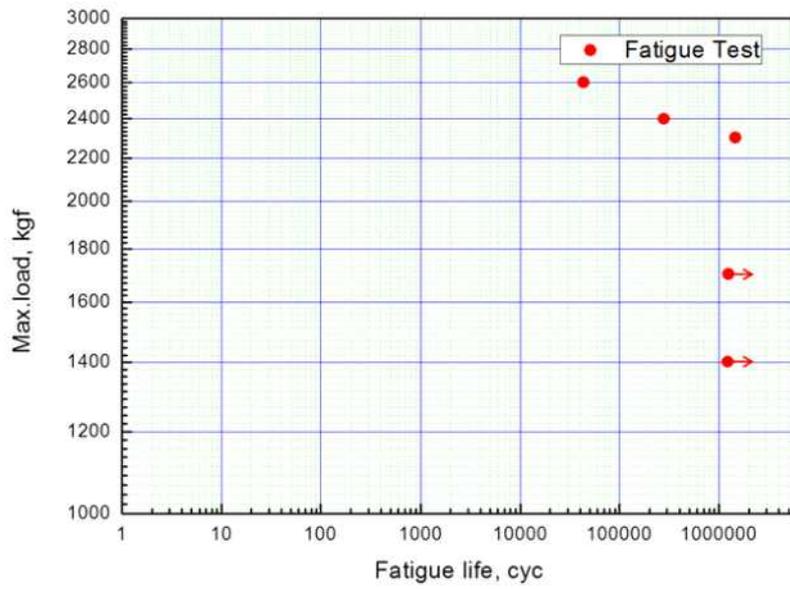


<그림 96. 개선삽날 정하중 압축시험 결과>

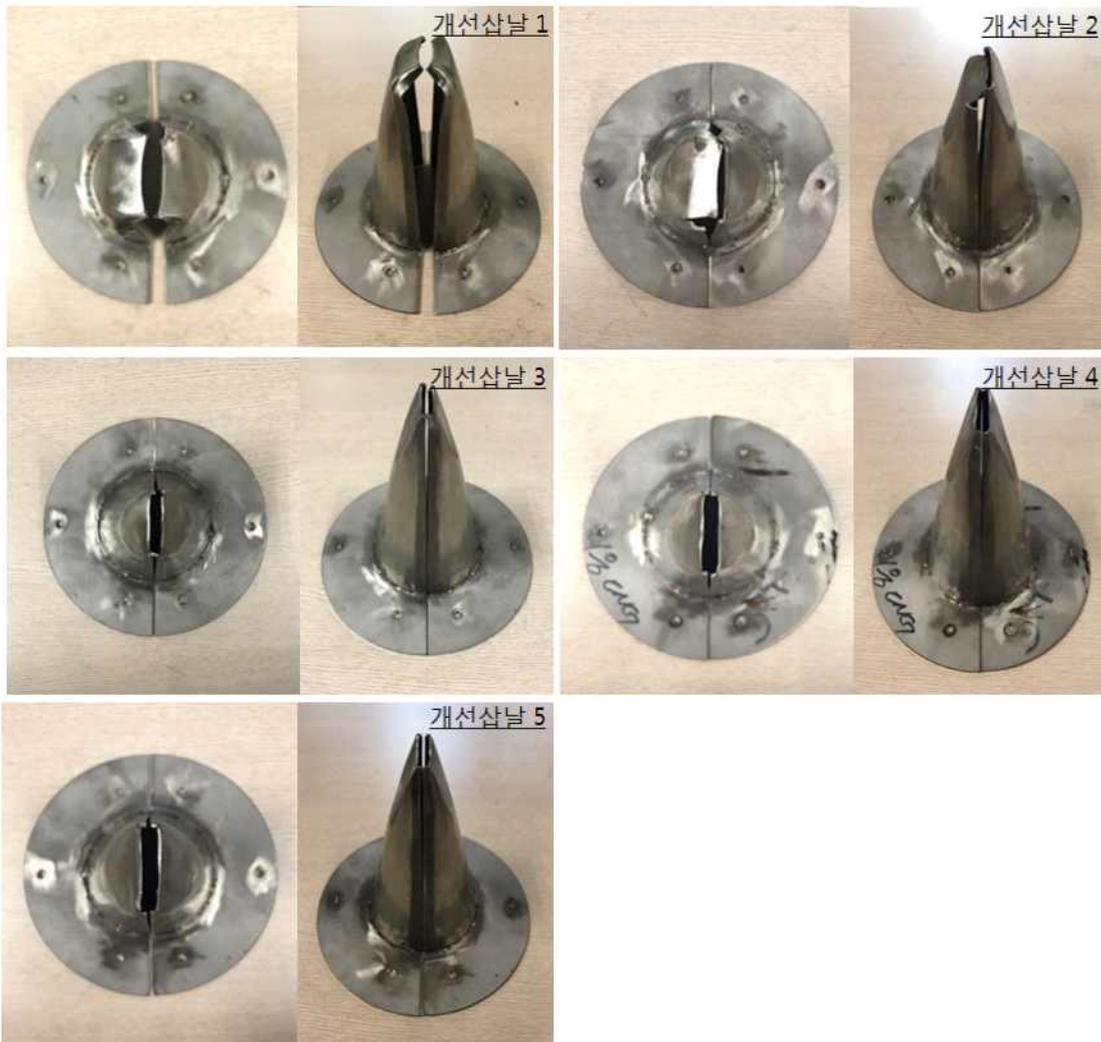
- 시험 결과 최대하중과 최대하중점 에서의 변위는 각각 2,744kgf 및 2.22mm로 나타남. 정하중 시험 결과 시험 끝단 부분에서 파손이 발생되었으며, 시험 끝단 양 날이 가운데 방향으로 구부러지는 파손양상을 나타냄. 개선 식부삽날의 정하중 압축시험 후 시험의 모습 및 획득한 하중-변위 선도를 그림 96에 나타냄
- 개선삽날에 대한 정하중 시험 후 총 5건의 피로시험을 추가로 수행함. 신규삽날과 동일한 절차로 피로시험 최대하중은 정하중시험 결과를 토대로 설정하였으며, 하중 비(R)를 0.1로 하여 시험을 수행함. 식부삽날이 변형되며 파손될 때 까지 시험을 수행하였으며, 시험이 종료되면 마찬가지로 시험 하중과 피로수명을 기록함
- 시험 결과 식부삽날이 파단시점 부근에서 급격히 변형되면서 시험이 종료되는 것을 확인함. 파손된 시험편 모두 시험 끝단 부분에서 파손이 발생하였으며, 시험 끝단 양 날이 가운데 방향으로 구부러지며 파손이 일어남
- 각 피로시험의 최대하중과 피로수명을 표16에 나타내었으며, 시험을 통해 획득한 하중-피로수명 선도를 그림 97에 나타냄. 또한 시험이 완료된 5개의 시험편에 대하여 시험 후 모습을 그림 98에 나타냄

<표 17. 개선 식부삽날 피로시험 결과>

구분	최대하중 [kgf]	피로수명 [cycle]	비고
개선삽날 1	2,600	43,748	파손
개선삽날 2	2,400	278,684	파손
개선삽날 3	2,300	1,458,699	파손
개선삽날 4	1,700	1,220,344	비파손
개선삽날 5	1,400	1,244,058	비파손



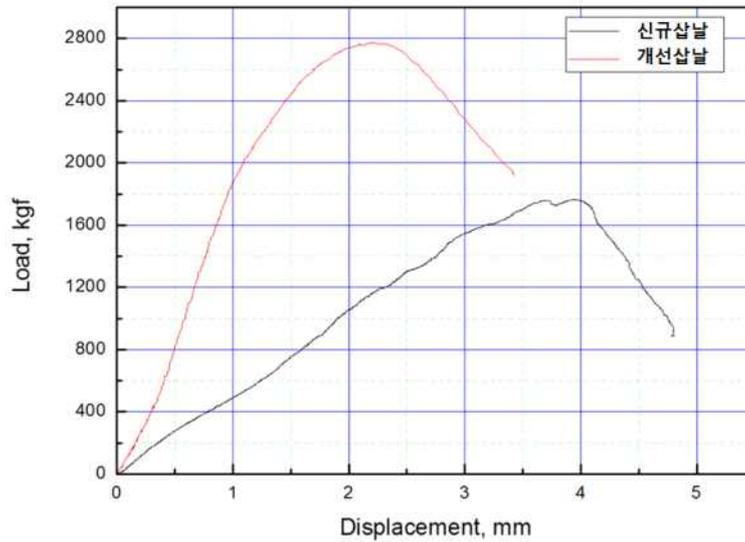
<그림 97. 개선 식부삽날 하중-피로수명 선도>



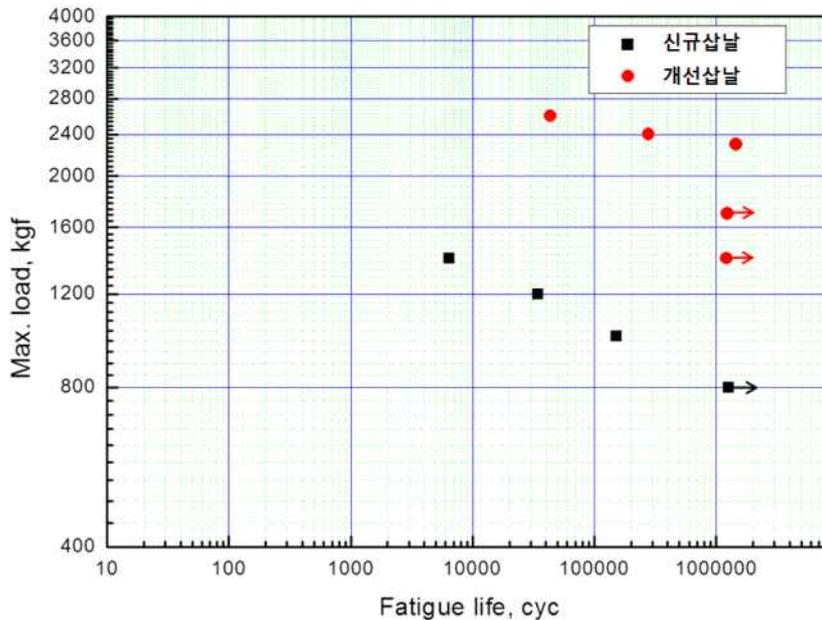
<그림 98. 피로시험 완료 후의 개선 식부삽날>

○ 시험결과 분석 및 정식부 삽날 수명개선 방안 연구

- 신규 및 개선 식부삽날에 대한 정하중 시험 및 피로시험을 수행한 결과, 두 식부삽날 모두 시험의 끝단에서 파손되었는데, 이는 수직 방향 반복하중에 의한 식부삽날의 취약부가 삽날의 끝단 부위라는 것으로 판단할 수 있음
- 그림 99에 제시된 정하중 압축시험 결과를 살펴보면, 개선 식부삽날의 최대하중이 신규 식부삽날에 비해 약 58% 높은 것으로 나타남. 또한, 그림 100에 제시된 신규 식부삽날과 개선 식부삽날의 하중-피로수명 선도 비교에서 신규 식부삽날에 비하여 개선 식부삽날의 피로특성이 더 우수함을 확인할 수 있음



<그림 99. 정하중 압축시험 결과비교>



<그림 100. 피로시험 결과비교>

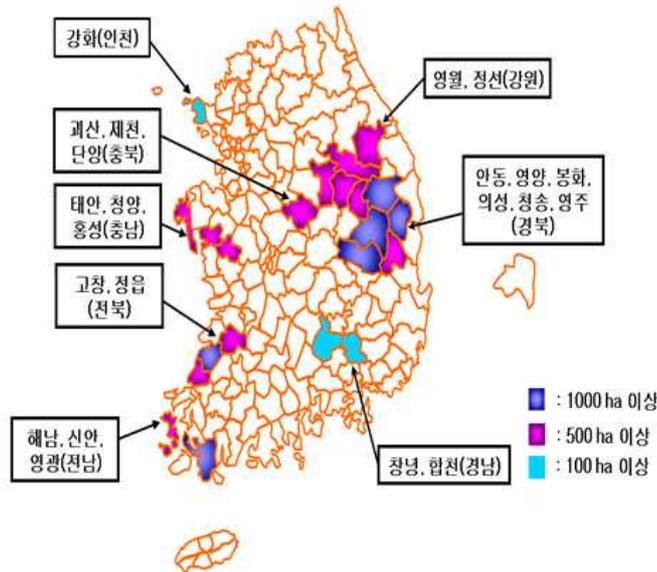
- 수직 방향 하중에 대한 취약 부위가 샅날의 끝단 부위로 신규 샅날에 비하여 개선 샅날의 끝단 강성 및 강도가 우수하며, 이러한 차이가 두 샅날의 피로수명의 차이를 만들어냄. 따라서 고 하중 영역에서의 피로수명을 향상시키기 위해서는 샅날이 토양 및 자갈 등과 직접 맞닿는 샅날의 끝단 부분의 강도/강성 설계 최적화가 필요함
- 그러나, 반복적으로 가해지는 낮은 수준의 동하중을 파손의 원인으로 볼 경우 강도 및 강성 증가가 피로수명의 증가를 보장하지 못할 수 있음. 그림 100에 나타난 바와 같이 500kgf 이하의 반복하중에서는 두 가지 샅날 모두 공학적 측면에서의 무한수명을 가지는 것을 알 수 있음
- 낮은 수준의 매우 긴 시간동안 발생하는 반복하중의 경우 샅날 끝단이 아닌 상단 접합부 또는 샅날이 부착되는 구조물 등으로 하중이 전달되어 해당 부위의 응력집중부위에서 균열 발생 및 진전을 통해 파손될 수도 있으며, 이러한 파손을 방지하기 위해서는 샅날의 끝단뿐만 아니라 샅날 내 접합부(용접 등) 및 샅날이 장착되는 결합부 등의 균열발생 및 진전을 방지하기 위한 응력 분산 설계가 필요함
- 마지막으로 이러한 결론은 피로수명 관점에서의 결론으로 샅날의 개선을 위해서는 정식 작업의 효율(결주율, 육묘의 이식각도 및 깊이 등)을 종합적으로 고려하여 설계해야 함. 두 가지 변수를 모두 고려하여 설계할 경우 피로수명 향상과 정식작업 효율 사이에 상충되는 상황이 발생할 수 있으며, 이는 설계자의 판단에 따라 정식기의 내구/신뢰성 및 효율 특성이 달라질 수 있음을 의미함

< 협동과제 4 > 결과물의 검증 및 보급 확대방안 수립 [농업기술실용화재단]  
 (가) (1차년도) 현장실증을 위한 T/B 사업 기획 추진

① 고추 편이정식기 보급 및 현장 실증을 위한 현황조사 결과

㉞ 고추 재배 현황 조사 결과

- 고추는 조미채소로서의 비중이 가장 크며, 거의 국내 전 지역에서 생산되지만 시도별로 많이 재배하는 주산지가 있음.
  - 주요 주산지는 경북 안동이 가장 넓은 재배면적과 가장 많은 생산량으로 나타났으며, 그 다음으로는 경북 영양 등의 순으로 나타남
  - 고추의 1인당 소비량은 최근 들어 크게 증가하는데 반해 재배면적과 생산량은 농촌의 노동력 부족으로 지속 감소하는 추세임
  - 고추 생산량 감소 및 수입량 증가로 자급률은 점차 감소되고 있는 실정임
  - 재배 농가는 약 714호 이며, 주산지별 재배 면적은 0.1 ha 미만은 60.8%, 0.1~0.5 ha는 35.8%, 0.5~1.0 ha는 2.7%, 1.0 ha 이상은 2개 지역으로 대부분 매우 영세한 규모를 보임
  - 더불어 필지가 분산되어 있고 필지 당 면적이 적어 기계화 여건이 불리하며, 경사지가 많아 경지정리 등 밭작물 기계화 생산기반 정비가 필요함



<그림 101. 국내 고추 주요 생산 지역 분포도<sup>9)</sup>>

- 재배인구 고령화로 인한 고추 재배를 위한 자동화 기기 개발 수요 지속 증가
  - 전국 고추 생산량은 2006년 116,914톤에서 2015년 97,697톤으로 약 19,200톤 감소하였음
  - 고추의 재배 면적 감소는 농촌 노동력 감소와 인건비 상승 등에 따른 고추 생산 비용 증가와 중국산 등 수입산 고추의 국내 시장 진입 증가 등에 따른 것임

9) 자료: 원예작물 주산지 통계(국립원예특작과학원, 2007)

<표 18. 고추 주산지 재배면적<sup>10)</sup>(2016년)>

구분	재배면적(ha)	생산량(	구분	재배면적	생산량
경기 화성	427	1,037	전북 고창	806	2,755
강원 영월	405	1,050	전북 부안	245	892
충북 충주	261	612	전남 순천	270	737
충북 제천	434	1,168	전남 나주	297	694
충북 청원	346	1,019	전남 화순	190	490
충북 보은	234	578	전남 해남	782	2,592
충북 괴산	527	1,337	전남 무안	299	1,037
충북 음성	181	460	전남 영광	410	1,104
충북 단양	604	1,638	전남 진도	377	1,206
충남 공주	201	570	전남 신안	736	1,997
충남 청양	506	1,575	경북 경주	268	691
충남 홍성	241	740	경북 안동	1,456	4,630
충남 예산	282	888	경북 영주	358	1,070
충남 태안	418	1,490	경북 영천	220	575
전북 정읍	536	1,382	경북 상주	309	906
전북 김제	261	825	경북 의성	815	2,479
전북 완주	222	699	경북 청송	674	2,055
전북 진안	496	1,764	경북 영양	1,190	3,556
전북 무주	266	887	경북 예천	399	1,112
전북 임실	403	1,368	경북 봉화	960	2,872

- 인건비 등 생산 비용 감소를 위해 노동력을 대체할 수 있는 편이 정식기 도입이 필요하며, 편이 정식기 도입시 고추 주산지 특성에 맞는 기계가 요구됨
- 시설재배 풋고추는 약간 감소 추세이나 조미채소 고추는 최근 크게 증가하고 있어 '12년도 기준 농업생산액 중 약 4.2%, 채소 중 8.4%를 차지하는 작목임.
- 고추의 1인당 소비량은 최근 들어 크게 증가하는 추세이며, 고추 생산량 감소 및 수입량 증가로 인하여 자급률은 떨어지는 추세임.
- 재배양식은 평두둑, 둥근두둑 재배로 이랑 및 식부 규격은 지역에 따라 차이가 많고, 지역 및 재배형태별 재배양식이 다양하여 표준재배 양식의 개발 보급이 필요

㉠ 고추 재배 작업 환경 분석

○ 고추는 우리나라 전역에서 재배 중이며, 재배 시 인력 소모가 많은 작목임

- 고추는 높은 온도에서 잘 성장하는 친근성 작물이며, 4계절이 뚜렷한 우리나라 지역에서는 봄철에는 비닐피복작업이 필요하고 여름철에는 배수가 잘 되도록 관리하여야 함

10) 자료: 고추 주산지 시·군 생산량(통계청, 2016)

<표 19. 고추의 재배면적, 생산량, 생산액 추이<sup>11)</sup>>

구분		2000년	2005년	2010년	2012년
재배면적(천ha)		75	61	45	46
생산량(천t)		194	161	95	104
생산액 (억원)	시설재배 풋고추	4,665	2,882	2,774	2,739
	조미채소 고추	10,439	8,606	8,322	15,969

<표 20. 밭작물(고추,배추)의 1인당 소비량, 자급률 추이<sup>12)</sup>>

구분		2000년	2005년	2010년	2012년
고추	시설재배 풋고추	4,665	2,882	2,774	2,739
	조미채소 고추	10,439	8,606	8,322	15,969
1인당 소비량(kg)		39.7	30.2	41.7	51.6
배추	배추 추정 소비량(천t)	1,866	1,454	2,060	2,580
	배추 추정 생산량/소비량(%)	169	160	87	70

- 또 가을철에는 수확기간의 연장을 위해 비닐로 덮는 일 등의 여러 가지 작업이 추가되며, 연작장해, 영양생리장해 진단 및 대책이 필요한 작물임
- 고추는 육묘, 파종, 이식, 방제, 제초, 수확 등의 작업을 거쳐 생산됨
- 고추의 기계화율은 50.5%로 밭작물 평균 55.7%에 비해 약간 낮으나 이는 경운, 방제, 비닐피복 등의 높은 기계화율 때문이며 노동이 많이 필요한 이식과 수확은 전적으로 인력에 의존함.

<표 21. 고추 재배의 작업별 노동시간, 기계화 수준 조사 결과>

구분	노동시간 (h/10a)	노동 비율 (%)	기계화 정도	기개발 기계류
계	173.7	100		
묘상관리	13.0	7.5	●	채소 육묘용 파종기
경운·정지	8.4	4.8	●	로터베이터, 두둑성형기
이식	15.6	9.0	●	고추이식기, 휴대형 인력이식기
분담관리(지주대 설치)	19.2	11.0	● ☆	비닐피복기
시비	5.0	2.9	●	동력살분무기, 점적관수
제초	5.2	3.0	●	보행관리기
방제	13.9	8.0	●	동력분무기, 방제자동릴
수확·운반(일시수 확)	81.3	46.8	× ○	일시수확용 고추 예취기, 탈과기
건조	8.7	5.0	●	건조기, 세척기
기타(고추대처리)	3.4	2.0	☆	

주) ●보급활발 ●보급초기 □실용화 단계 ○연구 중 ☆ 연구 필요 × 기계화 곤란

11) 자료: 농림축산식품부 주요통계 (농림수산물산부, 2006, 2013)

- 고추 재배 주요 작업의 기계화수준은 이식, 수확, 지주대 설치 및 제거, 제초 등 관리작업은 거의 인력에 의존하고 있으며, 그 이외의 작업은 기계화가 이루어짐
- 특히 기기살포(경운기 또는 트랙터 부착형 비료 살포기 사용) 및 의 재배면적과 생산량은 농촌의 노동력 부족 현상 등으로 지속적으로 감소하고 있음

<표 22. 고추작목의 재배 방법 별 재배 시기<sup>13)</sup>>

작형	파종기	이식기	수확기
촉성재배	10월중~10월하	12월중~12월하	2월상순~6월중순
반촉성재배	12월중~2월상	2월하~2월상	4월중순~10월하순
터널재배	1월하~2월중	4월하~5월상	6월하~10월중
노지(조숙)재배	2월상~2월하	5월상~5월중	6월하순~11월상순

㉔ 정식기개발 현황조사를 위한 유사제품 조사 결과

- (주)동양물산(TVP-1 다목적 이식기), (주)국제기계(KTP-30 채소이식기) 등이 시장에 출시되어 있음
  - 기존에 개발되어 있는 동양기계의 TVP-1는 시간당 약 10a 면적의 정식이 가능하며, 국제종합기계의 KTP-30는 시간당 약 8a 면적의 정식이 가능함
  - 또한 엔진을 사용하고 있어 흙에서 주행하기 쉽고 경사조절이 가능함
  - 정부에서는 농기계 구입이 어려운 농가에게 농기계를 임대함으로써 농기계 구입 부담을 경감하고 농촌 일손부족 해소하기 위해 농기계 임대사업을 추진하고 있음
  - 위에서 검토된 동양기계 TVP-1, 국제종합기계 KTP-30은 농기계 임대사업 대상 기계이며, 일 임대비용은 동양기계 TVP-1은 약 40,000원/일, 국제종합기계 KTP-30은 약 15,000원/일임
  - 고추 농사의 경우 대규모로 농사를 짓는 농가가 몇 안 되기 때문에 대부분 인력 혹은 이식기를 임대하여 정식을 할 것으로 판단됨

㉕ 농기계 제조업체의 발농업기계화 R&D 개발 의향 조사 결과

- 설문에 응답한 112개 제조사는 정부의 발농업기계화 추진 정책에 높은 기대를 걸고 있음
  - 농기계 제조업체들은 마늘과 양파, 감자, 고구마용 농기계 개발에 관심이 높음
  - 기계화가 시급한 이식과 수확작업에 관심을 가진 농기계 업체들이 있어 정부의 연구개발비 지원 등 업체에게 유인책을 제공하면 연구개발이 활발할 것으로 추정
  - 잡곡의 경우, 관심을 가진 제조업체가 적어서 공공기관 중심의 연구개발이 필요하다고 판단됨
  - 이미 개발된 농기계가 존재하는 마늘쪽분리기나 감자 종편절단기 등을 비롯하여 비닐제거 등에 개발의향이 집중된 것은 기존제품의 성능 개선여지가 높다는 것으로 해석됨

12) 자료: 농림축산식품부 주요통계 (농림수산물산부, 2006, 2013)



<그림 102. 정식기(이식기) 비교>

② 현장조사 및 전문가 자문을 통한 정식기 개발 전략 수립

- 발작물 농기계 생산에 농기계 제조업체가 소극적으로 대처로 해당R&D 발전 어려움
  - 발작물 농기계는 특성상 정밀성이 요구되어 농기계 개발이 어렵고 다품목 소량 생산이 불가피하여 금형 개발 등 생산비가 많이 소요됨
  - 발작물 농기계를 구입할 농가수가 많지 않고, 그나마 분산되어 있어 농기계 생산에 대한 채산성이 불투명함
  - 발작물 농기계 생산업체는 중소기업으로 R&D 및 생산설비 투자가 미흡
  - 자본과 기술력을 갖춘 대기업은 수요가 많은 벼농사 농기계 생산 공급에 치중함

○ 정식기 개발 사업 추진전략 수립 결과 <표. 22>

- 본 건에 대하여 과제수행 협력기관과 공유 하여 정식기 개발 추진함
- 전국 발작물 농경지의 40%(추정)는 중간산지에 위치한 소규모, 비정형, 경사지 형태로서 지금까지 영농작업의 기계화 대상에서 제외되어 왔으며, 고추 정식 시 쪼그리고 앉아 수행하는 작업 부하를 완화시키고자 편이 정식기를 개발함
- 특히 본 연구사업에서 추진하고자 하는 편이정식기는 기존의 (주)국제기계에서 판매중인 KTP-30 으로 판단하여 이를 바탕으로 보다 나은 제품을 개발코자 함.

③ 현장실증을 위한 T/B 구축 및 실증 사업 추진 결과

㉠ 고추용 편이정식기 제작방안 검토

○ 편이정식기 1안 및 2안 검토를 통해 개발방향 논의

- 1안(A형) : 동양농기계 유사 기능구현과 동시에 무게 및 크기 조절방안 제시

13) 자료: 표준영농기술(농촌진흥청, 2016)

- 2안(B형) : 여성고령자 조작편의성 중심 ‘단순제어형’ 기기로 식재부 조정(구체화) 필요성 공유
- 기존 정식기 구동메커니즘 논의 및 문제점 분석(두둑천공 오프라듬 현상, 천공 흠무너짐 현상 등)해결 방안 모색

<표 23. 고추정식기(1년차) 개발 추진 전략(안)>

<b>정식기 개발 추진전략</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <b>고령자, 여성농업인의 사용자 친화형 정식기술 연구</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고령자, 여성농업인용 핸들 편이조작 기술 개발</li> <li>- 고령자, 여성농업인의 정식기 최적 작업조건 연구</li> <li>- 정식작업부 최적구조, 정식시스템 분석</li> <li>- 고추모종 공급 장치 최적 구조 및 작업조건 연구</li> </ul> </li> <li>▶ <b>작목별 농경지 형태에 맞는 조지 구동 전동 장치 연구</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 노지 저속용 차동장치, 클러치 적용 기술</li> <li>- 재배 포장의 평균 경사도에 맞는 모터용량과 배터리 용량 분석</li> </ul> </li> <li>▶ <b>고령자, 여성농업인의 1인 기계사용을 위한 농가-경작지간 편이다목적 운반차 연구</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1일 정식 필요한 육묘판(20트레이/50공)운반 조건 분석</li> <li>- 노지용 정식기의 포장도로용 운반용 전동시스템 개발</li> </ul> </li> </ul>
----------------------------	--

<표 24. 경쟁제품 대비 개발예정인 정식기의 주요특징 비교 >

구분	목표	KTP-30
형식	보행식	보행식
조수	1조식, 2조식	1조식
정식장물	고추묘 및 채소묘정식	채소묘정식, 고추묘불가
구동방식	전동식 500W, 60AH이하	엔진식 3.4kW
크기	1,500×1,100×1,300	2,125×1,180×1,510
중량	120	180kg
바퀴폭 조절	내측 : 360~750mm 외측 : 1,170~1,550mm	내측 : 360~750mm 외측 : 1,170~1,550mm
경사조절 각도	0~16°	0~16°
주간거리	30~50cm	30~50cm
육묘 공급 방식	반자동식	수동식
작업속도	0.2~0.4m/s	0.2~0.4m/s
판매가격	4,000천원	4,900천원

- 편이정식기 시제기 제작방안 수립
  - 발작물(고추, 배추)의 재배 작형은 다음과 같으며, 시제기 제작시점이 7~8월로 ‘축성재배’ 양식에 적합한 지역인 남부지방을 테스트베드 지역으로 검토함
- 현장여건 정밀조사 및 여성, 고령자용 편이정식기 실증 최적 T/B 선정
  - 재배양식은 평두둑, 둥근두둑 재배로 이랑 및 식부 규격은 지역에 따라 차이가 많고 지역 및 재배형태별 재배양식이 다양하여 표준재배 양식의 개발 보급이 필요

<표 25. 편이 정식기 테스트베드 선정을 위한 고추 주산지 검토자료 결과>

지역	이랑 규격(cm)				식부규격(cm)			피복 여부	비고
	두둑 형상	두둑 폭	두둑 높이	이랑폭	식부 출수	조간	주간		
광주	평두둑	100	30	160	1	-	50	무피복	하우스
진주	등근두둑	70	30	90	1	50	30	무피복	하우스
화순	등근두둑	80	50	140	1	-	40	피복	노지
괴산	등근두둑	50	30	120	1	-	35	피복	
안동1	평두둑	76	16	150	2	35-40	25	피복	
안동2	등근두둑	50	25	140	2	30	40	피복	
고창	평두둑	100	10-15	130	2	40	36-45	피복	



<그림 103. 편이정식기 개발방향 협의회('16.2.24, 헬퍼로보틱 회의실)>

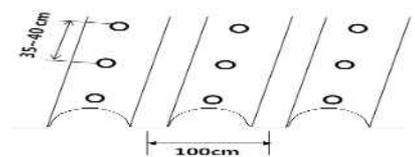
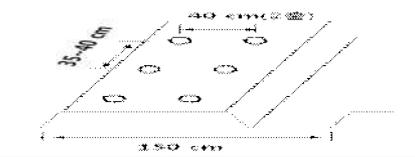
- 7월말 시제기 제작계획을 통해 적합한 지역 테스트베드 농가를 최초 안동(1개소), 진주(1개소)로 설정하였으나, 시제기 제작이 연기되어 9~10월 정식이 가능한 남부 지방인 경남 진주(2개소) 를 테스트베드 지역으로 선정함
- ('16.6.24) 편이 정식기 개발 완성도 점검 및 향후 보완 후 테스트 계획 협의
  - (헬퍼로보틱) 경상대 개발 초도품(7월말) 개선 후 완성품 제작(8월 말)
  - (조은농기계) 삼날형상자료를 경상대로부터 협조 받아 금형자체 제작예정이며, 타공 한계점 반영필요
  - (경상대) 조향 및 묘종투입부 작업자세 분석 후 사용자 편의성 고려 필요(묘종 공급은 컨베이어식)
  - (생기연) 도면의 모델링 및 구조해석을 위해 재질 데이터 필요(특정부분 선정 후 진행)
  - (실용화재단) 테스트베드 2개소로 잠정 추진 예정이며, 테스트베드 운영비용 및 경제성 분석항목 도출을 위한 전문가 활용방안 설명
- 고추재배 농가 2곳을 선정하고 제작된 시작품을 현장에 설치 운영 할 수 있는 기반 조성협의( '16.7.5)
  - (검정지) 검정 대상지(안동) 1개 농가 불가 → 변경 필요상황 확인
  - (검정환경) 정식시기 불일치로 시설고추 재배환경 하에서 테스트 진행(300평 규모, 1~2고랑 임차)

- (검정방법) 구동성능 및 정식 후 농작업 절감 가능성 전문가 자문, 정식묘 생육 모니터링 등 진행
- 진주지역 고추 정식 현황 파악 및 테스트베드 농가 담당자 면담(진주대곡농협 협조) ('16.8.11)
  - 진주지역 정식현황 자문(진주대곡농협) : 농가별로 인력 몰아주기식 품앗이를 진행하여 아직까지 정식에 큰 애로사항은 없는 상황이며, 편이정식기 활용 효능에 따라 활용여부가 결정될 것으로 보임
  - 테스트베드 대상농가(옥영주) 방문 및 의견수렴 : 여러농가에 동시다발적으로 활용되어야 정식기 가치가 극대화 될 수 있을 것으로 보임
    - (고랑길이) 60m, (이랑폭)
    - (두둑 폭) 50~70cm, (두둑높이) 30cm
    - (주간) 30cm, (조간) 50cm

<표 26. 고추 재배 양식 >

구분	재배양식				
	이랑폭(cm)	조간(cm)	주간(cm)	두둑형상	피복유무
고추	85~160	50~90	30~50	2종	○

<표 27. 고추재배 기계화 양식 >

구분	줄수(줄)	두둑폭(cm)	조간×주간(cm)	재식본수(ea/10a)	재배양식
1줄 재배	1	100	35~40	2,500~2,857	
2줄 재배	2	120	40×35~40	3,333~3,810	

- 테스트베드(진주, 2개소) 구축 시 발생 가능한 효과에 대한 검토 및 향후 경제성 분석을 위해 외부전문가(재, 한국산업관계연구원) 2명 위촉
  - 기종 효과 산출지표 설정 및 정식이후 생육 모니터링 등 장기자문 추진

<표 28. 국내 고추 주요 생산 지역 분포도14>

구분	성명	소속	직책	활용기간
경제성 분석	이정우	(재)한국산업관계연구원	센터장	'16.8.30~11.15 (약 2.5개월)
모니터링	박민	(재)한국산업관계연구원	연구원	'16.8.30~11.15 (약 2.5개월)

- (테스트베드1차, '16.8.30) 옥영주 농가 운영 결과(경남 진주시 가정리 753번지)
  - (구동 유무확인) 정상적으로 구동하나, 테스트베드(옥영주 농가)의 고추묘 정식 두둑폭이 계획된 50~70cm 대비 넓게 형성(80cm)되어 정식기 전진에 어려움 겪음



<편이정식기 식재 전>



<편이정식기 식재 구동>



<편이정식기 식재 종료>

<그림 104. 진주 테스트베드 농가 실증 시험>

- (자문위원: 강태경 박사, 농진청) 기기 성능점검 및 보완방향 제시
  - 전진바퀴 구동과 삼날부가 일체형 프로그래밍에 의한 움직임필요
  - 배터리는 동절기 배터리 방전에 의해 교체 필요한 문제 발생
  - 고추묘 탄창식 이동벨트 이송시 고추묘(30cm)이상 경우 손상 가능
  - 두둑의 상토가 단단할 경우 그 이상의 삼날부(경도) 보완 필요
- (오창준 대표, 헬퍼로보텍) 중저가 기기로서 제조가격이 목표치인 400만원에 맞추어 제작이 어려움 → 배터리 등 300만원 소요
- 동양농기계 정식기의 대당가격은 1,350만원에 이름
- (테스트베드2차, '16.9.20~21) 하갑순 농가(경남 진주시 대곡면 가정리 906)
  - 1차 테스트베드 구축 시 시제기 미비사항 보완
    - 전진바퀴 구동과 삼날부의 일체형 프로그래밍에 의해 움직임 개선
      - Stop&Go 방식으로 진행되나 삼날부 개폐 타이밍이 빨라 육묘의 일부 물림 현상 발생
    - 배터리는 제작비용 및 무게 문제 고려 기존 2개에서 1개로 줄였으나, 출력이 낮아지는 문제 발생
    - 고추묘 탄창식 이동벨트 이송시 식재 고추묘(20cm) 손상 없음
    - 두둑 삼날부 움직임 이상 없음

④ 외부 전문가 자문 운영을 통한 개발 및 개선방향 제안

- 외부 전문가를 활용하여 정기 자문회의, 현장 자문 및 평가회 등 개최

(나) (2차년도) 현장실증을 위한 T/B 추진 및 성과 분석(경제성, 홍보 등)

(1) 편이정식기 사업화를 위한 농업기계 국내외 동향 조사 결과

14) 자료: 원예작물 주산지 통계(국립원예특작과학원, 2007)

### ① 농업기계 정책 동향

- 정부는 농기계 산업 확대를 위해 지속적으로 투자를 추진중에 있음
  - 세계적으로 농업기계 산업은 인건비 절감 및 대규모 재배로 인하여 지속 성장하고 있으며, 국내의 업체 또한 지속적으로 그 역량을 강화하고 있음
  - 정부의 농업기계 산업 지원이 확대되고 IT 기술과 같은 신규기술과의 융합으로 국내 업체도 해외 업체와 경쟁 가능한 수준으로 기술력이 점차 향상되는 추세임
  - 2015년 24개 핵심 개혁과제 중 경제혁신 분야에서 ‘농수산업의 미래성장산업화15)’ 를 추진해옴
  - 더불어 2017년 문재인 정부 100대 국정과제 중 ‘누구나 살고 싶은 복지 농산어촌(81번)’, ‘농어업인 소득안전망의 촘촘한 확충(82번)’, ‘지속가능한 농식품 산업기반 조성(83번)’ 등을 추진함으로써 농업기계화 사업의 산업 발전 도모
- 정부는 발작물 관련 농기계 산업 확대를 위하여 R&D 및 사업화에 대거 투자 중임
  - R&D농기계 공동이용 확대, 발작물 기계 보급 과 일관 기계화 추진, 농산식품 가공시스템 기술개발 촉진, 고성능 융복합 신기술 개발, 농기계 이용관리제도 구축, 수출확대 및 산업 활성화를 위한 정책지원을 핵심으로 수행 중임
- 더불어 작업자의 안전과 환경오염 방지를 위한 농기계 정책에 부합하는 제품화 시급
  - 2013년, 환경부가 농기계 배기규제 시행(안)을 법으로 제정하여 동력 공급원이 엔진형식인 기존의 농업기계들의 사업화가 어려운 실정임
- 대부분의 정책들은 수요자(농민) 위주로서 농기계 산업 자체 발전에 필요한 장기발전 전략 및 비전에는 크게 미흡함
  - 정부의 대부분 지원 정책(투자 예산액)은 반도체, 자동차, 조선 등 대형 첨단기술 집중 지원에 초점이 맞춰져 있음
  - 농기계와 같은 기초기반 생산시스템 분야는 상대적으로 소외되고 있음
  - 농기계 산업의 규모가 크지 않아 산업 전반 및 해외에 있어서도 농기계 관련 정보에 갈급한 상황이므로 정확하게 진단이 필요
- 특히 본 사업에서 개발한 여성 및 고령자를 위한 편이정식기는 2013년에 개정된 농업기계화 촉진법(1978년 제정)과 부합함
  - 더불어 여성농업인을 위한 농업기계 개발 및 농업기계임대사업에 있어 여성농업인에게 임대 우선 등의 정책과 부합하는 성과물로 판단됨
  - 이에 2015년부터 본 R&D 사업으로 동 개발 기계는 엔진방식이 아닌 배터리 전력 공급 방식을 택함으로써 환경부의 정책과 부합하여 추후 시장 진입이 더욱 수월할 것으로 판단됨

### ② 농기계 기업동향

- 농업기계는 살아있는 생물과 토양을 다루는 ‘기계’ 로 고정밀, 고내구성 및 작업자를 고려하여 높은 안전도를 요구하는 기계 산업임
  - 농업 생산을 위한 기간 자본재 산업임에도 불구하고 자동차, 전기전자, 정보통신, 소재부품산업 등의 기술집약적 종합장치산업과 관계가 있고, 대부분 농번기에 사용하는 특수한 계절성을 가지는 다기종 소량 생산 산업에 해당됨16)

- 농업기계 구입 자금을 정부가 용자로 지원해주는 정책을 장기간 유지하여 일반적인 시장 경제처럼 순환되지 않음
  - 뿐만 아니라 농협의 ‘계통구매’로 인하여 농가 스스로 제품을 구매하고 사용하고자 하는 의지가 부족하여 국내 구매층 지속 발달이 어려운 실정임
    - \* 계통구매: 농협중앙회 차원에서 각 지역에 필요한 물량을 한꺼번에 구입하여 입찰 또는 단가계약하여 농자재 값을 낮추는 방식
- 국내 관련 산업인 자동차 분야의 생산기반기술 및 IT 적용 기술은 높은 수준을 갖고 있으나 농업분야에 활용이 미흡한 상태임
  - 엔진, 트랜스미션, 전자제어시스템 등 기존 경쟁력이 우수한 기술의 융합이 절실
  - 농기계를 수출하는 경우 단순하게 기계의 수출 뿐 만 아니라 환경에 적합한 품종, 농자재, 재배 기술 등을 함께 수출 가능하여 국가 브랜드 상승에 기여할 수 있는 중요한 산업임

<표 29. 농수산용 기계 분야 산업연관구조>

후방산업	농업용 기계	전방산업
농업용 기계용 소재 및 부품 가공 및 도장 모듈 Sub-system 조립	트랙터 및 그의 부속작업기 자주식 농잡업 기계 수확후 처리 시스템 및 그의 부속 작업기 원예 축산기계 및 시설 임업용기계 IT/BT 융합 시스템 및 스마트팜 시스템	농수산용 기계용 작업기 조립생산 판매 재배 등 관련 기술서비스 AS 등

- **국내업체동향**
  - 국내 농업기계관련 업체수는 약 450여개로 동양물산, LS엠트론, 국제종합기계, 대동공업과 같은 대기업과 종업원 50~10명 규모의 중견기업 30여개를 제외하면 약 400여개 업체가 종업원 50명 미만의 영세한 소규모 기업이 69%를 차지할 정도로 열악한 산업 구조임
  - 대/중견기업은 트랙터, 콤파인, 이앙기와 같은 논농사 중심의 제품을 주력기종으로 생산 판매하는 것으로 나타났으며 중소기업은 이의 기능확장 용도의 트랙터 부착작업기, 원예축산기계, 시설과 수확후 처리 기계 시스템을 생산 중에 있음
  - 현재 국내 농기계산업은 내수위주이지만 농업용 트랙터, 농작업기계 및 부속작업기 분야는 대동공업, 국제종합기계, 동양물산, LS엠트론 등의 대기업이 중점적으로 해외수출을 위해 노력 중임
  - 국내 농기계 생산업체는 약 460개사(한국농기계공업협동조합 회원사 기준)로 대동공업, LS엠트론, 동양물산, 국제종합농기계, 아세아종합기계를 제외한 나머지는 전형적인 중소기업으로, 50인 이하의 업체수가 전체의 90% 이상 차지함

15) 발표자료: ‘창조경제 실현을 위한 농업 6차산업화와 추진전략’(농림축산식품부, 2016. 2. 26. 발표)  
 16) 기고문: 일반기계부품산업의 현주소와 발전전략(정만태, KIET산업경제, 2005)

- 대동물산(대동공업)의 경우 기존 15,000대에서 30,000대를 생산 가능토록 라인을 증설했으며 동양물산은 경남 창원에서 전북 익산으로 신규 공장 설립 및 이전을 하여 도약을 꾀하고 있다. 또한 LS엠트론 또한 군포에서 전주공장으로 이전함으로써 전라북도의 농기계 생산 거점화가 완성되는 중임
- 내수시장이 대체수요시장으로 굳어지면서 각 사는 수출 시장에 집중하고 있으며, 해외 현지 생산기지 구축에도 적극적인데 동양물산은 강소성에서 콤파인 연 150대, 보행이앙기 연 17,000대 생산 판매하였으며 대동공업은 2007년부터 중국 안휘성과 강소성에서 2016년까지 연 1만대의 트랙터 생산을 추진함
- LS엠트론은 2010년 칭다오에 연 2만대 생산이 가능한 트랙터 공장 설립하여 생산 판매 중이며, 남미시장 공략을 위하여 브라질에 현지공장 운영 중 임
- 특히, 중국에는 주로 중소기업들이 위탁 임가공 및 제3국 수출을 위한 생산기지로써 트랙터 부속작업기생산업체 및 곡물가공용 기계 제조업체를 중심으로 20여개사가 진출해 있으며, 지역별로는 주로 동부 연안을 따라 2000년 전후하여 단독투자 형식으로 운영 중임

<표 30. 국내 주요 농업기계 업체 현황(2012년)<sup>17)</sup>>

기업규모	업체명	매출액(억원)	주요생산품
대기업	LS엠트론	9,237	자동차부품, 트랙터 및 부속작업기, 수확기, 엔진, HMT, 운반차, 건설용 중장비등
중견기업	대동공업	4,737	트랙터 및 부속작업기 수확기 엔진 HMT 건설용 중장비등
	동양물산	3,589	트랙터 및 부속작업기 수확기 건설용 중장비등
	국제종합기계	1,917	트랙터 및 부속작업기, 수확기, 임업용 기계, 엔진, HMT, 건설용 중장비등
중소기업	아세아텍	1,057	트랙터 및 부속작업기, 수확기, 엔진 등
	대원GSI	503	색채선별기, 마늘선별기친환경농자재 등
	한성티앤아이	391	스키드로더, 방제기 등
	태성공업	333	로더, 퇴비살포기, 백호, 미드모어, 전방PTO 등
	안성공업	252	로더 액비살포기 퇴비살포기 복합작업기 그레플 등
	한국체인공업	476	로터리, 농업기계 부품 등
	파루	388	방제기, 소독기, 태양광에너지 제품 등

○ 해외업체동향

- 미국과 유럽, 일본 등이 농기계 산업의 주류를 이루고 있음. 특히 농기계 매출 기준 John Deere(JD), CNH(Case NewHolland), AGCO(여러 트랙터 업체를 인수합병), Kubota 순이며, 생산대수 측면에서는 연 약 40만대를 생산하는 인도의 Mahandra&Mhandra가 1위이고 기종별로는 트랙터, 수확기 및 부품/부속작업기 시장이 주류를 형성함

17) 자료: 전자공시시스템 업체별 2012년도 매출액(금융감독원 전자공시시스템)

<표 31. 2013년 세계 주요 농업기계 업체 현황18)>

순위	업체명	매출액 (백만불)	주요생산품	비고
1	JOHN DERE	29,132	트랙터 및 부속작업기, 수확기, 임업용 기계, 엔진, 운반차, 건설용 중장비등	USA
2	CNH	21,448	트랙터 및 부속작업기, 수확기, 임업용 기계, 엔진, 건설용 중장비등	EU
3	AGCO	10,787	트랙터 및 부속작업기, 수확기, 엔진, 건설용 중장비등	USA
4	KUBOTA	7,089	트랙터 및 부속작업기, 수확기, 엔진, 운반차, 굴삭기 등	Japan
참고	MAHINDRA & MAHINDRA	2,000	트랙터 등	India

- 중대형 시장에서는 각 지역별로 John Dere, CNH, AGCO가 수위를 다투고 있으며, John Dere의 소형 트랙터는 일본 Yanmar 트랙터를, CNH의 경우 일본 Shibaura 와 한국 LS엠트론 트랙터를, AGCO의 경우 일본 Iseki 트랙터를 OEM으로 공급하여 판매하여 왔으며, 최근 미국 업체들은 일부 마력대를 자체 생산하거나 OEM 업체 변경 시도
- 200년대 초반까지는 기술력위주의 경쟁으로 소형트랙터 시장을 품질과 소형화로 일본 업체들이 주도하였고, 중대형의 경우 변속품질, 캐빈 내 편리한 조작성과 저소음으로 John Dere, CNH, AGCO가 주도
- 농업기계산업에서 부속작업기는 본기 시장의 성장을 결정하는 중요한 요소로, 선진 메이저 업체들은 대부분 작업기 자회사를 가지고 있으며, 최근 Kubota는 대형 작업기 회사인 Kverneland group을 인수, 대형 작업기 부재 약점을 보완
- 최근 중국의 값싼 농기계의 공격적 마케팅으로 세계시장 점유 확대 추세로, 주 시장은 저가, 저기능의 제품이 요구되는 아시아, 아프리카 지역이며, YTO(낙양제일 트랙터), FOTON(북전트랙터), JINMA(Mahindra & Mahindra의 자회사) 등이 주요 업체임
- 발농업의 경우는 국가마다 작물의 차이가 커서 특화된 업체가 많지 않고 대부분 트랙터와 같은 작물 재배를 위한 기초 기반구축을 위한 농기계들을 주로 유통함

③ 국내외 시장동향

- 농업기계의 세계시장 규모는 2013년에는 1,490억불에서 2018년에는 2,080억불로 약 39% 성장할 것으로 예측19)
  - 상기 자료에 의하면 2018년도에는 품목별로 2,080억불 중 트랙터가 768억불로 36.9%, 부품 336.5억불로 16.2%, 수확기계가 397.5억불로 19.1%, 이식 및 시비기계가 151.5억불로 7.3%를 차지할 것으로 전망
  - 2013년부터 2018년까지 예상되는 총 성장률은 수확기계가 46%로 가장 높고, 경운기계가 42%, 이식 및 시비기계가 41.5%로 성장하여 세계 시장 규모가 전체적으로 약 41% 정도 성장할 것으로 전문가들은 예상함

<표 32. 기종별 세계 농기계 시장규모<sup>20)</sup>>

(단위: 백만달러, 천대)

구분	2008년		2013년		2018년		CAGR	
	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
이식기 및 시비기	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
기타 농기계	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

- 국내 시장의 경우 기존에는 동력경운기를 가장 많이 생산하였으나, 최근 트랙터 생산량이 대폭 증가함
  - 1997년까지는 동력경운기가 약 90,000대로 가장 많았으나, 2000년 중반 이후부터는 트랙터가 연간 30,000대 수준으로 크게 증가함
  - 특히 2011년에는 약 43,000대의 트랙터가 생산되어 그중 약29,000여대가 수출하는 성과를 달성함

<표 33. 연도별 국내 농업기계 시장현황<sup>21)</sup>>

(단위: 억원)

구분	1990년	1995년	2000년	2005년	2010년	2013년
내수	4,523	9,064	10,561	6,363	10,506	9,252
수출	104	329	1,698	3,751	4,770	9,188

- 기존의 농기계 반값공급정책이 한시적으로 시행된 1993년부터 1997년 까지 약 8,000억원에서 1조2천억원 까지 평균 10%씩 해당 시장이 성장
- 이후 IMF 여파로 2003년도까지 약 6,000억원 규모로 감소하였으나 경기부양과 함께 정책적인 노력으로 말미암아 2008년도에 다시 1조 2천억원, 2009년도에는 1조 4천억원 수준으로 시장이 점진적으로 회복됨
- 기존의 국내 농업은 쌀농업 중심이었으며 밭농업을 위한 노력은 초기 단계임
  - 국내 농업의 경우 국가 기반산업 발전을 위하여 ‘통일벼’ 개발 및 보급, 쌀직불금 지급 등의 논농사 중심으로 국가 주도적으로 지원이 이루어져옴

18) 자료: 각사별 Annual report, 1€=1.34\$, 1\$=105₩ 환산

19) 자료: World Agricultural Equipment(The Freedom Group, Inc., 2014.7월)

20) 자료: World Agricultural Equipment(The Freedom Group, Inc., 2014.7월)

21) 자료: World Agricultural Equipment(The Freedom Group, Inc., 2014.7월)

- 반면에 밭농업의 경우 고효율, 자동화, 친환경을 위한 규제가 있고, 다양한 작물 대비 관련 기계가 개발 및 제품화 되지 않아 밭농업 기계는 논농사 대비 초보적인 수준임

○ 향후 다국가와의 FTA 및 WTO로 인한 농업분야 위축이 지속적으로 전망

- 이와 관련한 국내 농기계 내수시장 또한 위축될 것으로 예상되고, 지속적인 미국의 경기 하락 및 유럽 재정 위기로 해당 국가의 농기계의 수출 또한 어려울 것으로 판단됨
- 그러나 중국, 인도, 브라질, 러시아 등 개도국의 농민 소득수준 향상과 이에 따른 농기계의 수요 증가되는 것을 고려한 새로운 비즈니스 모델을 개발하고, 지속적인 사업화 노력이 필요함

<표 34. 농업용 기계 분야의 거시환경분석(PEST<sup>22)</sup> 분석 결과>

구분	촉진요인	저해요인
정책	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정부는 농업기계화 촉진법, 농업기계화 기본계획, 100대 정부 과제 등을 수립하여 농기계 산업육성을 추진 중</li> <li>• 여성농업인을 위한 여성용 농업기계 R&amp;D 및 보급을 추진</li> <li>• IT 융합 차세대 농기계 종합 기술 지원 사업 추진을 통하여 농업기계의 국제경쟁력 확보를 지속 지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 환경부의 농업기계 배기규제 시행으로 제품가격 지속 상승</li> <li>• 중장기 농업기계화 기본계획을 추진중에 있으나 농기계 산업 발전에 필요한 장기전략과 비전 부분이 미흡</li> </ul>
경제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인구 증가 및 환경문제, 농업인구 감소로 농업용 자동화 기기의 산업이 지속 성장할 예정임</li> <li>• 농업인구의 지속적인 감소로 농업기계 수요 증대</li> <li>• 스마트팜 등 자동화 기기 및 시스템을 이용한 산업이 전세계로 지속적으로 확대 예정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내 농업기계 산업의 경쟁력 강화로 트랙터 중심의 수출이 지속적으로 증가하고 밭농업 기계 관련 시장 발전 가능성은 검토가 필요</li> <li>• FTA 및 WTO로 인하여 내수 농업시장의 위축</li> <li>• 글로벌 경기 불안 및 중국의 자국 지원 가속화로 국내 농기계의 수출확대 어려움</li> <li>• 국내 농기계 업체끼리의 과다 경쟁구조</li> </ul>
사회	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 농업인구 감소, 농업인구의 고령화 및 여성화로 인하여 편의성 증대된 농업기계 필요성 지속 대두</li> <li>• 기존의 밭농사 기계화율은 논농사 대비 약 절반 수준으로 밭농사 농업기계 시장 확대 가능성 높음</li> <li>• 귀농인구의 증가 및 농장의 규모화로 인해 농기계 수요 지속 확대 예정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가 및 농협의 농업기계 임대 및 계통 구매 등의 정책으로 자가 구입 의사 저조</li> <li>• 농업기계 산업은 해외에서는 주요 성장 산업으로 전망하나 현재 국내에는 지원사업 중심으로 사회적 인식 부족</li> <li>• 수입 또는 선진 기업 제품의 선호도는 높으나 신생기업 또는 중소기업 제품 선호도는 낮아 시장선도 기업 다변화 어려움</li> </ul>
기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내 전자 및 기계 첨단 기술과의 융합으로 농업기계의 기술이 점차 발달되어 부가가치 제고</li> <li>• 선진기업과 중소기업 제품간의 기술 수준 격차 감소로 국산 제품의 수출확대 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원천기술, 사후관리, 부품의 호환성 등의 문제로 중소기업 시장 진입이 어려움</li> <li>• 내구 및 기술의 신뢰도 미흡으로 인해 국내 제품의 해외 수출 어려움</li> <li>• 주요 핵심부품을 설계 및 생산하는 중소기업이 전무한 상태임</li> </ul>

(2) 배추 편이정식기 사업화를 위한 기본조사 결과

① 배추 재배 현황

- 배추는 십자화과 배추속 식물로써 아시아 지역에서 중요한 작물로 재배되고 있음
    - 한국에서는 김치의 주 원료로 사용되기 때문에 채소류 중 가장 중요한 작물로 인식됨
    - 노지에서 재배되는 채소류의 일종으로 기상여건에 따라 생산량의 변화가 크고 대체 작물의 존재로 인해 가격변동이 크게 나타남
  - 배추는 연중생산 체계가 확립되어 1년 내내 파종 및 수확이 가능하나 최근 이상기온으로 인하여 여름 및 가을재배의 안정성에 문제가 발생하고 있음
    - 시설봄배추 재배면적은 2015년 1,454ha로 조사되었으며, 재배농가수는 5,398호로 나타남
    - 2015년 기준 시설봄배추의 지역별 재배면적을 살펴보면 경기 378ha로 가장 높게 나타났고, 그 다음으로는 충남 224ha, 전남 191ha로 조사됨
    - 2015년도 기준 가을배추 재배면적은 1만2,724ha로 '14년 생산량 증가로 인한 가격 하락으로 전년대비 16.5% 감소
- \* 가을배추가격 : ('11) 339 → ('12) 951 → ('13) 528 → ('14) 401원(-127원, -24.1%<sup>23</sup>)
- 배추 정식기(8월 하순 ~ 9월 하순)에 가뭄 영향을 받았으나, 생육기에 적정 강우 등 기상여건 호조로 생육이 회복되어 10a당 생산량은 가을배추가 1만1,286kg으로 전년대비 1.2% 증가

<표 35. 2014-15년 가을배추 생산량<sup>24)</sup>>

재배면적			10a당 생산량			생산량		
'14년 (ha)	'15년 (ha)	증감률 (%)	'14년 (kg)	'15년 (kg)	증감률 (%)	'14년 (ton)	'15년 (ton)	증감률 (%)
15,233	12,724	-16.5	11,150	11,286	1.2	1,698,463	1,436,075	-15.4

- 전국 배추 생산량은 전남(41만1천톤) > 전북(17만7천톤) > 충남(15만9천톤) 순임
  - 통계청(2016) 자료에 의하면, 2015년도 기준 가을배추 주산지 시·군별로는 전북 고창군(5만9천톤), 충남 당진시 (3만3천톤), 충남 홍성군(2만9천톤) 순으로 나타남



<그림 105. 연도별 가을배추 재배면적 및 생산량 추이<sup>25)</sup>>

22) PEST(Political, Economic, Social and Technological analysis), 전략관리 구성요소 중 환경과약에 사용하는 거시적 환경 요소 묘사임

<표 36. 주산지 시군별 생산량<sup>26)</sup>>

주산지 시군	재배면적(ha)	10a 당 생산량(kg)	생산량(톤)
전국	12,724	11,286	1,436,075
전북 고창군	543	10,767	58,467
충남 당진시	319	10,456	33,355
충남 홍성군	255	11,482	29,279
전남 영암군	156	11,695	18,244
충북 제천시	64	10,460	6,695

- 기존의 배추 재배에 있어 대부분 인력에 의존하여 작업하여 재배함
  - 배추재배는 경운·정지, 병충해방제 및 비닐피복작업을 제외한 대부분의 작업이 인력에 의존하고 있고, 노력이 많이 드는 정식, 수확, 제초 등의 작업에 필요한 노동투하량이 전체의 40%이상을 차지함
  - 기계화를 위해서는 재배양식을 표준화하고 노력이 많이 드는 여러 작업을 일관기 계화 추진이 절실히 요구되는 실정임
- 배추재배 기계화를 위하여 국가 주도형으로 지속적으로 노력해옴
  - 농촌진흥청 농업기계화 연구소는 배추 정식에서부터 제초, 병해충방제, 수확 및 운반작업을 기계화하는 기술을 지속적으로 개발

<표 37. 농가인구 및 연령별 구성비율<sup>27)</sup>>

특성별	농가인구(명)			구성비(%)		
	계	남자	여자	계	남자	여자
계	2,569,387	1,264,652	1,304,735	100.0	100.0	100.0
연령별	2,569,387	1,264,652	1,304,735	100.0	100.0	100.0
0~4세	33,224	17,001	16,223	1.3	1.3	1.2
5~9세	49,865	25,853	24,012	1.9	2.0	1.8
10~14세	66,587	35,362	31,225	2.6	2.8	2.4
15세~19세	89,711	47,616	42,095	3.5	3.8	3.2
20세~24세	74,062	38,421	35,641	2.9	3.0	2.7
25세~29세	73,993	40,485	33,508	2.9	3.2	2.6
30세~34세	67,142	37,692	29,450	2.6	3.0	2.3
35세~39세	67,589	37,033	30,556	2.6	2.9	2.3
40세~44세	96,699	51,426	45,273	3.8	4.1	3.5
45세~49세	140,616	69,805	70,811	5.5	5.5	5.4
50세~54세	212,958	101,736	111,222	8.3	8.0	8.5
55세~59세	304,032	144,609	159,423	11.8	11.4	12.2
60세~64세	305,708	145,763	159,945	11.9	11.5	12.3
65세~69세	293,224	146,550	146,674	11.4	11.6	11.2
70세~74세	271,564	130,516	141,048	10.6	10.3	10.8
75세~79세	240,598	116,369	124,229	9.4	9.2	9.5
80세~84세	124,866	58,606	66,260	4.9	4.6	5.1
85세이상	56,949	19,809	37,140	2.2	1.6	2.8

23) 자료: 배추 도매가격(한국농수산식품유통공사, 2014-15)

24) 자료: 2015 주요작물 생산동향(통계청, 2016)

25) 자료: 2015 주요작물 생산동향(통계청, 2016)

26) 자료: 2015 주요작물 생산동향(통계청, 2016)

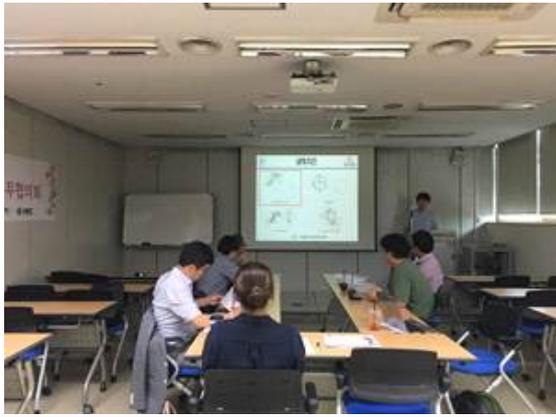
- 파종부터 수확까지 일관기계화를 위한 작업의 연계성을 고려하여 이랑폭 60cm, 두둑높이 20 cm이하의 환경에서 1줄 무피복 재배하는 양식을 표준규격으로 설정
- 특히 표준규격화 환경에 적합한 정식기를 동시 개발하여 작업효율 증가를 도모함
- 그러나 기존에 개발된 기기는 수요부족 및 엔진가동 방식 등으로 인하여 상용화가 되지 못하였음

## ② 고령자 및 여성 농업인 현황

- 연령별 인구특성을 살펴보면 65세 이상의 여성농업인의 비율은 39.4%로 매우 높은 것으로 나타남
  - 이 중 여성, 고령자 친화형 편이정식기 이용가능 여성 인구비중을 살펴보면 50세 이상 64세이하의 비율이 33%로 높게 나타남. 인구수로는 전체 1,304,735명 중 430,590명임

## (3) 배추 편이정식기의 현장실증을 위한 T/B 사업 추진 결과

- 편이정식기 T/B기획을 참여기관 업무협의회 개최(2017.8.8., 동대구KTX역 회의실)
  - 편이정식기 2차년도 사업추진 현황 점검
    - (주관-헬퍼로보텍)조은농기계에서 제작한 삽입기 장착 및 시험 테스트 추진 중이며, 현재 개발 상태로는 노지의 불순물이 있을 때 이용어려움
    - (경상대)정식 장치 및 적정 작업조건 확립을 위하여 시뮬레이션 시험 결과, 고랑  $650 \pm 41\text{mm}$  수준에서 작동 가능하였음
    - (생기연)고랑 사이즈에 변화에 따른 조절형 프레임을 개발 중이나 무게중심의 변화로 인한 내구성 약화가 염려됨
  - 편이정식기의 경제성 분석 및 BM모델 개발 연구 관련
    - 기기 사양, 내구연수, 투입비용 등을 바탕으로 원가분석 추진 예정
    - 노동절감 효과, 수요자 구입의지, 고령자 질환발병 저감 등의 효과분석 방안 모색이 필요하나 어려운 실정임
    - 기존 농기계는 정부보조 사업 중심으로 제작되어 사후관리가 어려웠으므로, 편이성 증대를 위해 사후관리 방안을 마련해야함
- 배추 편이정식기 실증을 위하여 작업환경 검토 추진
  - 9월 하순경에 배추용 편이정식기의 개발이 완료됨에 따라 일반적인 정식 시기 대비 많이 늦은 편임
  - 정식기의 실증을 위하여 배추 정식이 가능한 남부지역 중 경남지역이 적합한 것으로 판단되어 포장이동이 용이한 진주, 창원 농가에서 추진하기로 결정함
- 배추 반자동 편이정식기 1차 실증시험 결과(경상남도 진주시 판문동, 정선이 농가)
  - 2000년도 농촌진흥청의 시험 결과를 바탕으로 두둑의 표준규격인 60 cm로 농지를 정리하여 육묘 정식을 실시함
  - 그 결과 정식타이밍 및 주행장치 부분이 파손되는 문제점이 발생하여 본 과제 참여기관들의 재정비를 통하여 2차 실증시험 추진하기로 결정함



참여기관(경상대) 발표



주관기관(헬퍼로보틱) 발표



전문가 자문회의



참석자 단체 사진

<그림 106. 편이정식기 현장실증을 위한 업무협의회1차 사진 (2017.8.8.)>



정식 작업 추진



정식기의 보행 및 정식 작업 검토



정식기를 이용한 모종 정식 결과



정식기 구동

<그림 107. 편이정식기 1차 현장실증시험 사진(2017.9.15.)>

- 배추 반자동 편이정식기 2차 실증시험 결과(창원시 의창구 대산면, 김성학 배추농가)
  - 배추용 편이정식기의 노지 사용을 위한 이용환경 조건 수립 필요 : 정상적인 편이정식기의 구동 환경요건을 갖추기 위하여 노지의 돌, 잡초 등 제거, 두둑 사이즈 고정화, 농지 정리 등이 수반되어야 함
  - 사용자의 숙련도에 따른 편이정식기 정식 성공률의 격차가 큼 : 1열 정식의 성공률은  $32.58 \pm 6.91\%$ , 2열 정식 성공률은  $56.82 \pm 9.58\%$  이었으며,  $10.61 \pm 4.40\%$  비율로 정식 실패함
  - 기기 운영 횟수를 거듭할수록 2열 정식 성공률은 34.09%에서 최대 68.18%까지 증가하여 운전자의 숙련도가 매우 중요한 것으로 판단됨
  - 회전 및 이용 용이를 위하여 바퀴를 3개로 시제품을 제작하였으나 현지 테스트 결과 무게중심의 분산으로 운전자 보행이 어려웠음
  - 2열 정식 성공률의 변수로는 1)모종 상태(수분, 뭉친 정도), 2)노지 정돈 수준, 3)운전자 숙련도(균일한 속도, 직립 보행)으로 보임
- 배추 반자동 편이정식기 개선 및 보완사항 논의 결과
  - 모종의 완전한 정식을 위하여 정식 후 급수 및 정식부위에 상토를 덮어야하는 추가 작업이 필요
  - 삽날부가 기기 미이용 시에도 바닥에 닿아 기기의 이동 및 이용을 불편하게 하므로 자동화컨트롤 프로그램 탑재 해야함



헬퍼로보텍 시연 설명



편이정식기 상세



보행 중인 편이정식기



전시를 위한 홍보영상 촬영

<그림 108. 편이정식기 2차 현장실증시험 사진(2017.9.26.)>

- 시장 진입을 위한 추가 개발 연구 및 투자가 필요
  - 2월 정식 시 사용자가 모종을 끊임없이 투입해야 하는데 향후 편이성 증대를 위해 모종 자동화 투입기능이 보완되어야함
  - 전시 및 홍보를 위하여 제품디자인 개선안을 수립하고 투시도 및 그래픽화가 필요

**(4) 배추 편이정식기의 보급활성화를 위한 경제성 분석 결과 (\* 전문가 자문 활용)**

**① 편이정식기 적용 가능한 시장 조사**

- 편이정식기 기술이 도입가능한 배추 재배면적을 살펴보면, 노지의 경사지보다는 시설의 평지에 적용가능성이 높은 기술임
  - 따라서 시설 봄배추의 재배면적을 편이정식기 적용가능한 총 면적으로 가정
- 재배규모별 농가분포를 살펴보면 2ha이상은 107호로 나타났으며, 1ha~2ha 사이는 175호로 조사되었음. 0.1ha미만의 농가수는 3,297호로 대부분 영세한 규모를 보임
  - 배추 총 재배면적은 2015년 22,403ha로 조사되었으며, 재배농가수는 136,867호로 나타남
  - 0.1ha미만 농가수가 108,148호가 전체 농가의 79%를 차지하는 것으로 나타나 대부분 영세소농임을 알 수 있음.
- 충남지역 시설봄배추 재배의 소득분석자료를 살펴보면, 총수입은 300평 기준 4,487천원이며, 생산량은 7,161kg, 농가수취가격은 627원/kg으로 나타남
  - 경영비는 2,195천원이며, 이 중 고용노동비는 340천원으로 경영비의 15.5%를 차지
  - 자가노동비는 752천원으로 조사되었으며, 소득은 2,292천원으로 조사됨

<표 38. 전체 배추농가 재배면적 및 규모·연령별 농가수<sup>28)</sup>>

행정구역	합계 (가구)	0.1ha미만 (가구)	0.1~0.3 (가구)	0.3~0.5 (가구)	0.5~0.7 (가구)	0.7~1.0 (가구)	1.0~2.0 (가구)	2.0ha이상 (가구)	수확면적 (ha)
전국	5,398	3,297	983	461	212	163	175	107	1,454
서울특별시	64	43	12	5	2	1	1	-	8
부산광역시	123	35	24	9	11	10	26	8	80
대구광역시	342	116	72	43	25	25	36	25	210
인천광역시	198	176	17	4	1	-	-	-	9
광주광역시	95	40	30	13	8	1	3	-	22
대전광역시	55	44	8	3	-	-	-	-	4
울산광역시	78	65	12	1	-	-	-	-	4
세종특별자치시	25	22	2	-	1	-	-	-	2
경기도	1,322	973	164	70	33	21	27	34	378
강원도	437	341	62	24	4	3	2	1	43
충청북도	241	151	53	21	3	10	2	1	40
충청남도	661	324	131	86	42	30	26	22	224
전라북도	451	285	89	43	11	11	10	2	78
전라남도	587	257	135	88	40	33	26	8	191
경상북도	398	236	84	24	19	15	14	6	114
경상남도	302	182	80	24	12	2	2	-	42
제주특별자치도	19	7	8	3	-	1	-	-	4

<표 39. 시설봄배추 소득분석 결과<sup>29)</sup>>

(단위 : 원/300평 기준)

구분	2016년
총수입	4,486,947
생산량	7,161
가격	627
고용노동비	339,942
경영비	2,195,320
자가노동비	751,520
소득	2,291,663

② 농작업 업무상 손상 현황 조사

<표 40. 농업종류 및 규모별 업무상 손상 발생율(2015년)>

농업종류별·규모별		농업인수 (명)	업무상 손상자 수 (명)	업무상 손상 발생률 (%)
논	소계	898,839	15,066	1.7
	0.5ha 미만	337,323	4,447	1.3
	0.5~1.0ha 미만	240,565	4,087	1.7
	1.0~2.0ha 미만	139,732	3,302	2.4
	2.0ha 이상	181,219	3,230	1.8
밭	소계	549,393	8,213	1.5
	0.5ha 미만	395,096	5,192	1.3
	0.5~1.0ha 미만	79,067	1,893	2.4
	1.0~2.0ha 미만	38,594	744	1.9
	2.0ha 이상	36,636	384	1.0
과수	소계	318,533	7,447	2.3
	0.5ha 미만	122,063	2,030	1.7
	0.5~1.0ha 미만	91,807	1,663	1.8
	1.0~2.0ha 미만	68,251	1,609	2.4
	2.0ha 이상	36,412	2,145	5.9
시설	소계	120,170	3,168	2.6
	0.5ha 미만	68,760	1,707	2.5
	0.5~1.0ha 미만	40,095	1,092	2.7
	1.0~2.0ha 미만	5,315	0	0.0
	2.0ha 이상	6,000	369	6.1
축산	소계	98,389	3,956	4.0
	소	84,879	3,107	3.7
	돼지	4,410	0	0.0
	닭	9,100	849	9.3

○ 농업인의 농작업 업무상 발생하는 손상을 살펴보면 남성은 2.3%, 여성은 1.4% 수준임  
 - 농업생산 과정에서 악성노동 등으로 인해 근골격계 부위의 질병이 발생할 수 있음

28) 자료: 2015 주요작물 생산동향(통계청, 2016)

29) 자료: 농산물 소득조사 결과(농촌진흥청, 2015)

- 농작업 재해의 농업종류 및 규모별 특성을 살펴보면 시설작물의 경우 평균 2.6% 업무상 손실이 발생하는 것으로 나타남
  - 규모별로는 2ha이상의 규모에서 6.1%로 업무상 손실이 높게 나타났음. 즉 시설농업은 노동집약적 특성이 있으며 규모가 커질수록 노동작업에 따른 손상 발생율이 높아진다는 것을 알 수 있음

<표. 23. 농작업에 따른 업무상 손상 발생율(2015년)<sup>30)</sup>>

	농업인수 (명)	업무상 손상자 수(명)	업무상 손상 발생률(%)
총계	2,070,071	38,429	1.9
남성	1,081,441	24,953	2.3
여성	988,630	13,476	1.4

- 농작업에 따른 구체적 근골격계 증상을 살펴보면 2016년 기준 허리통증이 860,716명으로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로는 무릎통증이 494,400명으로 나타남
  - 농업인의 의료기관 방문 이유 및 빈도를 살펴보면 사고로 인한 손상과 질병으로 6회 이상 병원을 찾는 농업인 수가 각각 48,224명과 759,203명으로 조사됨

③ 배추용 편이정식기 경제성 분석 결과

<비용 추정을 위한 가정>

- ▶ 편익/비용 비율로 경제성을 분석함 : 사회적 할인율에 의해 편익과 비용의 현재가치를 계산하고 비용에 대한 편익의 비율을 구함
  - \* 편익/비용 비율이 1보다 클 때 투자사업의 경제성이 있는 것으로 판단함
- ▶ 여성 고령자 친화형 편이정식기의 판매가격은 6,000천원으로 예상되며, 유지관리비용은 구입비용의 5%를 가정하여 300천원으로 계산함
- ▶ 여성 고령자 친화형 편이정식기의 내구년수는 개발 업체의 자료에 따라 5년을 적용하였음. 할인율은 경제성 분석에서 일반적으로 적용되는 4.5%를 적용함
- ▶ 구입비용과 유지관리비용을 합산한 총비용은 7,200천원이지만, 할인비용을 고려할 경우 총비용은 7,076천원으로 나타남
- ▶ 시설배추의 정식기간은 2월 1일에서 15일 또는 2월 5일에서 20일로 정식가능기간은 15일로 조사되어 조사기간은 15일로 가정함

- 편이정식기 도입의 편익은 노동력 절감에 따른 고용 및 자가노동비용 감소로 설정할 수 있음
  - 시설배추 정식관련 300평 기준 노동투입시간은 총 9.2시간이며, 비용은 98,746원으로 나타남

30) 자료: 업무상 손상 발생율(통계청, 2016)

<표 41. 시설배추 정식관련 투입시간 및 비용자료>

구분	고용노동		자가노동		합계
	남	여	남	여	
아주심기(시간/300평)	1.6	4.3	1.6	1.7	9.2
시간당 임금(원)	10,139	6,875	15,967	15,967	-
아주심기비용(원/300평)	16,222	29,563	25,547	27,144	98,476

- 편이정식기 도입의 시간당 작업면적은 315㎡로 가정하였으며, 300평 기준 3.17시간이 소요되는 것으로 적용
  - 편이정식기 운행 인원 이외에 모종공급 및 보조인력이 필요하기 때문에 총 노동시간은 6.34시간이 소요됨
  - 이 연구에서 개발된 편이정식기는 고령 여성노동자 친화형이기 때문에 여성 자가 노동시간이 3.17시간 투입되는 것으로 가정함

<표 42. 편이정식기 시간당 작업면적 계산 결과>

구분	내용
편이 정식기 작업속도(A)	5.4~9.6m/min(평균 7.5m/min 적용)
순수 정식기 시간당 작업면적(B)	450㎡
작업 대기시간1(C)	30%
편이 정식기 시간당 작업면적[D=A×B×(100-C)]	315㎡

- 편이정식기 도입에 따른 노동력 절감 효과는 300평 기준 2.86시간으로 나타남
  - ⇒ 이로 인하여 시설배추 편이정식기 도입에 따른 노동비용 감소효과는 300평 기준 26,067원으로 계산됨
  - ⇒ 개별 농가단위에서 편이정식기 임대이용시 수익성을 분석하면 900평 기준 50,701원의 정식 노동비용을 절감할 수 있음

<표 43. 시설배추 재배 시 편이정식기 도입에 따른 노동비용 감소 편익>

구분	도입전 노동비용	도입 후 노동비용	편익
아주심기(시간/300평)	9.2	6.34	2.86
아주심기비용(원/300평)	98,476	72,409	26,067

- 배추 편이정식기 도입으로 업무상 손실이 감소할 경우 편익 산정 결과
  - 배추 재배농가는 총 136,867호이며, 이중 업무상 손상을 2.6%를 감안하면 3,559호가 편이정식기 도입으로 업무상 손상을 감소할 수 있음
  - 편이정식기 도입에 따른 노동강도(악성노동) 감소로 병원 진료비가 최소 1회이상 감소한다고 가정한 결과 \* 1회 병원진료비는 평균 31,759원(건강보험공단 자료)을 적용
    - ⇒ 편이정식기 대당 진료비 감소편익은 13,800원으로 분석됨
    - \* 편이정식기의 최대 보급대수는 배추 재배면적을 연간 최대정식면적으로 나누어서 산출

○ 편이정식기의 1일 정식가능면적이 900평이므로, 연간 최대면적은 13,500평(4.5ha)이 가능한 것으로 산출

<표 44. 시설배추 재배 시 편이정식기 도입의 수익성 분석 결과>

구분	항목	비용(원)	비고
편이 정식기 임대비용	임대료	27,500	정식기 임대료 1일 기준
	인건비	217,227	900평 기준, 2인 노동
노동 정식비용	인건비	295,428	900평 기준 정식노동 투입비용
인건비 절감수익		50,701	

<표 45. 배추 편이정식기 도입에 따른 업무상 손상 감소 편익>

구분	내용	비고
전체 가구수(호)	136,867	-
손상 가구수(호)	3,559	전체 가구수× 업무상손상율(2.6%)
진료비 감소 편익(원)	113,030,281	손상가구수×31,759원(1회 병원 진료비)
편이정식기 대당 진료비 감소 편익(원)	13,800	진료비 감소편익/편이정식기 대수(3,777대)

<표 46. 보급 방법에 따른 배추 편이정식기 편익 흐름 비교>

연도	임대사업소 보급 시			작목반 보급 시		
	임대 편익	손상 진료비 감소 편익	할인편익	인건비 절감 편익	손상 진료비 감소 편익	할인편익
2018	412,500	29,926	442,426	1,173,015	29,926	1,202,941
2019	412,500	29,926	423,374	1,173,015	29,926	1,151,140
2020	412,500	29,926	405,143	1,173,015	29,926	1,101,569
2021	412,500	29,926	387,696	1,173,015	29,926	1,054,133
2022	412,500	29,926	371,001	1,173,015	29,926	1,008,740
합계	2,062,500	149,630	2,029,641	5,865,075	149,630	5,518,523

○ 보급 방법에 따른 배추 편이정식기 편익 흐름 비교 결과

- 임대사업소 기준으로 편이 정식기가 보급될 경우의 편익을 분석하면, 5년동안의 임대 편익은 2,063천원, 손상 진료비 감소편익은 150천원으로 나타나 순편익은 -5,047천원, B/C비율은 0.287로 경제성이 낮은 것으로 판단됨
- 작목반 기준으로 편이 정식기가 보급될 경우의 편익을 분석하면, 5년동안의 인건비 절감 편익은 5,865천원, 손상 진료비 감소편익은 150천원으로 계산되어 순편익은 -1,558천원, B/C비율은 0.780로 경제성이 없는 것으로 나타남

<표 47. 편이정식기 경제성 분석 결과>

구분	투입 비용	임대사업소 기준			작목반 기준		
		편익	순편익	B/C 비율	편익	순편익	B/C 비율
편이정식기	7,076,258	2,029,641	-5,046,617	0.287	5,518,523	-1,557,735	0.780

(5) 배추용 편이정식기 시장진출을 위한 비즈니스 모델 개발

① 편이정식기 보급 가능성 분석

- 농기계 보급률은 논농업의 경우 95%가 기계작업으로 대체되고 있는 반면, 밭농업의 기계화율은 매우 낮은 상태임
  - 쌀 시장 관세화 개방과 소비패턴 변화로 쌀 가격이 하락함에도 불구하고 농촌 노동력 부족으로 쌀에서 여타 작목으로의 전환이 이루어지고 있지 않음
- 농촌의 고령화와 노동력 부족에 따른 문제점이 부각되고 있으며, 이로 인해 농업생산 비에서 인건비가 차지하는 비중이 증대되고 있음
  - 특히 시설원예농업은 여타 농업에 비해 노동집약적인 특성이 있으며, 노동강도가 높아 근골격계 등 각종 손상의 주요 원인이 되고 있음
  - 농업의 기계화는 영농 활동에 있어서의 생산성 향상과 인건비 절감에 있어 중요한 역할을 수행함.
- 따라서 편이정식기의 보급은 정식 작업에 투입되는 농민들을 높은 강도의 중노동으로부터 해방시킬 수 있음
  - 편이정식기의 보급은 양적으로 감소 추세에 있고 인구 통계 측면에서는 고령화 양상을 보이는 국내 농업 인구의 노동 생산성을 증대시키는 데에 기여할 것으로 예상됨
- 농기계는 인간의 노동력을 단순히 대체하는 차원을 넘어서 보다 효율적인 작업의 수행을 가능케 하며 최근에는 기술적 발전을 통해 점차로 농기계만의 특수한 고도 정밀 작업 기능을 확보해나가고 있음
  - 베이비 붐 세대의 은퇴이후 귀농인구가 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있음. 2016년 기준 귀농 가구수는 20,559명이며, 이 중 남성은 11,483명, 여성은 8,776명으로 나타남
  - 통계청에서 2017년도 공개한 자료에 의하면, 연령별 분포는 50~59세가 6,750명으로 가장 많았고, 그 다음으로는 39세이하가 5,307명, 60~69세가 4,239명, 40~49세이하가 3,132명의 순으로 나타남
  - 귀농세대는 상대적으로 농기계 이용에 대한 수요가 높은 편이며, 50대의 분포가 높기 때문에 농기계 이용가능 세대의 비중이 높음

② 편이정식기 시장 진입을 위한 BM 환경조건

- <조건1> 전기구동식 농기계 보급 기반 구축
  - 전기구동식 편이정식기 관련 기술 개발을 위한 협업 체제 구축
    - 정부의 산업 로드맵에 전기구동식 농기계가 포함되어 있지 않기 때문에 전기농기계 개발에 필수 요소인 모터 및 대형 배터리 제조사들의 관심 부족으로 기술 개발의 협력 체제가 제대로 구축되지 않음

- R&D 지원뿐만 아니라 정부의 산업 로드맵에 전기차와 함께 전기구동식 농기계를 포함하여 기술 기업들 간의 적극적인 협력체제 구축을 지원할 필요가 있음
- 전기구동식 농기계는 미래핵심 산업으로 부각될 것이며, 농업 비중이 높은 지역에 전기구동식 농기계 인프라 보급 기반 마련 필요
  - 국내 농기계 시장은 미국, 독일, 일본 등 엔진기술과 자본을 갖춘 글로벌 농기계 기업들에게 지속적으로 시장 점유율을 내어주고 있기 때문에 수입대체를 통한 국산 농기계 시장의 활성화가 필요함
  - 전기농기계는 전기차와 동일한 충전 인프라를 사용하므로, 제주도를 제외하면 도시화 비중이 높은 지역 위주로 보급되고 있는 전기차와 인프라를 농업 비중이 높은 지역으로 확대할 수 있음
  - 국내 시장 보호와 해외 전기농기계 시장 선점을 위하여 전기구동식 농기계의 개발은 필수적임
  - 우리나라가 배터리 기술과 생산에서 세계 1, 2위를 다투는 배터리 강국이므로, 전기농기계는 새로운 배터리 활용 시장을 창출함과 동시에 농촌에서의 디젤로 인한 환경오염을 획기적으로 줄일 수 있는 유일한 방안임
- <조건2> 전기구동식 농기계 보조금 지원 방안 마련
  - 전기자동차 분야는 정부 지원금 평균 1,600만원(차량 1,200만원, 충전기 400만원)과 지자체 지원금 약 800~1,000만원의 지원되어 전국 평균 대당 2,500만원의 보조금이 집행되고 있음
    - 전기구동식 농기계의 원활한 보급을 위해서는 정부 및 지자체의 시범보급에만 의존할 것이 아니라 전기농기계 구입에 대해 지원정책이 실행되어야 함
    - 2016년 10월 총리실 회의에서 농림축산식품부는 전기농기계에 대해 전기자동차에 준하는 보조금 정책의 도입이 가능한 것으로 결정함
    - 농기계 종류와 크기에 따라 가격 편차가 자동차 못지않게 크므로 보다 정밀한 보조금 지원 산출 근거를 만들어야 함
- <조건3> 전기구동식 농기계 시장확대 가능성
  - 농업인력의 고령화와 여성화의 진전에 따라 대형농기계 보다는 소형농기계에 대한 현장 요구 증가
    - 귀농인구의 유입에 따른 신규농업인의 증대로 고비용의 대형 농기계보다는 실용적인 소형 농기계에 대한 수요 증대
  - 논농업 중심의 농기계 보급에서 밭작물 또는 시설농가 등 새로운 기종의 농기계에 대한 현장 수요 증가
    - 시설원예농가, 과수농가 등 논농업에 비해 상대적으로 노동투입비중이 높은 산업에 대한 기계화 수요가 증가하고 있음
  - 노동강도가 높은 정식작업 등에 대한 대체 농기계도입을 통한 농민복지 향상 정책
    - 정식작업의 특성상 노동강도가 높기 때문에 근골격계 손상 등 의료비 지출문제와 삶의 질에 대한 농업인의 관심이 높아지고 있음

(6) 비즈니스 모델에 기반한 편이정식기 개선방안 도출

① (가정1)편이정식기 가격 인하에 따른 경제성 분석

- 전기구동식 편이정식기의 예상 판매가격은 600만원인데, 이러한 경우 임대사업소 또는 작목반 모두 경제성이 없는 것으로 추정됨
  - 따라서 배터리 사양 변경 등을 통해 판매가격을 300만원으로 인하할 경우의 비용과 편익을 산출함
  - 할인된 총비용은 3,538천원이며, 임대사업소 기준 할인된 편익은 2,030천원, 작목반기준은 5,519천원의 결과를 도출함
  - ⇒ 임대사업소 보급 사업은 순편익이 -1,508천원, B/C비율은 0.574으로 경제성이 없었으나, 작목반의 경우 순편익이 1,980천원, B/C비율은 1.560으로 경제성이 있는 것으로 보여짐

② (가정2)정부보조금 지급에 따른 경제성 분석

- 전기구동식 편이정식기에 대해 정부가 50% 보조금을 지불할 경우의 비용과 편익을 산출, 할인된 총비용은 4,076천원이며, 임대사업소 기준 할인된 편익은 2,030천원, 작목반기준은 5,519천원으로 추정됨
  - 정부보조금 지원에 따른 경제성 분석결과 임대사업소 기준은 순편익이 -2,046천원, B/C비율은 0.499로 경제성이 없는 것으로 분석됨
  - 그러나 작목반의 경우 순편익이 1,442천원, B/C비율은 1.354로 경제성이 있는 것으로 추정됨
- 특히 편이정식기 농가 보급가격이 300만원일 경우, 총 편익은 7,480백만원, 정부 보조금 50% 지원될 경우 총 편익은 5,447백만원으로 추정되어 향후 지속적인 원가 절감을 위한 노력이 필요한 것으로 보여짐

<표 48. 편이정식기 개발비용 절감에 따른 비용 및 현금흐름>

구분	비용	할인된 비용	임대사업소 기준		작목반 기준	
			편익	할인된 편익	편익	할인된 편익
2018	3,000,000	3,000,000	442,426	442,426	1,202,941	1,202,941
2019	150,000	143,541	442,426	423,374	1,202,941	1,151,140
2020	150,000	137,359	442,426	405,143	1,202,941	1,101,569
2021	150,000	131,444	442,426	387,696	1,202,941	1,054,133
2022	150,000	125,784	442,426	371,001	1,202,941	1,008,740
합계	3,600,000	3,538,129	2,212,130	2,029,641	6,014,705	5,518,523

(7) 편이정식기 연구성과 확대를 위한 홍보전시 결과

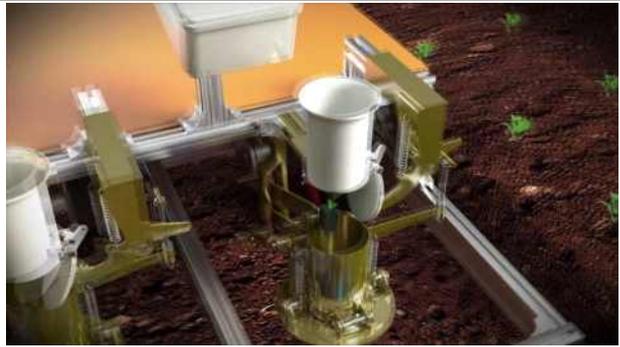
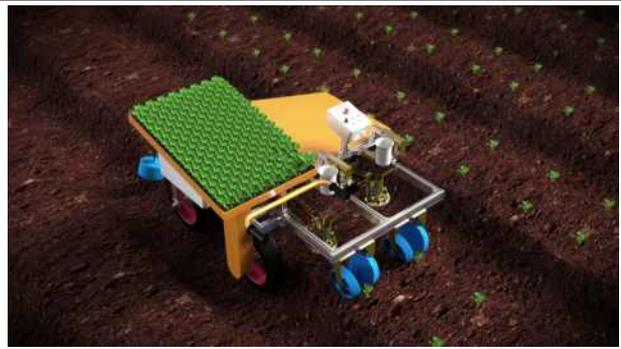
① 연구성과 홍보전시를 위한 영상제작 추진 결과

- 연구성과물의 3D영상 및 시연 영상을 촬영하였고 이를 바탕으로 홍보영상 제작
  - 정식기 기능 및 작동 방법의 전달력 향상을 위하여 전문가를 활용한 시나리오 구성, 자막 편집, 음향 등 도입
    - \* 3D 촬영(MNK 김원상 대표 등) 및 마스터 영상제작(늘푸른미디어 안광빈 PD등) 전문가 활용
- 3D 영상 제작 결과
  - 현재 금형제작이 완료되지 않은 pilot 형식의 시제품이므로 수요자 이해 도출이 어려움

- 이를 위하여 전문가를 활용한 도면 설계부터 영상제작을 통하여 편이정식기의 원리와 외형에 대하여 더욱더 설득력이 있는 홍보영상 제작이 가능해짐

○ 마스터 영상물 제작 결과

- 자막 추가 및 CG 등의 작업을 통하여 이해도 높은 홍보 영상물을 제작함
- 단순한 일회성 연구성과물이 아닌 지속적으로 홍보가 가능하도록 3D 영상 추가 및 제품의 기능 홍보에 충실할 수 있도록 제작



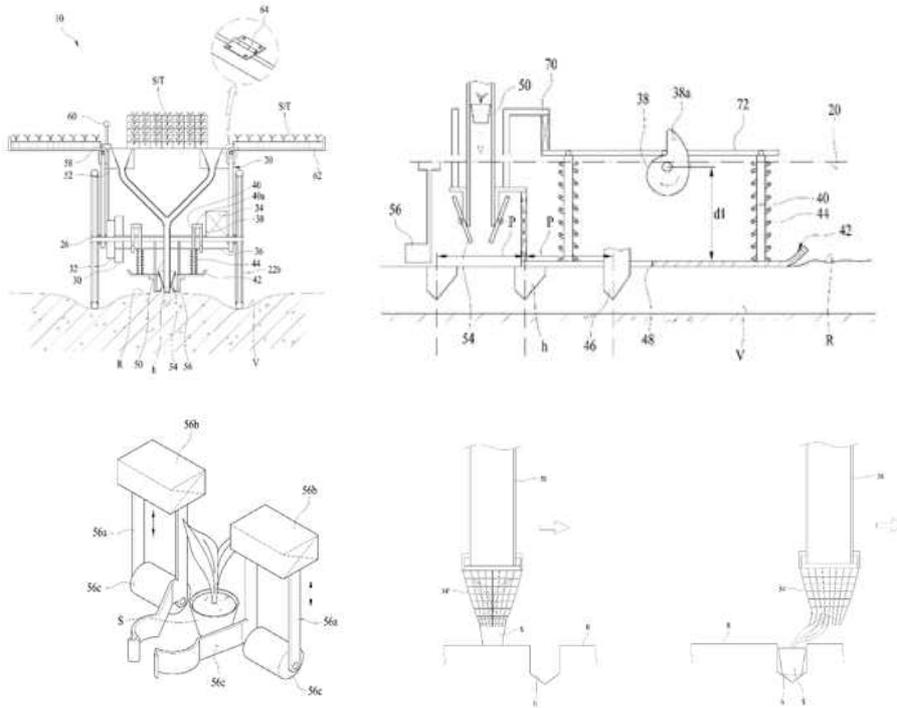
- 본 영상을 제1회 종자박람회(10.26~28.), 대전국제농업기술전(11.1.~3.)에서 상영할 뿐만 아니라 유튜브, 페이스북 등에 게재함으로써 홍보효과 극대화 도모함

라. 연구개발 성과

(가) 특허관련 성과

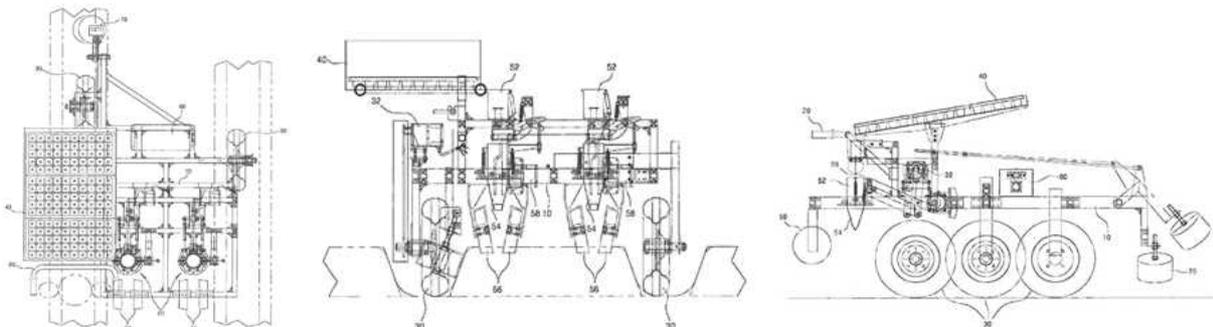
(1) 전동식 편이정식기

○ 구조의 단순화와 경량화를 통해 제작비용을 줄이고, 밭농사의 주요 노동인력인 고령자와 여성들이 사용에 거부감이 없도록 하며, 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 안출한 것으로서, 본 발명의 목적은, 경량화와 각 구성의 단순화 및 저비용화를 이루어 작동과 수리 등에 따른 부담을 줄이도록 하고, 노약자인 경우에도 정식작업을 용이하게 시행할 수 있도록 하는 전동식 편이 정식기를 제공하기 위해 고안



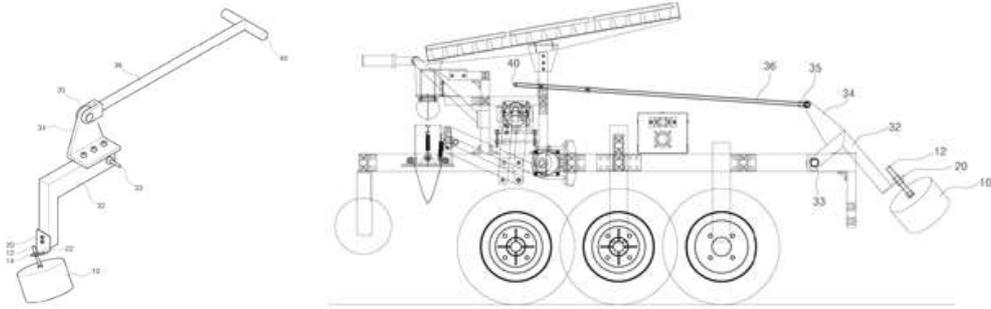
(2) 편이정식기

○ 엔진구동과 트랜스미션을 구비하여 만들어진 자동 정식기의 작동방법에 대한 운행이 어렵고 소음 및 매연 발생의 문제점을 해결하고자 작동방법이 쉬운 반자동 정식기를 고안하여 작동에 대한 숙련도와 관계없이 여성 작업자들도 손쉽게 사용 할수 있는 정식기를 제공하기 위해 고안



**(3) 고량의 형상을 측정하는 편이 정식기용 조향 가이드**

- 고량의 측면을 따라 회전이 가능하도록 원통 형태로 형성되는 가이드롤; 일측이 상기 가이드롤의 중심에 결합되며, 상기 가이드롤이 조향가이드 전측에 고정되도록 설치되는 고정축; 상기고정축의 타측이 고정되는 고정브라켓; 일측에 상기 고정브라켓이 설치되며, 상기 가이드롤의 상하방향 위치를 조절하는 링크암; 및 작업자의 조작이 용이하도록 상기 링크암 타측에 설치되는 손잡이를 포함하는 고량의 형상을 측정하는 편이 정식기용 조향가이드를 제공하는 고안



번호	특허	특허명 (출원번호)	소속 기관명	역할	특허등록 국가	Impact Factor	특허출원일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)
1	특허	전동식편이정식기 (10-2016-0122971)	(주)헬퍼 로보텍	시작품 개발	대한민국	-	2016.09.26	단독사사
2	특허	편이정식기 (10-2017-0099511)	(주)헬퍼 로보텍	시작품 개발	대한민국	-	2017.08.07	단독사사
3	특허	고량의 형상을 측정하는 편이정식기용 조향가이드 (10-2017-0148974)	(주)헬퍼 로보텍	시작품 개발	대한민국	-	2017.11.09	단독사사

**(나) 논문발표 성과**

- 본 게재 논문은 기존에 널리 사용되는 피로수명 예측 기법을 이용하여 새로운 피로수명 예측기법을 제시하는 내용으로 향후 본 연구를 보완하여 소재 또는 구조물의 피로(내구)수명 예측에 다양하게 활용할 수 있을 것으로 판단됨
- 해당논문 게재 외에도 2016년 한국농업기계학회 춘계학술대회에 참석하여 정식기 프레임 구조강도 향상방안 연구를 주제로 발표를 하였으며, 2017년에는 한국농업기계학회 춘계학술대회에 참석하여 정식기 호퍼 내구성 향상에 관한 연구를 주제로 발표를, 한국정밀공학회 2017년 춘계학술대회에 참석하여 정식기 취약부 개선방안 연구에 관한 주제로 발표를 하였음
- 이러한 논문발표 성과들을 토대로 향후 농기계 구조물의 설계최적화 및 구조개선, 핵심 부품 및 구조물의 내구수명 예측 등에 활용함으로써 국내생산 농기계의 성능 및 신뢰성 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대됨

게재연도	논문명	저자명	학술지명	Vol.(No.)	국내외구분	SCI구분
2017.04.01	Thermo Mechanical Fatigue Life Prediction of Ni-Based Superalloy IN738LC	이동근	International Journal of Precision Engineering and Manufacturing	18(4)	국제저널 (국내)	SCI(E)

## 마. 연구결과

### (가) 기술적 성과

#### ① 전동형 편의 정식기 개발

##### ㉠ 전동형 주행장치 개발

- 국내에 출시된 제품 중 전동형 주행장치가 있으나 기존 개발된 장비에서 가솔린 및 디젤 엔진을 떼어낸 후 전동모터와 유압모터를 장착하여 구동하고 있으며 구동시간 또한 배터리 1회 완충 당 1시간 미만인 장비가 많음
- 이러한 방식을 채용한 장비들의 경우, 기존 개발된 장비들의 링크들을 그대로 사용하고 있기 때문에 가솔린 및 디젤엔진을 채용한 장비보다는 소음 및 진동이 작으나 여성 고령자 등이 사용하기에는 무리가 있음
- 이러한 문제점 등을 해결하기 위하여 본 과제에서는 출력이 높은 전동모터를 1개 장착하여 모터 출력을 전달하는 방식이 아닌 출력이 낮은 모터를 다수 장착하고 MCU를 활용하여 제어함으로써 소음 및 진동, 전력소모를 최소화 하고 지속적인 프레임 내구분석을 통하여 경량화, 편이성에 초점을 맞춘 장비를 만들고자 하였음
- 인체공학적 설계를 통하여 사용자의 근골격계 질환 발생율을 낮추고자 노력하였음
- 본 과제에서 연구된 전동형 주행장치는 속도는 0.09~0.16m/s로 기존에 출시된 K사의 0.2 ~ 0.4m/s에 비하여 느리나 주된 사용자가 여성 및 고령자이고 2조식 장비임을 생각하였을 때 충분한 속도라고 판단하였으며 무게 또한 120kg 으로 K사에 비하여 60kg 경량화에 성공한 것으로 나타났으며 프레임 소재와 안전장치를 경량화 함으로써 더욱 경량화가 가능할 것이라고 판단하였으며 본 과제에 국한되지 않고 주행장치가 필요한 장비라면 어떤 장비든 쉽게 탈부착이 가능한 장비로 제작 가능하다고 판단하였음
- 그러나, 유압조절 장치 등이 장비되지 않아 경사조절 각도 등의 장비를 추가적으로 부착할 필요성이 있으며 주행방식이 4륜이 아닌 3륜방식을 채택하여 조향을 하기가 힘든 점이 문제점으로 부각되었음

##### ㉡ 모종 식부장치 개발

- 모종 식부장치의 구조는 4절 링크 타입으로 K사와 D사의 채소이식기와 같은 타입을 사용하였으나 전동 모터를 사용하기 위하여 링크 등을 경량화 하였으며 MCU를 활용하여 장비를 제어함으로써 기존 출시장비의 주간거리가 30 - 50cm 제어가능한 한계가 있으나 본 과제에서 연구된 장비의 경우 제어가능 한계가 없다는 장점이 있음
- 또한, 기존 전동형 정식기 등의 문제점인 기어를 사용함으로써 작동시간이 짧아지는 문제점을 해결하기 위하여 BLDC 모터를 식부장치의 궤적에 미치지 않는 부분에서 직접적으로 동력을 전달이 가능한 위치에 장착하여 기존 전동정식기의 1회 완충시 작동 시간인 30 ~ 1시간이 아닌 5시간이 작동 가능하도록 하였으며 BLDC 모터에 Absolute position encoder을 장착하여 제어할 경우 일반적인 정식기에서 사용되는 등속회전하여 연속 궤적을 그리는 것이 아닌 속도를 자유롭게 조절함으로써 비닐 피복등을 파손시키지 않는 궤적을 그리게 작동하는 것이 가능하다는 장점이 있음

- 그러나, 전기적 모터를 사용하였기 때문에 습기에 민감한 장비이므로 노지에서 사용하기 위해서는 방수 모터를 부착하거나 또는 방수 케이스를 개발하여 부착할 필요성이 있으며 온실내부에서 사용할 시에는 매연 등이 없고 배터리의 교환도 가능하여 지속적인 작업이 가능하다고 판단되었음

## ② 정식기 구조물 및 핵심부품의 내구성 및 신뢰성 향상기술

### ㉠ 정식기 구조물 구조해석 및 개선

- 구조해석을 통하여 최대 발생응력 크기 및 높은 수준의 응력이 발생하는 구조적 취약부를 도출하였음. 또한, 도출된 구조적 취약부를 개선하기 위하여 취약부 부재의 형상을 분석하고, 굽힘또는 비틀림 등에 의한 발생 응력을 감소시킬 수 있도록 부재의 형상 개선 방안을 도출함
- 이론적 근거를 기반으로 하여 취약부 개선 방안을 도출함으로써 개선안의 신뢰성을 높이고, 직접적인 문제해결 방안이 될 수 있도록 함. 해당 구조해석을 통해 정식기 가동시 발생할 수 있는 프레임의 순간파단 또는 피로파손 등의 위험을 대폭 감소시킴으로써 정식기의 내구/신뢰성 향상에 기여하였음

### ㉡ 정식기 식부삽날 내구성 평가분석

- 정식기 핵심부품 중 하나인 식부삽날은 묘를 정식하는 단계에서 토양 및 자갈 등에 반복적으로 부딪히게 되며, 이러한 반복하중이 삽날에 마모 또는 변형을 동반한 파손을 일으킬 수 있음
- 삽날의 내구성을 평가하기 위해 편이정식기 내구/신뢰성 기반조건 분석을 통해 도출된 사용조건 및 실험역학을 기반으로 하여 체계적인 실험을 수행하였으며, 이를 통하여 결과의 신뢰성과 활용성을 높임
- 기존 및 개선삽날 등의 동일한 시험조건 하 정하중 파손시험 및 피로시험을 수행함으로써 강도 및 수명 측면에서의 비교를 수행하였으며, 이를 통해 삽날 개선 효과를 검증하였음. 본 내구성 평가분석 기술을 통해 향후 다양한 형태의 추가적인 삽날 개선에도 활용할 수 있도록 함

## (나) 경제적 성과

### ① 정식기 구조물 및 핵심부품의 내구성 및 신뢰성 향상기술

- 본 연구를 통해 도출된 기술을 농기계의 설계최적화 및 구조개선, 내구수명 예측 등에 활용함으로써 성능 및 신뢰성 향상에 기여할 수 있으며 이를 통해 제품 신뢰성에 대한 평판을 향상시키고, 최종적으로 해당 제품의 판매 활성화에 기여할 수 있음

### ② 편이정식기 R&D 연구성과의 실용화 기반 구축

- 우리 농업은 벼농사 중심으로 발전하여 왔으나 국민소득의 증가로 원예와 축산 분야가 농업생산을 주도하고 있음
- 발작물은 고소득 작목으로 농가소득에서 그 역할이 더욱더 중요해졌는데 반해 논농업

대비 기계화가 매우 느리게 진전되고 있어 점차 노령화되고 있는 농촌현실 반영이 되고 있지 않은 실정임

- 밭 농업 중 노동력 집중도가 높은 이식 및 파종은 기계화가 매우 미흡하여 밭작물의 생산비 절감과 생력화에 큰 걸림돌이 되고 있어 이를 개선하기 위한 정책 수행이 시급히 요청되고 있음
- 밭농업 기계화는 단순히 농기계 개발에 국한된 것이 아니라 재배기술, 농자재 및 생산기반, 유통소비 분야의 작업공정을 농기계 중심으로 전환하는 복잡한 일련의 과정으로 농업인의 구매능력, 경영규모 확장 가능성, 농기계 보급 업체의 역량 등의 상황이 고려되어야 해당 제품의 시장 성공성을 가늠 가능함
- 밭농업 기계화를 위하여 정부는 2017년도 말까지 밭농업 기계화율 65% 달성을 목표로 하여 정책을 추진하였으며 더불어 기계화 적합 품종까지 발굴해내고 있는 상황임
- 특히 본 연구사업은 이런 정책 수요에서 기인한 것으로 정책-R&D-실용화의 기본 정책 기조에 부합한 연구성과로 판단됨
- 본사업의 연구성과물인 편이정식기의 도입에 따른 노동력 절감 효과는 300평 기준 2.86시간으로 나타나 노동비용이 900평 기준 50,701원의 정식 노동비용을 절감 가능하며, 특히 대당 진료비 감소편익은 13,800원 으로 분석되어 노동비용 및 업무상 손실 감소편익에 영향을 미칠 것으로 사료됨

#### 4. 목표달성도 및 관련분야 기여도

코드번호	D-06
<p>4-1. 목표달성도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 전국 밭작물 농경지의 40%(추정)은 중산간지에 위치한 소규모, 비정형, 경사지 형태로서 지금까지 영농작업의 기계화 대상에서 제외된 현실을 감안하여 반자동 전동식 편이 정식기를 개발함으로써 쪼그리고 앉아서 수행하는 정식 작업의 악성 노동을 완화하고자 함</li> </ul> <p>① 고령자, 여성농업인의 사용자 친화형 정식기술 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고령자 및 여성농업인이 사용하기 쉽게 사용하기 위한 조건은 다음과 같음           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고령자 및 여성농업인의 작업높이에 맞춘 정식장치 설계</li> <li>- 근골격계 질환 예방을 위하여 진동 및 소음 감소</li> <li>- 편이정식기를 0.10m/s 이하의 속도로 주행가능하도록 제작하여 사용자 편의성 향상</li> <li>- 기존 레버조작이 아닌 Push 버튼으로 조작하여 편이조작이 가능하도록 개발</li> <li>- 높은 정식 성공율 및 자유로운 주간거리 변경</li> <li>- 편이정식기의 경량화</li> </ul> </li> <li>○ 제시한 조건에 맞는 편이정식기를 제작하기 위하여 다음과 같은 방식으로 연구하였음           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2014년에 통계청에서 제시한 고령 여성농업인의 평균 신장을 바탕으로 적정작업높이를 계산하여 60 ~ 80세의 여성 고령농업인이 편하게 작업이 가능하도록 설계함</li> <li>- 진동 및 소음을 최소화하기 위하여 전동식을 선택하고, 작업동작에 포함되는 링크를 최소화하였음</li> <li>- 주행속도를 0.09 ~ 0.16m/s로 기존 장비 대비 50% 감소시켰으며 MCU로 제어하여 저속에서도 설정된 주간거리를 유지하도록 하였음</li> <li>- Push 버튼 조작 및 LCD 패널을 부착하여 설정된 주간거리, 주행속도 등이 표기되도록 하였음</li> <li>- 모종공급이 적절한 속도로 되었을 때, 90% 이상의 정식성공율을 보였음</li> <li>- 기존 판매중인 채소정식기의 무게에서 40% 이상 경량화에 성공하였음</li> </ul> </li> <li>○ 고령자 및 여성농업인이 편이정식기를 쉽게 사용하기 위하여 제시한 조건을 전부 달성하였으며 차후 추가 연구를 통하여 작업높이의 가변성, 조향장치의 개선 등을 통하여 장비의 성능을 향상 가능하다고 판단하였음</li> </ul> <p>② 작목별 농경지 형태에 맞는 노지 구동 전동 장치 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기존 연구계획에서는 노지 저속용 차동장치 및 클러치 기술을 적용하고자 하였으나 경량화를 위하여 차동장치를 제외하고, 배터리 용량을 고려하여 100W BLDC 모터를 활용하고 충분히 감속시켜 노지주행이 가능하도록 하였으며 3륜 주행장치로 조향이 가능하도록 하였음</li> <li>○ 고추 및 배추재배농가에서 작업시간을 3시간 작업- 1시간 휴식 - 3시간 작업으로 보았을 때 편이정식기 배터리를 1회 완충 시 3시간 작업이 가능할 경우 작업 - 배터리 충전 - 작업 혹은 작업 - 배터리 교체 - 작업의 방식으로 작업할 경우 편이정식기의 작업시간은 1회 완충 시 3시간 작업이 최소기준으로 판단되었음</li> </ul>	

충전 - 작업 혹은 작업 - 배터리 교체 - 작업의 방식으로 작업할 경우 편이정식기의 작업시간은 1회 완충 시 3시간 작업이 최소기준으로 판단되었음

- 제작된 편이정식기의 경우 5.46시간 사용이 가능하여 최소기준을 182% 만족하였으며 추가적인 장비가 부착되더라도 3시간 이상 작업이 가능할 것으로 판단되었음
- ③ 고령자, 여성농업인의 1인 기계사용을 위한 농가-경작지간 편이다목적 운반차 연구
  - 1일 정식시 필요한 육묘판 (20트레이/50공)과 편이 정식기의 농가 경작지간 운반을 고려하여 여성 고령 작업자가 작업이 용이 하도록 저상형 전동 구조 및 경사 발판으로 개발을 진행 하였음
  - 편이 정식기를 적재하고 1.5 ~ 4.5km/h의 속도로(보행속도) 운행이 가능한 편이 운반대차를 설계, 제작하였음
  - 장치의 몸체는 Stainless Steel을 사용하여 발청 방지에 적합하도록 하였으며 정식기를 적재하기 위한 Ladder은 Aluminum 재질로 경량화를 추구하였음
  - 주행장치의 경우 ENERCELLKOREA CO., LTD의 트랜스 액슬 36v, 1500w, 1/57 Differential Gear 일체형장비를 활용하였으며 제어 장치로는 Curtis 사의 1227 TYPE, 160A x 36V를 활용하여 제어하였음
  - 배터리의 경우 DELCO 사의 DC12V x 100A 배터리를 3개 사용하였으며 사용자가 사용하기 편리하도록 제어기를 제작하였음

#### 4-2. 관련분야 기여도

- 현재 국내에서는 많은 채소이식기들이 판매되고 있으나 여성 및 고령농업인이 사용하기 어려운 가솔린 및 디젤엔진 등을 활용하여 주 사용자는 남성 농업인인 경우가 대다수인 상황이며 작업장치의 이를 타파하기 위하여 가솔린 및 디젤엔진 대신 전기모터를 활용하여 작업하는 방식으로 채소이식기를 개발하였으나 특별한 배터리가 아닌 통상 판매중인 납축전지를 사용할 경우에는 작업시간이 20분에서 1시간 정도로 나타나 노지이용에는 힘든 것으로 판단되었음
- 본 연구에서 개발된 편이정식기의 경우, 동력전달장치를 최소화하고 각 구동부 마다 모터를 설치하여 제어함으로써 24v 70AH 배터리를 사용하였을 때 최대 5.46시간의 작동시간을 확보하여 오전일과 - 충전 - 오후일과의 방식으로 사용할 경우 하루작업이 가능한 것으로 나타났으며 속도조절, 주간거리 조정 등을 MCU를 통하여 자유롭게 함으로써 사용자 편의성을 향상시켰음
- 마지막으로 여성 및 고령자가 장비를 사용하는데 있어서 가장 큰 문제가 되었던 소음 및 진동 등을 불필요한 동력전달장치를 제거하고 전동형 정식기를 제작함으로써 상당부분 감소시킬 수 있었으며 기존 판매중인 채소정식기의 무게에 비하여 40% 이상 경량화에 성공하였음

## 5. 연구결과와 활용계획

	코드번호	D-07		
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 본 연구에서 제작된 주행장치의 경우, 소형 전동형 농업기계에는 전부 활용이 가능하지만 수평제어장치 및 조향장치에 대한 부분 등의 차후 연구를 진행하고 직진자율주행, 제자리 180도 회전 등의 기능을 포함시켜 편의성을 더욱 증가시킬 필요성이 있음</li> <li>○ 본 연구에서 진행된 정식기 제어장치의 경우 전동 모터로 구동되는 장비에는 모두 적용이 가능하여 전동형 농업기계에 대한 타 연구과제에도 응용이 가능함</li> <li>○ 식부장치의 경우에는 절대치 엔코더 등을 부착함으로써 비닐밀림이 일어나지 않도록 실시간으로 속도를 제어하는 연구를 진행하여 마늘, 양파 등 비닐피복이 필수적인 식부장치에도 활용이 가능하다고 판단되었음</li> <li>○ 본 연구에서 진행된 식부삽날 피로수명 평가의 경우 동하중 측면에서 시험이 수행되었으나, 충격하중에 대한 부분은 반영되지 못함. 향후 낮은 수준에서 발생하는 반복적 충격하중에 따른 삽날의 피로수명 평가를 통해 삽날의 충격피로수명 측면에서의 취약부를 추가적으로 도출하고, 이를 개선하기 위한 방안을 연구할 필요가 있음</li> <li>○ 본 연구에서 정식기 프레임의 내구/신뢰성 향상을 위하여 정적인 측면에서의 구조해석 및 취약부 개선을 수행함. 하지만 실제 조건에 더욱 부합되는 분석 및 개선을 위해서는 정식기 사용시 발생하는 실 동하중을 측정하여 프레임에 가해지는 부하를 분석하고, 이를 통해 프레임의 내구수명을 예측하는 연구가 추가적으로 필요함</li> <li>○ 본 연구를 통해 도출된 구조개선 방안 및 수명개선 방안의 경우 정식기 뿐만 아니라, 노지에서 사용되는 다양한 농기계 및 핵심 부품의 구조개선 및 수명개선에도 응용 가능</li> </ul>				

## 6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

코드번호

D-08

### 1. 고령자용 편이 정식기 해외 사양 조사

#### (1) 일본 미노루 정식기

半自動野菜移植機VT-2は、広い株間で植付けを行う。キャベツ・ブロッコリーなどのセルトレイ苗を楽に移植することができます。  
全自動・高性能半自動移植を導入するほど栽培していないが、手植えを行うのは大変といった、栽培面積が「中規模クラス」の方に最適な製品です。



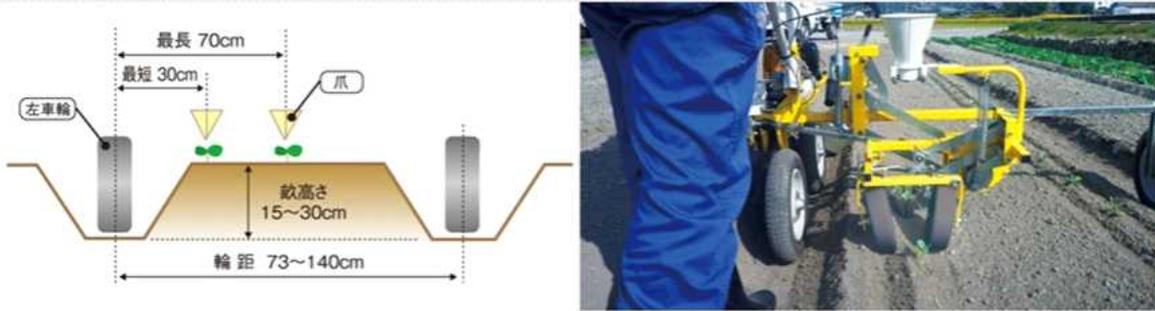
- 모델명 : VT-2
- 사양 : 1조식 보행형 (왕복 정식시 2조 가능 구조)
- 규격 : 1,600 x 1,250 x 1,100mm
- 중량 : 57kg
- 동력 : 공랭식 4사이클 엔진 방식
- 출력 : 정격 0.55kw (0.75ps)
- 차속 : 9.5~13cm/s



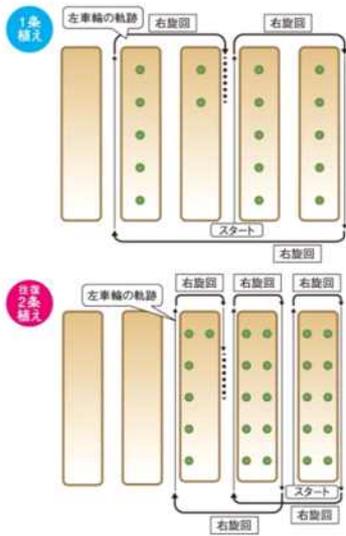
- 묘종 공급호퍼와 정식날의 구조를 가지는 외팔보 구조형태
- 3륜 차축의 비구동 바퀴폭 조절을 통한 두둑별 범용성 확보



- 기어 감속을 통한 보행 속도 조절
- 복토륜을 통한 복토진행과 링크 타입의 정식 주간 거리 조절
- 육묘판 2판 적재 가능한 소형 경량형 구조



- 1조식의 정식기를 왕복 회전 하여 사용시 2조식 정식이 가능한 식재부 조절식 구조 ( 식부 호퍼의 센터 조절을 통한 왕복작업으로 1조, 2조식 작업 가능)



- 여성, 고령자 용 경량형 프레임 구조

## 7. 연구개발결과의 보안등급

코드번호	D-09
<input type="radio"/> 해당없음	

8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	코드번호		D-10	
					구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록번호

## 9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

		코드번호	D-11
[공통]			
회사의 대표자, 책임급 연구원이 기업부설연구소 및 연구실을 주 2회 안전점검하고 이와 더불어 참여연구원들의 안전 관련 교육(안전보건 공단의 산재예방교육 등을 시행함.			
[경상대학교]			
1) 연구실 안전 관리 계획			
(1) 위험인자 분석			
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 화학 분야 : 사용 시약의 특성별 위험요소 확인 및 안전표지 부착</li> <li>· 기타 분야 : 전기, 기계, 환기, 폐기물 등 연구실내 위험, 유해인자 확인 및 개선</li> </ul>			
(2) 안전 교육			
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 자체교육 : 월 1 회 이상 연구실 자체 안전교육 실시(위험물질 취급요령, 보호구 착용 등)</li> <li>· 정기교육 : 반기 1회, 학교주관 연구실안전교육 참석(연구과제 참여자 전원)</li> </ul>			
(3) 안전점검			
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 일일점검 : 매일 연구실책임자 및 연구실종사자가 실시 및 기록</li> <li>· 정기점검 : 연구실안전팀에서 년 2회 측정장비등을 이용하여 연구실내 불안전사항 점검 실시</li> <li>· 특별점검 : 연구실 안전사고 발생시 점검을 실시하여 문제점 개선 및 재발방지 계획 수립</li> </ul>			
(4) 실험실 정밀안전진단 실시			
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 대상 : 유해화학물질 취급 연구실, 유해인자 취급 연구실, 독성가스 취급 연구실</li> <li>· 실시 : 2년마다 1회 실시하여 교육과학기술부에 보고</li> </ul>			
2) 보험 가입 현황			
보험명	보상내용	대상	주관부서
연구실 안전보험	사망/후유장해 : 1억원/인	연구활동종사자 (학생, 수료생, 연구원등)	안전관리실
	상해 치료비 : 1천만원/인 한도		
경영자배상책임보험	사망/후유장해 : 2억원/인	재학생, (학부생, 대학원생)	학생과
	상해 치료비 : 2백만원/인		
	대물배상책임: 2백만원/인		
산업재해보상보험	사망/후유장해 : 관련 법률에 정한 기준	과제참여자 (재학생 제외)	산학협력단
	상해 치료비 : 무한		
공무원연금보험	사망/후유장해 : 관련 법률에 정한 기준	공무원 (교수, 직원)	교무과, 총무과
	상해 치료비 : 무한		
3) 추가 이행 계획			
1) 실험종사자 건강검진 실시	유해물질 노출 여부 검사 특수 건강검진 실시		
2) 실험실 공기질 관리, 환기	유해물질농도 측정관리, 환기대책수립		
3) 실험실 환경개선공사	노후 실험실 개선공사 시행		
4) 특수위험 실험실에 별도의 소화설비 설치	특수소화기 설치(금속하재 전용 소화기 등)		
5) 유기용매 별도 보관	실험실외부 보관창고 보관, 필요시 운반 사용		
6) 실험실 환경안전지침 게시	실험실 특성에 맞는 안전수칙 게시(장비사용 등)		
7) 고압가스 안전관리	용기고정장치 설치, 경보기 설치, 노후가스 용기 폐기		
8) 안전보호장비 시설 보완	응급샤워기, 응급세안기, 응급구급함 등		

## [한국생산기술연구원]

## ○ 안전 교육

- 안전교육 : 분기별 정기 안전교육 실시(기관 차원에서의 온라인 교육)
- 안전/보건교육 : 연 1회 실험실 안전/보건교육 실시(오프라인 교육, 외부 전문기관 의뢰)

## ○ 안전점검

- 일일점검 : 매일 연구실책임자 및 연구실종사자가 실시 및 기록
- 정기점검 : 연 1회 실험실 정밀안전진단 실시(외부 전문기관 의뢰)

## 10. 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국 가	코드번호		D-12	
						Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/인 용횟수 등)
1	특허	전동식편이정식기 10-2016-0122971	(주)헬퍼로 보텍	시작품 개발	대한민국	출원	2016.09.26	단독사사	
2	특허	편이정식기 10-2017-0099511	(주)헬퍼로 보텍	시작품 개발	대한민국	출원	2017.08.07	단독사사	
3	특허	고량의 형상을 측정하는 편이정식기용 조향가이드 10-2017-0148974	(주)헬퍼로 보텍	시작품 개발	대한민국	출원	2017.11.09	단독사사	
4	논문	Thermo Mechanical Fatigue Life Prediction of Ni-Based Superalloy IN738LC	한국생산 기술연구 원	제1저 자	Internatio nal Journal of Precision Engineerin g and Manufactu ring	1.075	2017.04.01	단독사사	SCI(E)

## 11. 기타사항

코드번호		D-13
○		

## 12. 참고문헌

코드번호	D-14
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2015년 주요작물 생산동향. 2016. 통계청.</li> <li>○ World Agricultural Equipment. 2014. Freedonia Group Report.</li> <li>○ 강정균. 2014. 양과정식기용 4절링크-캠 식부장치 연구. 경상대학교.</li> <li>○ 고추 주산지 시·군 생산량. 2016. 통계청.</li> <li>○ 김경욱 외. 2009. 농업기계설계 I - 동력원을 중심으로. 문운당.</li> <li>○ 김경희. 2006. 노인을 위한 부엌 작업공간의 계획지침 연구. 석사논문. 경희대학교.</li> <li>○ 김의한. 1998. 트랙터 무단변속기 개발. LG전선(주).</li> <li>○ 김창수. 2017. LS엠트론(주) 트랙터사업부. 보도자료. 농축산기계신문.</li> <li>○ 농림축산식품부 주요통계. 2006-2013. 농림축산식품부.</li> <li>○ 농산물 소득조사 결과. 2015. 농촌진흥청.</li> <li>○ 농업기계연감. 2008~2011. 한국농업기계학회.</li> <li>○ 배추 도매가격. 2014-2015. 한국농수산물유통공사.</li> <li>○ 선태규. 2016. [연구동향]농업기계화의 미래와 발전방향. 보도자료. 농축산기계신문.</li> <li>○ 업무상 손상 발생율. 2016. 통계청.</li> <li>○ 여성고령자의 평균 신장. 2018. 통계청.</li> <li>○ 원예작물 주산지 통계. 2007. 국립원예특작과학원.</li> <li>○ 이재학. 2017. ‘스마트팜ICT융합표준화포럼’ 창립총회출범. 보도자료. 한국농기계신문.</li> <li>○ 이재훈 외. 2017. 스마트 농기계 전장부품산업 육성. 보고서. (재)경북테크노파크.</li> <li>○ 정만태. 2005. 일반기계부품산업의 현주소와 발전전략. 기고문. KIET산업경제.</li> <li>○ 전자공시시스템 업체별 2012년도 매출액. 2012. 금융감독원 전자공시시스템.</li> <li>○ 중소·중견기업 기술로드맵(2017-2019). 2017.보고서. 중소기업청.</li> <li>○ 표준영농기술. 2016. 농촌진흥청.</li> <li>○ 한국기계연구원 신뢰성평가센터(편역). 2016. 기계와 자동차 산업의 신뢰성 공학. 시그마프레스.</li> <li>○ 신동민 외. 2016. 119 구급자동차의 구조해석을 통한 내부 설계 안정성 검증에 관한 연구. 한국 화재소방학회 논문지.</li> <li>○ 김창수 외. 2013. 교통 약자를 위한 4륜 전동 스쿠터 프레임의 구조해석. 한국자동차공학회 논문집.</li> <li>○ 이승철 외. 2004. 와전류 제동프레임의 구조해석 및 최적설계. 한국정밀공학회지.</li> <li>○ 김기선 외. 2013. 자동차 시트 프레임의 구조 강도 해석에 관한 연구. 한국산학기술학회 논문지.</li> <li>○ 신정규 외. 2003. 저속차량 차체의 구조해석 및 구조최적설계. 한국자동차공학회 논문집.</li> </ul>	

주 의

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