

발간등록번호

11-1543000-000397-01

땅콩수확기 개발

(Development of self-propelled
peanut harvester)

동양물산기업(주)

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “땅콩수확기 개발에 관한 연구” (개발기간: 2011. 12. 26 ~ 2013.12.25) 과제의 보고서로 제출합니다.

2014 년 3 월 10 일

주관연구기관명 : 동양물산기업(주)
주관연구책임자 : 강 영 선
협동연구기관명 : 전북대학교
협동연구책임자 : 김 대 철
협동연구기관명 : 국립식량과학원 기능성작물부
협동연구책임자 : 배 석 복
협동연구기관명 : 한국낙화생가공업협동조합
협동연구책임자 : 정 원 근

요 약 문

I. 제 목

땅콩수확기 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구 개발의 목적

- 땅콩 재배 중 노동력 비중이 큰 수확작업의 생력기계화
- 자주식 땅콩수확기의 수출 전략형 모델 개발로 농업기계 수출 확대
- 땅콩수확기 적응 재배기술 체계화 및 실증 연구

2. 연구개발의 필요성

- 땅콩은 지방산과 단백질이 풍부한 고칼로리 영양식품으로 최근 수요가 증가
- 땅콩 재배면적은 2000년 4,662ha에서 2005년 3,352ha로 감소하는 추세를 보임
- 발작물 기계화율은 47.2%로 저조하며 그중 90% 이상이 경운, 정지, 방제 작업에 해당 수확작업은 10%미만으로 수확용 기계의 개발이 필요함.
- 수확작업이 번거롭고 어려우며, 많은 노동력이 필요하며, 벼 수확시기와 비슷하여 인력 구하기 힘들

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 굴취와 탈껍, 정선, 수집의 일관 작업이 가능한 수출 전략형 자주식 땅콩수확기의 개발

- 굴취, 탈껍, 선별, 수집작업 일관기계화 작업체계 구명
- 국내 및 수출 지역별 다양한 재배 환경 적응이 용이한 수확기 개발
- 국내 농가활용과 보급이 가능한 원가절감형 땅콩수확기 개발

2. 땅콩수확기 적응 파종 및 재배기술 체계화

- 땅콩재배 주산지 표준재배양식 모델 구축
- 수확성능 향상을 위한 땅콩재배기술 개발

3. 국내외 실증 시험을 통한 실용화

- 생산지 재배환경, 품종, 재배양식에 따른 국내외 농가 실증시험

4. 사업화 방안

- 수출 방안 및 국내 농가 보급 방안 수립

IV. 연구개발결과

1. 수출 전략형 및 국내용 자주식 땅콩수확기 개발
2. 땅콩재배 기계 수확 시스템 분석 및 적정 작업조건 확립
3. 농가 실증 시험 실시하여 내구성 및 성능 검증
4. 땅콩 수확기 적응 재배기술 체계화

V. 연구성과 및 성과활용 계획

1. 수출 전략형 자주식 땅콩수확기 개발로 농업기계 분야 수출 확대 및 국내 보급
2. 국내 땅콩 수확 기계화로 땅콩 재배 및 땅콩 가공 산업의 동반 성장
3. 국내 땅콩 수확 재배 표준화 관리
4. 전문 업체 및 중소기업의 설계제작 직접참여로 개발과 동시에 제품화 진행
5. 수출 지역 업체와 사전 사업 모델을 구축하여 수출 촉진

SUMMARY

I. Subject

The research and development of peanut harvester

II. The purpose and need for the research and development

1. The purpose of the research and development

- Mechanization of peanut harvesting which is a labor intensive work
- Development of export oriented strategic model of a self-propelled peanut harvest and expansion of export market
- Empirical research and systemization for peanut cultivation

2. The need for research and development

- The increase of demand for peanut as a high-calorie nutritious food rich in protein and fatty acids
- Peanut cultivation area reduction from 4,662ha in 2000 to 3,352ha in 2005
- Low mechanization rate for field crops as 47.2% and 90% mechanization in the work of soil preparation, pest control and less 10% in harvest work
- Difficult labor intensive work required for peanut harvesting
- Overlaps of harvest timing bet. rice and peanut

III. The content and scope of research and development

1. Development of export-strategic self-propelled peanut harvester that can do the integrated work of picking, peanut separation, threshing, selection, and collection

- Establishing integrated working system for picking, peanut separation, threshing, selection, and Collection
- Development of peanut harvester that can be used in a various field environment of domestic and foreign regions
- Development of a cost effective peanut harvester to be used by domestic farmers

2. Systematization of peanut cultivation technology

- Establishment of standard peanut cultivation model for main peanut production area
- Development of improved cultivation techniques for effective peanut harvest

3. Commercialization with field verification testing

- Field verification testing for various cultivation environment in domestic field

4. Business Plan

- Distribution plan to domestic farmers and overseas export plan

IV. Results of research and development

1. Development of self-propelled peanut harvester for domestic farmers and strategic export
2. Establishment of appropriate working conditions and mechanical peanut harvesting system
3. Field test and evaluation for verifying the performance and durability of the peanut harvest
4. Systemization of adapting cultivation technology for peanut harvester

V. Research achievement and utilizing plan of the achievement

1. Distribution of harvesting machine to domestic farmers and export expansion of agricultural machinery with the development of a self-propelled peanut harvester
2. The accompanied growth of peanut processing and peanut cultivation
3. Standardization of peanut cultivation and management system
4. Simultaneous commercialization with the development through direct involvement in designing the harvester of specialized manufacturing company and small-mid size parts company
5. Export promotion by constructing business model with exporter

CONTENTS

Chapter 1 Introduction

- Section 1 The need for research and development
- Section 2 The purpose of research and development
- Section 3 Scope of research and development

Chapter 2 Domestic and foreign trends of technology development

- Section 1 Patent list
- Section 2 Research Paper list

Chapter 3 Research contents and results

- Section 1 Investigation of the physical characteristics of the crop and regional standardization of peanut
- Section 2 Detailed design and prototype development of the system
- Section 3 Field test and evaluation, and troubleshooting (1st year)
- Section 4 Factorial experiment and test and prototype development of the system
- Section 5 Performance test and analysis
- Section 6 Redesign and complement

Chapter 4 Achievement Level for the research objectives and contribution to the related fields

- Section 1 Achievement level with respect to the research objectives
- Section 2 Quantitative research results

Chapter 5 Expected effects and associated future research plan

- Section 1 Expected effects for the related technology area
- Section 2 Expected effects economically and industrially
- Section 3 Need for further research
- Section 4 Business development plan for the research

Chapter 6 Bibliography

Appendix

목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요	9
제 1 절	연구개발의 필요성	9
제 2 절	연구개발의 목적	10
제 3 절	연구개발의 범위	10
제 2 장	국내외 기술개발 현황	12
제 1 절	국내 특허 목록	12
제 2 절	국내 논문 목록	12
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과	15
제 1 절	땅콩 재배방법 규격화 및 작물의 물리적 특성 조사	15
제 2 절	System 상세 설계 및 시제품 개발 추진(1차년도)	17
제 3 절	농가 실증 시험 및 문제점 보완(1차년도)	31
제 4 절	각 부 요인시험 및 시제품 제작	40
제 5 절	시제품 성능 시험 및 분석	61
제 6 절	설계 보완 및 향후 대책	67
제 4 장	목표달성도 및 관련분야의 기여도	71
제 1 절	목표대비 달성도	71
제 2 절	정량적 성과	73
제 5 장	연구개발 성과 및 성과활용 계획	75
제 1 절	기술적 측면의 기대 성과	75
제 2 절	경제적·산업적 측면의 기대성과	75
제 3 절	추가연구의 필요성	75
제 4 절	사업화 추진방안	76
제 6 장	참 고 문 헌	78
	부 록	80

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 필요성

땅콩은 불포화 지방산과 단백질이 풍부할 뿐 아니라 독특한 향미를 가진 고칼로리 영양식품으로 식용유를 비롯한 여러 형태의 기호 식품으로 가공되며 국내에서는 주로 볶음땅콩 형태의 간식용 먹거리로 소비된다.

1990년대의 농산물 수입개방과 노동인력 부족으로 국내 땅콩 재배 면적은 2000년 4,662ha에서 2005년 3,352ha로 (농림부, 2006농림통계연보) 감소하는 추세를 보였으나, 최근 간식거리용 땅콩의 소비가 증가함에 따라 2008년 이후에는 재배 면적과 생산량이 지속적으로 증가하고 있다. 2010년의 땅콩 재배 면적과 생산량은 각각 5,381ha, 11,400ton이었다(농림부, 2010농림통계연보). 중국은 세계최대 땅콩 생산국으로 전 세계 땅콩 생산량 약 3,500만 톤 중 1,400만 톤을 생산하여 전 세계 생산량의 40%를 차지하고 있다(그림 1). 중국의 경우 한국과 마찬가지로 노동인력 부족에 의해 땅콩재배 면적이 매년 감소하고 있으며 이는 땅콩 재배 체계의 특수성에 기인한다.

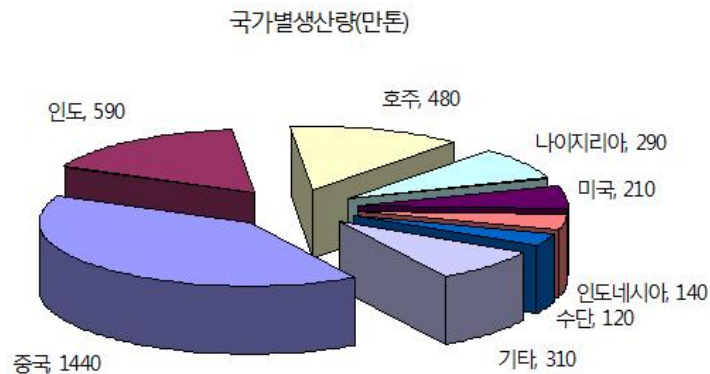


그림 1 국가별 땅콩 생산량

땅콩은 비닐피복 재배를 해야 하는데 수확시기까지 비닐이 피복된 상태로 있기 때문에 기계화 수확 작업 시 장애요인이 되고 있다. 또한 밭농사 기계화율은 47.2%로 여전히 미미한 실정이다. 밭농사의 경우 47.2% 중 90% 이상이 경운, 정지, 방제 작업에 해당하고 파종, 이식 및 수확작업은 10% 이하로 저조하다(농림부, 농업기계보유현황 2007). 땅콩은 땅 속에서 열매를 맺으므로 전체 작업 중 수확 작업이 가장 번거롭고 어려우며, 전 과정의 34%에 이르는 노동력이 수확작업에 투입되어야 한다(농림부, 2010농림통계연보). 또한 수확기간이 연중 20일 이내이며 벼 수확기와 중복되어 수확에 필요한 노동인력을 구하기도 어렵다. 따라서 땅콩 재배의 기계화를 위해서는 수확 작업의 기계화가 우선적으로 필요하다.

제 2 절 연구개발의 목적

본 연구의 목적은 땅콩 재배 중 노동력 비중이 큰 수확작업의 굴취와 탈협, 정선, 수집의 일관 작업이 가능한 수출 전략형 자주식 땅콩수확기 개발과 땅콩수확기 적응 재배기술 체계화 및 실증 연구를 통해 수출 전략형 모델을 개발하여 농업기계 수출 확대를 하고자 한다.

제 3 절 연구개발의 범위

1. 연구개발의 목표와 내용

가. 1차년도

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구범위	
1차 년도 (2012)	수출 전략형 및 국내용 자주식 땅콩 수확기 개발	선행조사	- 선진기술 특허조사 및 분석 - 시장조사에 의한 시장의 요구 분석 - 경제성 분석	
		Layout설계 및 System 상세설계	- 수확기 system 개념 설계 - 수확기 system Layout 설계 - 수확기 system 상세설계	
		시작품 개발 추진	- 시작부품 개발 및 제작 조립 - 시작기의 조립 문제점 분석 - 문제점 보완 및 재설계	
	땅콩재배 기계 수확시스템 분석 및 적정 작업조건 확립	기술자료 및 문헌 조사 분석	- 시판중인 땅속작물수확기 조사 - 굴취부 관련 문헌 조사 - 비닐 혼입 최소화 관련 문헌조사	
		선행연구 개발의 문제점 분석	- 땅콩수확기 구조파악 - 땅콩수확기 문제점 파악	
		작물의 물리적 특성 분석 및 장치 고안	- 시범포 땅콩 물리적 특성 조사	
		최적 굴취 및 이송방식과 장치 고안	- 굴취날 3D Modeling 설계 - 피드체인 3D Modeling 설계	
		최적 흙털이 장치 고안	- 흙털이 회전속도 조사	
		최적 동력전달체계 방안 수립 및 분석	- 전체 동력 체계도 설계	
		비닐의 처리방안 수립	- 생분해성 바이오 비닐 검토 - 비닐 혼입 최소화 장치 설계	
		주요 시스템 제작 및 시험	- 요인시험을 위한 장치 제작	
		시험 문제점 분석 및 보완		- 비닐 누름 장치 신규 설계 - 급치통 요인시험 필요 - 굴취날 요인시험 필요 - 흙털이 회전속도 증가

구분 (연도)	세부과제명	세부연구내용	연구범위
1차 년도 (2012)	농가 실증 시험 실시하여 내구성 및 성능 검증	시험방법 및 계획 수립	- 국내, 국외 필드 조건에 맞는 실증 시험방법 구축
		내구성 및 성능검증	- 필드 시험을 통해 시작품의 내구성 및 성능 검증
		시험결과 분석	- 시작품의 문제점 및 개선사항 파악
	땅콩수확기 적응 재배기술 체계화	땅콩 작부체계의 표준화 설정	- 땅콩 파종 및 멀칭에 따른 국내외 수 출 지역별 규격화 관리체계 확보 - 땅콩재배 주산지별 두둑, 재식 조수 의 확보와 작부형태 표준화 관리
선행조사		- 개발 수확기종의 활용성을 증대시키기 위한 보급 지역별 토질조건 확보	

나. 2차년도

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용
2차 년도 (2013)	수출 전략형 및 국내용 자주식 땅콩수확기 개발	시제품 개발 추진	- 경제성 시제품설계 및 부품개발제작 조립 분석 및 원가 절감 - 중국 및 국내용 상품화 방안 및 마케팅 전략 수립 - 수출 방안 수립 및 국내 보급 방안 수립
		성능시험 및 검증	- 땅콩수확기 시제품 성능시험, 분석 및 보완 방향 제시
	땅콩재배 기계작업 수확시스템 및 적정작업조건 확립	요인 시험	- 수확시스템 방식별 효율성 분석과 최적시스템 수립
		시험 문제점 분석 및 보완	- 요소별 차별화 계획 수립 - 수확기 현장적응성, 작업성능, 문제 점 등 분석
	개발된 땅콩 수확 기대에 대한 농가 실증 시험	실증 시험	- 시제품을 통하여 기존 시작품의 문 제점에 대한 개선 여부를 필드 재검 증을 통해 유효성 확인
땅콩수확기 적응 재배기술 체계화	땅콩 작부체계의 표준화 설정	- 수확 시 멀칭용 비닐 제거 방법에 대한 현장 연구 자료 확보 - 기계식 수확에 적합한 최적의 재배 기술 조건 확보 및 연구	

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내 특허 목록

- 검색 사이트 : 특허정보원 DB
- 국내 특허 출원(※색인어 : 땅콩, 수확, 자주식, 땅콩수확기, 생력화)

출원번호	출원일자	발명의 명칭	출원인
전체 검색			
특1996-00074 76	1996년03월19일	두둑 비닐제거용 작업장치	신현우 (국제종합기계 주식회사)
실1995-02503 6	1995년09월18일	비닐제거 기능을 갖는 감자 수확용 예취장치	서상기 (재단법인한국기계연구원)
20-2002-002 5395	2002년08월26일	멀칭 비닐수거기	한국 농업 진흥청
10-1998-001 7935	1998년05월19일	정선시스템을 구비한 땅콩수확기	대한민국(농촌진흥청장) 엘지전선 주식회사
10-2006-006 3105	2006년07월05일	땅속작물 굴취 작업기	대한민국(농촌진흥청장) 경북대학교 산학협력단

제 2 절 국내 논문 목록

▶ 국내 학술

출처 : <http://kiss.kstudy.com/>

검색어 : 콤바인 예취부

제목	논문 정보처리 및 복합기술 : 콤바인 예취부 고장진단을 위한 예취 칼날부의 진단 시스템 개발(1) -진동 및 부하 신호 분석-
저자	최창현 (Chang Hyun Choi), 김용주 (Yong Joo Kim), 김종혁 (Jong Hyuck Kim), 문정환 (Jung Hwan Mun)
발행년도	2007
발행기관	한국농업기계학회, <바이오시스템공학(구 한국농업기계학회지)> 32권3호 (2007), pp.190-196

제목	정보처리 및 복합기술 분야 : 콤바인 예취부의 고장진단을 위한 계측신호 분석
저자	최창현 (C. H. Choi), 김용주 (Y. J. Kim), 남은혜 (E. H. Nam), 문정환 (J. H. Mun)
발행년도	2007
발행기관	한국농업기계학회, <한국농업기계학회 학술발표논문집> 12권1호 (2007), pp.387-392

출처 : <http://kiss.kstudy.com/>

검색어 : 자탈형 콤바인

제목	논문 : 노외기계시스템공학 (Off - Road Machinery System) : 스펙트럼 해석에 의한 자탈형 콤바인의 진동 특성 고찰
저자	최중섭(J . S . Choe), 정상영이(Inoue Eiji)
발행년도	2001
발행기관	한국농업기계학회, <바이오시스템공학(구 한국농업기계학회지)> 26권1호 (2001), pp.11-20

출처 : <http://kiss.kstudy.com/>

검색어 : 무 또는 당근 수확기

제목	제 1 발표장 / 농업동력 , 농작업기계분야 , 농업기계화 및 생산기술분야 : 무 당근 수확기 개발
저자	최용(Y . CHoi), 박환중(W . J . Park), 홍종태(J . T . Hong), 전현중(H . J . Jun) 윤무경(M . K . Yoon)
발행년도	1998
발행기관	한국농업기계학회, <한국농업기계학회 학술발표논문집> 3권1호 (1998), pp.49-55

출처 : <http://kiss.kstudy.com/>

검색어 : 땅콩 수확기

제목	제 1 발표장 / 농업동력 및 농작업기계분야 , 농업기계화 및 생산분야 : 땅콩수확기 개발
저자	전현중(H . J . Jun), 홍종태(J . T . Hong), 박환중(W . J . Park), 최용(Y . Choi), 이성우(S . W . Lee)
발행년도	1998
발행기관	한국농업기계학회, <한국농업기계학회 학술발표논문집> 3권2호 (1998), pp.20-26

출처 : <http://kiss.kstudy.com/>

검색어 : 감자 수확기

제목	논문 : 진동을 이용한 감자수확기계의 개발
저자	강화석(W. S. KANG), 김상현(S. H. KIM), 함영창 (Y . C . HAHM)
발행년도	1989
발행기관	한국농업기계학회, <바이오시스템공학(구 한국농업기계학회지)> 14권1호 (1989), pp.16-23

제목	논문 : 트랙터용 감자수확기의 개발
저자	강화석(W. S. KANG), 김상현(S. H. KIM), 함영창 (Y . C . HAHM)
발행년도	1993
발행기관	한국농업기계학회, <바이오시스템공학(구 한국농업기계학회지)> 18권1호 (1993), pp.21-29

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 땅콩 재배방법 규격화 및 작물의 물리적 특성 조사

1. 땅콩 재배방법 규격화

현재 우리나라는 땅콩 재배 방법이 규격화 되어있지 않다. 지역마다 다르게 1조식, 2조식으로 땅콩을 재배하며 작휴 방법 또한 다양하다. 기계화에 앞서 경지 규모와 재배 면적에서 기계가 작업을 실시할 때 문제점이 없도록 하기 위해 식량과학원의 기능성 작물부와 협의를 실시하여 표준 땅콩 작휴 방법을 설정하였다. 설정된 땅콩재배의 표준 작휴 방법은 그림2에서와 같다.

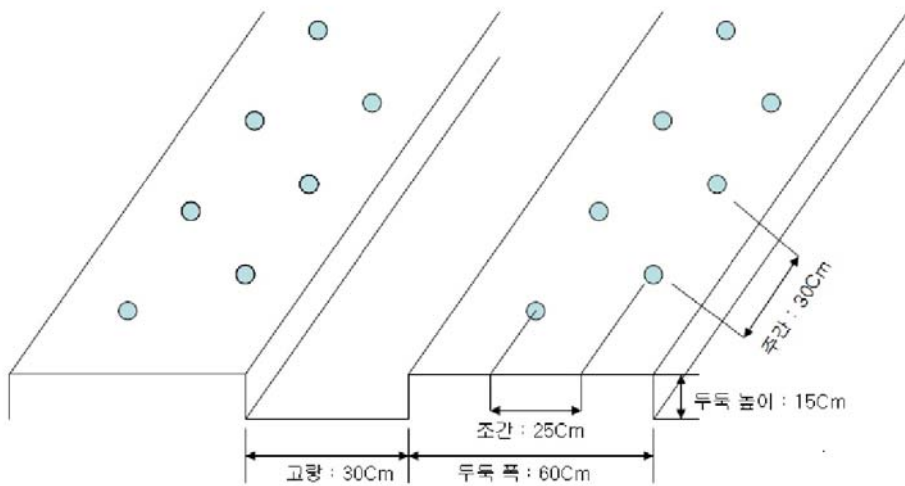


그림 2 수확기계화를 위한 땅콩재배 작휴방법 규격화

2. 작물의 물리적 특성 조사

가. 국내 땅콩 물리적 특성 분석

개발 중인 땅콩수확기를 이용할 경우 땅콩의 물성치에 따라 굴취 성능과 탈협 성능이 크게 달라진다. 음성군 감곡면 일대와 익산시 일대 땅콩밭 땅콩의 물리적 특성을 조사하였다. 땅콩에 대한 물성치 측정은 작물을 무작위로 10개 선출하여 측정하였고 이에 대한 평균값은 아래 표와 같다.

표 1 국내 땅콩종자 물리적 특성 측정

품종	팔팔	밀양51호	대풍	신광
초장(mm)	374	379	400	580
분지수(개/주)	49.5	26.8	16	10
꼬투리장력(g)	831.9	621.7	549	568
협크기 직경 (최소, 최대, mm)	11, 20	12, 21	9, 20	10, 23
초형	포복형	반직립형	반직립형	직립형



그림 3 음성군 시범포 전경

나. 중국 땅콩 물리적 특성 분석

개발 중인 땅콩수확기를 이용할 경우 땅콩의 물성치에 따라 굴취 성능과 탈껍 성능이 크게 달라진다. 중국 문등시 일대 1차 2차 3차 농가를 선정하여 땅콩의 물리적 특성을 조사하였다. 땅콩에 대한 물성치 측정은 무작위로 작물을 10개 선출하여 측정하였고(그림4) 이에 대한 평균값은 아래 표와 같다.

표 2 중국 땅콩종자 물리적 특성 측정

위 치	1차 농가	2차 농가	3차 농가
초장(mm)	555	496	523
분지수 (개/주)	19.9	30.8	21.5
꼬투리장력 (g)	738.2	1042.1	934.2
껍크기 직경 (최소, 최대, mm)	7, 17	12, 20	10, 16
초형	포복형	반직립형	포복형



그림 4 중국 시범포 물성치 측정 사진

제 2 절 System 상세 설계 및 시작품 개발 추진(1차년도)

1. 땅콩수확기 System 작동 원리

땅콩수확기는 땅속에 걸과하는 땅콩을 줄기와 함께 땅에서 파내는 굴취 작업, 피땅콩을 줄기에서 분리하는 탈협 작업, 이물질로부터 피땅콩을 분리하는 선별 작업, 선별된 피땅콩을 수집 장소까지 운반하는 이송 작업, 이송된 피땅콩을 작업과정에서 보관하는 수집 작업과, 땅콩을 분리한 후 땅콩줄기를 수확기 외부로 막힘없이 배출하는 줄기 배출 작업을 하나의 기계로 수행하는 일관 작업기이다. 땅콩 수확기에서 각각의 작업이 수행되는 과정을 이해하기 쉽도록 나타낸 것이 다음 그림이다.

이들 굴취, 탈협, 선별, 이송 수집 작업과 줄기배출 작업을 원활하게 수행하게 하기 위해서는 각각의 작업부에 대한 적절한 설계가 수행되어야 한다. 이를 위해 주요 부분별로 비슷한 작업을 하는 여러 수확기를 벤치마킹하고, 각각의 작업을 원활하게 수행하도록 적절한 설계를 하였다.

또한 이들 요소 설계를 하나의 시스템으로 구성하여 일관작업이 가능하도록 적절한 시스템 통합 설계를 수행하여 땅콩수확기의 설계를 진행하였다.



그림 5 땅콩수확기의 작동 원리 및 주요 기술

2. 각 부 상세 설계

가. 굴취날

일반 농가에 보급되어 사용되는 경운기 후방 부착형 땅속작물수확기에 굴취날이 사용되고 있다. 수확 작물에 따라 굴취 깊이가 다르며 굴취날 형상 또한 차이가 있다. 땅콩의 경우에는 굴취폭 1,100mm이고, 굴취 깊이는 조절 가능하게 되어있으며 굴취날 형상은 작은 삼각형이 물결모양으로 되어 있다. 굴취날 뒤쪽에는 흙털이 성능을 향상시키기 위해 흙털이 봉이 추가 되어 있다.



그림 6 국내 경운기 후방 부착형 땅속작물수확기

트랙터 후방 부착형 땅속작물수확기의 굴취부는 굴취폭 1,000mm이고 굴취 깊이는 조절 가능하게 되어 있으며 굴취날 형상은 앞부분에 투쓰(이빨)모양으로 되어 있다. 굴취날 뒤쪽에는 흙털이 성능을 향상시키기 위해 흙털이 봉이 추가되어 있다.



그림 7 트랙터 후방 부착형 땅속작물수확기

현재까지 국내에서 사용되고 있는 땅속작물수확기의 문제점과 구조를 분석하며 다양한 형태의 굴취날을 설계하여 테스트를 통하여 검증하였다.

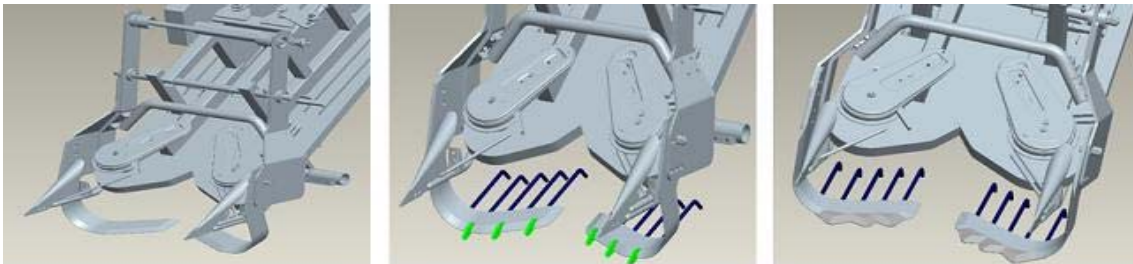


그림 8 다양한 굴취부 조립 형태

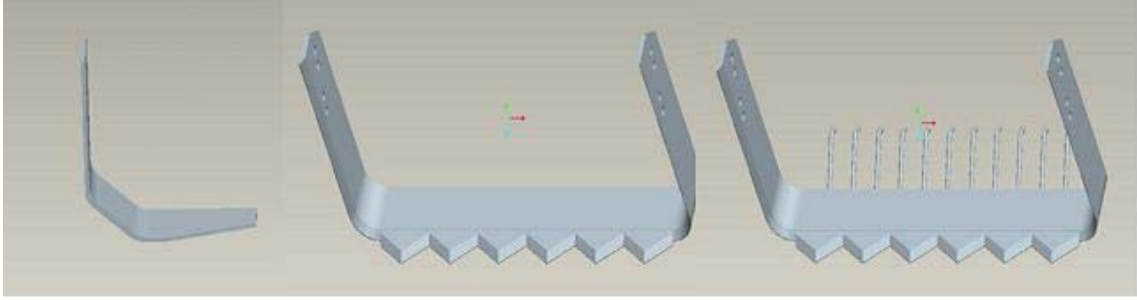


그림 9 다양한 형태의 굴취날 설계

나. 흙털이 장치

중국의 자주식 땅콩수확기의 흙털이 장치를 조사한 결과, 흙털이 방식은 진동 흙털이 판이며 판에는 땅콩 손상율을 줄이기 위한 고무판을 부착했다. 진동수와 진폭을 측정하여 설계에 반영하였다.



그림 10 중국 땅콩수확기 흙털이 장치

농과원 공시기는 자주식 땅콩수확기이며 흙털이 장치를 조사한 결과, 흙털이 방식은 회전, 진동식 흙털이판이며 회전식 브러시는 비닐 유입 방지 장치를 위한 것이다. 진동수와 진폭을 측정하여 설계에 반영하였다.



그림 11 농과원 공시기 흙털이 장치

현재까지 국내외에서 사용되고 있는 흙털이 장치의 문제점과 구조를 분석하여 다음과 같이 진동식 흙털이판을 3D Modeling 설계 완료하였다.

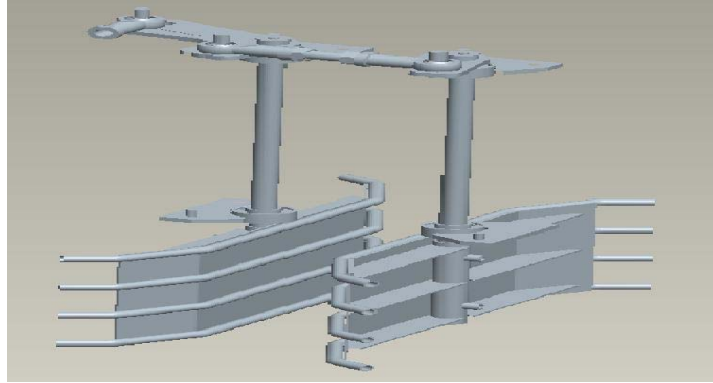


그림 12 흙털이판 3D 설계

다. 탈협부 설계

중국 땅콩수확기의 탈협부 급통을 조사한 결과, 회전식 급치 형식이며 날개의 재질은 강판 재질이고 날개의 수는 4개로 구성이 되어있다. 농과원에서 선행과제로 추진한 자주형 땅콩수확기는 회전식 급치 형식이며 날개의 재질은 고무 재질이고 날개의 수는 4개로 구성되어있다.



그림 13 중국 제품의 급통(좌), 농과원 공시기 급통(우)

현재까지 국내외에서 사용되고 있는 탈협부의 문제점과 구조를 분석하여 회전식 급통 형상을 다양한 형태로 설계하여 3D Modeling 하였다. 다양한 형태의 급통은 다음과 같다.

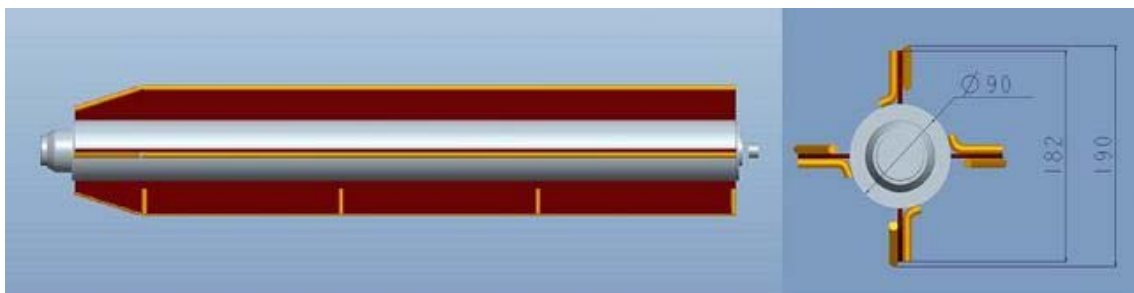


그림 14 날개 4개, 환봉 추가, 날개 강판

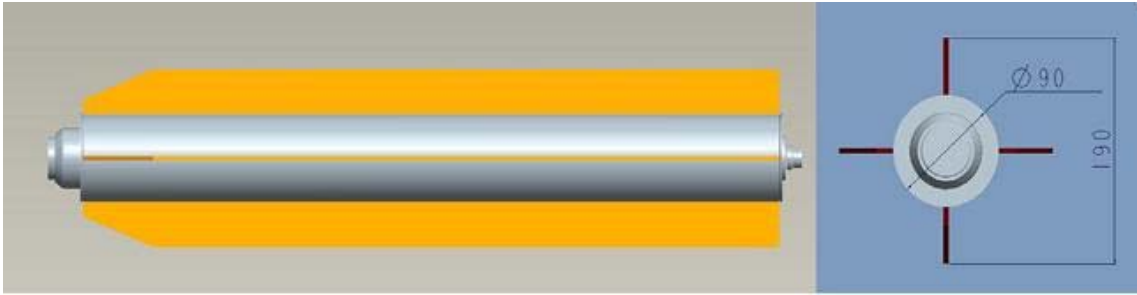


그림 15 날개 4개, 날개 강판

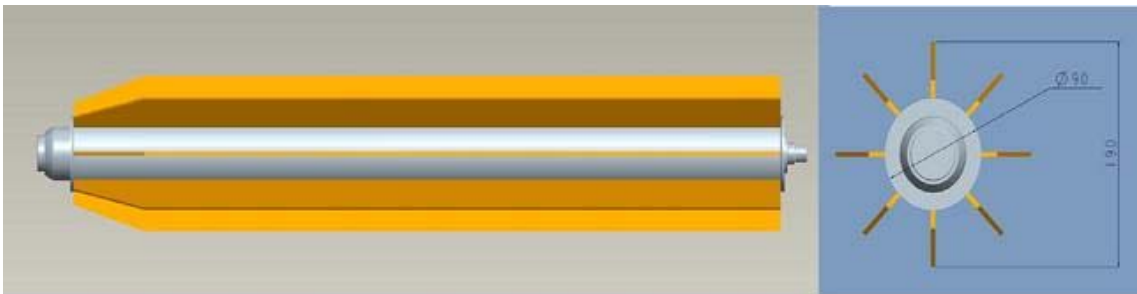


그림 16 날개 8개, 날개 강판

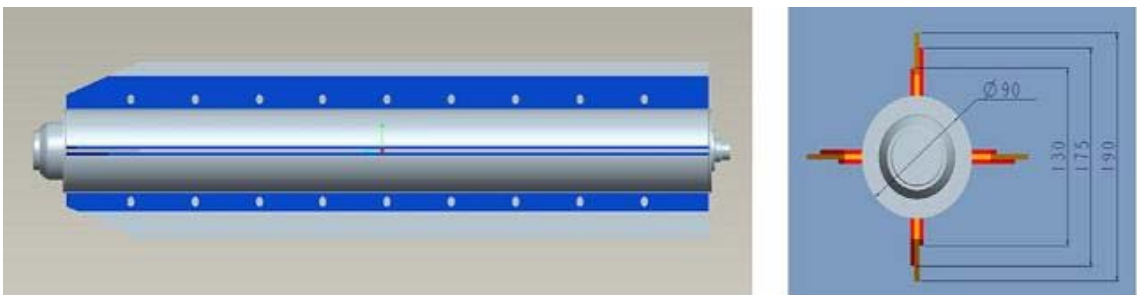


그림 17 날개 4개, 날개 고무판

라. 동력전달시스템 설계

땅콩수확기의 동력은 엔진에서 동력을 출력한 후, 한 쪽은 변속기를 거쳐 굴취부 동력으로 전달되고, 또 다른 한쪽은 탈협부에 동력이 전달된다. 탈협부에 전달되는 동력은 풍구와 컨베이어 장치를 작동하는데 사용된다. 구체적인 동력전달 시스템은 다음과 같다.

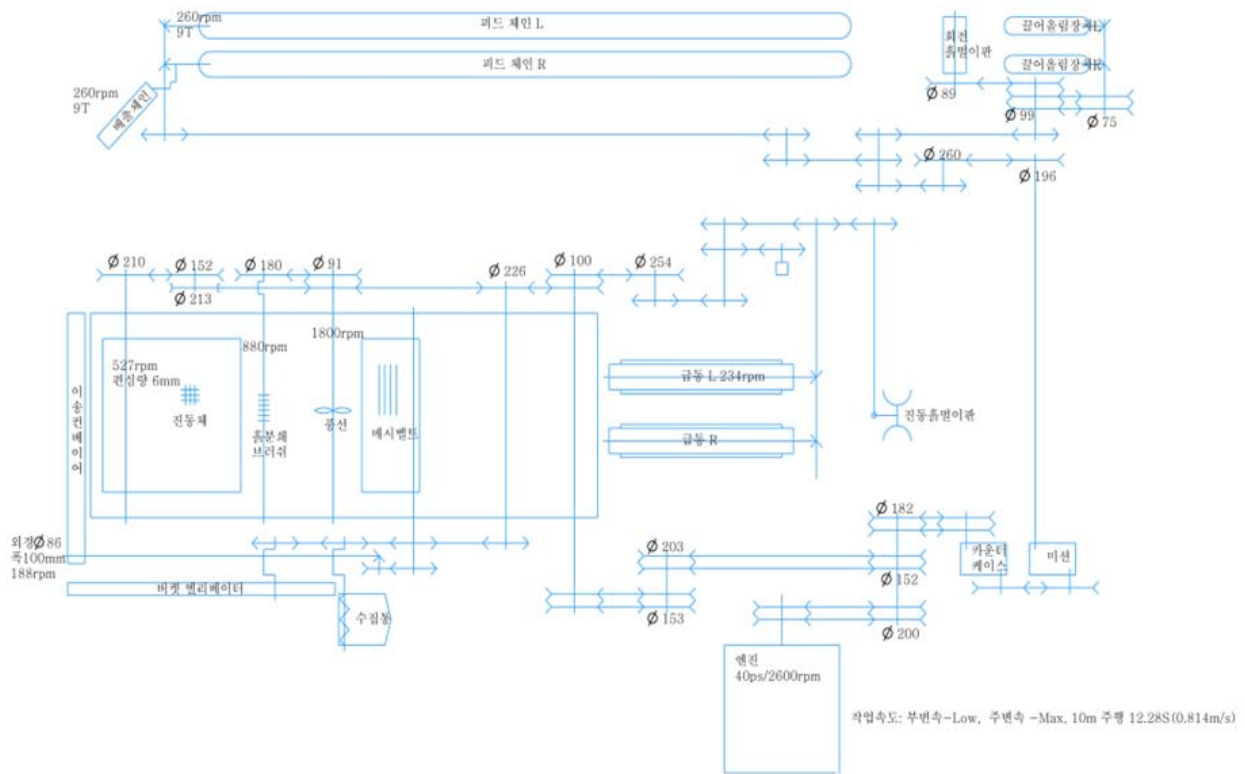


그림 18 땅콩수확기 전체 동력 전달 체계도

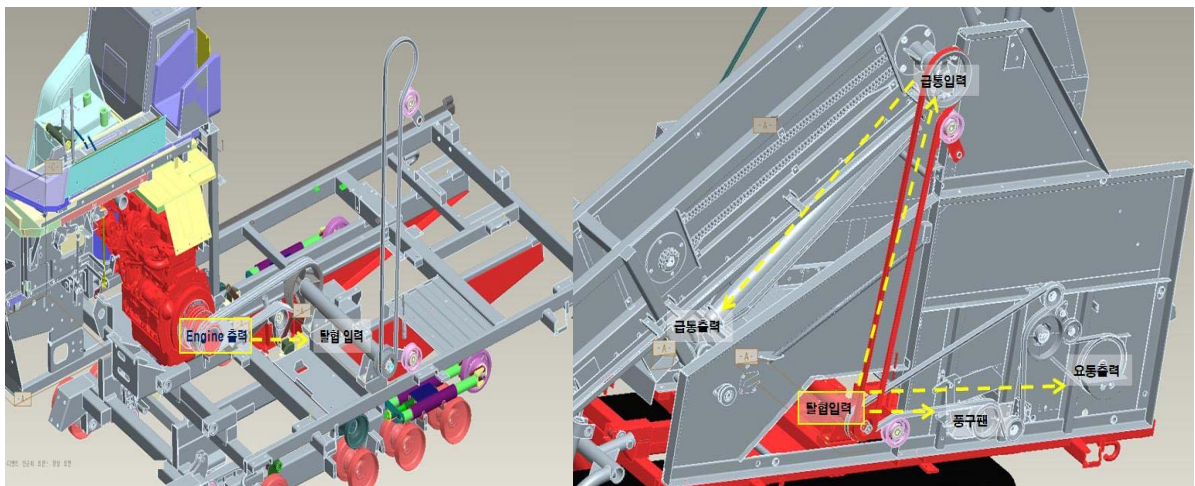


그림 19 땅콩수확기의 선별부 동력전달 계통



그림 20 땅콩수확기의 굴취부 동력전달 계통

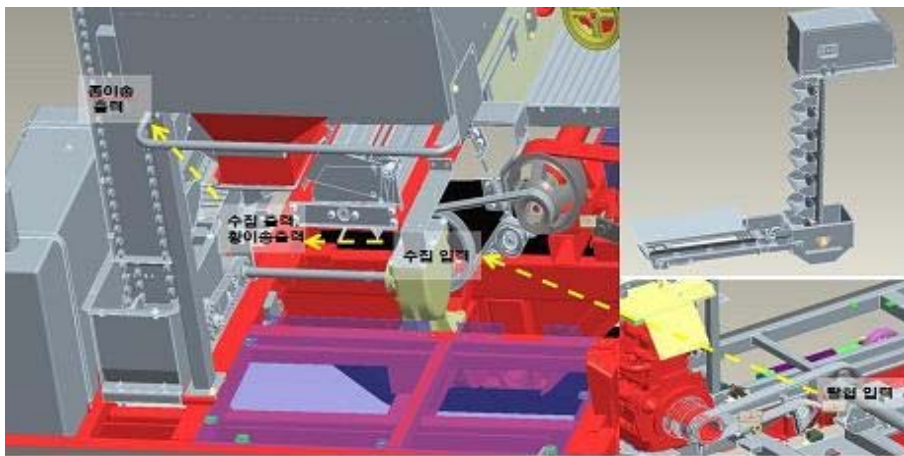


그림 21 땅콩수확기의 수집·이송부 동력전달 계통

마. 비닐 유입방지장치 설계

일본의 마늘 수확기의 비닐 혼입 최소화 장치를 조사한 결과, 스키 형상의 누름판으로 이루어져 있다.



그림 22 일본의 마늘 수확기의 구조

현재까지 국내외에서 사용되고 있는 비닐 혼입의 문제점과 구조를 분석하기 위해 스키형상의 누름장치와 롤러 장치를 3D Modeling 설계했다.

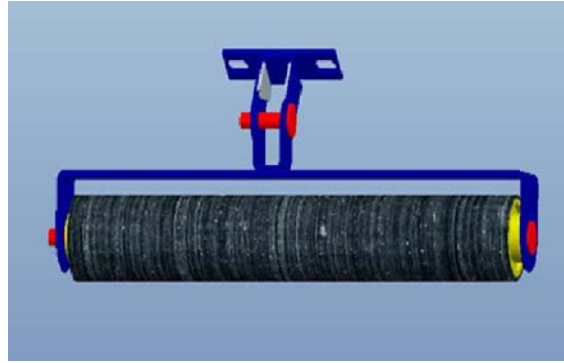
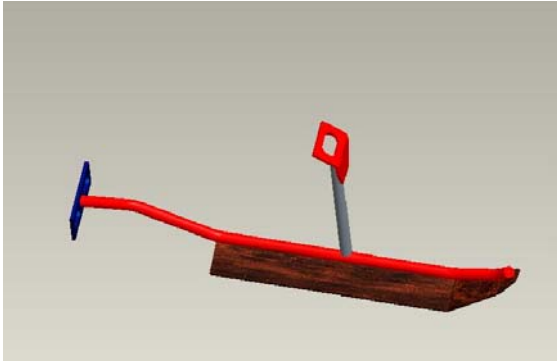


그림 23 스키형상의 누름장치(좌), 롤러 누름장치(우)

비닐에 관한 자료를 조사하던 중 자연 생분해되는 생분해성 바이오 멀칭 비닐에 대해 알게 되었다. 이 비닐은 기존 비닐과 유사하며 인체에도 무해하고 70일부터 분해되기 시작하며, 약 170일 이내 100% 생분해되는 특징을 가지고 있다. 이를 확인하기 위해 5월 초에 익산 시범포 지역에 두둑 길이 120m와 50m 각 2줄씩 총 4줄을 멀칭했다. 지속적으로 관찰한 결과 약 3개월 후 비닐이 90%분해되는 것을 확인했다.



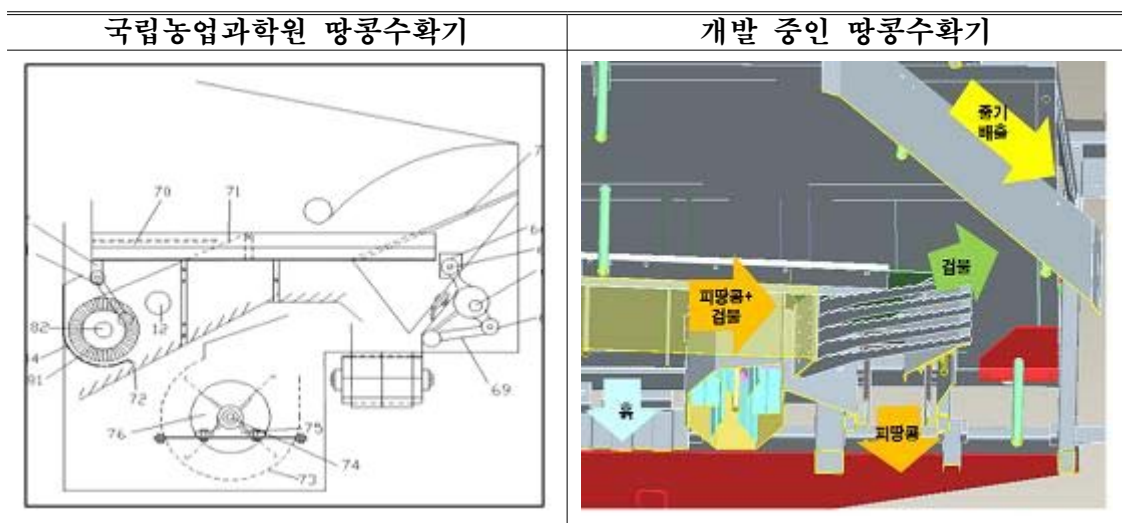
그림 24 생분해성 비닐 멀칭 사진(익산 시범포)



그림 25 3개월 후 생분해성 비닐 사진


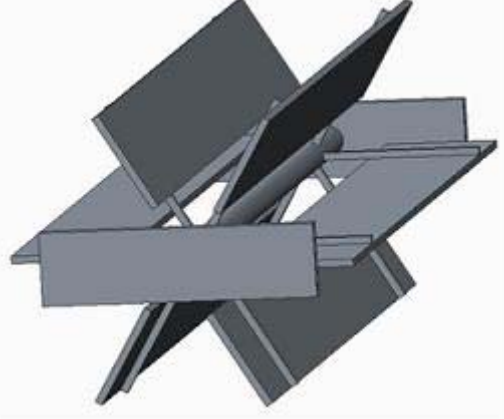
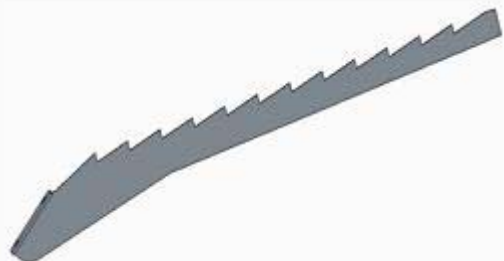
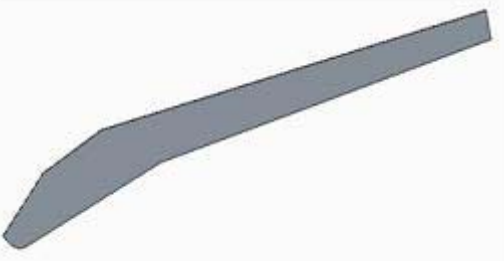
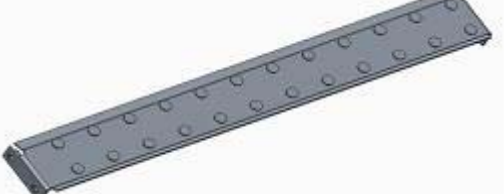


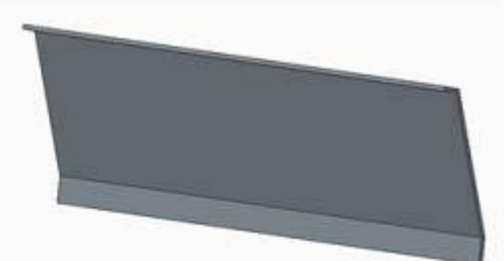
바. 풍구

현재 시중에 출시되는 콤팩트 및 개발 중인 땅콩수확기에서 풍구의 회전방향은 시계방향(CW)이지만, 국립농업과학원에서 만든 땅콩수확기와 중국에서 개발한 4HLB-2 기기는 반시계방향(CCW)이다. 중국에서 개발한 4HLB-2 땅콩수확기 및 국립농업과학원에서 만든 땅콩수확기와 현재 개발 중인 땅콩수확기의 풍구 회전방향의 차이 뿐 아니라 선별부의 설계 또한 다르게 설계 되어있다. 따라서 개발 중인 땅콩수확기의 선별부의 풍구 회전방향인 시계방향이 선별부의 설계에 적합한지를 알아보기 위하여 ANSYS의 Fluent 툴을 사용하여 회전방향에 따른 공기 유동을 분석하였으며, 분석한 결과 값이 땅콩수확기의 선별부에서 효율적으로 이루어져 땅콩수확기의 성능을 향상 할 수 있다.

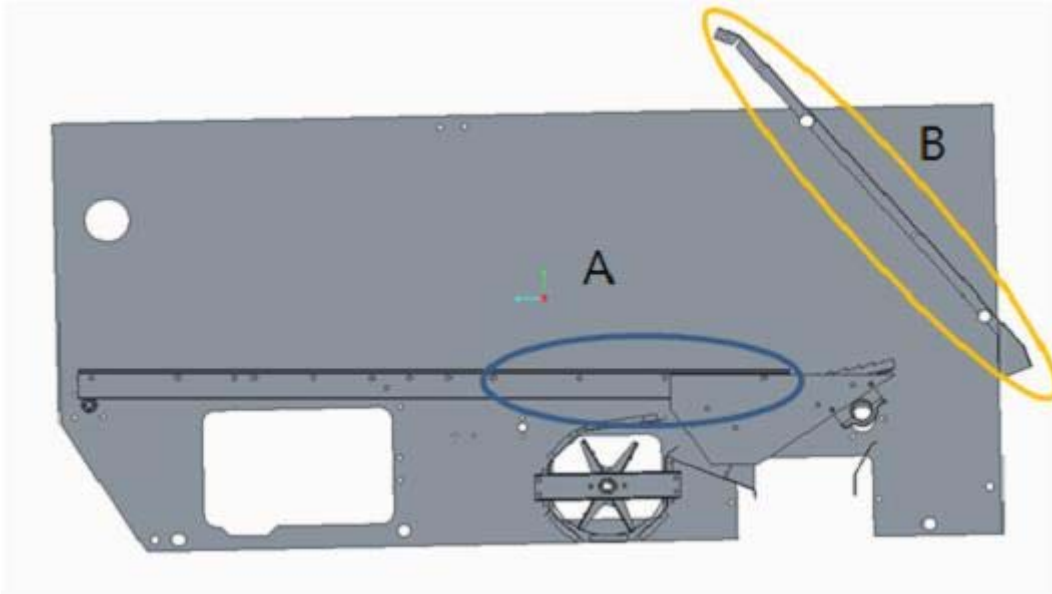


ANSYS software를 사용하여 CFD해석을 하였으며, 결과 값을 도출하기 위하여 본 연구에서는 Fluent 툴을 사용하였다. Fluent를 이용한 해석 방법에는 MRF(Moving Reference Frame)라는 날개의 회전반경 내에 있는 유체를 회전시켜 유체의 유동을 파악하는 정상상태 해석 방법과 Sliding Mesh라는 날개를 회전시켜 유체의 유동을 파악하는 비정상(time-dependant) 해석 방법이 있다. Sliding Mesh의 경우는 해석 시간이 길기 때문에 한 포인트에서 정확한 값을 도출하고자 할 때 주로 사용하며 높은 정확도를 도출하지만 긴 해석 소요 시간이 필요하다. MRF의 경우는 Sliding Mesh 방법에 비해 해석 소요 시간이 짧고 유동의 경향을 파악하기에 주로 사용되기 때문에 본 연구에서 결과 값을 도출하고자 MRF 방법을 이용하였다.

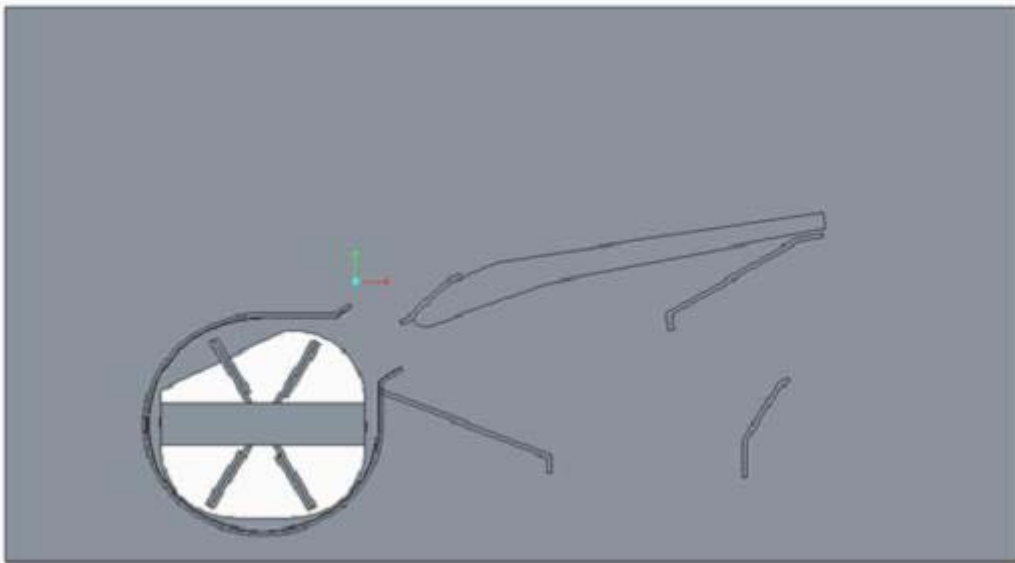
CFD해석에서는 Node가 아닌 Element의 중앙값을 이용해 계산하기 때문에 형상의 단순화를 통해 Element의 개수를 줄이게 되면 해석 시간 또한 단축된다. 따라서 유동에 큰 영향을 주지 않는 작고 복잡한 부분에 대해서는 삭제하거나 단순하게 모델링하여 해석 시간을 단축하는 Design Modeling을 하였다.

땅콩수확기 Modeling	Design Modeling
	
	
	
	

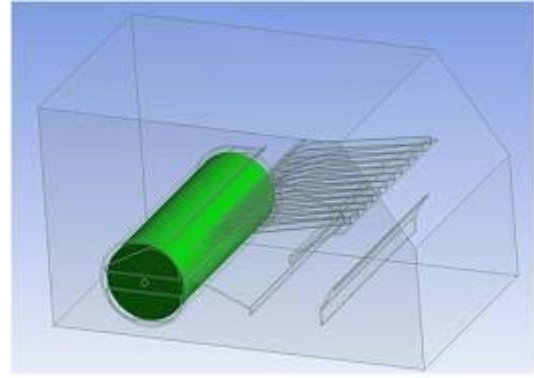
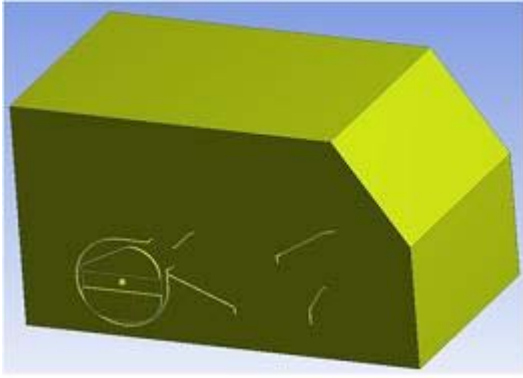
땅콩수확기 선별부 라인 Modeling



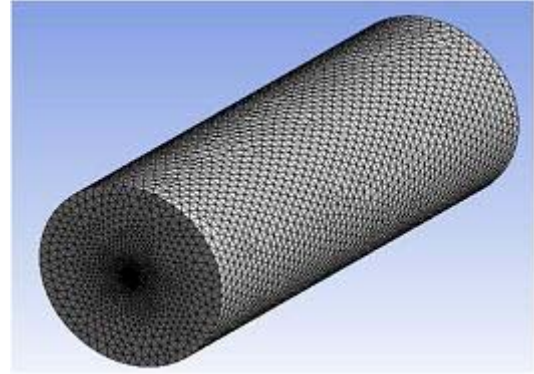
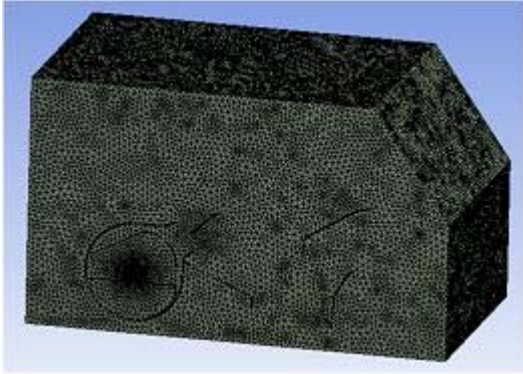
Design Modeling 및 필요부분 수정



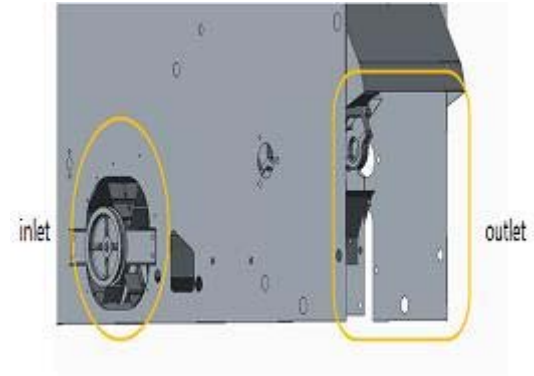
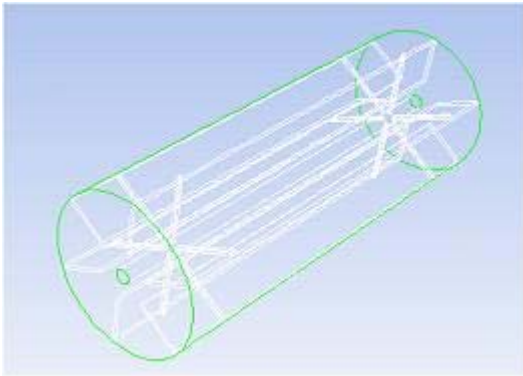
- A: 1cm×3cm로 설계 된 체 부분은 공기의 유동에 영향을 미치지 않는다고 판단하여 삭제
- B: 유동장 생성 부분에서 wall로 설정되기 때문에 따로 Modeling하지 않고 삭제, 땅콩수확기의 선별부에서 땅콩이 운반되어 오는 부분은 풍구의 회전 방향에 따라 영향을 주지 않는 부분이면서 땅콩이 풍구로 인해 선별되는 부분이 아니기 때문에 수정
-



- 유체의 흐름이 있는 공간을 설정해주고, MRF 방법을 이용하기 위해서 팬의 회전반경의 유체유동영역 부분을 따로 설정하였다.
- 기존의 plate 및 형상들은 wall로 설정되었다.

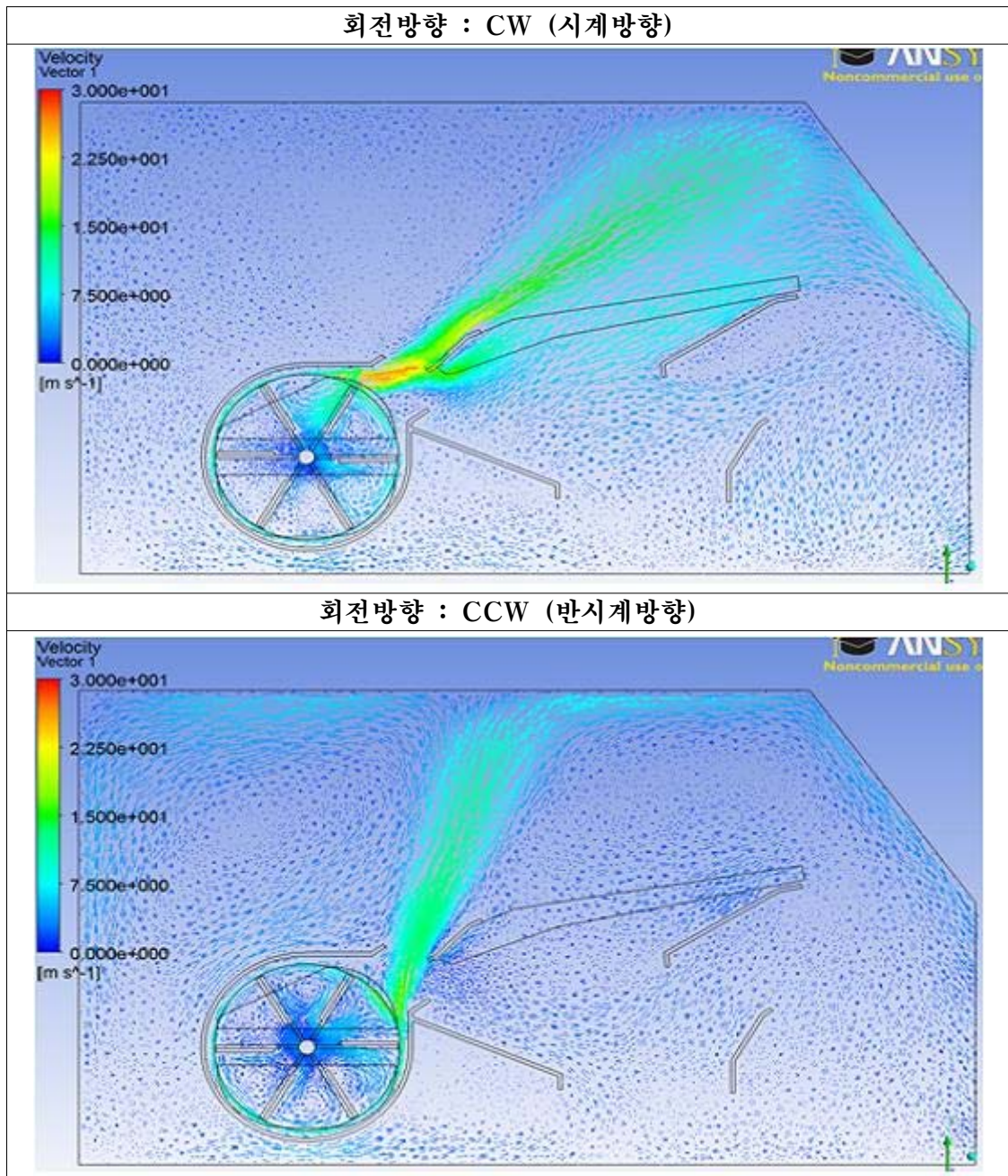


- 유체의 흐름이 있는 공간의 Mesh와 팬의 회전반경의 유체유동영역의 Mesh
- Elements : 2,830,436



- 유체흐름 : 난류
 - 유체의 종류 : air
 - 유체의 회전속도 : 1,512 rpm (땅콩수확기 풍구 회전 속도)
 - 유체의 회전방향 : CW, CCW
 - inlet, outlet : 대기압상태
- ※위와 같은 해석조건을 주어 풍구 회전방향에 따른 유체의 유동을 분석하였다.

CFD 해석 결과 속도는 선별되는 부분에서 CCW보다 CW에서 빠르게 나왔으며, CCW의 경우는 유체의 유동이 주로 수직으로 흐르는 경향을 보였고 CW의 경우에는 유체의 유동이 45°정도 기울어져 흐르는 경향을 보였다. 풍구를 이용한 땅콩의 선별에서 땅콩을 제외한 비닐 및 줄기 등은 땅콩수확기 뒤쪽으로 날려 보내야 하기 때문에 CCW의 경우보다 CW의 유체의 유동이 더 적합하다고 할 수 있다. 따라서 현재 개발 중인 땅콩수확기의 풍구 회전 방향은 CW이며 현재 선별부의 설계에 맞게 설계 되었다고 분석하였다.



3. 시작품 제작

1차년도인 2012년 6월까지 설계를 완료하여 7월부터 9월까지 시작품 제작 및 시작기 조립을 하였다. 부품제작은 4대분이 추진되었고, 시작기 조립은 3대를 완성하였다. 중국과 한국의 테스트용으로 활용하였다.



그림 26 굴취날 제작



그림 27 흙털이판 제작

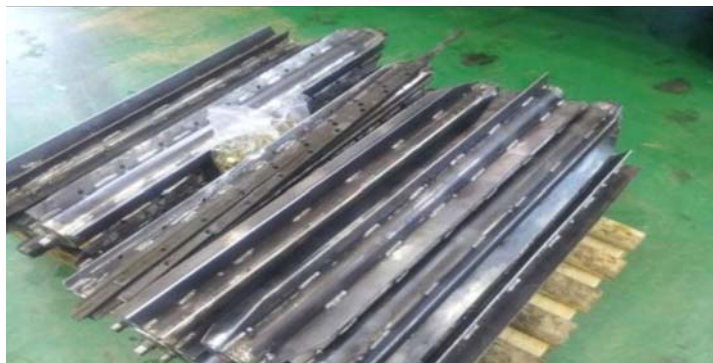


그림 28 탈협부 급통 제작



그림 29 조립 완료된 시작기

제 3 절 농가 실증 시험 및 문제점 보완(1차년도)

1. 국내 농가 실증 시험

가. 시험 포장

농가 실증 시험은 충북 음성군 감곡면 원당초등학교 근처 땅콩 밭에서 실시하였다. 토양은 사질토이고 재배면적은 1,000평정도이며 약 30%의 경사를 이루고 있다. 토양 강도를 두둑 높이에서 땅속 20cm까지 측정한 결과 0~5,512kPa 이다.

표 3 토양 강도 측정 결과

Depth (cm)	Cone index (kPa)				
	1 point	2 point	3 point	4 point	5 point
0	0	0	0	0	0
2.5	35	35	35	421	105
5	35	737	456	1369	105
7.5	70	1658	596	3897	3053
10	2738	2457	983	5793	2984
12.5	3511	2511	877	5442	5758
15	4125	3142	983	5617	4740
17.5	4222	4985	4669	3792	측정불가
20	측정불가	5512	측정불가	측정불가	측정불가



그림 31 국내 Test 장면

라. 시험 결과

성능 테스트 결과물의 약 60%가 땅콩이었고 이중에 손상되거나 완전히 털리지 않은 땅콩을 제외한 약 43%만이 완전한 형태의 땅콩이며 땅콩을 제외한 이물질은 약 40%를 차지하는데 이중 대부분은 흙덩어리로 전체 수확물중 37%를 차지하였다. 상세한 수치는 아래의 표와 같다.

표 6 땅콩수확기 시작기 성능시험 결과

구분	세부 구분	동양물산 땅콩수확기	
		무게비율(%)	무게비율(%)
		(땅콩, 이물질 각각)	(총 수확물 대비)
땅콩	피땅콩	72.6	43.3
	깨진 땅콩	8.5	5.1
	자방병 붙은 땅콩	18.0	10.7
	썩은 피땅콩	0.9	0.5
	땅콩 소계	100.0	59.6
이물질	흙덩어리	91.5	37.0
	비닐 혼입	1.0	0.4
	줄기 및 잎	7.5	3.0
	이물질 소계	100.0	40.4
총계			100.0

2. 국외 중국 시험

가. 시험 포장

시험은 중국 산둥성 문등시 근처 땅콩 밭에서 2012년 10월3일~5일 총 3일간 필드시험을 하였다. 다양한 필드 조건에서 실험하기 위해 지역을 3군데 선정하였다.

1차 작업농가는 수작업 재배 후 약 440평정도 남겨둔 상태였다. 재배형식은 2열재배이며 두둑과 두둑 사이에 밀 재배를 하였다. 굴취날의 작업 깊이는 약 15cm이며 이때 토양강도를 측정된 결과 0~2,212kPa 이다.

표 7 중국 1차 작업농가의 토양 강도 측정 결과

1차 작업농가				
깊이(cm)	1지점[kPa]	2지점[kPa]	3지점[kPa]	4지점[kPa]
0	0	0	0	0
2.5	35	596	421	632
5	210	667	421	737
7.5	1088	667	772	1053
10	1580	702	772	983
12.5	2036	807	1474	1334
15	1134	1158	1334	2212
17.5	2158	1334	1593	2247
20	2474	2193	2272	2457
22.5	2790	2499	1912	2876
25	2931	2650	2212	2387
27.5	3117	3511	2860	2917
30	측정불가	측정불가	2925	측정불가

2차 작업 농가는 수작업 재배 후 약 300평정도 남겨둔 상태였다. 재배형식은 1열 재배이며, 두둑과 두둑 사이에 밀재배를 하지 않았다. 굴취날의 작업 깊이는 약 15cm이며 이때 토양 강도를 측정된 결과 0~1,755kPa 이다.

표 8 중국 2차 작업농가의 토양 강도 측정 결과

2차 작업농가				
깊이(cm)	1지점[kPa]	2지점[kPa]	3지점[kPa]	4지점[kPa]
0	0	0	0	0
2.5	70	210	70	245
5	421	632	386	491
7.5	1509	1720	737	667
10	2001	2001	912	772
12.5	1720	2001	738	702
15	1299	1755	807	807
17.5	1018	2808	807	1299
20	3054	4634	1825	2001
22.5	2931	측정불가	측정불가	측정불가
25	3117			
27.5	측정불가			

3차 작업 농가는 수작업 재배 후 약 400평정도 남겨둔 상태였다. 재배형식은 2열 재배이며, 두둑형태가 없으며 2열재배 두둑 사이에 밀을 재배하였다. 굴취날의 작업 깊이는 약 15cm이며 이때 토양 강도를 측정된 결과 0~2,106kPa 이다.

표 9 중국 3차 작업농가의 토양 강도 결과

3차 작업농가				
깊이(cm)	1지점[kPa]	2지점[kPa]	3지점[kPa]	4지점[kPa]
0	351	0	0	0
2.5	877	35	526	2422
5	877	1369	807	3932
7.5	912	1544	983	810
10	772	2387	1088	1244
12.5	2598	2212	1288	1896
15	1439	2106	1334	2071
17.5	1299	2267	1193	2212
20	1474	3616	772	1580
22.5	1720	측정불가	983	3089
25	측정불가		1264	측정불가
27.5			3195	

1차, 2차, 3차에 걸친 작업 농가 땅콩 작휴 방법인 작휴 모형 · 주간 · 조간 · 두둑 높이 · 두둑 폭 · 고랑을 조사한 결과는 다음과 같다.

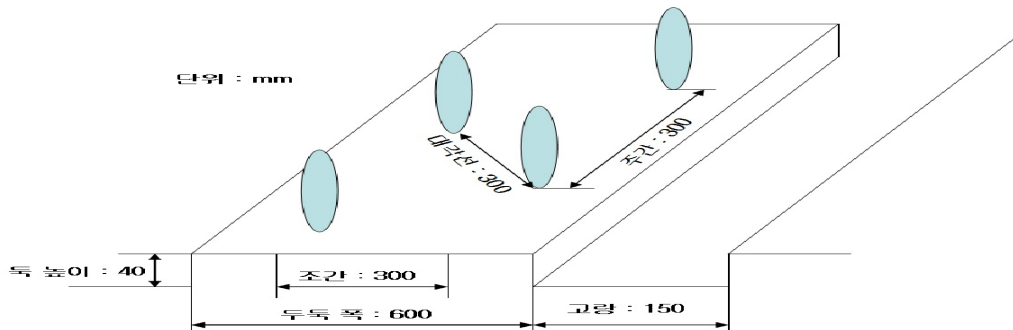


그림 32 중국 1차 작업농가 작휴 방법

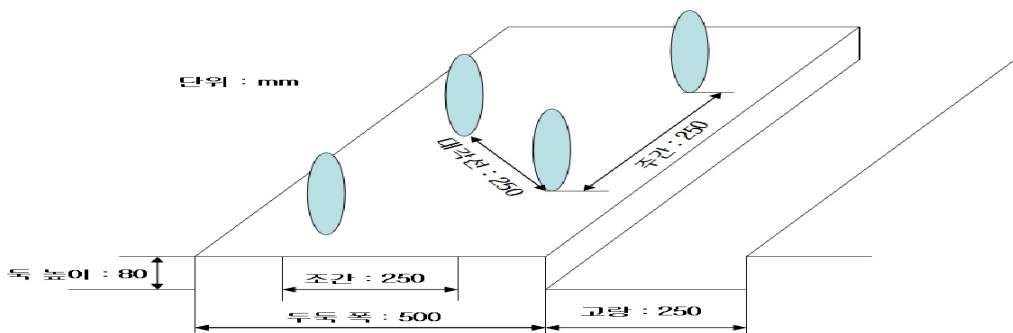


그림 33 중국 2차 작업농가 작휴 방법

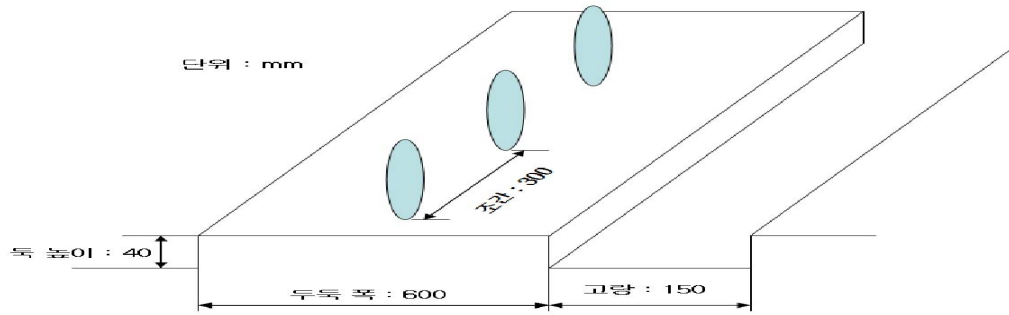


그림 34 중국 3차 작업농가 작휴 방법

1차, 2차, 3차에 걸친 작업 농가의 땅콩 물성치는 다음 표에서와 같다. 땅콩수확에 영향을 미치는 초장, 줄기장력, 헝실장력 등 조사하였다.

표 10 중국 1차 작업 농가 땅콩 물성치 측정 결과(10개 평균)

품종	초장 (mm)	분지수 (개/주)	꼬투리장 력(g)	헝크기 길이 (최소,최대,mm)	헝크기 직경 (최소,최대,mm)	초형
팔팔	555	20	738	25, 35	7, 17	포복형

표 11 중국 2차 작업 농가 땅콩 물성치 측정 결과(10개 평균)

품종	초장 (mm)	분지수 (개/주)	꼬투리장 력(g)	헝크기 길이 (최소,최대,mm)	헝크기 직경 (최소,최대,mm)	초형
팔팔	374	49.5	831.9	32, 42	11,20	반직립형

표 12 중국 3차 작업 농가 땅콩 물성치 측정 결과(10개 평균)

품종	초장 (mm)	분지수 (개/주)	꼬투리 장력(g)	헝크기 길이 (최소,최대,mm)	헝크기 직경 (최소,최대,mm)	초형
팔팔	523	22	934	27, 32	11, 16	포복형

나. 작업조건

땅콩 수확 작업시 땅콩수확기의 작업 조건은 1차, 2차, 3차 지역 동일하다. 작업 길이는 약 100m이다.

표 13 땅콩수확기 중국 시험 작업조건

급치통 회전속도	선별부 진동 속도	흙털이판 회전속도	수확기 주행속도
500 rpm	450 rpm	252 rpm	0.25 m/s

다. 시험 결과

성능 테스트 결과물은 현지 사정상 분석하지 못하였다. 국내 Test시 나타난 줄기 및 비닐 혼입 현상과 흙 선별 불량 등의 동일한 문제점이 발생하였고, 추가로 탈곡 후 줄기배출에서 땅콩 손실이 많이 발생하였다.








그림 35 중국 Test시 작업 후 수확물 사진



그림 36 중국 테스트 장면

3. 국내외 문제점 보완

국내외 땅콩수확기 필드시험 시 나타난 문제점 및 대책 방향을 취합하여 개선대책 수립을 한 내용은 다음과 같다.

발생개소	발생문제점	개선안	관련 사진
굴취부	도복된 작물의 경우 작업이 어려움	-스크류 채용 -신규 설계 및 구조 해석을 통한 검증	
굴취부	굴취 프레임 변형 발생	-힌지점과 작동부 구동부 거리 조정, 프레임 소재 보강 -유한요소 해석과 실증 테스트를 통한 검증	
굴취부	훅털이판 속도가 느려 흙이 안털림	-고정 RPM으로 바꿈, 고무판 추가 -다양한 크기의 스프로킷을 이용, 요인 시험을 통한 최적의 RPM 설정	
수집부	버켓과 U형 플레이트 땅콩끼임 현상으로 깨짐 발생	-설계변경 실시 -동역학해석을 통한 땅콩끼임 현상해결	
굴취부	토질에 따라 굴취날 부하로 인해 작업불가	-굴취날 형상에 따른 부하 측정 시험실시 -데이터 수집장치 (장치명 : HBM MX840)를 통한 계측시험 실시	

가. 1차년도 계획달성에 대한 보완사항

- 시작품 개발 추진 및 땅콩수확기 적응 재배기술 체계화, 비닐처리 방안 수립에 대한 달성도 미흡

- (1) 1차년도 땅콩수확기 문제점 보완 및 재설계를 통한 시작품 개발 선행추진
- (2) 비닐혼입에 설계에 따른 비닐혼입장치 제작 및 테스트 선행추진
- (3) 테스트를 통한 수확기에 적합한 재배기술 체계화 추진

나. 국내외 문제점 개선 및 실용화를 위한 검토

- 향후 전북대, 한국낙화생 협동조합, 국립식량과학원 기능성 작물부 및 외부 실무 전문가들과 토론하는 프로그램을 개설하여 땅콩수확기의 문제점 개선 내용 및 실용화에 대한 내용 검토.
- 1차년도 조립된 PROTO 기대와 2차년도 조립된 PILOT 기대를 통한 토양별 및 종자별 비교 시험 및 분석 추진
- 최종 ‘농업기술 실용화 재단’ 을 통한 땅콩수확기 검정 추진

제 4 절 각 부 요인시험 및 시제품 제작

1. 각 부 요인시험

가. 굴취형식

1차년도에 굴취날 부하로 인한 작업속도 저하현상이 발생되어 작업이 원활히 이루어지지 않았다. 따라서 굴취 형식 중 진동식과 고정식 굴취날이 받는 부하를 측정하여 더 효율적인 굴취방식을 채택해야한다. 부하 측정 시험 내용은 다음과 같다.

(1) 시험토양

시험 토양은 전북대학교 이서종합연구 2단지 내에 위치한 곳이다. 원추 관입지수는 soil compaction meter를 사용하여 시험토양의 서로 다른 아홉 지점에서 0~25cm 까지 5cm 간격으로 측정하였다. 또한 함수율은 토양 채취관을 이용하여 시험 토양의 서로 다른 지점(6 지점)에서 토양 샘플을 채취한 후 오븐법을 이용하여 도출하였다. 토양 종류는 표준체를 이용하여 토입자 크기별로 분류하고 미농무성법의 방법에 따라 분석하였다. 측정 결과 토양 함수율의 평균은 10~13%이며 깊이별 원추 지수는 245~3,195kPa 범위로 나타났다. 또한 토입자 분류 결과 시험포장은 자갈성 사질토로 나타났다.

(2) 작업속도

주변속 단수에 다른 작업 속도의 측정결과는 다음 표에서와 같다. 각 측정 구간의 거리는 10m이고, 각 단수에서 측정 구간을 주행하는 시간을 초시계를 이용하여 측정하였다.

표 14 땅콩수확기의 각 단수별 작업속도

주변속	부변속	구간(m)	시간(s)	작업속도(m/s)
2	저	10	43.75	0.22
4	저	10	31.24	0.32
6	저	10	23.00	0.43

(3) 굴취부 요인시험 굴취날 형상

굴취 방법에 따른 부하를 측정하기 위해 2가지 굴취날을 준비하였다. 굴취날 형상은 다음 그림에서와 같다.



그림 37 좌: 진동식 굴취날, 우: 고정식 굴취날

(4) 굴취부 부하측정장치

그림에서 원으로 표시된 부위가 굴취 부하를 측정 할 부분이다. 이곳에 LOAD CELL(2tf, DACELL)을 설치하고, 데이터수집장치(HBM MX840)를 이용해 부하측정을 하였다.



그림 38 부하측정장치 설치위치

(5) 시험절차

- 가. 원추 관입기를 사용하여 시험 토양의 경도를 측정한다. 측정 위치는 시험 토양의 임의의 9곳이며 측정 깊이는 5cm 간격으로 25cm 깊이까지 측정한다.
- 나. 100ml 채취원통을 이용하여 토양 함수율과 토양의 분류를 위한 토양 샘플을 채취한다. 채취 위치는 시험 토양의 임의의 6곳과 3곳이다.
- 다. 땅콩 수확기 굴취부의 진동식 굴취날과 고정식 굴취날에 대해서 시험을 실시한다. 작업속도를 변경하면서 실시간으로 작업속도를 초시계로 측정하며 시험한다. 시험 반복 횟수는 조건별 3회이며, 진동식 굴취날에 대한 시험이 끝나면 고정식 굴취날로 교체하여 같은 방법으로 시험을 실시한다.

표 15 굴취부하측정 시험조건

구분	땅콩수확기 주행속도(m/s)	요인시험 (굴취형식)	시험 횟수 (조건×요인×회)
PH602	0.2, 0.3, 0.4	진동식, 고정식	3 × 2 × 3
			합계 : 18회

(6) 시험 결과

진동식 굴취날과 고정식 굴취날의 시험을 통해 측정된 부하는 데이터 수집장치를 이용하여 정리하였다. 진동식은 평균 345kg, 고정식은 평균 272kg의 부하가 측정되었다. 그림 39는 두 시험을 통해 도출한 결과 그래프이다.

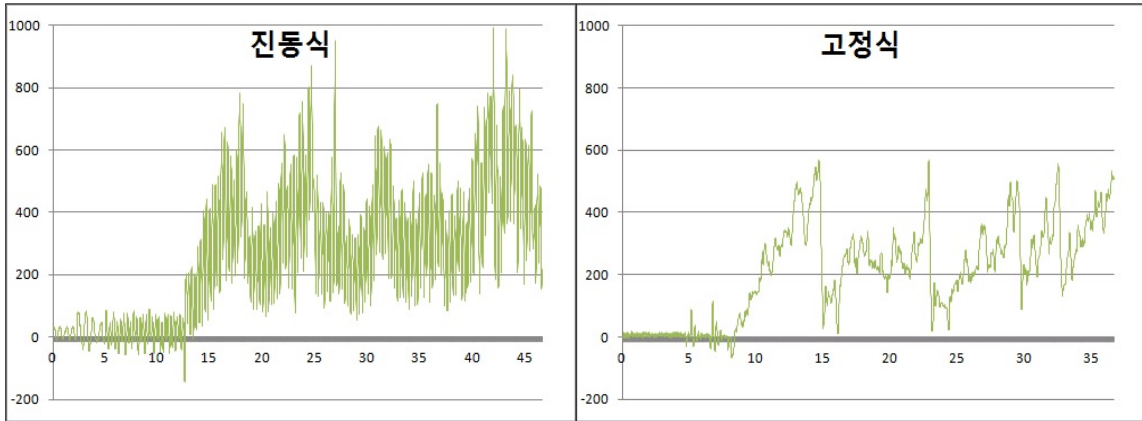


그림 39 굴취 부하 측정 결과 그래프

(7) 결론

진동식 굴취날의 경우 고정식 굴취날에 비해 평균 부하가 약 26.8% 높게 측정되었다. 이는 동일한 환경에서 수확작업을 할 경우 진동식 굴취방식이 더 큰 부하가 걸리게 되어 기계의 내구성에 영향을 미치게 된다. 이러한 결과로 볼 때 진동식 굴취방식보다 고정식 굴취방식이 더 효율적이다. 따라서 2차년도에 굴취형식은 진동식에서 고정식으로 변경하여 설계를 실시하였다.

나. 선별부

1차년도 농가 실증 시험 결과 선별부의 선별 능력이 떨어지고 줄기 배출구로 손실되는 땅콩의 양도 농과원 공시기와 비교 시 2%가량 높게 나타났다. 따라서 최적의 선별 작동 조건을 찾고자 요인시험을 실시하였다. 선별부 요동체 회전속도와 풍구 회전속도의 요인시험을 통해 줄기 선별이 잘 이루어지면서 땅콩 손실이 적은 조건을 찾아야한다. 하지만 땅콩수확기 요동체의 회전속도가 느려지면 요동체로 유입되는 작물 공급량의 처리 능력이 원활하지 않아 요동체에서 땅콩과 이물질의 선별이 잘 이루어지지 않을 수 있다. 또한 국내 땅콩 밭토양의 경사도별 분포를 보면 9.1%가 평탄지이며, 경사도 2~15%인 밭이 70%로 대부분이며, 그 이상의 경사도는 20.9%이다. 경사도 작업 시 요동체로 유입되는 공급량 처리 능력 또한 파악하여 적절한 작업이 될 수 있도록 할 필요가 있다. 선별부 요인시험의 내용은 다음과 같다.

(1) 시험 장비

정격 엔진속도 2,700rpm, 정격 출력 41.5kW의 자주식 땅콩 수확기를 사용하여 시험을 수행하였다.

(2) 요인시험용 풀리 제작

선별부에서 땅콩은 요동체의 요동회전속도와 풍구에서의 바람의 세기에 의해 이물질로부터 분리가 된다. 요동체 회전속도와 풍구 날개 회전속도에 따른 선별 능력을 분석하기 위해 요인 시험용 풀리를 제작하였다. 요동체와 풍구 풀리의 크기별 회전속도는 다음 표에서와 같다.

표 16 풀리 크기에 대한 요동체 회전속도

Rotational speed (rpm)	Pulley size (PCD, mm)
370	260
470	205
570	170

표 17 풀리 크기에 대한 풍구 회전속도

Rotational speed(rpm)	Pulley size (PCD, mm)
1,500	120
1,760	110
2,020	105

(3) 측정 장비

① 회전속도 측정

회전속도는 레이저 타입의 회전속도 측정계를 사용하여 회전속도를 측정하였다. 측정 장비 형상과 사양은 다음 그림과 표에서와 같다.



그림 40 회전속도 측정계

표 18 회전속도 측정계 제원

Model number	PLT200
Company / Nation	MONARCH / USA
Measuring range	5~200,000 rpm
Resolution	1 rpm
Accuracy	0.01 %

② 풍속 측정

요인 시험은 풍구 회전속도 세 수준에서 시험을 실시한다. 줄기 선별은 바람의 세기와 흐름이 주요 인자이기 때문에 풍구 회전속도에 따른 풍속과 흐름을 측정해야한다. 풍속을 측정 할 때 외부 환경의 영향을 배제하기 위해 건물 안에서 측정을 실시하였다. 땅콩수확기 풍구 CFD 해석을 통해 바람의 흐름을 분석한 결과 풍구에서 나온 바람은 줄기 방지용 칼날 위로 집중되어 흐르는 경향을 보였고, 가이드 위치까지 바람이 불지 않는 것으로 나타났다(Lee 등, 2013). 따라서 선별이 되는 주 부분인 1지점과 바람의 흐름을 측정하기 위해 2지점, 3지점, 4지점의 풍속을 측정하였다. 풍속 측정 위치는 그림 41에서와 같다. 풍속 측정 장비는 Vane 형태의 프로브 형식을 사용하였으며, 풍속측정기 형상과 사양은 그림 42와 표 19에서와 같다.

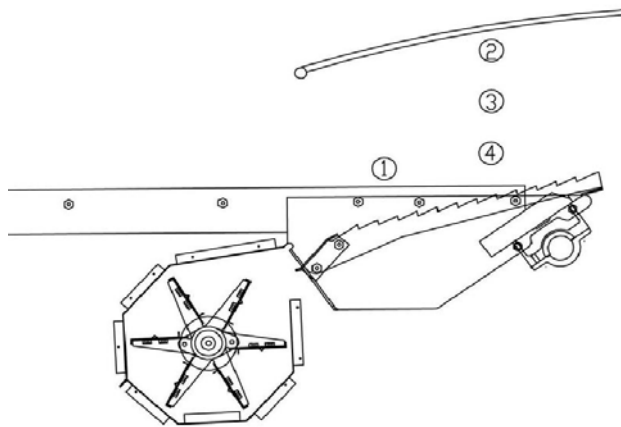


그림 41 풍속 측정위치



그림 42 풍속측정기 형상

표 19 풍속측정기 제원

Model Number	Testo 416
Company / Nation	Testo AG / Argentina
Measuring range	0.6~40 m/s
Resolution	0.01 m/s
Accuracy	0.2 m/s + 1.5 %

(4) 시료 제작

① 선별부 요인시험용 시료 제작

선별부 요인시험은 정지 상태에서 시험을 실시하기 때문에 땅콩수확기의 선별부로 공급되는 작물의 양을 조사하여 실제 작업조건과 동일하게 시료를 준비해야한다. 시료의 조제 기준은

전라북도 익산시 낭산면의 땅콩 밭에서 실제 자주식 땅콩수확기의 수확작업 성능 시험한 결과를 토대로 하였다. 성능 시험은 작업 면적은 $9 \times 1\text{m}^2$ 이며 작업속도가 0.17, 0.30, 0.41 m/s일 때 요동체로 투입되는 땅콩과 이물질의 중량을 조사한 결과 값은 표 20에서와 같다. 성능 시험 결과 중에 땅콩 수확 중량이 가장 큰 작업속도인 0.30m/s일 때 요동체로 투입되는 공급량을 기준으로 설정하였다. 작업 면적이 $2 \times 1\text{m}^2$ 일 때 요동체로 공급되는 땅콩, 줄기, 비닐의 공급량은 각각 표 21에서와 같다. 시료는 바닥에 상자를 깔고 상자위에 시료를 고르게 펼쳐 놓고 준비하였다. 땅콩은 전라북도 익산시 낭산면의 땅콩 밭에서 가져온 품종인 팔팔 종자를 사용하였다. 준비된 시료의 형상은 그림 43과 같다.

표 20 성능시험 결과 투입물의 양

Working speed (m/s)	Peanut (g)	Stem (g)	Vinyl (g)
0.17	8,522	418	28
0.30	8,804	494	64
0.41	7,742	594	42

표 21 선별부 요인시험용 시료

Sample	Weight (g)
Peanut	2,000
Vinyl	10
Stem	100



그림 43 준비된 시료의 예

② 공급량 처리 시험용 시료 제작

공급량 처리시험은 정지 상태에서 시험을 실시하기 때문에 자주식 땅콩수확기의 선별부로 공급되는 땅콩의 양을 조사하여 실제 작업조건과 동일하게 시료를 준비해야한다. 땅콩양의 준비 기준은 선별부 요인시험과 동일하며 작업면적이 $5 \times 1\text{m}^2$ 일 때 요동체로 공급되는 땅콩의 양인 5,000g을 준비하였다. 땅콩은 경기도 이천시의 땅콩 시범포에서 가져온 수확한지 2일이 지난 품종 화자 41 호인 종자를 사용하였다.

(5) 시험 방법

① 선별부 요인시험

선별부 요인시험은 정지 상태에서 시험을 실시하였다. 요동체에 제작한 시료를 6 초간 고르게 투입하고 요동체 회전속도를 370, 470, 570 rpm의 세 수준, 풍구회전속도를 1,500, 1,760, 2,020 rpm의 세 수준으로 변화시켜가며 배출되는 작물을 수거하여 회전속도에 따른 선별성능을 분석하였다.

② 공급량 처리 시험

공급량 처리능력 시험은 정지 상태에서 시험을 실시하였다. 요동체에 준비한 땅콩을 20초간 고르게 투입하고 경사도는 앞쪽으로 기울기 0, 12.5, 25%, 요동체 회전속도는 370, 470, 570 rpm, 풍구 회전속도는 2,020 rpm으로 시험을 실시하였다. 투입 시간과 처리 완료 시간을 기록하였다.

(6) 시험 결과

① 선별부 요인시험

요동체 회전속도와 풍구 회전속도에 따른 각각 땅콩 손실, 줄기 선별 성능을 분석한 결과는 표 22, 23에서와 같다. 선별부 작업시 요동체와 풍구 회전속도가 줄기 선별률과 땅콩 손실량에 미치는 영향을 알아보기 위해 분산분석을 실시하였으며 표 24, 25에 분산분석표를 나타내었다.

표 22 각 부 속도에 따른 줄기 선별률

Shaking screen	Winnowing		
	370 (rpm)	470 (rpm)	570 (rpm)
1500 (rpm)	77.3 %	82.0 %	82.6 %
1760 (rpm)	82.6 %	84.0 %	86.0 %
2020 (rpm)	92.6 %	92.0 %	95.3 %

표 23 각 부 속도에 따른 땅콩 손실률

Shaking screen	Winnowing		
	370 (rpm)	470 (rpm)	570 (rpm)
1500 (rpm)	0.0 %	0.6 %	5.1 %
1760 (rpm)	0.2 %	1.6 %	4.1 %
2020 (rpm)	0.3 %	1.1 %	4.0 %

줄기 선별률의 경우 신뢰수준 95%에서 요동체 회전속도의 P-value 값은 약 0.001로 판단 기준인 유의수준 0.05보다 작으므로 요동체 회전속도에 따라 줄기 선별률에 차이가 존재하며 풍구 회전속도도 P-value 값은 약 0.000으로 판단 기준인 유의수준 0.05보다 작으므로 풍구 회전속도에 따라 줄기 선별에 차이가 존재한다. 또한 요동체와 풍구 회전속도의 교호작용은 검출되지 않았다. 요동체 회전속도가 570rpm, 풍구 회전속도가 2,020rpm에서 줄기 선별률은 95.3%으로 높게 나타났다.

표 24 줄기 선별률에 대한 이원분석값

Source	DF	SS	MS	F	P
Rotational speed of shaking screen	2	57.556	28.778	9.84	0.001
Rotational speed of winnowing	2	764.667	382.333	130.67	0.000
Interaction	4	27.778	6.944	2.37	0.091
Error	18	52.667	2.926		
Total	26	902.667			

망콩 손실율의 경우 신뢰수준 95%에서 요동체 회전속도의 P-value 값은 약 0.000으로 판단 기준인 유의 수준 0.05보다 작으므로 요동체 회전속도에 따라 망콩 손실량의 차이가 존재하며, 풍구 회전속도도 P-value 값은 0.112로 판단 기준인 유의수준 0.05보다 크므로 풍구 회전속도에 따라 망콩 손실량에 차이가 존재하지 않는 것으로 나타났다. 또한 요동체와 풍구 회전속도의 교호작용은 검출되지 않았다. 요동체 회전속도가 370rpm, 풍구회전속도가 1,500rpm에서 망콩 손실량은 0%으로 손실이 없었다. 그러나 요동체 회전속도가 느리면 선별 처리 능력이 저하될 우려가 있다.

표 25 망콩 손실률에 대한 이원분석값

Source	DF	SS	MS	F	P
Rotational speed of shaking screen	2	87.896	43.9478	86.93	0.000
Rotational speed of winnowing	2	2.509	1.2544	2.48	0.112
Interaction	4	1.442	0.3606	0.71	0.594
Error	18	9.1	0.5056		
Total	26	100.947			

② 공급량 처리 능력 결과

공급량에 대한 선별 처리 능력을 시험한 결과는 표 26에서와 같다. 요동체 회전속도와 경사도가 공급량 처리능력에 미치는 영향을 알아보기 위해 분산분석을 실시하였으며 표 27에 분산분석표로 나타내었다.

표 26 경사도와 요동체 회전속도에 따른 선별부 작업 완료시간

Slope	Shaking screen		
	370 (rpm)	470 (rpm)	570 (rpm)
0 (%)	33.0 s	27.7 s	23.3 s
12.5 (%)	64.0 s	51.7 s	43.3 s
25 (%)	Congestion	Congestion	Congestion

표 27 공급량 처리 시간에 대한 이원분석값

Source	DF	SS	MS	F	P
Rotational speed of shaking screen	2	696.33	348.17	76.43	0.000
Slope	1	2812.50	2812.50	617.38	0.000
Interaction	2	93.00	46.50	10.21	0.003
Error	12	54.67	4.56		
Total	17	3656.50			

공급량의 처리능력의 신뢰수준 95%에서 요동체 회전속도의 P-value 값은 약 0.000으로 판단 기준인 유의수준 0.05보다 작으므로 요동체 회전속도는 공급량 처리능력에 차이가 존재하며, 경사도의 P-value값은 약 0.000으로 판단기준인 유의수준 0.05보다 작으므로 경사도에 따라 공급량 처리 능력에 차이가 존재한다. 또한 요동체 회전속도와 경사도에 교호작용이 검출되었다. 즉 주효과인 요동체 회전속도와 경사도 및 교호작용(요동체 회전속도 × 경사도) 모두 결과 값인 공급량 처리능력에 영향을 준다고 할 수 있다. 또한 경사도가 0%와 요동체 회전속도가 570 rpm에서 가장 좋은 작업완료인 23.3 s가 걸렸다. 경사도가 25%일 때 정체되는 현상이 발생되었다. 요동체 회전속도가 370, 470, 570 rpm 각각의 정체된 무게는 표 28에서와 같다.

표 28 경사도 14%일 때 각 요동체 회전수에 대한 정체무게

Shaking screen rotational speed(rpm)	Congestion weight (g)
370	3,902
470	3,281
570	2,164

③ 풍속 측정결과

정지 상태에서 시험동 건물 안에서 풍속 측정 결과는 표 29에서와 같다. 각 위치 측정한 결과 그림 41에서의 1번 위치에서 풍구 회전속도에 따라 풍속이 6.2~9.0m/s까지 측정되고 4번 위치에서 풍구 회전속도에 따라 풍속이 4.1~6.0m/s로 측정 되었다. 풍속 가이드 쪽인 2번 위치는 풍속이 1~2m/s로 낮으며 3번 또한 풍속이 2.4~3.4m/s로 낮게 측정되었다.

표 29 Result of wind velocity

Winnowing rotational speed	Point 1 (m/s)	Point 2 (m/s)	Point 3 (m/s)	Point 4 (m/s)
1500	6.2	2.0	2.4	4.1
1760	7.5	1.2	3.2	4.8
2010	9.0	1.1	3.4	6.0

(7) 요약 및 결론

- ① 줄기 선별의 경우는 요동체 회전속도와 풍구회전속도가 영향을 미치는 것으로 나타났으며 요동체와 풍구 회전속도가 높을수록 줄기 선별률도 높게 나타났다. 땅콩 손실의 경우는 요동체 회전속도만 땅콩 손실에 영향을 미치는 것으로 나타났으며 회전속도가 낮을수록 땅콩 손실은 낮게 나타나는 경향을 보였다.
- ② 경사도 25%일 경우에 370, 470, 570rpm에서 모두 정체 현상이 발생되었다. 0~12.5%까지는 정체현상은 발생되지 않았으나 요동체 회전속도가 낮아질수록 요동체 위에서 땅콩이 헛도는 현상이 발생되었다.
- ③ 풍구 측정 결과 풍구 회전속도가 2,010rpm일 때 풍속 최대 9.0m/s , 최소 1.1m/s로 나타났으며 땅콩의 평균종말속도는 9.69m/s로 풍속에 의해 땅콩손실은 발생하지 않는다.
- ④ 본 실험에서 요동체 회전속도, 풍구 회전속도, 경사도를 변화시켜가며 시험한 결과 선별 성능은 땅콩 받의 경사가 평지일 때 요동체 회전속도가 낮고 풍구 회전속도가 높을수록 선별 성능이 좋은 것으로 나타났다. 경사지 작업시 정체 현상을 줄이기 위해 요동체 자체에서 경사도를 0~25%가량 조절할 수 있는 수평제어장치를 도입해야한다.

다. 고정식 굴취칼날 형상 및 흙털이판 형상

(1) 굴취칼날 형상

굴취칼날 형상에 따른 굴취율을 측정하기 위해 2가지 굴취칼날을 준비하였다. 굴취칼날 크기와 형상은 다음 그림에서와 같다.

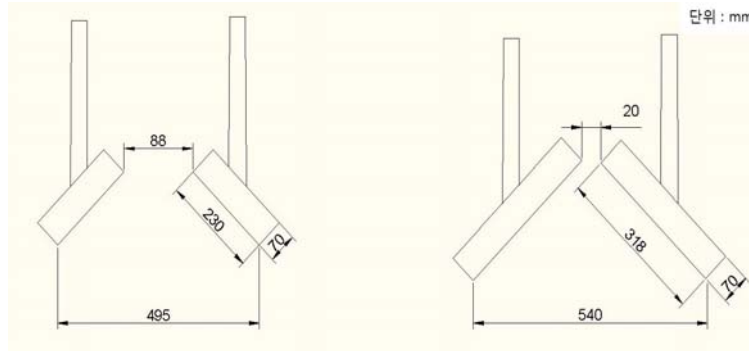


그림 44 굴취칼날 형상에 따른 치수



그림 45 실제 굴취칼날 형상

(2) 흙털이판 형상 및 결과물 수집장치

흙털이판 형상에 따른 흙 선별률 및 땅콩 손실률을 측정하기 위해 2가지 흙털이판을 준비하였다. 흙털이판의 형상은 다음 그림에서와 같다.



그림 46 흙털이판 형상(좌: 땅콩 타격식, 우: 줄기 타격식)

(3) 시험방법

- 고정식 굴취날 시험 (굴취율 테스트)

- ① 작업 속도는 0.30m/s로 작업을 실시하며 작업 길이는 5m로 한다.
- ② 작업이 완료 되면 작업한 장소에서 뽑아 올리지 못한 땅콩 다발을 확인한다.
- ③ 굴취날 형상 변경하여 동일한 조건으로 시험을 2회 반복 실시한다.

표 30 굴취날 시험 조건

구분	작업속도(m/s)	굴취날 형상	시험 횟수 (조건 x 회)
PH602	0.30	짧은 칼날 긴 칼날	2 x 2
			합계:4회

- 흙털이판 시험

- ① 작업속도는 0.30m/s로 작업을 실시하며 작업 길이는 9m로 한다.
- ② 흙털이판 밑에 설치한 상자에 모인 흙 등을 수집하여 흙과 땅콩을 분류한다.
- ③ 흙털이판 변경하여 동일한 시험을 3회 반복 실시한다.

표 31 흙털이판 유/무 시험 조건

구분	작업속도(m/s)	흙털이판	시험 횟수 (조건 x 회)
PH602	0.30	땅콩 흙털이판 줄기 흙털이판 흙털이판 제거	3 x 3
			합계:9회



그림 47 결과물 수집장치(좌: 흙 수거상자, 우 줄기 배출구 수거상자)

(4) 시험 결과

- 고정식 칼날 형상에 따른 굴취율

칼날 형상에 대해 실험한 결과 짧은 칼날 보다 긴 칼날인 경우 굴취율이 100%로 좋게 나타났다. 따라서 굴취 칼날 형상은 긴 칼날을 이용하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

표 32 굴취날 형상에 따른 굴취율 시험 결과

굴취날 형상	작업속도(m/s)	굴취율(%)	비고
짧은 칼날	0.25	81.25	6다발
짧은 칼날	0.23	93.75	2다발
긴 칼날	0.25	100	-
긴 칼날	0.26	100	-

- 흙털이판 따른 땅콩 손실률 및 흙 선별률

실험한 결과 땅콩 손실률을 보면 2.6~3.2%로 측정이 되며 흙털이판 형상 혹은 제거시 손실에 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 따라서 흙선별률이 좋은 땅콩 타격 흙털이판을 이용하는 것이 좋을 것으로 판단된다.



1. 굴취부, 2. 흙털이부, 3. 줄기배출구, 4. 줄기배출구(풍구), 5. 수집통

그림 48 땅콩수확기 형상 및 시료 수집 부위

$$\text{흙 선별률(\%)} = \frac{2}{2+4+5} \times 100 \quad (\text{단위: } g)$$

2: 흙 제거 무게

4: 흙 제거 무게

5: 흙유입 무게

※위 숫자는 그림 48번에 나타나있는 각 부분의 위치를 뜻한다.

$$\text{땅콩 손실률(\%)} = \frac{2}{1+2+3+4+5} \times 100 \quad (\text{단위: } g)$$

1: 땅콩 손실 무게

2: 땅콩 손실 무게

3: 미탈협 땅콩 무게

4: 땅콩 손실 무게

5: 수집된 땅콩 무게

※위 숫자는 그림 48번에 나타나있는 각 부분의 위치를 뜻한다.

표 33 흙 선별률 및 땅콩 손실률

흙털이판 형상	흙 선별률(%)	땅콩 손실률(%)
땅콩 타격	87	3.18
줄기 타격	71	2.62
흙털이판 제거	65	2.69

(5) 요약 및 결론

- ① 굴취율은 긴 칼날 형상과 짧은 칼날 형상 시험 결과를 비교하면 긴 칼날 형상이 굴취율 100%로 나타났다.
- ② 흙털이판 형상과 제거 시 시험 결과 땅콩 손실은 2.6~3.2%로 큰 차이가 나지 않았다. 흙 선별률은 땅콩 타격 흙털이판이 87%로 흙털이 효과가 있는 것으로 나타났다.

라. 탈협부 줄기 끼임 방지장치

(1) 시험 장비

기존 땅콩 수확기의 굴취부를 분리하여 탈협부 시험이 가능하도록 제작하였다. 탈협부와 피드체인 동력은 전기모터를 이용하여 구동시킨다. 동력 부분에 풀리를 교체하여 RPM 요인 시험을 할 수 있도록 하였다. 각각 RPM은 표에서와 같다.



그림 49 탈협부 시험 장치

표 34 시험장치 각 부분의 회전속도 측정

탈협부 회전속도 (rpm)	측정 탈협부 회전속도 (rpm)	피드체인 회전속도 (rpm)	측정 피드체인 회전속도 (rpm)
420	423	690(0.5 m/s)	670
470	493	552(0.4 m/s)	490
520	537	414(0.3 m/s)	398

(2) 시험재료

탈협부 줄기 끼임 방지장치 시험을 위해 땅콩 줄기를 사용해야 하지만 시험이 실시되는 시기가 2차년도인 2013년 3~4월로 수확시기의 땅콩 줄기를 구할 수 없어 벼짚으로 대체하여 시험을 실시하였다.

(3) 시험방법

본 시험에서는 동력 관련 탈협부 속도를 급치통은 423rpm, 피드체인은 414rpm으로 설정하여 실시하였다. 위와 같은 속도는 실제로 땅콩 수확기를 이용하여 수확작업을 실시할 때 측정한 속도와 같도록 설정하였다. 시험은 줄기 끼임 방지장치를 전면과 후면의 좌우측 부착 여부를 달리하여 실시하였는데 전후면 미부착, 후면(우측)만 미부착, 전후면 부착 총 세 조건으로 실시하였다. 그림은 줄기 끼임 방지장치를 부착한 사진이다.



그림 50 줄기 끼임 방지 장치(좌: 탈협부 앞쪽, 우: 탈협부 뒤쪽)

(4) 시험 결과

2013년 3월 14일 실시한 1차 시험결과와는 그림에서와 같다. 줄기 끼임 방지장치를 부착하지 않아 벼짚이 탈협부 급치통의 전면과 후면 틈에 감겨 있는 현상이 발생되었다.

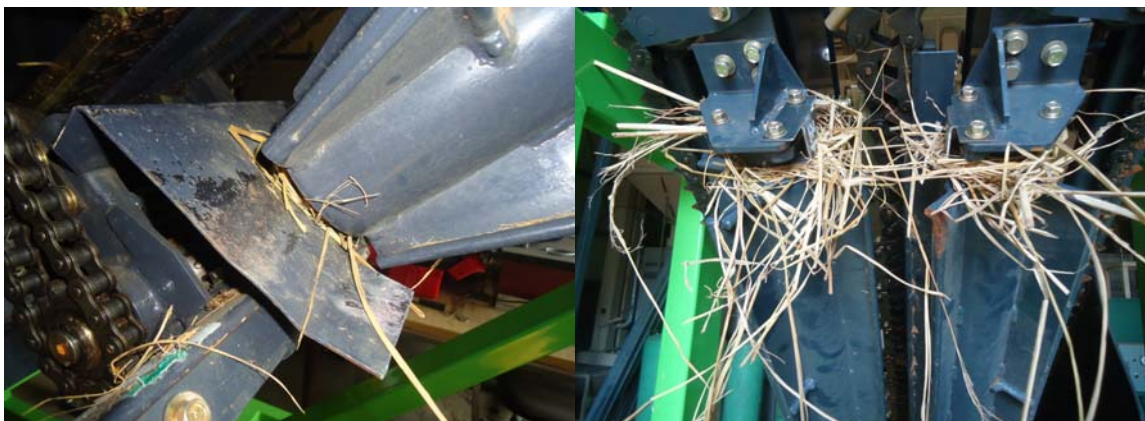


그림 51 1차 시험 결과물(좌: 탈협부 앞쪽, 우: 탈협부 뒤쪽)

2013년 3월 18일 실시한 2차 시험결과는 그림에서와 같다. 시험한 결과 앞쪽부분에는 줄기 끼임 현상이 발생하지 않았다. 뒤쪽부분에서 오른쪽에만 꼬이는 현상이 발생하였는데 오른쪽에는 줄기 끼임 방지장치를 장착하지 않고 왼쪽에만 설치하여 시험을 실시하였다.



그림 52 2차 시험 결과물(좌: 탈협부 앞쪽, 우: 탈협부 뒤쪽)

2013년 4월 5일 실시한 3차 시험결과는 그림에서와 같다. 급치통 뒤쪽에 줄기 끼임 방지장치를 양쪽에 부착한 후 실시하였다. 그 결과 줄기가 끼이는 현상이 발생하지 않았다.



그림 53 3차 시험 결과물

2차 때 제작한 앞쪽과 뒤쪽 줄기 끼임 방지장치는 줄기가 처음부터 급치통 축에 안 꼬이도록 하는 효과가 있었다. 앞쪽과 뒤쪽에 부착하는 줄기 끼임 방지장치는 급치통과 장치와 틈이 없어야하고 줄기가 아래위로 들어가서 꼬이는 현상이 발생하므로 스크래퍼 형식을 도입하면 줄기 끼임 방지를 할 수 있을 것으로 보인다.

2. 땅콩 수확기 설계 사양

가. 설계 사양

당 연구를 통해 개발된 땅콩수확기의 주요 사양은 다음과 같다. 연구 초기의 성능 목표를 달성하였으며, 굴취 방식은 연구를 통해 최적의 방안을 도출하여 변경하였다.

표 35 땅콩수확기 시제품의 주요 사양

항목	사양	성능목표(RFP)
기종명	땅콩수확기 PH602	
형식	승용 자주형	
엔진 사양	60 ps	
변속 방식	무단 유압식(HST)	
작업 속도	0.45 m/s (0.7hr/10a)	1.2 hr/10a
굴취 방식	고정식 굴취날	진동식 굴취날
굴취 조수	2조	2조
분초 간격	600mm	600~700mm
굴취 깊이	0~200mm	0~200mm
채식 밀도(조간 × 주간)	30~40cm × 20~25cm	30~40cm × 20~25cm
탈협 방식	회전식 급치타격식	
선별 방식	요동 선별체	
수집 방식	포대 2구	

나. 주요부 사양

요인시험을 통해 결정된 주요부 설계 상세 사양은 다음과 같다.

표 36 땅콩수확기 주요부 상세 설계 사양

항목		설계 사양	비고
굴취부	굴취 형식	고정식 굴취날	
	굴취날 크기(mm)	320	
	굴취폭(mm)	540	
	흡털이관 크기(폭×길이 mm)	25×420	줄기타격식
선별부	선별판 크기(mm)	1,355×610	눈크기 11×120
	요동체 회전속도(rpm)	575rpm	
	풍구 회전속도(rpm)	1,671rpm	
	풍구 크기(mm)	Ø315×652	
탈협부	탈협통 지름(mm)	Ø190	날개 포함
	탈협통 날수	좌우 각 4개	
	탈협통 회전수(rpm)	500rpm	
	줄기끼임 방지장치	스크래퍼	

다. 작업폭 및 굴취폭

땅콩수확기의 작업폭은 한 번에 땅콩 줄기를 뽑아낼 수 있는 폭을 의미한다. 개발된 땅콩수확기의 구조는 굴취부의 분초간 사이에 들어온 땅콩줄기는 피드체인에 의해 한 번에 뽑아내도록 되어 있다. 따라서 분초간 폭이 땅콩수확기의 작업폭이 된다. 한편 땅콩 줄기를 효과적으로 뽑아 올리기 위해서는 땅콩 다발을 포함한 뿌리아래 부분을 잘라주어야만 한다. 바로 이 땅콩 뿌리 아래 부분을 잘라내 주는 폭이 굴취폭이 된다. 따라서 굴취폭은 작업폭 안쪽에 있는 땅콩 뿌리 아래만을 효과적으로 잘라주는 것으로 작업폭 보다 적은 값이 된다. 다음 그림에 작업폭과 굴취폭의 관계를 나타낸 것이다. 당 연구에서 개발된 땅콩수확기의 작업폭은 600mm 이고, 설계 굴취폭은 555mm이다. 부록의 국검 성적서 5-2페이지를 보면 실제 굴취폭은 50cm로 나타나고 있으며, 이 값은 실제 국검 시험 결과를 나타낸 것이다.

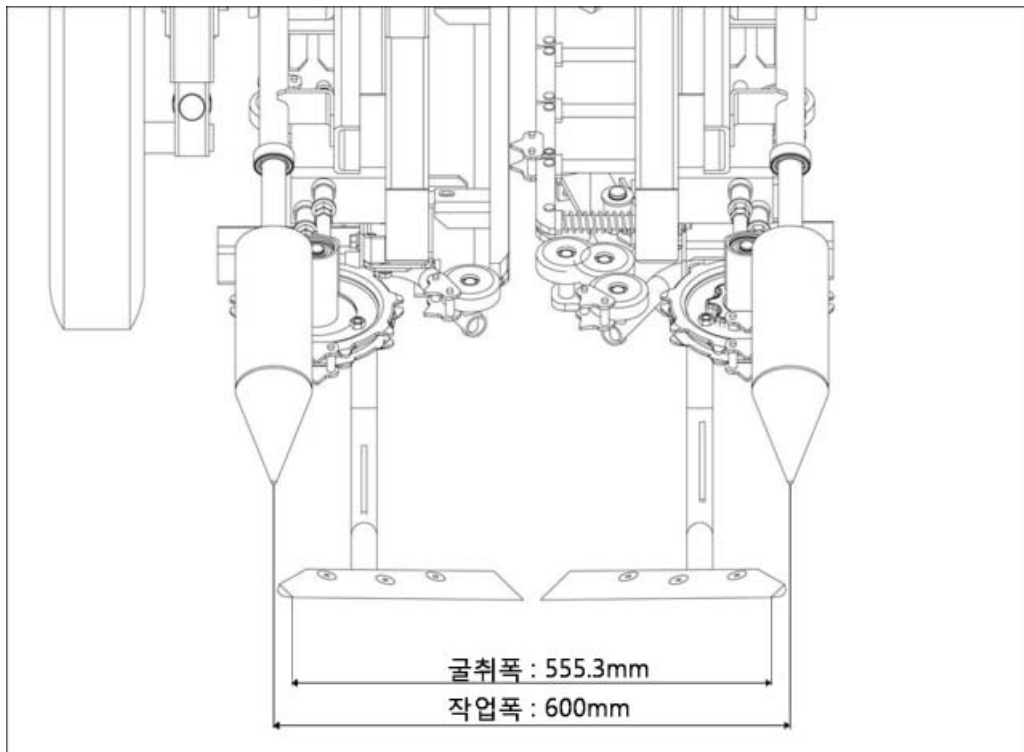


그림 54 땅콩수확기의 작업폭 및 굴취폭

라. 시제품 주요 도면

당 연구에서 수행된 땅콩수확기의 전체 조합도 및 굴취 탈협부 조합도를 다음에 나타내었다.

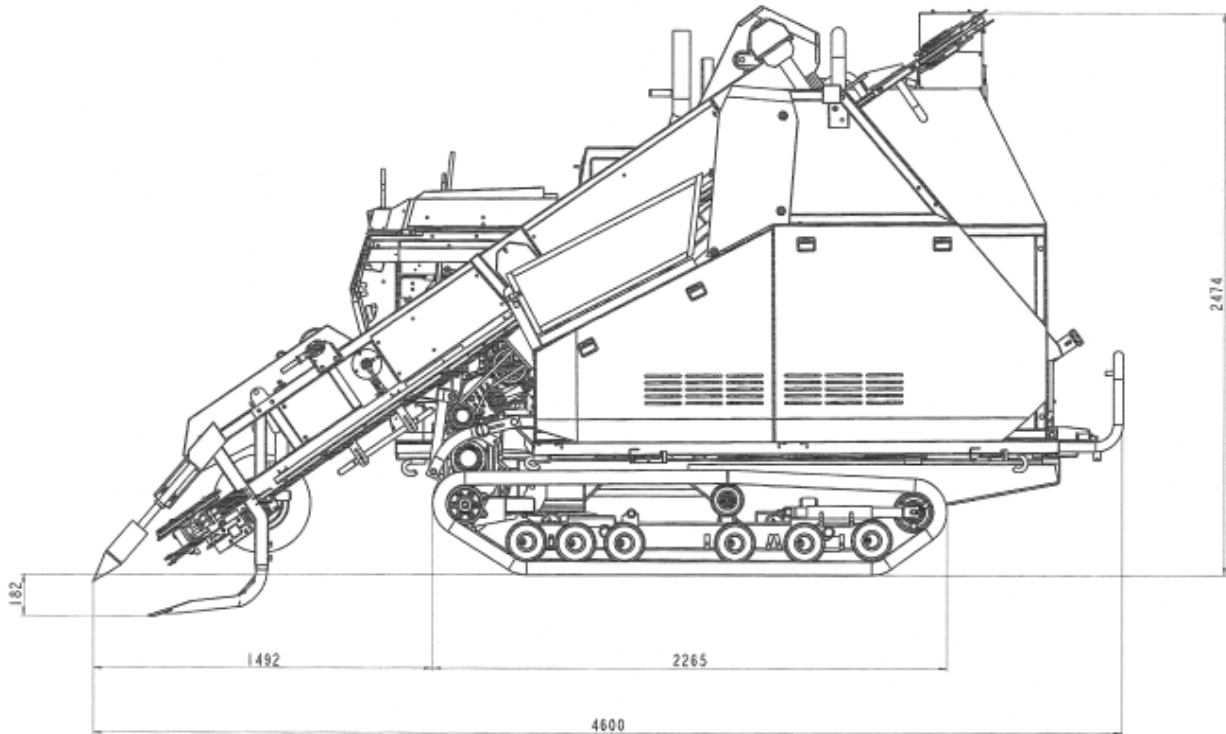


그림 55 땅콩수확기 총 조합도

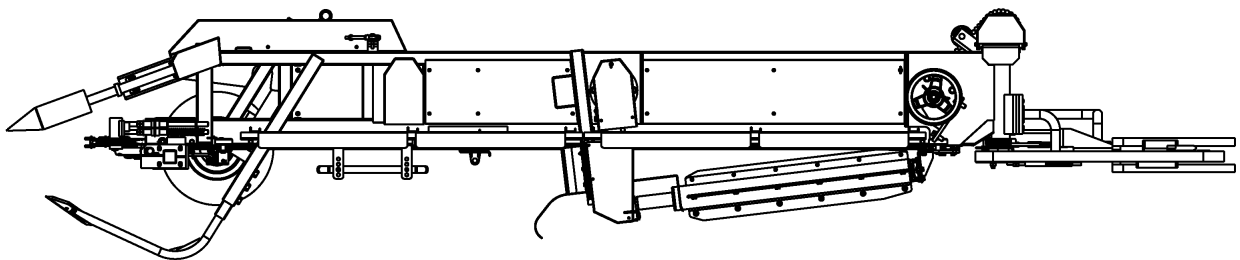


그림 56 땅콩수확기의 굴취탈협부 조합도

3. 시제품 제작

2차년도 전반기에 요인시험을 통해 얻은 결과를 분석하여 각 부 설계변경을 실시하였다. 2013년 6월까지 설계를 완료하여 7월부터 8월까지 시제품 제작 및 조립을 실시하였다. 부품 제작은 5대분이 추진되었으며 땅콩수확기를 총 4대를 완성하였다. 완성 기대는 중국과 한국의 테스트용으로 활용하였다. 1차년도 시제품과 비교하여 주요 변경된 부품은 다음과 같다.

1차년도에 굴취 형식은 진동식이었으나 요인 시험 결과 고정식 굴취가 더 효율적으로 나타나 설계변경을 하였다. 그 형상은 그림 57에서와 같다.



그림 57 굴취형식 변경(좌: 1차년도, 우 : 2차년도)

도복된 줄기를 세우지 못해 입수자세 불량으로 작업 시 문제가 발생되어 원뿔 형태의 분초간을 도입하였다. 그 형상은 그림 58에서와 같다.

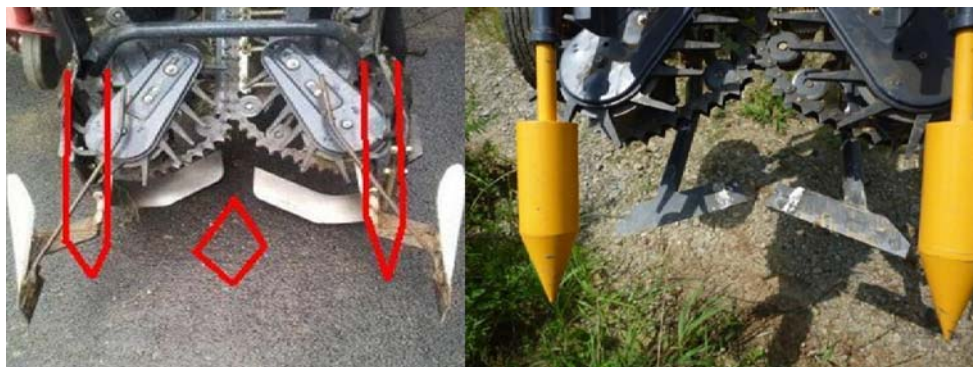


그림 58 분초간 변경(좌: 1차년도, 우 : 2차년도)

굴취 깊이에 따라서 부하로 인한 작업속도가 제한되었다. 따라서 조작석에서 굴취 깊이 조절이 가능한 휠 실린더로 변경하여 작업 시 굴취 깊이를 조절 할 수 있도록 하였다. 그 형상은 그림 59에서와 같다.



그림 59 굴취깊이 조절장치(좌: 1차년도, 우 : 2차년도)

기존 땅콩을 타격하는 형태의 흙털이 방식에서 줄기를 타격하는 형태로 변경하였다. 그 형상은 그림 60에서와 같다. 이상의 설계변경을 반영한 시제품 제작 결과를 그림 61에 보인다.



그림 60 흙털이판 변경(좌: 1차년도, 우 : 2차년도)



그림 61 2차년도 조립 완료된 시제품

제 5 절 시제품 성능 시험 및 분석

1. 성능 시험 방법

가. 시험 포장

땅콩수확기 성능 시험은 2013년 9월에 전라북도 익산시 땅콩 밭에서 실시하였다. 면적은 $10 \times 30m^2$ 이며 두둑의 개수는 10개이다.



그림 62 성능시험을 위한 땅콩밭 전경사진

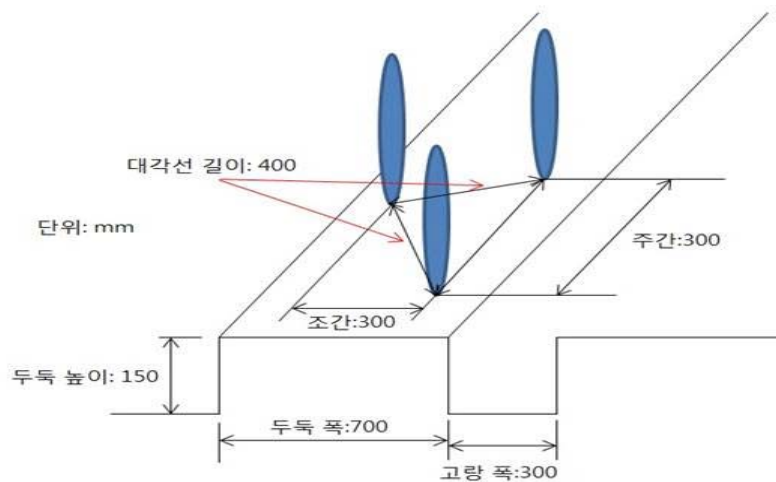


그림 63 성능시험을 위한 땅콩밭 작휴 방법

시험 토양은 두둑 길이 25~30m이고 총 10줄이다. 시험 토양의 물성은 표 35와 같다. 원추 관입지수는 soil compaction meter를 사용하여 시험토양의 서로 다른 네 지점에서 0~

25cm 까지 5cm 간격으로 측정하였다. 또한 함수율은 토양 채취관을 이용하여 시험 토양의 서로 다른 지점(6지점)에서 토양 샘플을 채취한 후 오븐법을 이용하여 도출하였다. 토양 종류는 표준체를 이용하여 토입자 크기별로 분류하고 미농무성법의 방법에 따라 분석하였다.

측정 결과 토양 함수율의 평균은 7~9%이며, 깊이별 원추 지수는 70~4,108 kPa 범위로 나타났다. 또한 토입자 분류 결과 시험포장은 자갈성 사질토로 나타났다.



그림 64 원추 관입 및 토양 채취

표 37 익산시 시험 포장의 토양 물성치

토양 종류	토양 함수율 [d.b.](%)	Cone index by depth (kPa)					
		Location	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm
자갈성 사질토	7~9%	1	772	983	3195	3300	2212
		2	105	70	456	2317	3335
		3	456	1509	2738	3054	3932
		4	526	351	456	3773	4108

땅콩의 물성치는 다음 표에서와 같다. 땅콩수확에 영향을 미치는 초장, 줄기장력, 협실장력 등 조사하였다.

표 38 익산시 포장의 땅콩 물성치

분지수(개/주)	61
꼬투리장력(g)	970.2
줄기 장력(kg)	25.95
초장(mm)	558
협크기 직경(mm)	9,18
협크기 길이(mm)	40.6
땅콩 결실 범위(mm)	162
땅콩 무게(g/10개)	22

※ 위 데이터는 10번 측정하여 평균을 낸 값이다.

나. 작업 속도

각 변속 단수별 작업 속도는 다음 표에서와 같다. 각 구간 10m로 초시계를 이용하여 측정하였다.

표 39 변속단수별 땅콩수확기의 작업속도 측정결과

주변속	부변속	구간(m)	시간(s)	작업속도(m/s)
2	저	10	49.28	0.20
4	저	10	31.20	0.32
6	저	10	23.09	0.43

다. 시험방법

- ① 굴취날 형상 중 굴취율 결과가 좋은 칼날을 사용한다. 흙털이판 땅콩손실이 적은 흙털이판을 사용한다.
- ② 줄기 배출구(풍구에 의해 배출되는 곳)와 흙털이판 밑에 떨어지는 작물을 받기 위해 포대를 설치한다.
- ③ 0.20, 0.32, 0.43m/s순으로 시험을 실시한다. 작업 구간은 9m이고 3회 반복 시험한다.
- ④ 작업이 완료 되면 굴취율을 측정하기위해 땅에 떨어져있는 땅콩 개수를 파악하고, 줄기 배출구로 탈협이 안되어 줄기에 붙어 있는 땅콩 개수 파악, 수집통과 줄기 배출구(풍구에 의해 배출 되는 곳)와 흙털이판의 수집물을 포대에 담아 각각의 시험 구분 표시하여 수집 한다.

표 40 땅콩수확기의 성능시험 조건

구분	작업속도 (m/s)	흙털이판	굴취날 형상	시험 횟수 (조건 x 회)
PH602	0.20	땅콩 털이판	긴 칼날 형상	3 x 3
	0.32			
	0.43			
				합계:9회

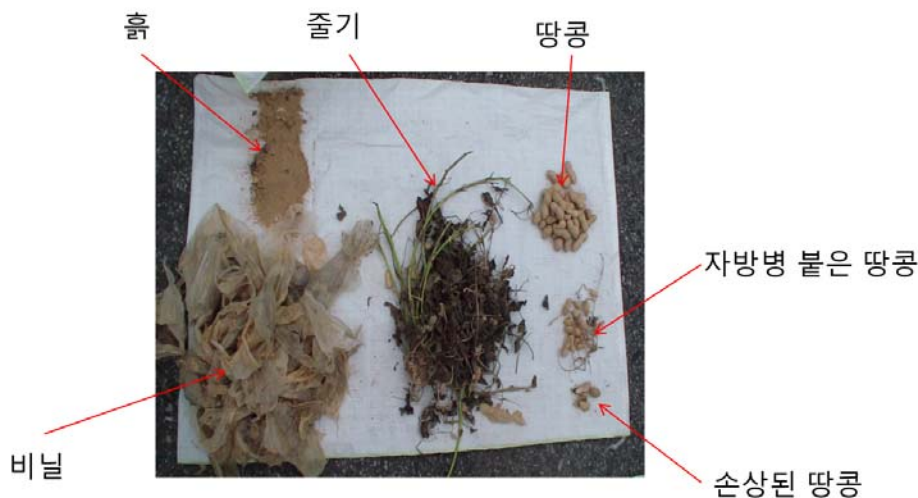


그림 65 시험 결과물 분류기준

라. 시험 결과

(1) 작업속도에 따른 굴취율

작업속도에 따른 굴취율을 분석한 결과 98~99%로 작업 속도와 무관하며 작업자 운전 숙련도와 줄기 사이에 비닐이 끼여서 줄기를 끌어올리지 못하는 현상이 발생되었다.

표 41 작업속도에 따른 굴취율

작업속도 (m/s)	굴취율 (%)
0.17	98
0.30	99
0.41	98

(2) 땅콩 손상률

급치통에 의해 땅콩 손상되는 정도를 분석한 결과 전체 땅콩 중 손상되는 땅콩은 1%미만으로 측정 되었다.

표 42 작업속도에 따른 땅콩 손상률

작업속도(m/s)	손상률(%)
0.17	0.72
0.30	0.90
0.41	0.54

(3) 기타 이물질(줄기, 흙, 비닐)

줄기는 요동체로 들어온 줄기양 중 풍구에 의해 선별되지 못한 줄기 양을 측정하여 분석한 결과 21~24%로 줄기 선별률이 떨어지는 것으로 나타났다.

흙은 흙털이 판에서 선별된 흙과 미선별된 흙 총 무게에서 미선별된 흙양을 측정하여 분석한 결과 10~16.7%로 측정이 되었다. 흙 선별은 작업속도가 느릴수록 더 좋게 나타났다.

비닐은 21~43%로 범위차가 크게 나타났으며 줄기에 비닐이 끼여서 유입되는 경우가 대부분이다.



1. 굴취부, 2. 흙털이부, 3. 줄기배출구, 4. 줄기배출구(풍구), 5. 수집통

그림 66 땅콩수확기 형상 및 시료 수집 부위

$$\text{줄기 유입률(\%)} = \frac{5}{4+5} \times 100 \text{ (단위: g)}$$

4: 배출된 줄기 무게
5: 유입된 줄기 무게

$$\text{흙 유입률(\%)} = \frac{5}{2+4+5} \times 100 \text{ (단위: g)}$$

2: 제거된 흙 무게
4: 배출된 흙 무게
5: 유입된 흙 무게

$$\text{비닐 유입률(\%)} = \frac{5}{4+5} \times 100 \text{ (단위: g)}$$

4: 배출된 비닐 무게
5: 유입된 비닐 무게

※ 위 숫자는 그림 66번에 나타나있는 각 부분의 위치를 뜻한다.

표 43 작업속도별 이물질 미 선별률

작업속도 (m/s)	기타 이물질 미선별률			
	줄기(%)	흙(%)	비닐(%)	비닐 유입 (면적)
0.17	21.0	10.0	21.0	A4 (5장)
0.30	21.6	12.6	43.0	A4 (9장)
0.41	24.0	16.7	32.0	A4 (4장)

표 44 땅콩수확기 시제품 성능 시험 결과

구분	세부 구분	동양물산 땅콩수확기	
		무게비율(%)	무게비율(%)
		(땅콩, 이물질 각각)	(총 수확물 대비)
땅콩	피땅콩	81.6	62.9
	깨진 땅콩	2.4	1.8
	자방병 붙은 땅콩	16	12.3
	땅콩 소계	100.0	77.0
이물질	흙덩어리	96.4	22.0
	비닐 혼입	0.7	0.15
	줄기 및 잎	2.9	0.85
	이물질 소계	100.0	23.0
총계			100.0

마. 요약 및 결론

- ① 굴취율은 작업속도 0.17~0.41m/s에서 98~99%로 높게 나타났으며 작업자 운전 숙련도와 작물상태에 따라 굴취율이 달라지는 것으로 나타났다.
- ② 땅콩 손상률은 전체 땅콩 중에서 0.5~0.9%로 나타났으며 농과원 공시기와 비슷한 결과가 나왔다.
- ③ 기타 이물질의 미 선별률은 줄기가 21~24%로 작업속도와 무관하며 작업자 운전 숙련도에 따라 차이가 나는 것으로 나타났다. 흙 선별의 경우는 작업 속도가 느릴수록 흙 선별이 좋아지는 것으로 나타났다. 비닐 선별의 경우는 줄기에 비닐이 끼여서 유입 되는 경우가 대부분이다.

제 6 절 설계 보완 및 향후 대책

1. 성능 보완

가. 이물질 분리 문제점 및 설계 보완

개발된 땅콩 수확기의 이물질 분리 성능은 1차년도와 2차년도 각각 성능 시험을 통해 확인한 결과 다음 표에 나타낸 것과 같이 상당한 정도로 개선되었다. 그러나 아직도 이물질 특히 흙의 분리에 문제가 있는 것으로 나타났다.

표 45 땅콩수확기 선별 성능 시험 결과 비교

구분	세부 구분	동양물산 땅콩수확기	
		1차년도 무게비율(%)	2차년도 무게비율(%)
		(총 수확물 대비)	(총 수확물 대비)
땅콩	피땅콩	43.3	62.9
	깨진 땅콩	5.6	1.8
	자방병 붙은 땅콩	10.7	12.3
	땅콩 소계	59.6	77.0
이물질	흙덩어리	37.0	22.0
	비닐 혼입	0.4	0.15
	줄기 및 잎	3.0	0.85
	이물질 소계	40.4	23.0
총계		100.0	100.0

이는 분리가 끝난 후 땅콩 등의 수확물을 탱크로 이송하는 과정에서 흙을 분리하지 못하는 구조 때문으로 판단되어, 이를 보완하기 위해 이송장치의 개선을 추진하였다. 다음 그림에 개선된 이송장치의 모델링을 나타내었다. 개선 사항은 기존 벨트식에서 체인형식으로 바꾸어 이송중 흙의 분리가 가능하도록 개선하였다.

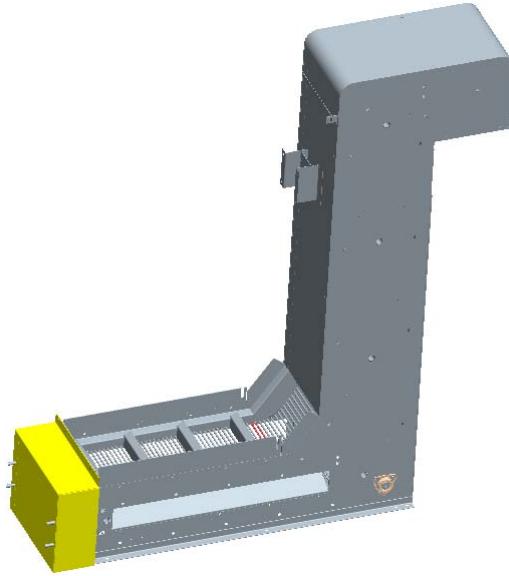


그림 67 개선 설계 된 이송 장치

나. 작업 편의성 향상 방안

개발된 땅콩수확기는 호퍼 형식으로 작업 중 땅콩을 포대로 받아내야 한다. 이를 위해서는 운전자 이외에 적어도 2명의 보조 작업자가 필요하여 작업 편의성에 문제가 되는 것으로 나타났다. 이를 개선하기 위해 수확된 땅콩을 호퍼가 아닌 탱크로 수집하는 형태로 개선하였다. 다음 그림에 개선된 탱크의 모델링을 보인다.

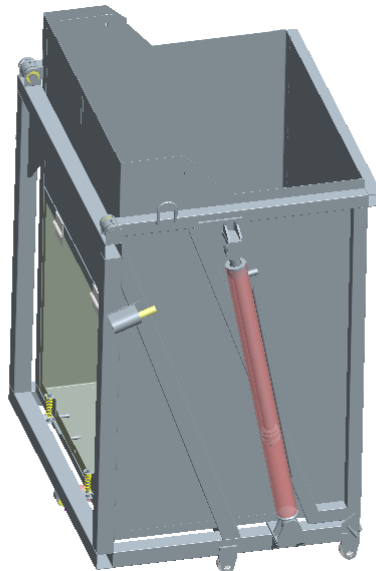


그림 68 개선된 탱크 모델링

다. 비닐 유입방치에 관한 대응방안

중국의 얇은 비닐(0.004mm)은 스키형상의 누름장치와 롤러 누름장치를 이용하면 얇아서 땅콩을 뽑을 때 잘 찢어져 땅콩만 올라가게 되는데, 종래에 국내에서 사용되던 0.01mm의 비닐을 사용했을 때는 스키형상의 누름장치와 롤러 누름장치를 이용하여도 비닐이 두꺼워 잘 찢어지지 않아 땅콩과 함께 비닐이 유입되는 현상이 발생된다. 이런 문제를 보완하기 위해 자료를 조사하던 중 농촌진흥청의 멀칭 비닐수거기와 한국기계연구원의 비닐제거 기능을 갖는 감자 수확용 예취장치에 관한 특허를 알게 되었다. 그리하여 롤러 비닐제거 날을 부착하여 국내에서 사용되던 0.01mm의 비닐을 자르고 스키형상의 누름장치와 롤러 누름장치를 이용하여 비닐 유입을 방지하도록 한다.



그림 69 농촌진흥청의 멀칭 비닐수거기

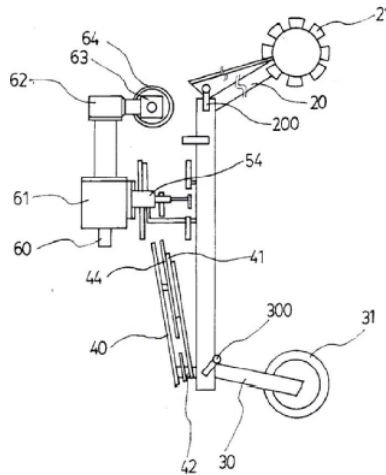


그림 70 한국기계연구원의 비닐제거 기능을 갖는 감자 수확용 예취장치

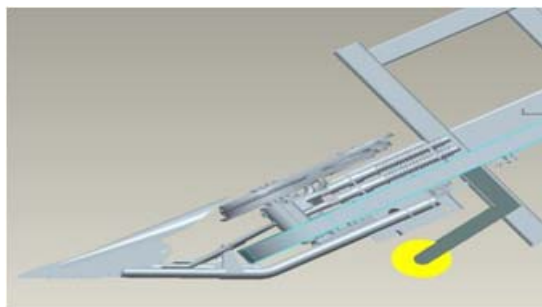


그림 71 롤러 비닐제거 날

라. 땅콩줄기의 건조된 상태와 싱싱한 상태일 때의 구분

탈협부의 구동출력을 산정하기 위해서는 땅콩줄기의 상태에 따라 달리해야 한다. 이를 확인하기 위해 국내의 유사종자 2종을 대상으로 땅콩의 꼬투리장력을 수확 당시와 수확 3주 후로 나누어 측정하였다. 수확 당시의 꼬투리장력은 622g이고, 수확 3주 후에 측정된 꼬투리장력은 805g으로 싱싱한 상태일 때보다 건조한 상태일 때의 꼬투리장력이 약 29.4% 높게 측정되었다. 따라서 탈협부의 구동출력도 싱싱한 상태일 때보다 건조한 상태일 때, 약 30% 가량 높게 산정해야 할 것으로 판단된다. 한편 땅콩수확기의 전체 동력은 굴취부, 탈협부, 선별부, 주행부 등으로 나뉘는데, 동력의 대부분은 주행부와 굴취부에서 소모되며, 탈협부의 동력 소모는 전체 동력의 30% 이내로 판단된다. 따라서 땅콩줄기의 상태에 따른 땅콩수확기 전체의 동력 변화는 크지 않을 것으로 판단되나, 이 같은 장력의 변화가 실제 땅콩 수확기의 구동 출력에 미치는 영향에 대해서는 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.



그림 72 꼬투리 장력의 측정

표 46 땅콩종자의 물리적 특성

품종	초장(cm)	분지수(개/주)	꼬투리장력(g)	측정시기
밀양 51호	37.9	26.3	622	수확 당시
팔팔	39.1	22.0	805	수확 3주 후

제 4 장 목표달성도 및 관련분야의 기여도

제 1 절 목표대비 달성도

1. 1 차년도

세부과제명	연구개발 목표	연구개발 수행내용	달성도 (%)
수출 전략형 및 국내용 자주식 땅콩 수확기 개발	선행조사	- 국내외 땅콩 재배 규격 분석 - 국내외 세계 시장 조사	100
	Layout설계 및 System 상세설계	- 각 부 system 개념 분석 - 각 부 system Layout 설계 - 각 부 system 상세 설계	100
	시제품 개발 추진	- 시제품 부품 제작 - 시제품 조립 완료	100
땅콩재배 기계 수확시스템 분석 및 적정 작업 조건 확립	기술자료 및 문헌 조사 분석	- 국내 특허 및 문헌 분석	100
	선행연구 개발의 문제점 분석	- 농과원 공시기 및 외국 기대 구조파악 및 문제점 파악	100
	작물의 물리적 특성 분석 및 장치 고안	- 작물 물리적 특성 조사 - 땅콩 작휴방법을 조사 - 굴취부 분초간을 장치 고안	100
	최적 굴취 및 이송방식과 장치 고안	- 진동식 굴취형식 장치 고안 - 굴취날, 피드체인 3D모델링 설계	100
	최적 흠털기 장치 고안	- 외국 땅콩 수확기 회전속도 및 흠털이 형상 조사	100
	최적 동력전달체계 방안 수립 및 분석	- 전체 동력 체계도 구축	100
	비닐의 처리방안 수립	- 생분해성 비닐 장치 고안 - 비닐 누름장치 설계	100
	주요 시스템 제작 및 시험	- 굴취날 제작과 시험 실시 - 급치통 제작과 시험 실시 - 흠털이 회전속도 시험 - 비닐 누름장치 시험 실시	100
시험 문제점 분석 및 보완	- 굴취 형식 설계 변경 - 분초간 설계 변경 - 흠털이 형상 변경 - 급치통 스크레퍼 장치 고안 - 휠 실린더 장치 고안	100	

세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	달성도 (%)
농가 실증 시험 실시하여 내구성 및 성능 검증	시험방법 및 계획 수립	- 국내 농가 실증시험 실시 - 중국 농가 실증시험 실시	100
	내구성 및 성능검증	- 시험을 통해 내구성 검증 - 시험을 통해 성능 분석	100
	시험결과 분석	- 시제품 문제점 파악 - 개선사항 분석 및 설계	100
땅콩수확기 적용 재배기술 체계화	땅콩 작부체계의 표준화 설정	- 땅콩 작부체계 규격화 - 시범포 운영	100
	선행조사	- 땅콩 주 재배지역 토양 분석 - 땅콩 종자 조사	100

2. 2 차년도

세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	달성도 (%)
수출 전략형 및 국내용 자주식 땅콩수확기 개발	시제품 개발 추진	- 굴취형식 고정형 굴취날 변경 - 회전식 분초간 제작 - 줄기 털이 제작 - 급치통 스크레퍼 장치 제작 - 휠 실린더 장치 제작	100
땅콩재배 기계 작업 수확시스템 및 적정작업조건 확립	요인 시험	- 굴취형식 요인시험 실시 - 흙털이 형상 요인시험 실시 - 굴취날 형상 요인시험 실시 - 줄기끼임방지 시험 실시	100
	성능시험 및 검증	- 2차년도 시제품 성능시험실시 - 성능 분석 및 보완 제시	100
	시험 문제점 분석 및 보완	- 흙털이부 개선 필요 - 풍구 개선 필요 - 수집통 개선 필요	100
개발된 땅콩 수확 기대에 대한 농가 실증 시험	실증 시험	- 익산 농가 시험	100
땅콩수확기 적용 재배기술 체계화	땅콩 작부체계의 표준화 설정	- 이천시 시범포 운영	100

제 2 절 정량적 성과

1. 성과 목표

구분	특허		신제품				유전자 등록	논문		기타	
	출원	등록	품명 등록	품수 등록	생산 판매 신고	품종보호		SCI	비SCI		
						출원					등록
1차년도	목표	2							1		
2차년도	목표		2						1		
계	목표	2	2						2		

2. 연구 성과

구분	특허		신제품				유전자 등록	논문		기타	
	출원	등록	품명 등록	품수 등록	생산 판매 신고	품종보호		SCI	비SCI		
						출원					등록
1차년도	성과	1							0		
2차년도	성과	1							3		
계	성과	2							3		

가. 특허 출원

- 출원 번호 : 10-2012-0128474
- 출원 일자 : 2012년 11월 14일
- 발명 명칭 : 땅콩수확기

- 출원 번호 : 10-2013-0164386
- 출원 일자 : 2013년 12월 26일
- 발명 명칭 : 땅콩수확기 선별체 수평 유지

나. 국내 학술발표

- 학술명 : 한국농업기계학회 2013년 춘계 학술대회
- 일 시 : 2013년 05월 03일
- 장 소 : 충남 예산군 리솜스파캐슬 테마동
- 제 목 : 땅콩수확기 개발 -선별부 선별 능력 시험-

- 학술명 : 한국농업기계학회 2013년 춘계 학술대회
- 일 시 : 2013년 05월 03일
- 장 소 : 충남 예산군 리솜스파캐슬 테마동
- 제 목 : CFD를 이용한 땅콩수확기 풍구 유동해석

- 학술명 : 한국농업기계학회 2013년 추계 학술대회
- 일 시 : 2013년 10월 31일
- 장 소 : 제주한화리조트
- 제 목 : 땅콩수확기 개발 - 굴취 시험 -

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제 1 절 기술적 측면의 기대 성과

- 국내·외 현실에 맞는 일괄 작업형 땅콩수확기 개발
- 발작물 기계화를 위한 땅콩수확기 기술 개발 및 독자 기술 확보
- 열악한 농경지 및 작업 실정에 맞는 땅콩수확기 개발로 작업능률 향상, 고장률 감소
- 땅콩채배 주산지 표준채배기술 개발
- 땅콩수확기 수확기술 국내 기술 확보로 학문분야에 기여

제 2 절 경제적·산업적 측면의 기대성과

- 땅콩수확기 개발에 따른 노동력과 인건비 절감
- 수출 지역 업체와 사전 사업 모델을 구축하여 수출 촉진
- 국내 농가활용과 보급이 가능한 원가 절감형 땅콩수확기 개발
- 국내 땅콩 수확 기계화로 땅콩 채배 및 땅콩 가공 산업의 동반 성장
- 수출 전략형 자주식 땅콩수확기 개발로 농업기계 분야 수출 확대 및 국내 보급
- 수출 지역 업체와 사전 사업 모델을 구축하여 수출 촉진

제 3 절 추가연구의 필요성

추후 연구를 통해 적정한 땅콩수확기의 구동 출력 등에 대한 후속 연구를 진행할 계획이다. 당 연구는 2년 동안 진행되어 자주식 일괄 작업 땅콩수확기의 개발에 치중되었다. 따라서 기본 성능과 각 부분의 성능 향상을 위한 요인 시험 등을 위주로 연구 개발이 수행되었다. 이제 기본 성능을 가진 땅콩수확기의 개발이 완료되었으므로 후속 연구로 전체 땅콩수확기의 성능 향상을 위한 연구를 위해 다음과 같은 후속 연구가 자체적으로 진행될 계획이다.

- 외국기종과의 성능을 비교 및 분석하여 본 개발품의 지속적인 향상 및 개발 연구 필요
- 땅콩수확기의 성능 향상을 위한 추가적인 시험 및 이용률 향상을 위한 추가 기술 개발
- 땅콩수확기의 토양 및 작물 조건별 적정 동력 측정 시험을 통한 적정 설계 기술 개발
- 땅콩수확기의 손실을 저감 방안의 연구를 통한 성능 향상 기술 개발

제 4 절 사업화 추진방안

- 수출 방안 및 국내 농가 보급 방안 수립
- 국가별 국정검사 승인
 - 중국 국정검사 승인 (2013년 10월, 관련 서류는 부록에 제시)
 - 국내 안전검정 승인 (2014년 1월, 관련 서류는 부록에 제시)
- 중국 수출 계획
 - 중국 연전시 등을 통해 수요 확산 노력(사진 참조)



그림 73 중국 산둥성 연전시 장면

- 2014년 10대 시범 공급 예정 : 수요자 반응 확인 및 수요 확산을 위한 시범 공급
- 중국 시험 지속 추진 : 중국 현지 적응성 확인 및 성능 향상을 위한 현지 테스트 지속 추진 예정(2014년 광둥성 테스트 예정)
- 2015년 양산 공급 추진 : 중국 파트너사 활용하여 중국 시장 확대 노력
- 중국 시장에 안착하기 위한 원가 절감노력 경주(단계별 중국 생산 확대 추진)
- 예상 수요 : 중국 산둥성 위해시 지역(땅콩 재배 면적 : 53,000ha)

표 47 중국 수출 예상 수요

	2014	2015	2016	2017	2018
중국 수요	10	50	100	200	300

※ 중국 산둥성 지역 위주로 보급한다는 보수적 가정에 의한 예상 수요임

• 국내 보급 추진

- 연전시 등을 통한 수요 확산 노력(사진 참조)



그림 74 국내 땅콩밭 시험 장면

- 2014년 2대 시범 공급 예정 : 지방자치단체 보조 사업 활용
- 초기에는 대규모 영농조합, 임대농기계 사업 등 활용하여 거점 사업 형태로 보급
- 국내 대규모 농가에 수요 확산 노력
- 예상 수요

표 48 국내 보급 예상 수요

	2014	2015	2016	2017	2018
국내 수요	2	10	20	30	50

※ 국내 2016년까지는 영농조합 위주로 보급한다는 보수적 가정에 의한 예상 수요임

제 6 장 참고 문헌

1. Jun, H. J., J. T. Hong, W. J. Park, Y. Choi, and S. W. Lee. 1998. Development of peanut harvester. Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery 3(2): 20-24.
2. Kim, B. J., J. S. Lee, Y. S. Kang, and D. C. Kim. 2013. Development of self-propelled peanut harvester-Performance test of sorting system. Proceedings of the Korean Society for Agricultural Machinery & Korean Society for Bio-Environment Control 2013 Spring Conference 55-56.
3. Kim, M. H., S. J. Park, and S. H. Noh. 1995. Study on the Physical, Mechanical and aerodynamic Properties of Peanut Pods. Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery 20(2): 148-149.
4. Kim, M. H. 2008. Development of a tractor attached root-harvester for peanut. Department of Bio-Industrial Machinery Engineering Graduate School, Kyungpook university: 16-26.
5. Kim, S. H., C. C. Joo, and S. N. Yoo. 1981. Experimental Study on Development of Oscillating Sieve separation Method for Improving Threshing Performance. Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery, Biosystem Engineering 9(2): 41-46.
6. Kim, S. H. 1982. Study on Separating Performance of Oscillating sieve in Wet-Paddy Threshing. Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery, Biosystem Engineering 7(1): 34-40.
7. Kim, S. H., S. I. Nam, and S. N. Ryu. 1984. Study on the Characteristics and Separating Performance of Oscillating Sieve for Optimization of Separating Losses of Combine. Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery, Biosystem Engineering 9(2): 49-51.

8. Kim, S. H and W. S. Kang. 1993. Cleaning model of head-feeding. Korea Science and Engineering foundation(KOSEF): 10-16.
9. Lee, J. S., B. J. Kim, Y. S. Kang, and D. C. Kim. 2013. Analysis of flow for peanut harvest winnowing system using CFD. Proceedings of the Korean Society for Agricultural Machinery & Korean Society for Bio-Environment Control 2013 Spring Conference 101-102.
10. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MFAFF). 2010. 2010 Agriculture and forestry of statistics annual report. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Sejong korea.
11. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MFAFF). 2007. 2007 Status of agricultural machinery. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Sejong korea.
12. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MFAFF). 2006. 2006 Agriculture and forestry of statistics annual report. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Sejong korea.
13. Oh, D. S. Irrigation method of Soil slopes. RURAL DEVELOPMENT ADMINISTRATION Agricultural Technology Information.
14. 矢治幸夫., 我妻幸雄, 今園支和. 1981. 落花生收穫作業の機械化に関する研究. 農事試験場研究報告(農事試研報) 35: 222-227.

부 록

- 국검 성적서
- 중국 국검 성적서

- 국검 성적서

기술실용화를 S.M.A.R.T.하게



농업기술실용화재단



수신 동양물산기업(주) 대표이사 김희용 귀하
(경유)

결 재	담 당	과 장	차 장	실 장
	김우			1414

제목 동력수확기(땅콩) 안전검정 결과 알림

1. '13. 12. 13.자로 귀사에서 신청한 동력수확기(땅콩)의 안전검정 결과를 다음과 같이 알려드리며,

기종명	형식명	형 식	규 격	검정번호	검정결과
동력수확기 (땅콩)	PH602	승용자주형 이송식	굴취폭 35 cm	13-MS-503	적합

2. 제출된 검정 용도의 제품은 검정결과 통보일로부터 15일 이내에 대표자 명의의 인수증을 제출하고 찾아가시기 바랍니다.

붙임 농업기계 안전검정 확인서 1부. 끝.



농업기술실용화재단이사장



선임연구 원 김관우 책임연구 원 정성림 농기계검정팀 2014. 1. 15. 정팀장 하지호
 협조자 선임연구원 박진근
 시행 농기계검정팀-58 (2014. 1. 15.) 접수
 우 441-857 경기도 수원시 권선구 수인로135번길 22 농업기술실용화재단 농기계검정팀 / http://www.efact.or.kr
 전화번호 031-290-1954 팩스번호 031-290-1954 / kwkim@efact.or.kr / 부분공개(6,7)

농업기계 안전검정 확인서

1. 신청인

가. 성명 : 김희용

나. 사업자등록번호 : 609-85-00876

다. 주소 : 전라북도 익산시 왕궁면 왕궁농공단지길 7-40

라. 상호 : 동양물산기업(주)



2. 검정 용도의 제품

가. 기종명 : 동력수확기(땅콩)

나. 형식명 : PH602

다. 형식 및 규격: 승용자주형 이송식, 관취폭 35 cm

3. 검 정 번 호: 13-MS-503

「농업기계화 촉진법」 제9조 제1항 및 같은 법 시행규칙 제3조에 따라 검정 신청한 농업기계에 대한 안전검정 결과 관련 기준에 적합함을 확인합니다.

2014년 01월 15일

농업기술실용화재단 이사장



검정 성적

- 1. 기종명 : 동력수확기(땅콩)
- 2. 검정번호 : 13-MS-503
- 3. 형식명 : PH602
- 4. 형식 : 승용자주형 이송식
- 5. 규격 : 굴취폭 35 cm
- 6. 시험 성적



6.1 구조

6.1.1 기체의 크기

- 길이 4690 mm
- 폭 2135 mm
- 높이 2580 mm
- 중량 2775 kg

6.1.2 동력전달장치

- 주클러치 형식 없는 구조임
- 주변속기
 - 변속방식 유압식(HIST)
 - 변속단수 무단(전·후진)

- 부변속기
 - 변속방식 기계식(선택물림식)
 - 변속단수 3단(저속, 표준, 고속)

6.1.3 주행장치

- 차륜의 종류 무한궤도(고무)
- 무한궤도의 규격(폭×피치, 피치수) 280 mm×90 mm, 52개
- 무한궤도 외폭 1530 mm
- 무한궤도 접지길이 1520 mm

6.1.4 조향장치

- 조향방식 조향레버식

6.1.5 굴취장치



· 형식	굴취날식
· 굴취날의 크기 및 개수	길이250 mm×폭70 mm(2개)
· 굴취날 중량	13 kg(6.5 kg×2개)
· 굴취폭	50 cm
· 최대굴취깊이	25 cm
· 굴취깊이 조절방식	굴취날 취부높이 조절식
6.1.6 분초장치	
· 형식	회전롤러(원뿔형)
· 끝단간의 거리	700 mm
6.1.7 줄기 인기장치	
· 형식	고무러그형
6.1.8 작물 이송장치	
· 형식	체인식(줄기이송)
· 길이	3350 mm(스프로킷 축간거리)
6.1.9 제동장치	
· 정차제동장치	
형식	습식다판식
작동방식	페달식
· 주차제동장치	
형식	정차제동장치 겸용
작동방식	페달 고정식
6.1.10 선별장치	
· 탈협방식	롤러식
· 흠분리 방식	채망 진동식
6.1.11 배출장치	
· 배출구의 크기 및 개수	가로220 mm×세로220 mm, 2 개
6.1.12 유압장치	
· 유압펌프 형식	기어펌프
· 유압펌프 정격송출압력	17.6 MPa
· 작동유 용량	23 L
· 유압실린더 용도 및 개수	굴취부 승·하강용 1개 안내롤 승·하강용 1개 기체 좌·우 수평조절용 2개 (좌·우 각 1개)



6.1.13 안내륜

- 형식 및 개수
- 조절범위

공기타이어식, 1개
365 mm

6.1.14 탑재엔진

- 형식명
- 제조사
- 형식
- 정격출력
- 최대출력

4B243DITC-DY
대동공업㈜
직립형수냉4기통4행정디젤기관
41.5 kW /2700 rpm
46.2 kW /2700 rpm

6.2 안전성시험

6.2.1 가동부의 방호

- 커버

줄기 이송체인 구동 벨트·풀리 및 체인 스프로킷, 선별부 구동 벨트·풀리, 분초물러 동력전달 베벨기어

6.2.2 안전장치

- 시동 안전장치
- 비상정지버튼
- 승강부 강하방지장치
- 후진 시 안전장치

주변속 레버가 중립시만 시동 엔진 비상정지버튼(굴취부 좌측) 굴취부 하강방지 스위치 경고음 발생

6.2.3 운전석 및 작업장소

- 운전석발판
지면에서의 높이
표면 재질
- 운전좌석
완충장치
전·후조절범위
- 전락방지장치

(1단) 540 mm, (2단) 755 mm
요철

쿠션시트
60 mm(3단)
운전좌석 우측 팔걸이, 곡물 배출구 동반이



6.2.4 운전·조작장치

· 운전·조작성

주변속 레버, 부변속 레버, 조향·굴취부 승하강 레버, 조절버튼 기체 좌우 수평, 기체 상승·하강 스위치, 기체 자동수평 선택 스위치, 굴취부 승하강 고정 스위치, 조속 수동레버, 제동 페달, 이송체인 연결·끊음 레버, 선별 채망 구동·정지 레버, 시동 키 및 등화장치 조작부가 통상의 작업위치에서 안전·용이하게 조작할 수 있도록 배치되어 있음

6.2.5 안정성

· 정적전도각(운전좌석에 75kg 탑재시)

좌 30.5°, 우 39.5°

6.2.6 등화장치

종류	부라위치	등광색	개수	전구규격
제동등	기체 후방 좌·우	적색	2	12V/21W
후미등	기체 후방 좌·우	적색	2	12V/5W
방향지시등(전방)	기체 중앙 좌·우	황색	2	12V/21W
방향지시등(후방)	기체 후방 좌·우	황색	2	12V/8W
작업등(전방)	굴취부 중앙, 운전석 후방	백색	2	12V/35W
작업등(후방)	기체 후방 상단, 배출구 후방	백색	2	12V/27W

6.2.7 안전표시

· 주의

사용설명서 숙지, 방호커버 닫은 상태에서 작업, 고온부 접촉 주의, 작업 중 접근 금지

· 경고

배기가스 유입 경고, 기계정비 시 엔진 정지, 고온 시 방열기캡 개방 금지, 주유 시 엔진정지, 예취부 접근 금지, 줄기 감김 제거 시 엔진정지, 경사지 전복 주의, 좌석 고정장치 확인, 운반 시 주의

· 위험

곡물 배출구에서 작업 시 등받이 사용

6.2.8 취급성

· 취급내용

사용전, 사용중, 사용후의 안전에 관한 사항이 사용설명서에 기재되어 있음







2013150534A

No 鲁 T2013135



检 验 报 告

产品名称: 半喂入式花生联合收获机

规格型号: 4HLZ-2

制造单位: 文登市威力环保设备有限公司

检验类别: 推广鉴定

山东省农业机械试验鉴定站

产 品 照 片



(产品型号名称： 4HLZ-2 型半喂入式花生联合收获机)

制造单位：文登市威力环保设备有限公司

地 址：文登市南海临港产业区现代路北、龙泰路西

邮 编：264400

联系电话：0631-8084600

联 系 人：田兆青

№ 鲁 T2013135

检验报告

共 6 页第 2 页

产品名称	半喂入式花生联合收获机	规格型号	4HLZ-2	
		注册商标	/	
受检单位	文登市威力环保设备有限公司	检验类别	推广鉴定	
制造单位	文登市威力环保设备有限公司	样品等级	合格品	
抽样地点	用户处	抽样时间	2013.9.24	
抽样基数	5 台	抽样人员	崔传兵 宋涛	
样品数量	2 台	原编号及 出厂日期	PH2013010 PH2013013 2013.8	
检验地点	该企业、文登市米山镇西石 棚及葛家镇	检验时间	2013.9.24~9.26	
检验依据	1、DG/T 077-2012 《花生收获机械》 2、Q/1081 WWH 001-2013 《4HLZ-2 型半喂入式花生联合收获机》			
样品 特性、状态	完好			
所用主要 仪器	见检验说明	环境条件	见检验说明	
检 验 结 论	<p>经检验，该产品安全、技术要求和性能试验符合农业机械推广鉴定大纲合格要求。</p> <div style="text-align: right;">  <p>2013年10月24日 检验专用章</p> </div>			
备注	<p>1、主要技术参数见检验说明。 2、PH2013010 号样机用于试验，PH2013013 样机为备样。</p>			

批准:

李延华

审核:

史正芳

项目负责人:

宋涛

№ 鲁 T2013135

检验报告

共 6 页第 3 页

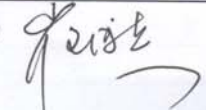
类别	序号	检测项目	单位	合格标准	检测结果	不符合数	Ac Re	单项判定
A	1	防护装置	/	应符合 DG/T 077-2012 中 5.2.1 的要求。	符合	0	0 1	合格
	2	安全标志	/	应符合 DG/T 077-2012 中 5.2.2 的要求。	符合			
	3	安全使用说明	/	使用说明书应规定安全注意事项和安全操作规程内容。	符合			
	4	照明和信号装置	/	应符合 DG/T 077-2012 中 5.2.4 的要求。	符合			
	5	灭火器	/	自走式花生联合收获机应备有灭火器。	符合			
	6	驾驶室挡风玻璃	/	带驾驶室的花生收获机械，其驾驶室挡风玻璃应采用安全玻璃。	/			
	7	总损失率	/	≤3.5%	1.40%			
	8	行车制动（轮式）	m/s ²	≥2.94	/			
	9	噪声	环境噪声	dB(A)	≤87			
驾驶员耳位噪声			无驾驶室或简易驾驶室≤95		94.2			
B	1	破碎率	/	≤2.0%	0.39%	0	1 2	合格
	2	含杂率	/	≤5.0%	3.82%			
	3	纯作业小时生产率	hm ² /h	≥0.12（企业明示最高值的 80%）	0.17			
	4	驻车制动	/	可靠停在 25%坡度的干硬坡道上	符合			
	5	轴承温升	℃	≤ 25（空运转 30min 后）	12.2			
	6	静沉降	mm	≤10	0			

鲁 T2013135

检验报告

共 6 页第 4 页

序号	类别	检测项目	单位	合格标准	检测结果	不符合数	Ac	Re	单项判定
C	1	密封性能	/	发动机、液压系统、传动箱不应有漏油、漏水和漏气现象。	符合	0	2	3	合格
	2	铸(锻)件、冲压件及焊接件质量	/	应符合 DG/T 077-2012 中 5.1.3.6 的要求。	符合				
	3	同一平面传动链(带)轮对称中心面位置度	/	不应超过中心距基本尺寸的 0.3%，且传动平稳，工作中不掉链。	0.03%				
	4	外观	/	整机外观应整洁，不应有锈蚀、碰伤等缺陷。涂漆应色泽均匀、平整光滑、无露底。	符合				
	5	涂层厚度	μm	≥35	104				
	6	漆膜附着力	/	查 3 处至少应有 2 处达到 II 级以上。	3 处均 I 级				
	7	空运转	/	在额定转速下，机器空运转 30 min。空运转时操纵和调节机构应灵活、可靠；传动平稳、转动灵活；各紧固件不应松动；整机不应有异常声响。	符合				
	8	离合器(适用时)	/	安装应牢固，结合、分离应准确可靠。	符合				
	9	运输状态最小离地间隙	mm	应不小于 200。	250				
	10	操纵方便性	/	各操纵机构应灵活、有效；各张紧、调节机构应可靠，调整方便；变速箱应灵活、可靠，无卡滞现象；保养点设置应便于操作，保养点数合理；换装易损件应方便；自走式收获机的结构能保证由驾驶员一人操纵，驾驶方便舒适。	符合				
	11	标牌	/	至少应包括：产品型号、名称，整机质量、工作幅宽、配套动力，出厂编号，出厂日期，制造厂名称，执行标准。要求内容齐全，字迹清晰，固定牢靠。	符合				
综合判定				合格					

检验人员： 宋清

检验说明

一、样机简介

4HLZ-2 型半喂入式花生联合收获机一种履带式花生联合收获机械，主要适用于在沙壤土、中壤土及半粘土中种植的花生收获，可一次性完成花生挖掘、分离、输送、摘果、清选及集料等作业。该机主要由行走机构、操纵机构、挖掘机构、输送机构、摘果机构、清选机构、荚果收集机构等部分组成。

主要技术参数

序号	名称		单位	参数
1	型号		/	4HLZ-2
2	结构型式		/	履带 自走 半喂入
3	外型尺寸 (长×宽×高)		mm	4600×1950×2600
4	结构质量		kg	2610
5	配套动力	型号及生产厂家	/	4B243DITC-CH 大同工业株式会社
		功率/转速	kW/ (r/min)	45.6
6	挖掘机构	型式	/	铲式
		入土角	(°)	20
		幅宽	mm	780
7	输送机构	型式	/	输送带
		宽度	mm	200
		输送角度	(°)	90
8	分离机构	型式	/	振动筛
		分离机构工作面尺寸 (长×宽)	mm	1750×610
9	摘果机构	型式	/	差相对辊组配式
		摘辊个数	个	2
		摘辊尺寸 (直径×长度)	mm	Φ200×1100
10	清选机构	型式	/	风扇
		风扇尺寸 (直径×宽度)	mm	Φ228×700

鲁 T2013135

检验报告

共 6 页第 6 页

11	履带规格 (节距×节数×宽度)	mm	90×52×280
12	履带轨距	mm	950
13	适用行 (垄) 距	mm	180~300 (650~1000)
14	收获行数	/	2
15	工作幅宽	mm	600
16	作业速度	km/h	0~3.6
17	纯工作小时生产率	hm ² /h	0.13~0.15
18	最大挖掘深度	mm	190
19	粮箱容积	m ³	/

二、检验用主要仪器

序号	名称	型号	量程	准确度
1	电子吊秤	OCS-L-60	60 kg	20 g
2	电子天平	SE6001	6000g	0.1g
3	秒表	SJ9-2 II	24 h	0.25s /12h
4	精密脉冲声级计	HS5660A	(30~140) dB	0.5 dB
5	涂层测厚仪	TT220	(0~1.25) mm	3%
6	土壤硬度计	TYD-1	(0~50)MPa	10 kPa
7	土壤水分测试仪	TZS-1W	(0~50)%	2%

三、检验条件

试验地面积: (60×40) m	地形特点: 平坦	前茬作物: 玉米
土壤含水率: 20.4%	土壤坚实度: 197 kPa	花生品种: 花育 33
种植形式: 垄作 条播	垄距: 880 mm	株距: 18 cm
行距 26 cm	植株高度: 47 cm	结果深度: 9 cm
结果宽度: 18 cm	蔓果比: 1.91	荚果含水率: 43.4 %
蔓叶含水率: 67.0%	荚果产量: 2150.6 g/m ²	平均作业速度: 1.56 km/h

检验均在常温条件下进行。

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 땅콩수확기 개발 사업(수출전략기술개발사업)의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 땅콩수확기 개발 사업(수출전략기술개발사업)의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.