

최 종  
연구보고서

## 자주식 양파수집기 개발

Development of Self Propelled Onion Picker

연구기관

농업공학연구소

농림부

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “자주식 양파수집기 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2006년 8월 일

주관연구기관명 : 농업공학연구소  
수확기계연구실

총괄연구책임자 : 최 용

연구 원 : 전 현 중

이 충 근

홍 중 태

성 제 훈

김 재 동

하 창 섭

협동연구기관명 : 전남대학교

생물산업공학과

협동연구책임자 : 유 수 남

연구 원 : 김 영 태

김 동 화

박 현 진

강 성 일

# 요 약 문

## I. 제목

자주식 양파수집기 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

### 1. 연구개발의 목적

본 연구의 목적은 인력으로 뽑아 큐어링(curing)을 위해 노지건조한 양파를 수집하면서 줄기를 절단하고 톤백에 수집하는 양파 수확과정을 일관 기계화 작업체계로 수행할 수 있는 자주식 양파수집기를 개발하는데 있다.

### 2. 연구개발의 필요성

우리나라 양파재배에 있어서 총 노동투하시간은 206.6시간/10a으로, 이 중 수확작업에 85.1시간/10a으로 전체의 40%를 차지하는 것으로 조사되고 있다. 더욱이 경운정지, 이식, 병충해 방제작업을 제외한 거의 모든 작업이 기계화가 되어 있지 않아 수확작업은 전적으로 인력에 의존하고 있으며, 노동강도도 매우 높은 작업이고, 타 작물과 노동력 경합이 이루어지는 시기에 작업을 수행함으로써 농촌 노동력 부족을 가속화하고 있는 형편이다. 농촌진흥청에서 예측한 자료에 의하면 국제경쟁력을 유지하기 위해서는 소요노동력을 최소한 현재 소요노동력의 약 1/10이하로 줄이는 것이 필요하다고 예측하고 있다. 그러므로 인력에 거의 의존한 양파재배의 소요노동력을 대폭 줄이기 위해서는 수확작업의 기계화가 매우 시급하다.

우리나라의 양파 수확작업은 지역에 따라 2가지의 수확작업체계로 나뉘어지는데 밭양파의 경우 인력으로 양파를 뽑아서 1~7일간 노지건조 한 다음 줄기를 절단하고 선별하여 망작업을 한 후 멀칭비닐을 제거하는 체계로 이루어지고 논양파는 후작으로 모내기를 해야 하므로 수확시기를 줄이기 위하여 먼저 줄기를 절단하고 양파를 뽑아서 선별 한 후 땅에 포장을 한다.

국외의 경우는 양파수확을 위한 주요작업의 기계장치에 대한 기초 연구와 더불어 실용화 연구를 통해 이미 양파수확기 및 양파수집기가 개발되었으나, 무멀칭 재배용으로 비닐멀칭재배를 하고있는 우리나라에 적용은 불가능하며, 대구획의 조방농업에 적합하도록 설계되어 있어 대형일뿐만 아니라 가격이 비싸 우리나라의 실정에는 적합하지 않은 것으로 판단된다. 또한 이 수확기 및 수집기에 사용되고 있는 기구부는 크기를 줄이기에 부적합한 구조를 갖고 있어 우리나라의 양파 재배여건에 적합한 양파수집기의 개발이 필요한 실정이다.

### Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차년도 ( 2004.5 ~ 2005.5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>양파수집기 개발을 위한 기초조사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>양파 주산지 재배 및 수확 실태 조사 분석</li> <li>수확시기 양파의 이송, 수집 관련 물성 분석</li> <li>양파 수집 장치 설계를 위한 양파 수확시기의 토양 물리성 조사 분석</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>양파 수집기의 요인시험 장치 설계제작 및 시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수확시기 줄기절단 관련 양파의 물성 분석</li> <li>양파수집기 개발을 위한 주행부 설계</li> <li>양파 수집, 이송, 수집 및 배출장치의 설계인자 구명 및 설계</li> <li>수집 팔레트의 용량 설정</li> <li>양파 수집, 이송, 수집 시험장치의 제작</li> <li>양파 수집, 이송, 수집장치의 설계 요인 구명 시험</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 양파 줄기절단장치의 원리 및 특성 분석</li> <li>양파 줄기절단 시험장치의 설계 제작</li> <li>양파 줄기절단 장치의 설계요인 구명시험</li> </ul>
2차년도 ( 2005.5 ~ 2006.5 )	<ul style="list-style-type: none"> <li>시작기 제작 및 성능 시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>양파 수집 시작기 제작 및 성능시험</li> <li>통합 시스템 구성</li> <li>상호 연계 성능 검증</li> <li>양파 줄기절단 시작기 제작 및 성능시험</li> <li>상호 연계 성능 검증</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>문제점 보완 제작</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>통합 시작기의 문제점 도출 및 보완 제작</li> <li>통합 시작기의 포장성능시험</li> </ul>

## IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

### 1. 연구개발의 결과

본 연구는 현행 인력에 전적으로 의존하고 있는 양파 수확작업을 기계화하기 위하여 우리나라 수확작업에 적합한 건조 양파의 수집, 이송, 줄기절단, 적재, 배출 기능을 수행할 수 있는 자주식 양파 수집기를 개발하고자 하였다.

이를 위하여 양파 주산지에서의 양파 재배양식, 수확작업 체계, 양파 물성을 조사하였으며, 인발형, 굴취형 외국 도입 양파수확기의 적응시험을 실시하였다. 자주식 양파 수집기 설계요인을 구명하기 위하여 자주식 궤도형 양파 수집 시험기, 롤러식과 송풍식 양파 줄기 절단장치를 설계 제작하여 요인별 성능을 실험하였다.

이상과 같은 양파 수확에 대한 기초 조사와 설계요인 구명 실험을 바탕으로 엔진 및 프레임, 동력전달부, 주행부, 컨베이어를 이용한 수집 및 이송부, 왕복 절단날을 이용한 송풍식 줄기 절단부, 톤백 적재 배출이 가능한 적재부, 운전부 등으로 구성된 자주식 양파수집기 시작기를 설계 제작하였다.

시작기의 기초 성능시험 결과 엔진 회전속도 1,800rpm에서 이송장치는 최대 0.35m/s, 양파 이송능률은 최대 25.5t/h, 양파 줄기 절단장치는 양파 공급률 21.3t/h까지 양파 줄기 절단률을 80% 이상 유지할 수 있었다. 적정 절단 줄기길이인 4~6cm의 양파 비율은 약 25% 내외로 매우 저조하게 나타났으나 보다 큰 풍속과 풍량을 확보할 수 있는 대용량 송풍기를 개선 채용하는 경우에는 적정 절단 줄기길이 양파의 비율은 크게 향상될 것으로 판단되었다.

포장 성능시험 결과 시작기는 엔진 회전속도 1,800rpm 작업 변속단수 1단에서 작업 속도 0.31m/s, 양파 수집능률 15.1t/h가 가능하였으나 기체의 진동과 소음 등을 고려하였을 때 적정 작업은 엔진 회전속도 1,500rpm에서 주행속도 0.26m/s, 양파 수집능률 12.4t/h, 양파 수집율 99.0%, 양파 손상률 3.0%, 양파 줄기 절단률 83.5%인 것으로 나타났다. 따라서 시작기의 작업능률은 0.84 시간/10a으로 관행 인력 수확작업의 60.1시간/10a의 71배로 98.6%의 인력을 줄일 수 있는 것으로 분석되었다.

시작기의 경제성 분석 결과 기계 이용비용은 60,176원/10a으로 관행 인력 수확비용 301,334원/10a을 80% 절감할 수 있었으며, 시작기의 손익분기면적은 약 2.95ha로 분석되었다.

## 2. 활용에 관한 건의

본 연구에서는 양파의 수집부터 적재에 이르는 전 수확과정을 일관 기계화 작업체계로 수행할 수 있는 자주식 양파수집기를 개발하였다.

개발된 자주식 양파수집기는 성능 시험 결과 수집률 99%, 손상률 3%, 줄기절단률 84%로 양호한 작업정도를 보였고, 작업능률은 줄기절단부터 운반까지 소요되는 시간을 10a당 0.84시간으로 줄일 수 있어 인력 60.1시간에 비해 71배 능률적이며, 80%의 경비절감 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 본 연구에는 발작물 수확기 전문 생산 업체가 참여하여 빠른 시일 내에 상품화가 가능하여 양파 재배 농가의 경쟁력 확보에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

# SUMMARY

Onion as a one of major vegetables being grown mainly in Jeonnam, Gyeongnam, and Gyeongbuk provinces is important income source for the regional farmer in Korea. The area of onion being grown was 16,737 ha and 1,023,331 M/T of onion was produced in 2005. There are two type of onions by growing area: upland onion and paddy onion. The harvesting for upland onions includes several separate phases: pulling off bulbs from the soil, drying to cure for a period of one to seven days, clipping tops and roots, grading and placing in mesh sacks, and removing mulching vinyl. But, for paddy onion, harvesting includes field topping, pulling off bulbs from the soil, grading and placing in mesh sacks, and removing mulching vinyl.

Nearly all onions are harvested by hand-labor methods. The labor requirement for harvesting is approximately 81.2 man-hours per 10a, which is about 39% of total labor requirement for onion cultivation. Due to a shortage of rural labor, increasing labor competition for onion harvesting is causing wage rates to rise rapidly and forcing many producers to consider the introduction of semi- or complete mechanical harvesting. Therefore, traditional manual harvesting should give way to mechanical harvesting to save on both costs and labor. Unfortunately, many onion harvesters developed from foreign countries are not available because of limits in field size, slopiness, soil type, mulching cultivation, onion physical properties, and other cultivation conditions.

Therefore, this project were designed to develop a self-propelled onion picker which can gather field cured untopped onions from the ground, convey them to topper to remove tops, place bulbs in temporary storage bags, and load and unload the bags in small upland field. Surveys on onion cultivation patterns, harvesting methods, and physical properties of harvesting onion, and tests on the imported foreign onion harvesters were conducted to obtain basic informations. The experimental track type self-propelled onion picker which can travel in small upland



and paddy, gather, convey, and load onions, and the experimental roller type and air blast type topping devices were constructed and tested to get optimum design informations for establishing concepts of the self-propelled onion picker prototype. Finally, design, and construction of the prototype were carried out and field performance and machinery costs of it were analyzed and compared with those of conventional manual harvesting.

The results of this project are summarized as follows;

1. Surveys on onion cultivation patterns, harvesting methods, and physical properties of harvesting onion.

Results from surveys on onion cultivation and harvesting in main production, a self-propelled onion picker which can gather pulled off, cured and untopped onions, convey them to the topping device, cut their tops, and load their bulbs in temporary storage bags was suitable for mechanical harvesting of onions in Korea.

2. Tests on the imported foreign onion harvesters

Because of mulching vinyl cultivation, need of field drying to cure, and much damage of onion when pulling off from the soil, the pulling type onion harvester was not available for harvesting onions in Korea. And also the digging type onion harvester was not available due to too big machine size for small field, need of loading truck or trailer, and too much damage of bulbs when loading.

3. Fundamental studies for an onion picker

A) The experimental track type self-propelled onion picker

A onion picker without digging blade was more desirable than that with it because rate of soil pulverization was higher. Optimum pitch, speed, and tilt angle of the gathering conveyor were 50.8mm, 0.35m/s, and 19°, respectively. Optimum seed ratios of gathering reel to gathering conveyor and gathering conveyor to lift conveyor were 1.2:1, and 1:1.2, respectively.

## B) Topping devices

Rate of onion topped, rate of onion damaged, and rate of onion topped whose neck length in the range of 4~6cm for the experimental roller type topper were up to 87.5%, 6.3%, and 57.5%, respectively. But it is not available for a self-propelled onion picker because of heavy weight, complex power transmission, noise, and vibration. The air blast type topper showed 100% of rate of onion topped, and 7.8cm of average neck length at 42m/s of air velocity of the blower. Therefore, it can be available for a self-propelled onion picker.

## 4. Construction and performance of the prototype onion picker.

The wheel type self-propelled onion picker consists of diesel engine and frames improved from the current speed sprayer, power transmission element, wheel type travel element, gathering and conveying elements using rod conveyor, air blast topping element with reciprocating cutter, load element, and operating console, etc. was designed and constructed.

Results from fundamental tests on the prototype, maximum speed, and capacity of the conveyor were 0.35m/s, and 25.5t/h, respectively, and average air speed of the blower was 38.6m/s at engine speed of 1800rpm, Rate of onion topped was above 80% up to conveying rate of onion of 21.3t/h. Rate of onion topped whose neck length in the range of 4~6cm was about 25%. The prototype needs more larger capacity of blower to improve topping performance.

## 5. Field performance tests for the prototype

Results from field tests on performance of the prototype onion picker, maximum travel speed and gathering capacity were 0.31 m/s and 15.1t/h at engine speed of 1800rpm. Considering vibration and noise for the prototype, travel speed of 0.26m/s, gathering capacity of 12.4t/h, rate of onion gathered of 99.0%, rate of onion damaged of 3.0%, rate of onion topped of 83.5% were optimum. Effective field capacity of the prototype was about 11.9a/h. Compared with conventional manual harvesting, capacity of the prototype was about 71 times greater and labor requirement was reduced by 98.6%.

## 6. Economic analysis for the prototype

Total machinery costs of the prototype for harvesting onion were estimated as 60,176 won per 10a. Thus harvesting costs can be reduced by 80% compared with conventional manual harvesting costs of 301,334 won per 10a, and break-even area was estimated as 2.95 hectares.

# CONTENTS

<b>Chapter 1 Introduction</b> .....	17
Section 1 Objectives the project .....	17
Section 2 Background of the project .....	17
<b>Chapter 2 Domestic &amp; overseas states of the technical development</b> .....	19
Section 1 Domestic & overseas states of the technical development .....	19
Section 2 Vulnerability of present technology .....	20
Section 3 Prospects of technical development .....	20
Section 4 Validity for introducing foreign technology .....	21
<b>Chapter 3 Contents &amp; results of the project</b> .....	22
Section 1 Surveys on onion cultivation and harvesting in Korea .....	22
1. Materials and methods .....	22
1-1 Cultivation and harvesting of onion at main production areas .....	22
1-2 Harvesting procedure and physical properties of harvesting onion .....	22
2. Results and discussion .....	24
2-1 Cultivation and harvesting of onion at main production areas .....	24
2-2 Harvesting procedure and physical properties of harvesting onion .....	29
Section 2 Tests on the imported foreign onion harvesters .....	34
1. Materials and methods .....	34
1-1 Pulling type onion harvester .....	34
1-2 Digging type onion harvester .....	35
2. Results and discussion .....	35
2-1 Pulling type onion harvester .....	35
2-2 Digging type onion harvester .....	36
Section 3 Fundamental studies for an onion picker .....	38
1. Fundamental studies for self-propelled track type onion picker .....	38

1-1	Design and construction of the experimental onion picker .....	38
1-2	Materials and methods .....	48
1-3	Results and discussion .....	50
2.	Fundamental studies for onion topper .....	56
2-1	Roller type topper .....	56
2-2	Air-blast type topper .....	63
Section 4 Construction and performance of the prototype onion picker .....		69
1.	Construction of the prototype .....	69
1-1	Engine, power transmission, and travel elements .....	73
1-2	Gathering element .....	75
1-3	Conveying element .....	76
1-4	Topping element .....	77
2.	Laboratory onion topping tests for the prototype .....	82
2-1	Materials and methods .....	82
2-2	Results and discussion .....	84
2-3	Conclusion .....	88
3.	Field performance tests for the prototype .....	89
3-1	Materials and methods .....	89
3-2	Results and discussion .....	91
3-3	Conclusion .....	97
4.	Economic analysis for the prototype .....	97
4-1	Machinery cost and labor requirement .....	97
4-2	Break-even area .....	99
Section 5 Summary and Conclusion .....		99
5-1	Survey on onion cultivation and harvesting .....	100
5-2	Tests on the imported foreign onion harvesters .....	100
5-3	Fundamental studies for an onion picker .....	100
5-4	Construction of the prototype and basic performance tests .....	101
5-5	Field performance tests for the prototype .....	101
5-6	Economic analysis for the prototype .....	102

<b>Chapter 4 Objective achievement &amp; contribution</b>	103
Section 1 Objective achievement	103
Section 2 Self-evaluation for objective achievement	104
Section 3 Contribution to the related area	104
<b>Chapter 5 Application plan of the project results</b>	106
Section 1 Need for additional researches	106
Section 2 Application of the project results	106
Section 3 commercialization plan for the prototype	106
<b>Chapter 6 Overseas technical information</b>	107
<b>Chapter 7 References</b>	108
<b>Appendices</b>	102

# 목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 .....	17
제 1 절 연구개발의 목적 .....	17
제 2 절 연구개발의 필요성 .....	17
제 2 장 국내외 기술개발 현황 .....	19
제 1 절 국내외 기술 현황 .....	19
제 2 절 현 기술상태의 취약성 .....	20
제 3 절 앞으로의 전망 .....	20
제 4 절 기술도입의 타당성 .....	21
제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과 .....	22
제 1 절 양파 재배 및 수확 실태 조사 .....	22
1. 재료 및 방법 .....	22
가. 양파 재배 및 수확 실태 조사 .....	22
나. 수확특성을 고려한 기초조사 .....	22
2. 결과 및 고찰 .....	24
가. 양파 재배 및 수확 실태 .....	24
나. 수확 특성을 고려한 기초조사 .....	29
제 2 절 도입기종 적응시험 .....	34
1. 재료 및 방법 .....	34
가. 인발형 양파수확기 .....	34
나. 수집형 양파수집기 .....	35
2. 결과 및 고찰 .....	35
가. 인발형 양파수확기 .....	35
나. 굴취형 양파수집기 .....	36
제 3 절 자주식 양파수집기 개발을 위한 설계 요인 구명 .....	38
1. 양파 수집 및 이송, 적재장치의 설계요인시험 .....	38

가. 양파 수집 및 이송 장치의 설계 및 제작 .....	38
나. 시험방법 .....	48
다. 시험결과 .....	50
2. 양파 줄기절단장치 .....	56
가. 롤러식 양파 줄기절단장치 .....	56
나. 송풍식 양파 줄기절단장치 .....	63
제 4 절 자주식 양파수집기 개발을 위한 통합시작기 구성 .....	69
1. 시작기 설계제작 .....	69
가. 주행부 .....	73
나. 양파 수집부 .....	75
다. 2차 컨베이어 이송장치 .....	76
라. 줄기절단장치 .....	77
2. 시작기 양파 줄기절단장치 성능시험 .....	82
가. 재료 및 방법 .....	82
나. 결과 및 고찰 .....	84
다. 결론 .....	88
3. 시작기 포장 성능시험 .....	89
가. 재료 및 방법 .....	89
나. 결과 및 고찰 .....	91
다. 결론 .....	97
4. 시작기 경제성 분석 .....	97
가. 기계 이용비용 .....	97
나. 손익분기 규모 .....	99
제 5 절 요약 및 결론 .....	99
1. 양파재배 및 수확실태 조사 .....	100
2. 도입 양파수확기 적응시험 .....	100
3. 설계요인 구명시험 .....	100
4. 시작기의 설계 제작 및 기초 성능시험 .....	101
5. 시작기 포장 성능시험 .....	101
6. 시작기의 경제성 분석 .....	102



제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	103
1.	목표달성도 .....	103
2.	평가 착안점에 따른 목표달성도 자체 평가 .....	104
3.	관련분야에의 기여도 .....	104
제 5 장	연구개발결과의 활용계획 .....	106
1.	추가 연구의 필요성 .....	106
2.	타 연구에의 응용 .....	106
3.	기업화 추진방안 .....	106
제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보 .....	107
제 7 장	참 고 문 헌 .....	108

# 제 1 장 연구개발 과제의 개요

## 제1절 연구개발의 목적

본 연구의 목적은 미리 인력으로 양파를 뽑아 큐어링(curing)을 위해 노지건조한 다음 양파를 수집하면서 줄기를 절단하여 톤백에 적재하는 체계로 양파의 수집부터 적재에 이르는 전 수확과정을 일관 기계화 작업체계로 수행할 수 있는 자주식 양파수집기를 개발하여 양파 수확작업을 생력화하는데 있다.

## 제2절 연구개발의 필요성

UR협상의 여파로 농산물의 수입자유화가 임박하고 발작물 소비량이 증가함에 따라 수익성이 떨어지는 수도작재배 농가가 줄고 발작물 재배농가가 점차 늘어나고 있다. 그러나 수도작의 경우 1990년대 초반을 기점으로 상당한 기계화가 진행되었으나 발작물의 기계화는 초기단계에 머무르고 있어 발작물의 기계화가 시급한 과제로 대두되고 있다.

양파재배에 있어서 총 노동투하시간은 206.6시간/10a으로, 이 중 수확작업에 85.1시간/10a으로 전체의 40%를 차지하는 것으로 조사되고 있다. 더욱이 경운정지, 이식, 병충해 방제작업을 제외한 거의 모든 작업이 기계화가 되어 있지 않아 수확작업은 전적으로 인력에 의존하고 있으며, 노동강도도 매우 높은 작업이고, 타 작물과 노동력 경합이 이루어지는 시기에 작업을 수행함으로써 농촌 노동력 부족을 가속화하고 있는 형편이다. 농촌진흥청에서 예측한 자료에 의하면 국제경쟁력을 유지하기 위해서는 소요노동력을 최소한 현재 소요노동력의 약 1/10이하로 줄이는 것이 필요하다고 예측하고 있다. 그러므로 인력에 거의 의존한 양파재배의 소요노동력을 대폭 줄이기 위해서는 수확작업의 기계화가 매우 시급하며, 또한 반드시 이루어져야 할 과제이다.

우리나라의 양파 수확작업은 지역에 따라 2가지의 수확작업체계로 나뉘어지는데 발양파의 경우 인력으로 양파를 뽑아서 1~7일간 노지건조 한 다음 줄기를 절단하고 선별하여 망작업을 한 후 멀칭비닐을 제거하는 체계로 이루어지고 논양파는 후작으로 모내기를 해야 하므로 수확시기를 줄이기 위하여 먼저 줄기를 절단하고 양파를 뽑아서

선별 한 후 망에 포장을 한다.

우리나라 양파재배는 멀칭재배기술의 보급으로 단위면적당 생산량은 세계 최고 수준이나 기계화 측면에서는 멀칭비닐이 기계화의 걸림돌이 되고 있어 멀칭재배에 적용할 수 있는 기계화기술의 개발이 요구되고 있다.

국외의 경우는 양파수확을 위한 주요작업의 기계장치에 대한 기초 연구와 더불어 실용화 연구를 통해 이미 양파수확기 및 양파수집기가 개발되었으나, 무멀칭 재배용으로 비닐멀칭재배를 하고 있는 우리나라에 적용은 불가능하며, 대구획의 조방농업에 적합하도록 설계되어 있어 대형일뿐만 아니라 가격이 비싸 우리나라의 실정에는 적합하지 않은 것으로 판단된다. 또한 이 수확기 및 수집기에 사용되고 있는 기구부는 크기를 줄이 기에는 부적합한 구조를 갖고 있어 우리나라의 양파 재배여건에 적합한 양파수집기의 개발이 필요한 실정이다.

따라서 우리나라에 적용 가능한 양파수확 체계는 미리 인력으로 양파를 뽑아 큐어링(curing)을 위해 노지건조한 다음 양파수집기를 이용하여 수집하는 체계로 우리나라의 재배양식, 양파 수확시기의 포장상태, 작물상태 등을 충분히 고려한 자주식 양파수집기의 개발이 요구되고 있다.

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### 제1절 국내외 기술현황

국내에서는 트랙터부착형 땅속작물수확기를 이용하여 경남 일부지역에서 양파를 수확하고 있으나 양파의 손상으로 인해 저장시 부패율이 높아 수확 즉시 출하하는 경우에 한해 사용되고 있으며, 업체에서 자주식 감자수확기를 개량하여 양파에 적용을 시도하였으나 손상이 많이 발생되고 작업체계가 우리나라 현실에 맞지 않아 국내 보급은 어려움이 있을 것으로 판단된다.

트랙터부착형 마늘, 양파 겸용수확기 개발 연구를 수행하였으나, 마늘과 양파는 물성이 판이하게 달라 실용화되지 못하였다.

구미에서의 양파재배는 완전히 기계화되어 있는 실정이다. 구미에서 개발되어 사용되고 있는 양파수집기는 대부분이 대형이며, 굴취기를 이용하여 굴취하고 노지에서 건조시킨 다음 양파수집기에 의해 줄기를 절단하면서 적재한다. 적재된 양파는 컨베이어에 의해 별도의 차량 또는 트랙터 트레일러에 의해 운반하는 방법을 채택하고 있어 우리나라의 양파의 물성은 연약하고 또한 재배포장구획의 크기, 경사도 등을 고려했을 때 이 방법은 적합하지 않은 것으로 판단된다.

일본에서 개발되어 사용되고 있는 양파수확기는 인발식으로 굴취하면서 두줄의 양파를 줄기를 잡고 뽑아 이송 중에 줄기를 절단하는 방식으로 비닐멀칭재배를 하고 있는 우리나라의 실정에는 적용이 불가능하다.

일본에서 개발되어 사용되고 있는 양파수집기는 비닐피복을 하지 않은 상태에서 근절기를 이용하여 뿌리를 절단하고 노지에서 건조시킨 다음 양파수집기에 의해 줄기를 절단하면서 적재한다. 줄기절단부는 핑롤러와 스파이럴롤러에 의해 이송하면서 양파줄기와 잎을 유도하여 압절하는 스냅롤러 타입과 스파이럴 롤러로 줄기를 유도하여 디스크날로 절단하는 디스크 커터타입의 두 가지가 있으나 두 가지 방법 모두 화산회토 토양에서 돌 등 이물질이 완벽하게 제거되어야 한다는 전제조건하에서 가능한 방법으로 적재시 흙이나 자갈 등의 유입을 피할 수 없고 또한 우리나라에서는 비닐피복 재배를 하고 있어 우리나라의 실정에는 적합하지 않다.

## 제2절 현 기술상태의 취약

구미 및 일본에서 개발되어 사용되고 있는 양파수집기는 우리나라의 양파의 재배방법, 재배포장의 토성, 규모, 양파의 물성 등을 고려했을 때 적합하지 않은 것으로 판단된다. 우리나라에서 개발되어 사용될 수 있는 양파수집기는 소규모 포장에서 기동성 있게 사용될 수 있어야 하고 흙이나 자갈 등의 이물질을 줄기절단 전에 제거할 수 있는 시스템으로 개발되어야 한다. 따라서 기구부의 구성도 이에 적합하게 설계되어야 하나 국내에서는 아직 이에 대한 연구가 전무한 상태이며, 구미 또는 일본에서 사용되고 있는 기구부는 재배방법, 양파의 물성 및 포장조건이 다르므로 구성상 그대로 사용하기에는 많은 문제점이 있는 것으로 판단된다.

## 제3절 앞으로의 전망

농촌노동력의 감소에 대응하고, 농산물시장 개방에 따른 우리 농산물의 국제경쟁력을 강화시키기 위해서는 생력화와 생산비절감을 위한 기계화가 필수적이다. 특히 기계화가 미진하고, 거의 전적으로 인력에 의존하고 있는 발작물 재배의 경우 기계화에 대한 기초기술의 축적과 경험이 매우 중요할 것으로 보인다.

양파재배의 경우 수확작업에 특히 많은 노동력이 소요되며, 노동강도가 매우 높은 것으로 조사되고 있는데 본 연구를 통하여 양파수집기 개발에 대한 기초기술을 축적하여 수확기 개발이 성공적으로 이루어지는 경우 소요노동력을 대폭 줄일 수 있으며, 작업자의 편의성 향상이 기대된다. 또한 양파생산의 안정적 생산에도 기여할 수 있어 생산비절감을 통한 국제경쟁력 재고와 농민 소득 향상에도 도움이 될 것이다. 이밖에 양파수집기와 원리가 비슷한 땅속작물 수확의 기계화에도 파급효과가 클 것으로 예상된다.

따라서 본연구는 이러한 현실을 감안하여 양파 수확작업의 생력기계화를 위해 미리 인력으로 양파를 뽑아 큐어링(curing)을 위해 노지건조한 다음 양파를 수집하는 체계로 수집, 흙분리, 줄기절단, 이송 및 적재 등 양파수집기 주요부를 분석 설계하고, 시작기를 제작 성능시험을 수행함으로써 효율적인 양파수집기 개발의 기초를 마련하고, 양파수확작업 생력화를 위한 양파수집기를 개발하여 작업단계를 축소하고 투하노동력을 줄이는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

## 제4절 기술도입의 타당성

구미 및 일본에서 개발되어 사용되고 있는 양파수집기는 우리나라의 양파의 재배방법, 재배포장의 토성, 규모, 양파의 물성 등을 고려했을 때 적합하지 않은 것으로 판단된다. 우리나라에서 개발되어 사용될 수 있는 양파수집기는 소규모 포장에서 기동성 있게 사용될 수 있어야 하고 흙이나 자갈 등의 이물질을 줄기절단 전에 제거할 수 있는 시스템으로 개발되어야 한다. 따라서 기구부의 구성도 이에 적합하게 설계되어야 하나 국내에서는 아직 이에 대한 연구가 전무한 상태이며, 구미 또는 일본에서 사용되고 있는 기구부는 구성상 그대로 사용하기에는 많은 문제점이 있는 것으로 판단되며 국내 기술진에 의해 국내의 실정에 적합한 양파수집기를 개발하여야 한다.

## 제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과

### 제1절 양파재배 및 수확 실태조사

#### 1. 재료 및 방법

##### 가. 양파 재배 및 수확 실태 조사

양파의 수확기계 개발에 영향을 미치는 재배측면의 설계 기초 자료를 제시하고자 양파주산지 재배농가를 현지방문하여 지역별 재배양식특성, 수확 및 수확후 처리방법 등을 조사하였다. 전남 무안, 경북 의성, 경남 창녕에서 35농가를 대상으로 재배양식, 토양조건, 건조방법, 잎절단 위치, 출하형태, 후작물 및 관행 수확작업 체계 등을 조사하였다.

##### 나. 수확특성을 고려한 기초조사

수확시기에 양파재배 주산지를 방문하여 작물의 수확특성을 고려한 기초조사를 위하여 수확하고 있는 농가포장에서 토양조건, 작물물성, 피복비닐의 물리적 특성분석을 위한 인장강도는 실내에서 조사하였다.

##### 1) 토양조건

조사대상지역의 토양조건은 주로 토양물리성중 함수율, 입도, 토성, 토양경도, 전단응력을 측정하였다. 입도분석은 농업과학기술원 토양관리과 토양분석실험실에서 USDA방법으로 실시하였으며, 토양경도측정은 각 주산지별로 양파재배 포장내에서 임의 선택한 9개 지점에서 SR-2형 토양경도계를 이용하였다. 관입시 관입깊이별로 지표에서 5cm, 10cm, 15cm, 20cm 일대의 측정값을 평균하여 산출하였다. 전단응력 측정은 SR-2형 토양 전단측정장치의 전단링(shear ring)을 이용하여 전남 무안지역의 양파밭에서 양파 수확직전 두둑과 고랑에서의 전단응력(전단강도)을 측정하였다.

토양의 전단강도는 양파수집기의 토양굴취부가 토양을 절단할 때 소요되는 견인부하와 직접적으로 관련되는 특성으로서 토양의 전단강도가 클 경우에는 굴취부가 토양을 절단하는데 높은 견인부하 및 동력이 필요하다. 토양의 전단력은 식 (3.1-1)에 의해 결정된다.

$$\tau = c + p \tan \phi \quad \text{-----} \quad (3.1-1)$$

여기서,  $\tau$  : 토양의 전단응력

$c$  : 점착력

$p$  : 수직응력

$\phi$  : 토양의 내부마찰각

## 2) 수확시기 양파의 물성조사

본 연구에서는 주산지를 중심으로 수확시기에 실험시료를 선택하기 위하여 무안, 창녕, 의성 지역에서 실제 수확하고 있는 농가포장을 대상으로 작물물성 측정용 시료를 무작위로 50개씩 선택하여 측정하였다.

실험시료는 수확시기의 양파에 대한 생육상태를 조사한 후 인발력을 측정하고 줄기와 구가 운반과정에서 건조되는 것을 감안하여 현지에서 디지털저울(5kg)로 직접 무게를 측정하였다.

수확시기의 양파에 대한 함수율 측정은 공기오븐법에 기초하였으며, 함수율 측정시 뿌리에 점착된 토양입자로 인한 측정오차를 줄이기 위하여 뿌리를 절단한 후 구와 줄기에 대하여 함수율을 측정하였다. 함수율 측정방법은 105℃-24시간 법으로 측정하였다.

양파의 압축강도는 농업공학연구소에 있는 Texture Analyser을 이용하여 측정하였다. 측정방법은 직경 5mm의 압축강도 시험용인 탐침으로 2.0mm/sec의 속도로 관입하면서 10mm관입시 압축강도를 측정했다.

피복비닐의 물리적 특성 분석은 양파재배농가에서 멀칭용으로 사용하고 있는 비닐을 종류별(백색필름과 흑색필름), 두께별(0.02~0.035)로 사용전과 비닐을 피복하여 월동 후 수확시기 때의 샘플을 채취하였다.

인장시험을 위해 성형가공의 흐름에 평행한 장방향과 수직인 단방향의 시편을 채취하여 KSM 3503의 방법으로 시험 전 시료의 전처리를 하였다. KSM 3503에 의한 필름의 시험조건 및 전처리 조건은 온도 20±2℃, 상대습도 65±2%로 설정하여 항온항습기에서 24시간 경과한 후에 시험을 실시했다. 시험편은 KSM 3503 7.1의 시료채취방법으로 채취되었다.(한국공업규격 1985, 1988, 1992). 시험장치는 중소기업청 화성시에 보유중인 연질류 재료만능시험기인 U.T.M. SSTM-2-P를 이용하여 시험을 하였으며, 시험기의 Set Up scale은 453.6kgf였다. 시험장치는 아랫부분을 고정하고 윗부분 물림부가 일정한



속도로 이동 가능한 시험기이며, 공시필름의 물림부가 끊어지지 않도록 1차로 고무를 이용하여 물림부를 고정한 상태로 시험기의 바이스에 시험편이 미끄러지지 않도록 고정을 하였으며 물림부의 너비는 약 20mm로 하였다. 물림부의 Stroke 속도는 KSM 3503의 시험방법과 같이 매분 500mm로 설정하였다. 시험편의 인장강도는 다음 식(3.1-2)과 같은 방법으로 측정을 하여 분석하였다.

$$\text{인장 강도(kgf/cm}^2\text{)} = \frac{\text{절단될 때까지의 최대 하중(kgf)}}{\text{시험편의 두께(cm)} \times \text{시험편의 너비(cm)}} \text{----- ( 3.1-2 )}$$

## 2. 결과 및 고찰

### 가. 양파 재배 및 수확 실태

#### 1) 주산지별 양파 재배 특성

주요 양파재배주산지인 무안, 의성, 창녕에 대한 농가 설문조사결과에 의한 양파 재배양식 특성을 표 3.1-1에 나타내었다.

양파가 재배되고 있는 포장은 지역에 따라 차이가 있었으며, 무안지역에서는 주로 밭에서 재배되고 있었고, 의성과 창녕지역은 주로 논에서 재배되고 있었다. 양파생육에 적합한 토양은 조생종은 지온상승이 잘되어 구의 비대가 빠른 사양토가 유리하고, 장기저장을 목적으로 재배하는 만생종은 구를 치밀하고 단단하게 키워야 하므로 식양토가 적당한 것으로 조사되었다. 조사지역의 토양은 만생종을 주로 재배하고 있는 의성, 창녕지역은 양토 또는 미사질양토였고, 만생종과 조생종을 골고루 재배하는 무안지역은 식양토, 사양토, 양토 등 토성이 다양했다.

양파재배형태별 규격은 모두 평두독재배로서 이랑폭은 무안, 창녕지역의 경우 180~210cm 범위였으나 의성지역의 경우 330~360cm로서 타지역에 비해 광폭이었다. 이식방향과 사용비닐은 무안지역의 경우 유공비닐에 단방향 이식, 의성과 창녕지역은 장방향 이식을 한 후 무공비닐을 피복하고 있었다. 이식조건 및 주간은 유공비닐(12~14공)을 사용하는 무안지역은 단방향으로 조건 20cm, 주간 13cm로 유공비닐 재식간격에 맞추어 일정하나 무공비닐을 사용하는 의성, 창녕지역은 농가마다 약간 차이가 있었다. 재배방식 중 이랑폭의 다양성, 비닐피복 뿐만 아니라 수확시기에 양파구가 비대 성숙하면 내부로부터 새로운 잎이 나오지 않으므로 엽추부의 조직이 약해져 스스로 넘어지는 도복현상이 발생되며, 수확시기 관정의 기준으로 삼고 있어 이러한 수확시기의 도복문제가

기계화의 장애요인이 되고 있다.

비닐피복 제거 시기는 도복 때문에 수확 전 비닐제거가 용이하지 않아 모두 수확 후에 비닐을 제거하고 있었다. 양파수확시기는 양파품종, 재배형태 및 지역에 따라 다소 차이가 있으나 조생종의 경우 5월 상순~하순, 만생종의 경우 6월 상순~하순경으로 조사되었다.

표 3.1-1. 양파주산지별 재배특성

구 분	무 안	의 성	창 념
양파재배포장 토양	밭 식양토, 양토, 사양토	논 양토	논 미사질양토
주요재배품종	만생종(천주대고,OP황), 조생종(긴규)	만생종(창녕대고, 천주대고)	만생종(창녕대고), 중생종(여의주황)
이랑폭(cm)	180~210	330~360	180~210
골 폭(cm)	30	30~40	30
골깊이(cm)	5~20	10~15	10~20
이식방향	단방향	장방향	장방향
조 간(cm)	20	15~16	15~16
주 간(cm)	13	8~12	10~12
비닐피복 유무	유공(12~14공)	무공	유공(8~10공), 무공
비닐제거시기	수확 후	수확 후	수확 후
수확시기	5.10~6.30	6.10~22	5.25~6.25
수확방법	인력뽑기	인력뽑기	인력뽑기
줄기절단위치(cm)	1~6	3~7	3~5
출하형태	망(10,20kg)	망(20kg)	망(20kg)
후작물	콩, 참깨, 쪽파	벼	벼

## 2) 수확 및 수확후처리

양파의 출하형태는 몇 년 전만해도 묶음양파와 망양파로 구분하였으나 최근 소비지 채소쓰레기 문제가 대두되면서 묶음양파 출하형태는 없어지고 망사자루에 포장된 망양파 위주로 출하하고 있다. 양파의 수확 및 수확 후 처리과정은 그림 3.1-1, 3.1-2와 같이 지역별, 품종별로 관계없이 대부분 일정하였으나 창녕지역의 일부농가에서 수확시기에

따라 2가지 유형으로 작업하고 있었다. 대부분의 작업공정이 기계화가 안되어 인력으로 이루어지고 있었다. 양파의 수확은 대부분의 주산지에서 인력에 의해 양파를 수확하고 비니위에 가지런히 놓아 1~7일정도 천일건조한 후 가위, 칼 등을 이용하여 줄기절단과 동시에 선별하여 망사자루에 담아 운반하는 형태로 작업하고 있었으나, 창녕의 일부지역 농가에서는 강우 등으로 수확시기를 놓쳐 줄기가 고사되어 맨손으로 잡고 뽑을 수 없는 경우에 줄기를 먼저 절단하고 비닐을 제거한 후에 양파를 망사자루에 담아 포장밖으로 운반하여 바로 출하하거나 저장(저온저장, 야적)하였다가 시세를 보아가며 출하하고 있었다. 줄기절단 정도는 저장시에는 보통 3~6cm정도 남기고 자르며 출하시에는 상품성을 높이기 위하여 줄기를 1cm 이내로 절단하고 잔뿌리도 다듬어 출하하였다. 피복비닐 제거는 조사농사가 모두 수확한 양파를 포장밖으로 수집운반한 후 제거하고 있었다.

따라서 양파수집기의 적정 줄기절단 길이는 6cm 내외가 가장 바람직하지만 그 이상으로 절단되어도 크게 문제되지 않는 것으로 판단되었다.

◎ 발양파(무안, 의성, 창녕)

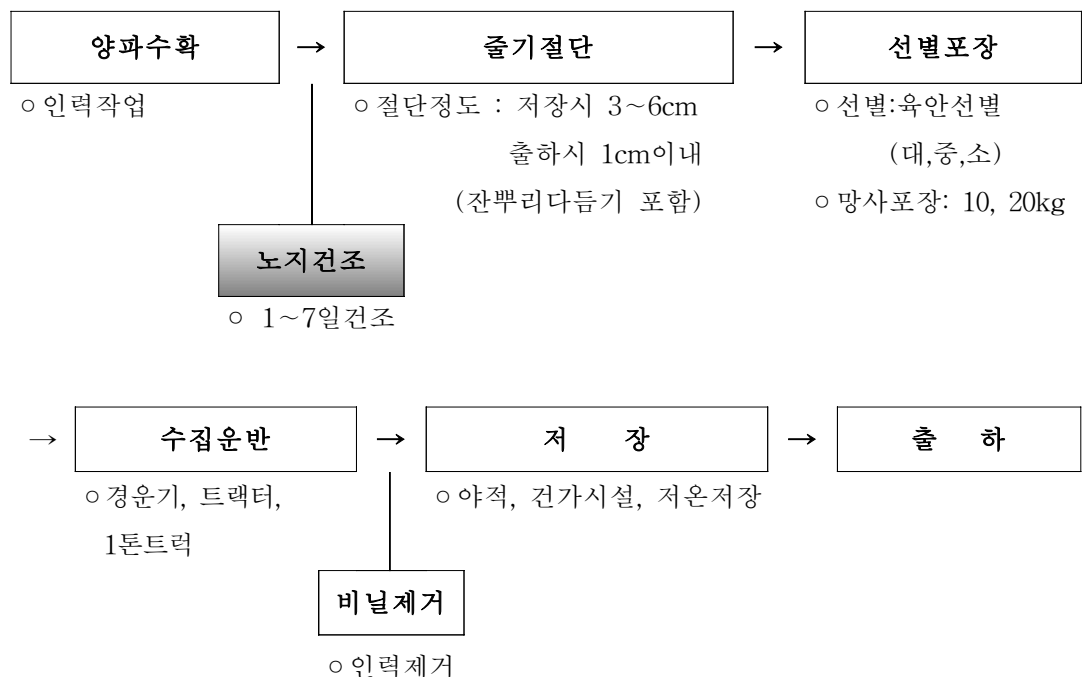


그림 3.1-1. 발양파의 수확 및 수확 후 처리과정별 작업단계 및 수단



<뽑기>



<노지건조>



<줄기절단>



<선별포장>



<수집운반>



<비닐제거>

그림 3.1-2. 발양파의 수확 및 수확 후 처리과정

◎ 논양파(의성, 창녕)

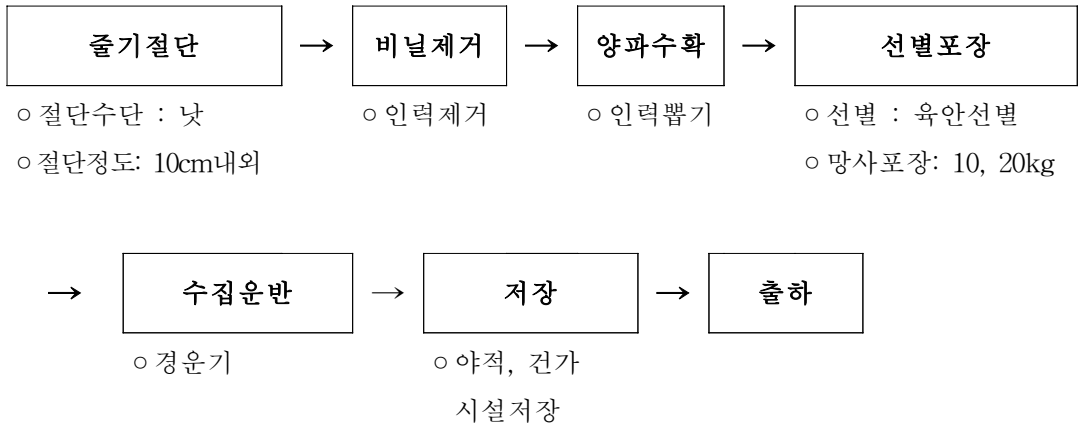


그림 3.1-3. 논양파의 수확 및 수확 후 처리과정별 작업단계 및 수단



<절기절단>



<비닐제거>



<뽑기>

그림 3.1-4. 논양파의 수확 및 수확 후 처리과정

양파수확 및 수확 후 처리 작업단계별 소요노동력은 표 3.1-2에 나타난 바와 같이 지역별로 많은 차이를 보이고 있었으며 동일지역에서도 조사대상 농가에 따라 차이가 많았다. 이는 지역별 재배특성, 작업방법 및 수단, 작업자 숙련도 등에 의한 차이 때문인 것으로 판단되었다. 평균적으로 보면 양파를 뽑는데 22.3 시간/10a, 줄기절단 25.7 시간/10a, 선별포장 30.3 시간/10a, 운반 3.9 시간/10a, 비닐제거 2.9 시간/10a 으로 땅에 담은 시간이 가장 많이 소요되는 것으로 나타났으며 총 소요노동력은 85.1 시산이 소요되는 것으로 조사되었다.

표 3.1-2. 양파수확 및 수확 후 작업단계별 소요노동력

작업공정	작업수단	소요노동력(시간/10a)				
		밭양파			논양파 의성, 창녕	평균
		무안	의성	창녕		
양파뽑기	인력	20.9	20.5	21.5	26.4	22.3
줄기절단	인력(가위, 낫, 칼)	20.2	28.6	24.5	29.4	25.7
선별포장	인력 육안선별 망포장(10, 20kg)	24.1	31.9	32.6	32.6	30.3
운반	경운기, 트랙터트레일러	4.7	4.9	3.0	3.0	3.9
비닐제거 (수확 후)	인력	3.4	3.1	3.9	1.2 (줄기절단 후)	2.9
합계		73.3	89.0	85.5	92.6	85.1

#### 나. 수확특성을 고려한 기초조사

##### 1) 토양조건

조사대상지역의 토성은 표 3.1-3에서와 같이 무안지역의 경우 사양토와 양토, 창녕지역은 미사질양토, 의성지역은 양토였다. 토양경도는 주로 15~20 cm 사이에서 큰 차이를 보였으며 이는 대부분의 농가에서 트랙터나 경운기를 이용하여 경운작업을 하기 때문이며 15 cm 이상은 토양경도가 높게 나타나 단단한 지반임을 알 수 있었다. 따라서 자주식 양파수집기의 주행부는 무한궤도식이나 바퀴형 모두 가능한 것으로 판단되었다.

표 3.1-3. 주산지 양파재배포장의 토양조건

지역	토양 함수율 (% db)	입 도			토성	관입깊이별 토양경도(kg/cm <sup>2</sup> )				비고
		Sand(%)	Silt(%)	Clay(%)		5cm	10cm	15cm	20cm	
무안 I	14.3	63.6	27.4	9	SL	2.36	2.83	4.66	19.33	
무안 II	12.7	38	47.3	14.7	L	25	25	25	25	객토
창녕	22.3	23.6	51.6	24.8	SiL	16.3	13.9	13.9	12.6	
의성	26.6	50.2	35.6	14.2	L	3.13	4.93	14.16	24	

양파재배 포장의 고랑과 두둑의 전단강도를 그림 3.1-3에 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이 전단강도는 고랑에서 측정한 값이 두둑에서 측정한 값에 비해 상대적으로 매우 크게 측정되어 수집부가 토양을 굴취 및 절삭하는데는 두둑보다 고랑에서 더욱 큰 동력이 소요될 것으로 판단된다. 이러한 결과는 토양의 전단응력에 영향을 주는 점착력 및 내부마찰각이 두둑에 비해 고랑에서 상대적으로 크기 때문이다.

따라서 양파 수집기를 개발하는데 있어 토양 굴취부는 지역적 특성과 재배양식에 따라 경심조절이 가능하게 설계되어야 하고, 굴취부의 토양 절삭 경심은 두둑아래 토양속 20cm 이내 또는 고랑 아래 토양속 5cm 이내로 유지하는 것이 양파수집기의 소요 견인력을 최소로 할 수 있을 것으로 판단된다.

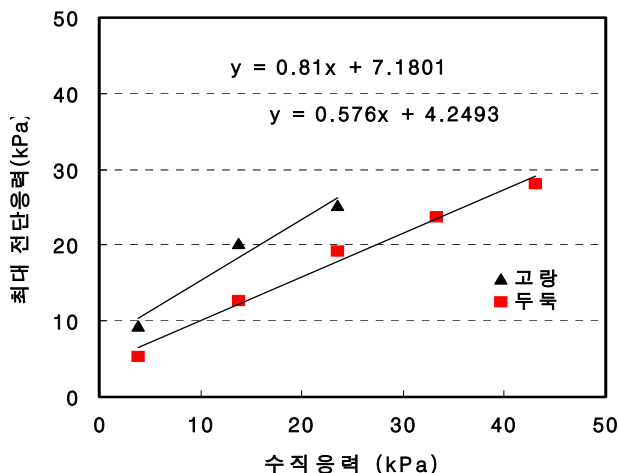


그림 3.1-5. 무안지역의 토양 전단강도

### 2) 수확시기 양파의 물성조사

양파주산지에서 수확시기 양파물성은 표 3.1-4에서와 같이 품종에 따른 초장, 줄기 길이, 줄기함수율, 구크기, 구의 함수율, 뿌리길이, 인발력 등을 조사하였다. 양파는 수확시기가 되면 대부분의 줄기가 도복되는 특성을 가지고 있기 때문에 수확을 기계화하기에 어려운 면이 있다고 생각된다. 구의 문힘깊이는 무안지역의 양파가다른 지역에 비해 깊이 묻혀있는 경향을 나타냈으며, 대부분의 양파줄기의 함수율은 90%이상 이었고, 구의 함수율은 85.9 ~ 94.47% 였다.

표 3.1-4. 양파주산지 수확시기 양파물성

지역	품종	초장 (cm)	줄기					구					뿌리 길이 (mm)
			길이 (mm)	직경 (mm)	도복 높이 (mm)	도복율 (%)	함수율 (%,w.b)	직경 (mm)	높이 (mm)	무게 (g)	문힘 깊이 (mm)	함수율 (%,w.b)	
무안 I	천주 대고	25~58	170~240	8~15	70~80	100	94.86	65~90	70~89	160~456	42~57	93.01	70~140
무안 II	천주 대고	42~84	155~190	11~21.5	90~110	80	95.48	46~85	68~95	75~296	40~60	94.47	23~60
창녕	창녕 대고	60~90	180~270	8~19	90~130	100	94.74	66~95	74~100	150~354	20~35	87.49	65~95
의성	천주 대고	65~85	170~250	10~17	80~90	100	92.23	57~95	60~78	116~339	22~41	85.9	60~140

### 3) 수확시기 양파의 인발력

양파의 생육조건과 인발력과의 관계를 나타낸 것은 표 3.1-5과 같다. 생육조건인 측정은 포장에 있는 양파를 선택하여 측정하였고, 수확시에 가장 중요한 역할을 하는 인발력과 양파 생육조건인 관계를 분석하였다. 측정 결과 초장은 평균 748mm, 엽수는 평균 7개, 줄기길이는 평균 231mm, 줄기직경은 평균 14.9mm, 경엽 무게는 평균 63.5g, 구직경은 평균 83.7mm, 구문힘깊이는 평균 28.5mm, 구높이는 평균 84mm, 구무게는 평균 287.8g, 그리고 인발력은 평균 83.1N 정도로 같은 품종임에도 불구하고 생육조건에 차이가 나타났다.

또, 인발력과 각 조건과의 관계를 비교·분석한 결과, 인발력에 영향을 미치는 생육조건은 구직경, 구문힘깊이, 구무게 등으로 나타났으며, 그 밖의 생육조건들도 인발력에 영향을 끼치는 것으로 나타났다.



따라서 양파수집기 설계시 인발력 감소를 위한 굴취날의 채택여부 보다는 논양파와 밭양파의 토성의 차이에 따라 굴취날의 채택여부를 결정하는 것이 바람직 한 것으로 판단되었다.

표 3.1-5. 양파 생육조건과 인발력의 관계

구분	초장 (mm)	엽수 (개)	줄기 길이 (mm)	줄기 직경 (mm)	경엽 무게 (g)	구직경 (mm)	구몸 힘 깊이 (mm)	구높이 (mm)	구무게 (g)	인발력 (N)
평균	748	7	231	14.9	63.5	83.7	28.5	84	287.8	83.1
S.D.	91.74	0.94	26.9	3.52	30.09	8.75	4.11	6.63	71.7	28.3

지역별 양파의 인발력을 나타낸 것은 표 3.1-6과 같다. 같은 포장내에서도 차이가 나타났으며, 이는 개체별 생육상태의 차이 등이 원인이라고 생각된다.

표 3.1-6. 지역별 양파의 인발력

지 역	품 종	인 발 력 (N)
무안 II	천주대고	38.7 ~ 153
창 녕	창녕대고	51.0 ~ 127.2
의 성	천주대고	39.8 ~ 118.9

#### 나) 양파의 압축강도

양파는 구의 크기가 크고, 표면도 매끄러워 손상을 입을 가능성이 높아 기계수확 시 유의할 필요가 있다. 표 3.1-7에 양파(구)의 압축강도, 단위 면적당 압축강도와 최대 압축강도시의 압축거리를 나타내었다. 표 3.1-7에서 나타난 바와 같이 같은 품종(천주대고)이라 할지라도 지역별로 압축강도가 무안지역(평균) : 51.37N, 의성지역(평균) : 60.15N으로 조금씩 차이 나는 것으로 조사되었으며, 이는 재배환경의 차이가 원인이라고 판단된다.

한편, 다른 품종인 창녕대고의 평균 압축강도는 58.50N으로 조사되었다. 그리고, 단위 면적당의 평균 압축강도는 천주대고(무안) 2.61N/mm<sup>2</sup>, 천주대고(의성) 3.10N/mm<sup>2</sup>, 창녕대고(창녕) 2.97N/mm<sup>2</sup>이었다. 그리고 최대 압축강도시의 평균 압축거리는 천주대고(무안) 4.55mm, 천주대고(의성) 3.48mm, 창녕대고(창녕) 4.06mm로 나타났다. 그러므로, 이번 조사

에서 나타난 압축강도는 기계수확으로 발생될 수 있는 손상을 줄이기 위하여 기초 설계 자료로 참고할 필요가 있다고 판단된다.

표 3.1-7. 양파(구)의 압축강도

지역	품종	압축강도(N)		단위 면적당 압축강도 (N/mm <sup>2</sup> )		최대 압축강도시 압축거리(mm)	
		평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차
무안	천주대고	51.37	11.68	2.61	0.59	4.55	0.99
창녕	창녕대고	58.50	8.4	2.97	0.42	4.06	0.50
의성	천주대고	60.15	23.53	3.10	1.21	3.48	1.03

#### 4) 피복비닐의 물리적 특성

양파를 재배시 온도 및 수분유지, 잡초발생억제 등의 목적으로 피복하고 있는 비닐은 기계수확을 위해서는 먼저 제거할 필요가 있어 비닐제거 시 비닐의 인장력이 중요한 요인이 된다. 따라서 양파 재배 농가에서 이용되고 있는 흑색, 백색비닐을 대상으로 비닐의 두께별로 사용전과 비닐피복하여 사용한 비닐을 수확시기에 샘플을 채취하여 조사한 결과는 그림 3.1-4, 3.1-5과 같이 흑색비닐, 백색비닐 공히 비닐두께가 두꺼워질수록 인장력이 높았으며, 사용 전 비닐에 비해 사용 후 비닐의 인장력이 약 20%정도 낮아진 것으로 나타났다. 비닐위에서 기계수확을 하기에는 인장력이 너무 작아 기계수확 시에는 비닐을 미리 제거 한 상태에서 양파수집기를 투입하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

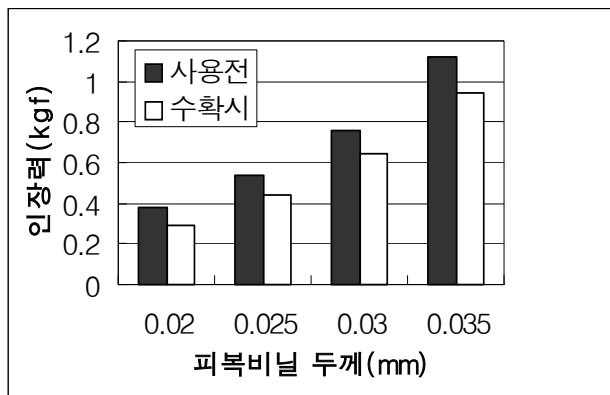


그림 3.1-6. 흑색비닐의 두께별 인장력 비교

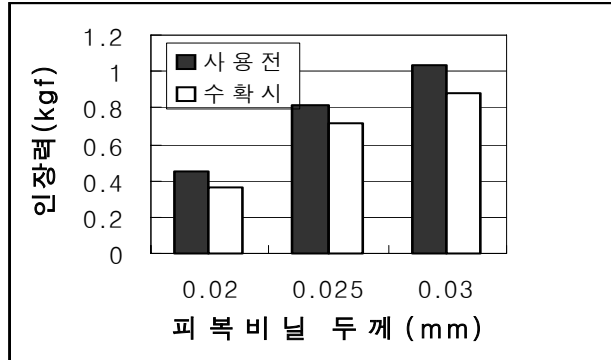


그림 3.1-7. 백색비닐의 두께별인장력 비교

## 제2절 도입기종 적응시험

### 1. 재료 및 방법

#### 가. 인발형 양파수확기

인발형 양파수확기(HT2A, 안마, 일본)는 보행형이며 굴취, 이송, 잎절단, 배출 일관 작업형으로 도복되지 않은 상태의 양파를 토양을 파쇄하면서 맞물리는 벨트로 잎을 잡아 뽑아 이송중에 잎을 절단하는 형식으로 2.6마력 가솔린 엔진을 탑재하였다. 적응 두둑폭은 1,150~1,350mm이며, 한 번에 두 줄씩 수확이 가능하도록 인발부가 유압장치에 의해 슬라이딩 되는 구조이다.

포장시험은 전남 무안 소재 목포시험장 구내포장에서 수확시기에 달하지 않은 도복률 4%인 천주대고 품종을 대상으로 실시하였다.

표 3.2-1. 공시포장조건

토 성	토양수분함량 (%, d.b)	깊이별 토양경도(kPa)			
		5 cm	10 cm	15 cm	20 cm
사양토	22.4	898	1,313	1,848	2,373

표 3.2-2. 공시작물조건

줄 기			구				도복률 (%)	품 종
길이(mm)	개수(개)	함수율(%db)	직경(mm)	무게(g)	물침깊이(mm)	함수율(%db)		
283~315	5~6	94.8	69~82	247~355	1~6	95.6	4	천주대고

나. 수집형 양파수집기

수집형 양파수집기(Onion Harvester, TOP-AIR, 미국)는 트랙터부착형으로 인력으로 수확하고 비닐이 제거된 상태에서 건조된 양파를 수집하면서 잎을 배출하고 양파는 수확기 옆을 따라가는 트럭의 팔레트에 담아주는 시스템이다. 잎 절단은 불규칙적으로 올라오는 양파를 송풍기로 잎을 일정하게 세운 다음 왕복날로 절단하는 방식이다. 시험은 전남 무안 운남면 소재 농가포장에서 천주중고 품종을 대상으로 인력수확 후 큐어링을 위해 7일간 노지건조한 양파를 사용하였다.

표 3.2-3. 공시 포장조건

토 성	토양수분함량 (%, d.b)	토양깊이별 경도(kPa)			
		5 cm	10 cm	15 cm	20 cm
LS	19.2	566	923	1,429	2,108

표 3.2-4. 공시 작물조건

줄 기			구			품 종
길이(mm)	개수(개)	함수율(%db)	직경(mm)	무게(g)	함수율(%db)	
119~315	3~6	11.5	32~83	292~411	92.3	천주중고

2. 결과 및 고찰

가. 인발형 양파수확기

도복되지 않은 상태의 양파를 토양을 파쇄하면서 맞물리는 벨트로 잎을 잡아 뽑아 이송중에 잎을 절단하는 형식의 인발형 양파수확기를 이용하여 포장시험 한 결과, 인발율 87%, 손상률 16%로 나타났다. 인발률이 저조한 이유는 일본 토양은 화산회토로 토양경도가 낮은 반면 우리나라 토양은 사양토로 토양 파쇄율이 낮아 인발미스가 많이 발생되었기 때문으로 판단된다. 비닐피복 재배한 상태에서 수확시기에 양파가 도복된 양파를 수확하는 우리나라에서는 인발형 수확기의 적용이 곤란한 것으로 판단된다.

표 3.2-5. 인발형 양파수확기의 작업성능

작업속도 (m/s)	인발률 (%)	손상률 (%)	잎절단정도(%)		
			적절(1~5cm)	길게잘림(6cm이상)	미절단
0.15	87	16	55	16	29

주) 손상률은 전체 인발량에 대한 손상량의 비율임.



그림 3.2-1. 인발형 양파수확기 작업광경



그림 3.2-2. 인발형 양파수확기의 잎절단정도

#### 나. 수집형 양파수집기

인력으로 수확하여 비닐을 제거한 상태에서 양파를 수집하면서 잎을 절단하여 배출하고 수확기 옆을 따라가는 트럭에 적재하는 수집형 양파수집기의 포장성능시험 결과 표 7에 나타낸 바와 같이 수집률은 97%로 높게 나타났다. 잎 절단 방식이 이송중인 양파를 송풍기를 이용하여 잎을 위쪽으로 일정하게 세운 다음 왕복날로 잎을 절단하는 방식이기 때문에 잎 절단정도는 적절하게 잘린 경우가 65%, 길게 잘림 28%로 양호하게 나타났으나 기대가 너무 크고 트럭이 항상 따라다녀야 하므로 양파재배 포장이 대구획 포장이 아닌 우리나라 실정에는 적용하기가 곤란할 것으로 판단되었다. 또한 트럭의 팔레트에 적재시 양파가 1 m 이상의 높이에서 떨어지므로 충격에 의한 손상이 육안으로는 판별되지 않았으나 저장성에 나쁜 영향을 미칠것으로 판단되었다.

표 3.2-6. 수집형 양파수집기의 작업성능

작업속도 (m/s)	수집률 (%)	손상률 (%)	잎절단정도(%)		
			적절(1~5cm)	길게잘림(6cm이상)	미절단
0.19	97	5	65	28	7

주) 손상률은 전체 수거량에 대한 손상량의 비율임.



그림 3.2-3. 수집형 양파수집기 작업광경



그림 3.2-4. 수집형 양파수집기의 잎절단정도

### 제3절 자주식 양파수집기 개발을 위한 설계요인 구명

#### 1. 양파 수집 및 이송, 적재장치의 설계요인시험

양파 주산단지의 재배실태와 양파의 물성 등을 감안 할 때 수확시기에 달한 양파를 인력으로 뽑아 큐어링을 위해 충분히 노지 건조한 양파를 수집하면서 줄기를 절단하고 적재하는 형태의 양파수집기로 개발하는 것이 타당하다.

이러한 목적을 달성하기 위한 자주식 양파수집기는 다음과 같은 기능을 갖는 요소 장치를 갖추어야 한다.

- ① 토양 속 또는 지면위에 놓여진 양파를 손상없이 수집할 수 있는 양파 수집장치,
- ② 수집된 양파를 적재부까지 이송할 수 있는 양파 이송장치
- ③ 양파 수집 및 이송장치로부터 이송된 양파를 적재하고 원하는 장소에 배출할 수 있는 양파 적재 및 배출장치

본 절에서는 양파의 수집부터 적재에 이르는 전 과정을 기계화할 수 있는 자주식 양파수집기를 개발하는데 있어 양파 수집장치가 갖추어야 할 위의 3가지 각 부분별 요소 장치에 대하여 양파 수집 및 이송, 적재 시험장치를 제작하여 굴취날 유무별 토양의 쇄토효과, 수집 컨베이어의 피치 및 속도, 수집 컨베이어의 이송각도, 유입릴과 수집컨베이어의 속도비, 수집 컨베이어와 이송 컨베이어의 속도비 등을 구명하였다.

#### 가. 양파 수집 및 이송 장치의 설계 및 제작

양파 수집 및 이송 장치는 노지건조를 위해 지면위의 놓여진 양파를 수집하면서 유입되는 토양을 이송장치 위로 올려놓으면 이송 중에 토양은 제거되고 양파만을 적재함으로 보내는 장치로서 양파 수집기의 개발에 있어 가장 중요한 기능을 수행하는 장치 중의 하나이다. 따라서 양파 수집, 이송 시험 장치는 양파수집기 개발에 앞서 최적의 수집, 이송 메카니즘을 구명하기 위하여 자주식 전용기 형태로 다음과 같은 설계 방침을 가지고 시험 장치를 구성하였다.

- ① 양파의 손상을 최소화 할 수 있을 것,
- ② 양파가 원활하게 이송될 것,
- ③ 각 부의 착·탈이 용이할 것,

④각부의 속도 및 각도 등을 쉽게 변화시킬 수 있을 것

양파 수집 및 이송장치는 소요 건인력 및 기체 크기를 최소화하고 토양파쇄를 극대화하여 양파 적재함에 양파만을 적재할 수 있어야 한다. 적정 수집 및 이송 설계를 구명하기 위하여 굴취날 또는 체인컨베이어로 토양을 파쇄하면서 회전하는 유입릴로 양파를 흙을 파쇄함과 동시에 수집 컨베이어 이송장치를 통하여 양파를 끌어 올려 2차 컨베이어 이송장치로 보내면 2차 컨베이어 이송장치의 리그를 타고 상부로 이송되어 3차 이송 컨베이어에 의해 양파 적재함에 보내는 시스템으로서 그림 3.3-1에 나타낸 바와 같이 크게 ①양파 수집장치, ②2차 컨베이어 이송장치, ③3차 컨베이어 이송장치의 3 부분으로 설계·제작하였다.

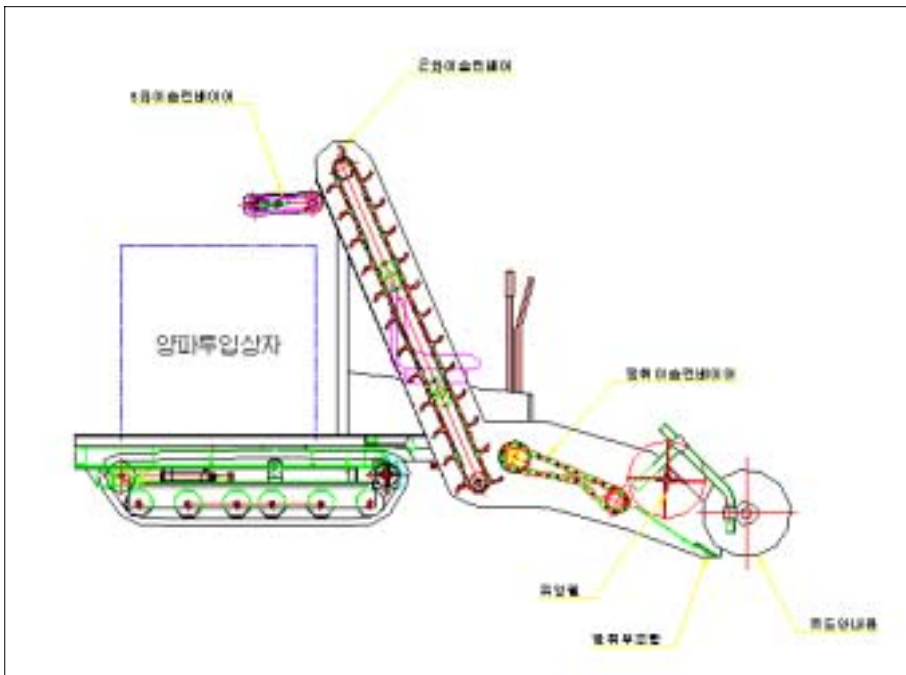


그림 3.3-1. 양파 수집 및 이송 장치의 개략도

양파 수집, 이송장치는 요인 시험용이므로 수집 및 2차 이송장치를 분리 또는 조합하여 시험할 수 있고, 굴취날의 착탈과 이송컨베이어의 각도 및 속도를 조절 가능하도록 설계·제작하였으며, 또한 수집 및 2차 이송장치의 착·탈 및 거리를 조절할 수 있도록 설계·제작하였다. 시험장치의 구조 및 제원은 그림 3.3-2과 표 3.3-2에 나타내었다.





그림 3.3-2. 시험장치의 구조

표 3.3-2 시험장치 제원

구 분		제 원
엔진	형식	공냉식 가솔린 엔진
	출력/회전속도(rpm)	21ps/2,800
주행부	크로울러 폭×접지길이(mm)	250×1,180
	최대속도(km/h)	6
	변속단수	전진2단 후진 2단
수집부	수집폭(mm)	1,100
	굴취깊이(mm)	100 이내
이송부	이송방식	러그부착 체인 컨베이어
	이송폭(mm)	1,100 mm
적재부	적재방식	산물상자(1.02×1.22×0.84 m)
	배출방식	유압

#### 1) 양과 수집부

양과 수집부는 경사진 블레이드 형태의 굴취날로서 양과 수집 및 이송장치의 전면에 위치하여 토양과 최초로 접촉하는 부분으로서 양과의 재배양식과 토양특성을 고려하여

설계·제작되어야 한다.

양파 재배지역의 토양의 특성은 1절에서 전술한 바와 같이 두둑과 고랑으로 이루어져 있고, 양파는 발양파(무안 등)는 두둑위에 놓여져 있고 논양파(창녕 등)는 토양속에 묻혀져 있다. 또한 두둑표면에서 고랑까지의 높이는 대략 20 cm 이내이고, 고랑의 토양강도는 1절에서 전술한 바와 같이 두둑에 비해 상대적으로 매우 높고, 고랑표면에서 5 cm 정도 깊이부터 토양의 강도가 급격히 증가하는 것으로 조사되었다. 따라서 논양파의 경우 굴취날로 토층을 절삭하여 양파를 포함하는 토양을 굴취할 경우에는 굴취날에 작용하는 견인부하가 매우 크게 나타나게 되어 결과적으로 높은 견인력을 요구하게 된다. 그러나 발양파는 양파가 두둑위에 놓여 있으므로 굴취날이 필요하지 않으며 견인부하도 거의 소요되지 않는다. 따라서 본 연구의 주 대상인 발양파의 경우 굴취깊이는 가능한 한 두둑표면으로부터 약 10 cm 이내로 유지할 수 있어야 하며, 지역적 재배양식과 토양특성에 따라 두둑 및 고랑의 형태가 다르므로 굴취날의 착탈 및 경심을 조절할 수 있도록 설계·제작하였다. 또한 굴취날은 토양 절단 시 견인부하를 최소로 하기 위해 굴취날의 전면 진입부를 썸머 형태의 좌·우 대칭인 2쌍으로 구성하였고, 굴취날의 폭은 양파의 유입량을 감안하여 1,100 mm로 설계, 제작하였다.

굴취날을 통해 토양과 함께 수집된 양파는 수집 컨베이어 이송장치로 보내지고, 이송장치 위로 올려진 양파와 토양덩어리 중 토양은 제거되고 양파만 이송되어 적재함으로 보내져야 한다. 따라서 굴취되어 수집 이송장치로 올려진 토양과 양파는 철재 원형봉을 체인으로 연결한 컨베이어 벨트 형태로 구성된 이송장치를 따라 이동시키는 것이 적절한 것으로 판단되었으며 다음과 같은 설계 방침을 가지고 시험 장치를 구성하였다.

첫째, 컨베이어 형태의 이송장치는 적당한 경사각을 유지해야 한다. 경사각이 너무 크면 양파가 컨베이어 이송장치를 통해 이송되지 못하고 아래로 미끄러지게 되며, 경사각이 너무 작을 경우에는 수집 이송장치의 길이가 너무 길어지게 되어 양파수집기의 전체 길이가 커지게 된다. 따라서 수집 컨베이어 이송장치의 적정 경사각을 찾기 위해 수집 컨베이어 이송 요인 시험장치는 경사각을 조절하면서 시험할 수 있도록 설계·제작한다.

둘째, 컨베이어의 이송속도가 적절해야 한다. 컨베이어의 속도가 적정속도보다 느릴 경우에는 토양과 양파가 수집 컨베이어 이송장치에 쌓이게 되고, 이것은 토양제거와 양

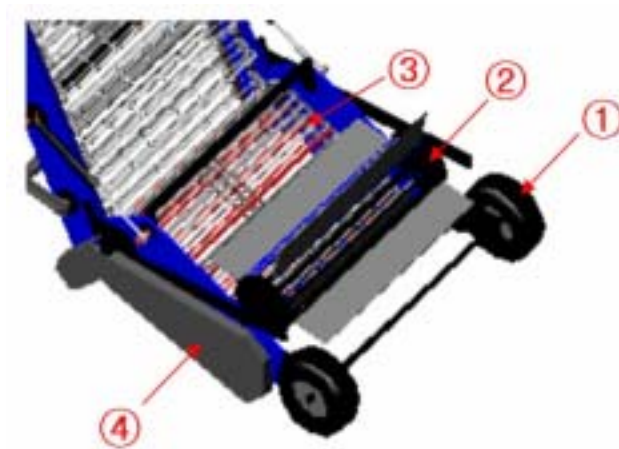
파의 이송에 영향을 주게 된다. 컨베이어 이송장치에 요구되는 최저속도( $V_c$ )는 식 (3.3-1)의 조건을 만족해야 한다. 따라서 수집 컨베이어 이송장치의 적정 이송속도를 구명하기 위하여 이송속도를 조절할 수 있도록 설계·제작한다.

$$V_c \geq \frac{V_v}{\cos \alpha} \text{ ----- ( 3.3-1 )}$$

여기서,  $V_v$  : 작업속도

$\alpha$  : 수집 컨베이어 이송장치의 경사각

셋째, 굴취날에 의해 수집 컨베이어 이송장치로 올려진 토양과 양파는 이송 중에 토양은 제거되고 양파만 이송되어야 한다. 그러나 점질토나 수분함량이 많이 함유된 토양은 토양의 점착력 및 부착력에 의해 이송중에 토양덩어리의 파쇄가 용이하게 이루어지지 않게 되고, 또한 토양덩어리가 컨베이어 벨트에 부착되어 토양의 분리 및 제거효과가 떨어지게 된다. 따라서 이송중에 토양의 파쇄 및 분리를 용이하게 하기 위해서는 컨베이어 벨트에 적절한 진동효과가 필요하므로 토성에 따라 채택할 수 있도록 착탈형으로 하였다.



- ① 깊이조절 미륵    ② 유입릴    ③ 수집 컨베이어
- ④ 동력전달부

그림 3.3-3. 양파 수집장치의 구조

위의 설계방침에 의해, 수집 컨베이어 이송장치는 철제 원형봉을 체인 형태로 연결한 방식으로서 원형봉은 직경이 12 mm이고, 길이가 1,100 mm로서 원형봉의 양 끝은 체인 형태로 연결하여 이송중 토양은 원형봉 사이로 떨어져 제거되고 양파만 이송될 수 있도록 하였으며, 수집 컨베이어 이송장치의 봉 간의 피치는 44.5 mm, 50.8 mm, 63.5 mm 로 교체하여 시험할 수 있도록 하였다.

양파의 유입을 원활하게 하기위한 유입릴은 고무경도 50의 고무판 4개가 회전하도록 하였으며 속도는 체인 스프라켓을 교체하여 컨베이어의 속도를 바꿀 수 있도록 하였다.

## 2) 2차 컨베이어 이송장치

수집 컨베이어 이송장치를 통과한 양파는 최종적으로 양파 적재함에 적재되어야 한다. 그러나 양파가 이송되는 수집 컨베이어 이송장치의 끝단의 높이는 양파 적재함의 투입구에 비해 매우 낮은 위치에 있다. 따라서 수집 컨베이어 이송장치를 통과한 양파가 적재함에 적절히 적재되기 위해서는 수집 컨베이어 이송장치의 경사각을 크게 하여 수집 컨베이어 이송장치의 끝단 높이를 양파 적재함의 투입구 위치보다 높게 하여야 한다. 그러나 경사각이 너무 클 경우에는 수집부에 의해 수집 컨베이어 이송장치에 올려진 양파가 떨어져 2차 이송장치를 통해 이송될 수 없다. 또한 경사각을 작게 할 경우에는 수집 컨베이어 이송장치의 이송 구간을 길게 해야 하는데, 이 경우에는 양파수집기의 길이 및 무게가 너무 커지게 되어 실제 포장에서 운용하는데 어려움을 초래하게 된다.

따라서 수집 컨베이어 이송장치의 경사를 적정 경사각으로, 그리고 이송길이를 짧게 유지하면서 수집 이송장치를 통과한 양파가 수집 이송장치의 끝단보다 높은 곳에 위치한 양파 적재함에 수거되기 위해서는 수집 컨베이어 이송장치를 통과한 양파를 양파 적재함보다 높은 위치로 이동시킨 후 적재함에 떨어뜨릴 수 있는 2차 컨베이어 이송장치가 필요하다. 2차 컨베이어 이송장치는 적재함까지 양파를 이송해야 하므로 수직형으로 구성되어 각도가 클 수밖에 없으므로 이송 중에 양파가 떨어지지 않도록 컨베이어에 러그를 설치하였다.



그림 3.3-4. 이송 러그에 양파가 올려진 상태



그림 3.3-5. 2차 이송컨베이어

### 3) 3차 이송 컨베이어

3차 이송컨베이어는 통합시스템에서는 줄기절단부가 위치하게 되므로 단지 이송만

할 수 있도록 컨베이어를 배치하였다. 컨베이어는 철제 원형봉을 체인 형태로 연결한 방식으로서 원형봉은 직경이 12 mm이고, 길이가 950 mm로서 원형봉의 양 끝은 체인 형태로 연결하고 손상발생을 억제하기 위하여 분무기용 고무호스를 끼워 사용하였다. 3차 컨베이어 이송장치의 봉 간의 피치는 양파가 이송중 빠지지 않도록 44.5 mm 로 제작하였다.



그림 3.3-6. 3차 이송 컨베이어

#### 4) 적재부

적재장치는 농업공학연구소에서 양파 저온저장고용 팔레트로 연구 진행중인 플라스틱 소재의 산물상자(1.02×1.22×0.84 m)를 탑재 하도록 하였다. 또한 3차 컨베이어에서 양파가 떨어질때 양파의 손상을 최소화 하기 위하여 산물상자의 각도를 0° ~ 90° 까지 가변할 수 있도록 하였다.



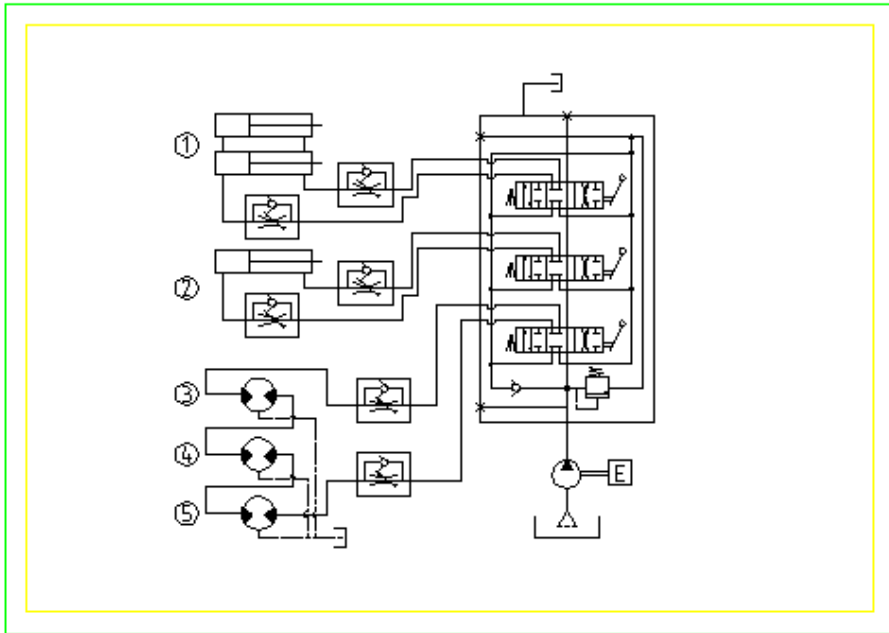
그림 3.3-7. 적재부

#### 5) 주행부

주행부는 양파적재용으로 개조하기가 가장 용이하다고 판단되는 동력운반차의 유압 구동식 주행부를 개조하여 수집부가 자리할 공간을 감안하여 운전석을 옆으로 배치하였다. 엔진은 동력운반차의 21마력 가솔린 엔진을 그대로 사용하였고, 크로울러의 폭 × 접지길이는 250 × 1,180 mm 로 하고 최대속도는 6 km/h, 변속단수는 전진 2단, 후진 2단으로 하였다.

시험장치에 적용된 유압회로도에는 그림 3.3-8에 나타냈으며, 액츄에이터 구성은 수집 컨베이어와 유입릴 구동, 2차 이송컨베이어 구동, 3차 이송컨베이어 구동은 유압모터를 이용하였고 수집부의 굴취깊이제어는 실린더 2개, 적재 컨베이어의 각도제어는 실린더 1개로 구성하였다. 소요 유량을 줄이기 위하여 유압모터를 직렬로 연결하였고 유압조정은 매뉴얼 밸브를 이용하였다. 유압오일의 온도상승을 방지하기 위하여 오일 쿨러를 설치하였다.





- ① 굴취깊이 제어용 실린더
- ② 적재컨테이너 각도 조절용 실린더
- ③ 수집 컨베이어와 유입릴 구동
- ④ 2차 이송컨베이어 구동
- ⑤ 3차 이송컨베이어 구동

그림 3.3-8. 유압회로도

모든 유압을 구동하는 소요동력은 엔진 정격회전수 2,800 rpm, 펌프 토출측 최고압력 150 kg/cm<sup>2</sup>, 펌프토출량 6cc/rev, 기계효율 80%로 하면, 아래 식 ( 3.3-2 )에 의거 산출한 결과 5.15kW로 나타났다.

$$L_i = \frac{2\pi N T \alpha}{6,120} \dots \dots \dots ( 3.3-2 )$$

여기서,

$L_i$  : 소요동력(kW)

$$T_{\alpha} : \text{입력측 토오크}(kg \cdot m) = \frac{P \cdot Q_e}{2\pi} \cdot \frac{1}{\eta}$$



- $P$  : 펌프 토출측 최고압력(kg/cm<sup>2</sup>)
- $Q_s$  : 펌프 1회전당 이론토출량(ℓ/rev)
- $N$  : 펌프회전수(rpm)
- $\eta$  : 기계효율

나. 시험방법

1) 공시포장 및 작물조건

양파 수집 및 이송, 적재장치의 설계요인을 구명하기 위하여 전남 무안군 소재 작물 과학원 목포시험장 구내포장에서 실시하였다. 토성은 표 3.3-3에 나타난 바와 같이 토양함수율이 28.4%d.b인 사양토 포장을 사용하고, 공시작물은 두둑폭 180cm, 골폭 30cm, 0.03mm 유공비닐로 피복재배한 포장에서 인력으로 수확 후 큐어링을 위해 7일간 노지건조한 상태의 천주대고 품종의 양파를 사용하였다.

표 3.3-3. 공시포장조건

토 성	토양수분함량 (%, d.b)	깊이별 토양경도(kPa)			
		5cm	10	15	20
SL	28.4	926	1,158	1,720	2,454

표 3.3-4. 공시 작물조건

줄 기			구			품 종
길이(mm)	개수(개)	함수율(%db)	직경(mm)	무게(g)	함수율(%db)	
162~197	3~7	29.4	46~93	124~382	91.9	천주대고



그림 3.3-9. 7일간 노지건조한 양파 상태



그림 3.3-10 비닐 제거한 상태

## 2) 시험방법

양파 수집 및 이송 장치의 설계 요인을 구명하기 위하여 가장 중요한 설계인자인 굴취날의 각도, 굴취날의 토양쇄토 효과와 굴취컨베이어의 피치, 속도, 이송각도, 유입릴과 수집컨베이어의 속도비, 수집컨베이어와 2차 이송컨베이어의 속도비를 구명하였다.

굴취날의 토양 쇄토효과시험은 굴취날과 수집 체인컨베이어의 상호작용으로 쇄토할때와 굴취날을 제거한 상태로 수집 체인컨베이어만으로 작업을 했을때의 쇄토율, 양파 손상률, 흙 혼입률을 조사하였다.

쇄토율은 전체 유입된 흙의 무게에 대하여 크기가 2cm 이상인 흙의 무게를 조사하여 산출하였다.

수집컨베이어의 이송각도는 수집 컨베이어에서 최단시간에 이송되는 것이 바람직하므로 시험은 굴취날을 제거한 상태에서 20cm 간격으로 양파를 한 줄로 깔아놓고 2차 이송컨베이어까지 도달하는 시간과 손상률, 흙 혼입률을 조사하였다.

수집컨베이어의 피치와 속도 구명시험은 굴취날을 제거한 상태에서 유입릴과 수집컨베이어의 속도비는 1.2 : 1로 고정하고 시험하였다.

유입릴과 수집컨베이어의 속도비 시험은 굴취날을 제거한 상태에서 피치 50.8 mm, 속도는 0.35 m/s로 고정하고 시험하였다.

수집컨베이어와 2차 이송컨베이어의 속도비 시험은 굴취날을 제거한 상태에서 유입릴과 수집컨베이어의 속도비는 1.2 : 1, 피치 50.8 mm, 속도는 0.35 m/s로 고정하고 시험하였다.

다. 시험결과

1) 굴취날의 각도에 따른 쇄토율 및 토양 흐름

굴취날의 적정 각도를 구명하기 위하여 굴취날의 각도를 각각 23°, 26°, 28°의 세 수준으로 조정하여 굴취날의 각도에 따른 쇄토율과 토양 흐름 상태를 시험하였다. 표 3.3-5는 굴취날의 각도에 따른 토양의 흐름 상태 및 쇄토율을 나타낸 결과로서 굴취날의 각도가 클수록 쇄토율을 높게 나타냈으나 토양 흐름상태를 고려하면 26°에서 가장 양호한 것으로 나타났다.

표 3.3-5. 굴취날의 각도별 쇄토율 및 토양흐름상태

굴취날 각도 (degree)	쇄토율 (%)	토양 흐름 상태
23	65	양호
26	78	양호
28	81	흙을 밀고감



그림 3.3-11. 굴취날 각도 26° 일때의 작업상태



그림 3.3-12. 굴취날 각도 28° 일때의 작업상태

## 2) 굴취날 유무별 쇄토효과

굴취날의 채택에 따른 효과를 구명하기 위하여 쇄토율과 손상률, 흙 혼입률을 조사한 결과 굴취날을 부착하면 쇄토율과 손상률은 감소하나 흙 혼입률은 증가하고 굴취날을 제거한 상태에서 수집 컨베이어와 유입릴만으로 할 경우 손상률과 쇄토율은 증가하고 흙 혼입률은 감소하는 경향이였다. 손상률 증가 원인은 수확되지 않은 양파가 있는 경우 굴취날이 있으면 수확이 가능하나 굴취날이 없으면 체인 컨베이어에 의해 손상이 발생되었다. 따라서 논양파에서는 양파를 수확해야 하므로 굴취부하가 커서 굴취날이 반드시 필요하겠지만 사양토 포장의 발양파를 재배하는 포장에서는 양파를 수집하므로 굴취날을 제거한 상태에서 작업하는 것이 더 유리한 것으로 판단되었다.

표 3.3-6. 굴취날 유무별 쇄토효과

구 분	쇄토율 (%)	손상률 (%)	흙 혼입률 (%)
부착	51	0.3	13
미부착	69	1.4	4

## 3) 수집 컨베이어의 이송각도 구명

수집컨베이어의 적정 각도를 구명하기 위하여 이송각도를 각각 17°, 19°, 21°의 세 수준으로 조정하여 이송각도에 따른 이송시간, 손상률, 흙 혼입률을 조사한 결과 이송각

도가 클수록 이송시간과 손상률은 증가하고 흙 혼입률은 감소하는 경향이였다. 이는 이송각도가 커짐에 따라 양파가 바로 이송되지 못하고 컨베이어 위에서 구름현상이 발생되어 시간이 지연됨에 따라 손상이 증가하는 것으로 판단되었다. 따라서 적정 이송각도는 19°가 적당한 것으로 판단되었다.

표 3.3-7. 수집 컨베이어의 이송각도

이송각도 (°)	이송시간 (sec)	손상률 (%)	흙 혼입률 (%)
17	1.45	0.6	9.8
19	1.84	1.5	4.3
21	3.46	3.9	3.3



그림 3.3-13. 이송각도 21° 일때의 작업상태



그림 3.3-14. 이송각도 19° 일때의 작업상태

#### 4) 수집컨베이어와 유입릴의 속도비 구명

수집컨베이어와 유입릴의 속도비는 속도비가 클수록 이송시간은 적게 소요되었으나 손상률은 높았다. 이는 유입릴이 고무판으로 이루어져 속도비가 크면 고무판이 양파를 미는 속도가 빨라지므로 이송시간이 적게 소요되지만 손상은 많이 발생되었다. 따라서 수집컨베이어와 유입릴의 적정 속도비는 1 : 1.2가 바람직한 것으로 판단되었다.

표 3.3-8. 수집컨베이어와 유입릴의 속도비

수집컨베이어와 유입릴의 속도비 (°)	이송시간 (sec)	손상률 (%)
1 : 1	2.15	0.6
1 : 1.2	1.84	1.5
1 : 1.4	1.46	3.9

#### 5) 수집 컨베이어의 피치 및 속도별 작업 정도

수집 컨베이어봉의 간격과 컨베이어 이송속도를 구명하기 위하여 체인봉 간격을 44.5 mm, 50.8 mm, 63.5 mm의 세 수준으로 각각의 체인봉 간격에 대해 컨베이어의 이송속도를 각각 0.25 m/s, 0.35 m/s, 0.45 m/s의 3 수준으로 조정하여 각각의 조건에서의 쇠

도울과 양과의 손상 정도를 시험한 결과를 표 3.3-9에 나타내었다.

체인봉의 간격이 작을수록 쇄토율과 손상률이 적고 흙 혼입율은 높게 나타났으며, 체인봉의 간격이 클수록, 그리고 컨베이어의 이송속도가 빠를수록 손상이 과다하여 체인봉의 간격이 50.8 mm이고 컨베이어 속도가 0.35 m/s에서 작업정도가 가장 양호한 것으로 나타났다.

표 3.3-9. 수집 컨베이어의 피치 및 속도

피치 (mm)	속도 (m/s)	작업정도(%)			비고
		쇄토율	이송률	손상률	
44.5	0.35	41	100	0.7	흙 혼입 과다
50.8	0.25	62	99	1.0	-
	0.35	69	100	1.6	
	0.45	73	100	5.4	
63.5	0.35	73	94	8.1	-



그림 3.3-15. 요인시험 광경





그림 3.3-16. 적재부의 흙 유입상태

6) 수집컨베이어와 2차 이송컨베이어의 속도비 구명

수집컨베이어와 2차 이송컨베이어의 속도비는 속도비가 작을수록 손상률은 높았다. 이는 속도비가 작으면 수집컨베이어에서 이송된 양파가 미쳐 2차 이송컨베이어에 이송되지 못해 수집컨베이어와 2차 이송컨베이어 사이에서 2차 이송컨베이어의 러그에 의해 손상이 발생되었다. 그리고 속도비가 너무 크면 2차 이송컨베이어의 끝부분에서 양파를 던지는 현상이 발생되어 줄기 절단부에 나쁜 영향을 미칠것으로 판단되어 적정 속도비는 1 : 1.2가 가장 바람직한 것으로 판단되었다.

표 3.3-10. 수집컨베이어와 2차 이송컨베이어의 속도비

수집컨베이어와 2차 이송컨베이어의 속도비	손상률 (%)
1 : 1.0	1.2
1 : 1.1	0.3
1 : 1.2	0.0
1 : 1.3	0.0





그림 3.3-17. 수집컨베이어에서 2차 이송컨베이어로 이송되는 광경

## 2. 양파 줄기절단장치

### 가. 롤러식 양파 줄기절단장치

#### 1) 롤러식 양파 줄기 절단장치 설계 제작

#### 가) 주요 구조 및 작동원리

롤러식 양파 줄기 절단장치 실험장치의 구조와 외관은 그림 3.3-18, 그림 3.3-19와 같다.

줄기 절단 과정은 그림1과 같이 양파 투입구를 통해 투입된 양파가 서로 반대방향으로 회전하는 2개가 1조로 된 롤러에 의해 이송되면서 롤러 사이로 줄기가 말려들어가는 인장 절단되도록 하였으며, 이송 중 줄기가 인장 절단되지 않은 양파는 절단장치의 절단 커터에 의해 추가적으로 줄기를 절단하도록 한 후 배출구로 양파를 수집할 수 있도록 설계하였다.

양파 줄기절단장치의 주요 구조는 양파 투입구, 이송 및 인장절단 롤러, 절단장치, 절단 줄기 배출용 송풍장치, 배출구, 롤러 및 절단장치 구동 모터와 동력 전달장치, 콘트롤 박스, 프레임 및 지지부로 구성되었고 전체 크기는 길이 3,025mm, 높이 1,450mm, 폭 1,574mm이다.

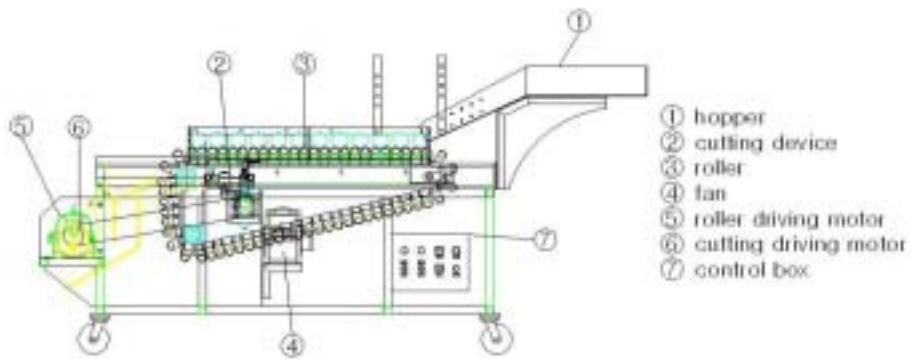


그림 3.3-18. 실험용 롤러타입 양파 줄기절단장치의 구조도



그림 3.3-19. 실험용 롤러타입 양파 줄기절단장치의 사진

나) 주요부 제원

그림 3.3-20은 이송 및 인장절단 롤러의 구조를 나타낸 것이다. 롤러는 피치 50.8mm 더블피치 어터치먼트 체인에 부착되어 구동되는데 전체 이송길이 1,200mm, 이송 폭 900mm로 제작하였다. 이송 중 양파줄기를 아래 방향으로 잡아내려 인장절단하기 위해 2개의 롤러를 쌍으로 하여 모두울 2, 피치 직경 50mm의 기어로써 맞물려 서로 반대 방향으로 회전시켰는데 이를 위해 롤러 양측 끝단에 모두울 2, 피치 직경 50mm의 피니언 기어 1 개를 롤러에 설치 1,200mm 길이의 고정 레크와 맞물려 운동하도록 하였다. 롤러는 내경 42mm 직경의 환봉에 양파 줄기와 마찰력을 크게 하기 위해 실리콘 재질의 두께 3mm 호스를 씌운 구조로 롤러 사이의 간격은 약 3.5mm로 제작하였다. 따라서 양파줄기 유도 및 절단을 위한 롤러의 자전 원주속도는 양파 이송속도 보다 약간 작게 설계하였다.

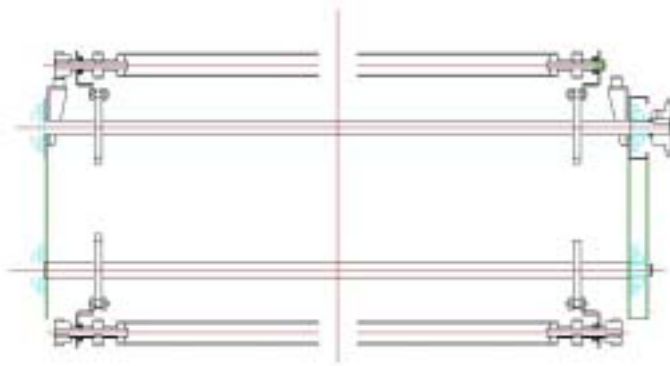


그림 3.3-20. 롤러의 구조도

그림 3.3-21은 절단장치의 구조를 나타낸 것으로 국내 자탈형 콤바인에서 사용되는 D회사의 왕복동 절단 커터를 사용하였고, 높이 47mm, 폭 48.6mm의 절단날 17개를 연결하여 전체 폭은 845mm, 롤러 앞부분으로부터 810mm 뒤쪽으로 롤러와 간격 50mm로 아래에 설치하였다.

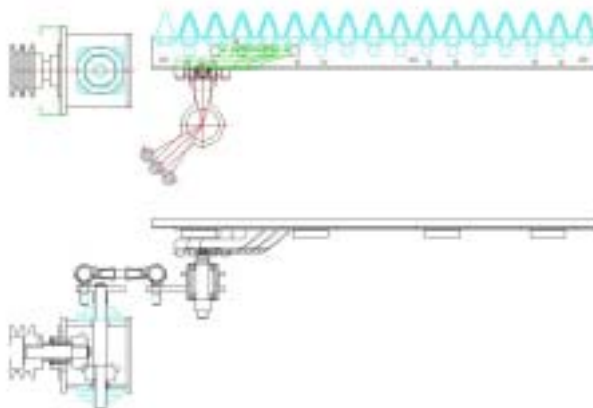


그림 3.3-21. 양파 줄기절단장치의 구조도

절단커터에서 절단된 줄기를 배출하기 위한 송풍기는 K회사의 원심식 송풍기를 사용하였고, 배출구의 단면적은 150×60mm로 풍속은 약 25m/s였고, 절단 커터의 250mm 수직 아래에 설치하여 압축롤러와 절단 커터에서 잘려진 줄기를 밖으로 배출하도록 설계하였다.

절단 커터의 구동은 S사의 1/2HP, 감속비 1/10, 축 직경 28mm의 변속모터를 사용하였으며, 이송 및 인장절단 롤러의 구동은 1HP, 감속비 1/20, 축직경 32mm인 변속모터

를 사용하였다. 이 밖에 콘트롤 박스에는 롤러 모터 구동 S/W, 롤러 속도조절 S/W, 절단 커터 모터 구동 S/W, 절단 커터 속도조절 S/W, 비상정지 S/W를 설치하였다.

## 2) 성능 시험

### 가) 실험 재료

본 연구에서 설계 제작한 양파 줄기절단장치의 실험은 전남 무안에서 재배되고 있는 조생종 양파 품종인 천주중고를 8일 동안 자연 건조시켜 실험을 실시하였고, 양파의 평균 무게와 최대 직경은 각각 198.4g(표준편차  $\pm 58.43$ g), 7.8cm(표준편차  $\pm 1.1$ cm)이고, 줄기의 직경은 0.3~2.2cm로 평균 줄기 직경은 1.2cm(표준편차  $\pm 0.3$ )였으며, 줄기의 평균 함수율은 14.8%였다.

### 나) 실험내용 및 방법

양파 줄기절단장치의 실험은 롤러의 형태를 그림 3.3-22에서와 같이 무처리의 원 제작 롤러와 양파 줄기 유도 및 인장절단 성능을 높이기 위해 2mm 철사, 3mm 우레탄 튜브(내경 2.4mm, 외경 3mm), 3mm 동선을 한쪽 롤러에 피치 약 15cm의 나선으로 감아 처리한 4가지 형태의 롤러를 대상으로 롤러 양파 이송 속도 0.34 m/s, 0.54 m/s 2 수준에 따른 줄기 절단률과 줄기 절단위치, 롤러의 눌림에 의한 양파 손상률, 줄기절단 양파의 평균 줄기길이 및 줄기길이별 분포를 조사하였다.

실험은 롤러의 형태별, 이송속도별로 40개의 양파를 무작위로 공급하여 3반복 실험을 하였으며, 절단날의 평균 절단 속도는 약 0.63m/s로 고정하여 실험하였다. 줄기 절단률과 양파 손상률은 공급 양파의 개수에 대한 롤러나 절단 날에 의해 줄기가 절단된 양파의 개수, 롤러에 의해 눌러 손상된 양파의 개수 비율을 조사하였다.

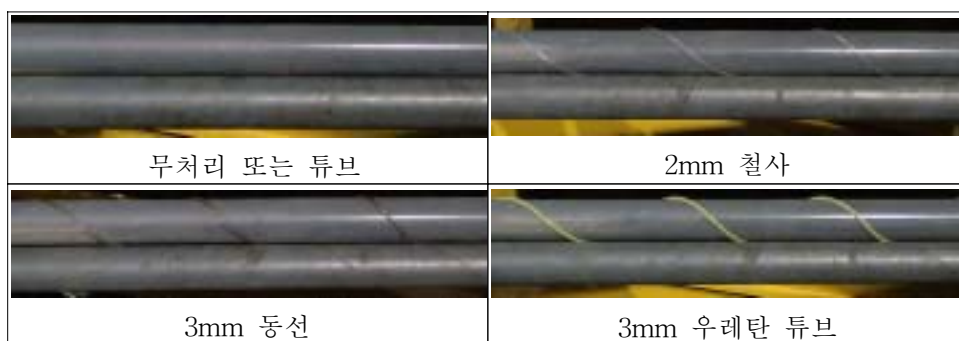


그림 3.3-22. 이송과 줄기절단에 사용된 4가지 롤러 타입

3) 성능시험 결과

가) 양파 절단률 및 절단장소

그림 3.3-23은 절단된 양파의 모습을 나타낸 것이며, 표 3.3-11은 양파 줄기절단장치의 평균 줄기 절단률과 절단장소에 따른 줄기 절단률을 나타낸 것이다.



그림 3.3-23. 절단된 양파 줄기의 사진

표 3.3-11. 줄기 절단된 양파의 절단장소 및 미절단 사유 (단위:%)

롤러타입	이송장치 이송속도 (m/s)	양파 절단률		절단 장소				미절단 사유			
		Ave.	S.D.	롤러		커터		미절단		미유도	
				Ave.	S.D.	Ave.	S.D.	Ave.	S.D.	Ave.	S.D.
		무처리 또는 튜브	0.54	46.3	±3.2	2.5	±2.0	43.8	±2.5	37.5	±4.6
0.34	50.0		±6.6	3.8	±1.8	46.3	±8.8	33.7	±8.8	16.3	±1.8
2mm 철사	0.54	53.1	±8.9	0.6	±1.3	52.5	±9.8	25.0	±8.9	22.5	±4.1
	0.34	60.6	±12.3	2.5	±2.0	58.1	±13.4	20.6	±9.4	18.8	±8.8
3mm 우레탄 튜브	0.54	82.8	±7.6	16.9	±9.1	66.9	±15.6	6.1	±6.0	7.5	±8.5
	0.34	77.8	±5.9	9.7	±8.9	61.2	±7.8	7.8	±8.2	9.3	±8.2
3mm 동선	0.54	87.5	±3.5	8.8	±1.8	78.8	±1.8	2.5	±3.5	10	±0
	0.34	80.0	±0.5	6.3	±1.8	73.8	±1.8	6.3	±1.8	13.8	±1.8

표 3.3-11에서와 같이 양파의 평균 줄기 절단률은 무처리 롤러의 경우 46.3~50.0%로 절단률이 매우 저조하였으며, 2mm철사를 감은 롤러는 53.1~60.6%, 3mm 우레탄 튜브를 감은 롤러는 77.8~82.8%, 3mm 동선을 감은 롤러는 80.0~87.5%로 나타나 서로 반

대 방향으로 회전하는 경우의 절단률은 커지는 것으로 보인다. 롤러의 이송 속도의 차는 나타나지 않았다.

미절단의 원인은 양과 줄기는 롤러에 의하여 유도되었으나 절단날에 의하여 잘리지 않는 경우와 롤러가 양과 줄기를 유도하지 못하여 절단 기회가 없는 경우이다. 전자 원인으로 미절단된 양과의 비율은 무처리 롤러, 2mm철사를 감은 롤러, 3mm 우레탄 튜브를 감은 롤러, 3mm 동선을 감은 롤러의 경우 각각 33.7~37.5%, 20.6~25.0%, 6.1~7.8%, 2.5~6.3%로 나타났으며, 후자의 원인으로 미절단된 양과의 비율은 무처리 롤러, 2mm철사를 감은 롤러, 3mm 우레탄 튜브를 감은 롤러, 3mm 동선을 감은 롤러의 경우 각각 16.3%, 18.8~22.5%, 7.5~9.3%, 10.0~13.8%로 나타나 롤러 틈새가 작을수록 절단날과 롤러의 미유도에 의한 미절단률이 크게 감소됨을 보였다.

절단부위별 줄기절단 양과의 비율을 보면 롤러에 의한 절단이 전체적으로 2.5~16.9%로, 절단 날에 의한 절단이 43.8~78.8%로 나타나 의도와는 달리 롤러에 의한 절단이 매우 낮게 나타났다. 전반적으로 롤러에 양과줄기가 잘 유도되어 충분한 마찰 인장력에 의해 줄기가 절단되는 것이 바람직하나 진동하며 직선 운동과 회전운동을 동시에 하는 롤러의 운동 특성을 고려해 볼 때 이는 매우 곤란할 것으로 보이며 양과 줄기를 롤러로 잘 유도하여 절단 날로 절단하는 것이 타당할 것으로 판단되었다. 일본의 양과수확기에 채용되어 있는 줄기절단장치는 초기 미절단률이 4.8~29.2%이었으나 최근 스파이럴 롤러를 이용한 디스크카터식의 줄기절단장치는 미절단률이 3~4%, 그리고 정치식의 줄기절단장치는 미절단률이 1~6% 까지 개선된 것으로 보고되어 구조 개선을 통한 절단률 향상이 이루어져야 될 것으로 보인다.

#### 나) 손상률과 절단 줄기길이

표 3.3-12는 롤러 형태와 이송 속도에 따른 양과의 손상률과 줄기가 절단된 양과의 평균 절단줄기길이와 절단 줄기길이 분포를 나타낸 것이다.

표에서와 같이 줄기 절단된 양과의 평균 손상률은 무처리 롤러의 경우 1.3~2.5%로 절단률이 매우 저조하였으며, 2mm철사를 감은 롤러는 1.9~5.0%, 3mm 우레탄 튜브를 감은 롤러는 8.6~12.2%, 3mm 동선을 감은 롤러는 6.3~8.8%로 나타나 롤러의 틈새를 작게 할수록 손상률은 커지는 경향으로 나타났는데 주로 이는 롤러 사이로 양과의 줄기가 말려들어가면서 양과의 구가 늘리는 현상 때문이었다.

줄기 절단된 양과의 평균 줄기길이는 무처리 롤러의 경우 6.5~6.6cm로 절단률이 매

우 저조하였으며, 2mm철사를 감은 롤러는 6.2~6.5cm, 3mm 우레탄 튜브를 감은 롤러는 6.1~6.2cm, 3mm 동선을 감은 롤러는 5.5~5.6%로 나타나 저장용 양파의 적정 줄기 길이인 4~6cm보다는 약간 길게 나타났다.

저장용 양파의 적정 줄기길이인 4~6cm로 잘린 양파의 비율을 살펴보면 이송속도에 의한 차는 없었으며, 롤러의 처리 방법에 따라 무처리 롤러의 경우 약 13.8~16.3%, 2mm 철사를 감은 롤러는 23.1~30.0%, 3mm 우레탄 튜브를 감은 롤러는 39.7~40.6%, 3mm 동선을 감은 롤러는 57.5~58.8%로 나타나 롤러의 틈새를 작게 할수록 정상 줄기 절단 양파의 비율이 커지는 경향을 보였다.

표 3.3-12. 양파 구의 손상률, 평균 절단길이 및 절단길이별 분포

롤러 타입	이송장치 이송속도 (m/s)	구의 손상률 (%)		줄기 절단길이 (cm)		줄기 절단길이별 분포 (%)					
		Ave.	S.D.	Ave.	S.D.	4~6cm		6~8cm		>8cm	
						Ave.	S.D.	Ave.	S.D.	Ave.	S.D.
무처리 또는 튜브	0.54	2.5	±1.3	6.5	±1.2	16.3	±3.2	23.1	±6.3	5.6	±5.2
	0.34	1.3	±1.8	6.6	±1.3	13.8	±1.8	27.5	±7.1	5.0	±0
2mm 철사	0.54	1.9	±1.3	6.5	±1.1	23.1	±6.6	21.9	±7.2	6.9	±2.4
	0.34	5.0	±2.0	6.2	±1.0	30.0	±13.7	25.0	±4.6	3.1	±3.8
3mm 우레탄 튜브	0.54	12.2	±6.1	6.1	±1.1	40.6	±10.6	22.9	±10.3	5.6	±4.8
	0.34	8.6	±5.5	6.2	±1.4	39.7	±16.0	25.0	±9.7	5.6	±5.4
3mm 동선	0.54	6.3	±1.8	5.5	±1.2	57.5	±0	20.0	±3.5	1.3	±1.8
	0.34	8.8	±1.8	5.6	±1.1	58.8	±1.8	13.8	±1.8	1.3	±1.8

#### 4) 개선점

본 롤러식 양파 줄기절단장치의 성능 시험 결과 롤러의 틈새가 커서 특히 함수율이 낮은 양파의 줄기의 경우 양파 줄기가 정상적으로 유도되는 비율이 낮게 나타났다, 롤러로의 동력전달이 복잡하고 작동 중 진동과 소음이 심하여 롤러의 틈새 유지가 어려웠다. 또한 일부 함수율이 높고, 줄기가 긴 양파의 줄기가 롤러 사이로 말려 들어가는 경우 절단이 되지 않고 롤러에 감기는 경우가 있어 롤러의 회전 시 부하가 걸리는 문

제점이 발생하였다.

롤러가 양파 줄기를 잘 유도하더라도 절단날에서 순간적으로 부딪쳐 미절단 상태로 넘어가는 양파가 발생하여 양파줄기를 잘 유도할 수 있도록 절단 날 전방에 줄기 유도 가이드를 부착하는 것이 바람직한 것으로 보인다.

전반적으로 줄기절단 장치의 롤러 무게가 무겁고 동력전달이 복잡하며, 진동과 소음이 심하고, 줄기 절단률, 양파 손상률 등 성능도 높일 필요가 있어 자주식 양파수집기에 채용하기 위해서는 많은 개선이 필요한 것으로 판단되었다.

## 5) 결론

자주식 양파수집기에 사용할 수 있는 효과적인 양파 줄기절단장치 개발의 기초를 마련하고자 왕복동 절단 날이 부착된 롤러식 줄기절단장치를 설계 제작하여 롤러 형태, 롤러 양파 이송 속도에 따른 줄기 절단률과 줄기 손상률, 평균 절단 줄기길이 및 줄기 길이별 분포를 조사하였다.

실험 결과 양파 줄기 절단률을 최대 87.5%로 나타냈으나 양파 손상률은 6.3%, 적정 길이로 절단된 양파의 비율은 57.5%로 나타났다. 전반적으로 줄기절단 장치의 롤러 무게가 무겁고 동력전달이 복잡하며, 진동과 소음이 심하고, 줄기 절단률, 양파 손상률 등 성능도 높일 필요가 있어 자주식 양파수집기에 채용하기 위해서는 많은 개선이 필요한 것으로 보인다.

### 나. 송풍식 양파 줄기절단장치

#### 1) 송풍식 양파 줄기절단장치 설계 제작

그림 3.3-24은 제작된 양파 줄기절단장치의 구조와 외관을 나타낸 것이다.

양파 줄기절단장치의 줄기절단 과정은 그림에서와 같이 양파 투입구를 통해 투입된 양파가 이송장치에 의해 절단 커터로 이송되면 절단커터 시작지점 아래에 설치된 송풍기를 통해 상향으로 바람을 불어주어 양파의 줄기가 상향으로 일어서도록 자세를 잡게 한 후 절단 커터가 줄기를 절단하도록 설계하였다.

양파 줄기절단장치의 주요 구조는 양파 투입구, 이송장치, 절단장치, 송풍장치, 배출구, 구동 엔진, 모터 및 동력전달장치, 프레임 및 지지부 등으로 구성하였으며 전체 크기는 높이 1,690mm, 길이 2,510mm, 폭 1,600mm이다.



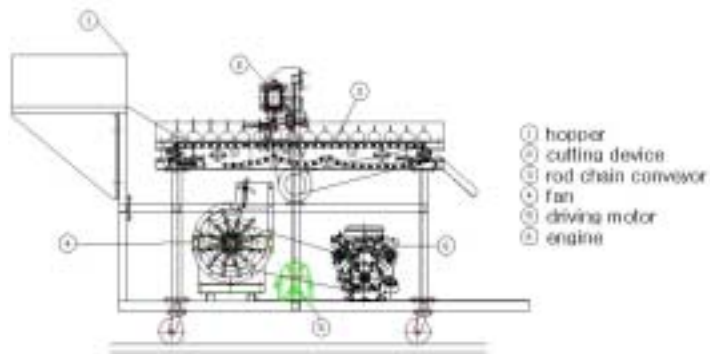


그림 3.3-24. 실험용 송풍식 줄기 절단장치의 구조도

양과 이송장치는 로드체인 이송장치로 전체 이송 길이는 1,500mm, 이송 폭은 1,100mm로 제작하였는데 체인은 피치가 15.87mm인 #50 체인을 이용하였고, 직경 12.5mm 로드를 35mm 간격으로 설치하였다. 이송장치의 이송속도는 약 0.5m/s로 고정하여 실험을 실시하였다.

그림 3.3-25는 절단장치를 나타낸 것으로 현재 국내 자탈형 콤바인에서 사용되고 있는 D회사의 왕복동 절단 커터를 사용하였는데 높이 145mm, 폭 50mm의 절단날 24개를 연결한 구조로 전체 폭은 1,220mm이다. 절단장치의 평균 절단속도는 약 0.6m/s로 하였고 절단속도비는 1.2이었다. 또한 이송장치와 절단 커터의 간격은 실험에 사용한 양과 구의 평균 크기가 약 4.8cm이므로 절단된 줄기의 길이가 5~6cm가 되도록 100mm로 설정하였다.

양과 줄기의 자세를 잡기 위한 송풍기는 K회사의 원심식 송풍기를 사용하였다. 송풍기 배출구의 단면적은 113\*116mm로 구동 엔진의 회전속도를 조정하여 풍속을 조절하였는데 바람의 최대 풍속은 약 42m/s였다. 송풍기의 배출구는 이송장치 앞부분으로부터 415mm 뒤, 절단장치 아래에 설치하였다.



그림 3.3-25. 절단장치의 구조

## 2) 성능 실험

### 가) 실험 재료

줄기 절단장치의 실험은 2006년 5월 16일과 17일에 걸쳐 실시하였는데 실험에 사용된 양과는 전남 해남에서 생산된 조생종 양과 품종인 505호를 3주 동안 자연 건조시켜 사용하였다. 사용된 양과의 평균 무게와 직경은 각각 118.9g(표준편차  $\pm 33.5$ g), 5.9cm(표준편차  $\pm 0.7$ cm)이고, 줄기와 잎 부분의 함수율은 7.9%였다.

### 나) 실험내용 및 방법

실험은 양과의 크기, 송풍기 풍속에 따른 양과 줄기절단률, 양과손상률, 평균 절단 줄기길이 및 절단 줄기길이별 분포를 조사 분석하였으며 수준별로 20개씩 3반복 실험을 실시하였다.

양과의 크기는 구의 최대직경 5.0cm를 기준으로 대, 소 2수준으로 구분하였는데 대 수준의 양과의 평균 무게와 직경은 각각 140.8g(표준편차  $\pm 21.7$ g), 5.6cm(표준편차  $\pm 0.5$ cm)였고, 소 수준의 평균 무게와 직경은 각각 85.5g(표준편차  $\pm 16.5$ g), 4.4cm(표준편차  $\pm 0.3$ cm)였다. 송풍기 풍속은 구의 최대직경 5.0cm 약 110g의 양과가 이송장치에서 약간씩 움직여 자세를 잡을 풍속인 37m/s와 42m/s 2수준 풍속으로 실험을 수행하였다.

## 3) 성능시험 결과

### 가) 양과 줄기 절단률

표 3.3-13은 줄기 절단장치에 의해 절단된 양과 줄기 절단률을 나타낸 것이며, 그림 3.3-26은 절단된 양과의 줄기 모양을 나타낸 것이다.

표에서와 같이 송풍기 풍속을 42m/s로 설정한 경우는 양과의 크기에 관계없이 100%의 절단률을 나타내었다. 그러나 풍속이 37m/s로 떨어진 때는 양과의 크기가 큰 경우

는 78.3~81.7%, 작은 경우는 80~90%의 절단률을 하락하였다. 이는 37m/s의 풍속은 작은 크기의 양파를 움직일 수 있는 충분한 풍속이었으나 줄기를 상향으로 불어 올리는 동압에 의한 부력이 부족하여 절단률이 떨어지는 것으로 보인다. 한편 실험 중 양파 손상률은 없는 것으로 나타났다.



그림 3.3-26. 절단된 양파 줄기의 사진

표 3.3-13. 양파 줄기 절단률

크기	풍 속 (m/s)	양파 절단률(%)	
		Ave.	S. D.
대 (직경>5.0cm)	42	100	±0.0
		100	±0.0
	37	81.7	±7.6
		81.7	±7.6
소 (직경<5.0cm)	42	100	±0.0
		100	±0.0
	37	90	±5.0
		90	±0.0

나) 절단 줄기길이

표 3.3-14는 양파의 크기, 송풍기 풍속에 따른 양파의 평균 절단 줄기길이와 절단 줄기길이의 분포를 나타낸 것이다.

표에서와 같이 송풍기 풍속이 42m/s의 경우 평균 절단 줄기길이는 큰 양파는 7.6~7.8cm, 작은 양파는 7.8~7.9cm로 절단률은 우수하였지만 적정 절단 줄기길이인 4~6cm 보다 전반적으로 길게 잘린 것으로 나타났다. 이는 양파의 평균 직경과 절단날 사이의 간격 100mm를 고려해볼 때 절단 시 자세가 기울어진 양파의 비율이 높아 약간

길게 잘린 것으로 판단된다. 따라서 양파의 자세를 바르게 하여 절단장치에 양파를 공급할 수 있도록 하는 것이 필요하였다. 송풍기의 풍속이 37m/s인 경우의 평균 절단 줄기길이는 큰 양파는 8.3~8.6cm, 작은 양파는 8.7~8.8cm로 나타나 풍속이 42m/s인 경우 보다 더 길게 잘렸는데 이는 풍속 감소에 따른 부력이 작아 양파 줄기가 충분히 절단장치에 곧게 들어가지 못하였기 때문이었다.

절단 줄기길이의 분포를 살펴보면 송풍기 풍속이 42m/s의 경우 적정 길이인 4~6cm의 비율이 큰 양파는 13.3~18.3%, 작은 양파는 8.3~13.3%로 나타났으며, 송풍기의 풍속이 37m/s인 경우는 적정 길이인 4~6cm의 비율이 큰 양파는 4.1~14.3%, 작은 양파는 1.9~5.6%로 나타나 매우 저조한 성능을 보였다. 그러나 풍속이 42m/s의 경우는 양파의 크기와 자세를 고려하여 절단날의 높이를 양파의 평균직경 보다 2~3cm 크게 조정할 경우 적정 절단 줄기길이의 양파비율이 크게 향상될 것으로 판단된다.

표 3.3-14. 줄기 절단길이 및 절단길이별 분포

크기	풍 속 (m/s)	절단 줄기길이 분포(%)			절단 줄기길이(cm)	
		4~6cm	6~8cm	above 8cm	Ave.	S. D.
대 (직경>5.0cm)	42	18.3	43.3	38.3	7.6	±1.9
		13.3	41.7	45.0	7.8	±1.6
	37	14.3	20.4	65.3	8.6	±1.9
		4.1	40.8	55.1	8.3	±1.6
소 (직경<5.0cm)	42	13.3	43.3	43.3	7.8	±1.6
		8.3	46.7	55.0	7.9	±1.4
	37	5.6	31.5	63.0	8.7	±1.7
		1.9	37.0	61.1	8.8	±1.6

#### 4) 개선점

본 실험 장치의 성능 시험 결과 양파 줄기가 절단장치까지 이동하면서 자세를 잡을 수 있도록 충분한 동압을 발생시킬 수 있는 풍속과 함께 바람이 배출면적을 크게 하여 풍량을 충분히 확보할 수 있는 송풍기의 선정이 매우 중요하다고 판단되었다. 왕복동 절단장치를 사용할 경우 고정 날에 줄기가 부딪혀 구부러짐으로 인해 절단 줄기길이가 길어지는 현상을 방지하기 위하여 줄기 유도 가이드가 필요하며, 절단속도비를 충분히

크게 하여 절단 부위가 깨끗이 잘리도록 할 필요가 있었다. 양파의 절단 줄기길이를 적정하게 유지시키기 위해서는 양파의 크기와 양파의 자세에 맞추어 절단 날의 높이를 조절할 수 있도록 개선할 필요가 있는 것으로 나타났다.

#### 5) 결론

본 연구는 자주식 양파수집기에 채용할 수 있는 효율적인 송풍식 양파 줄기절단장치 개발의 기초를 마련하고자 송풍식 줄기절단 실험장치를 설계 제작하여 성능실험을 수행하였다.

실험 결과 풍속 42m/s에서는 양파 줄기절단률 100%, 평균 절단 길이 7.8cm로 나타났으며, 양파의 크기와 양파의 자세에 맞추어 절단 날의 높이를 조절할 경우 적정 절단 줄기길이 양파의 비율은 크게 향상될 것으로 판단되어 자주식 양파수집기의 양파 줄기절단장치로 활용이 가능할 것으로 보인다.

## 제4절 자주식 양파수집기 개발을 위한 통합시작기 구성

### 1. 시작기 설계제작

기초조사와 설계 요인 시험에서 구명된 인자를 바탕으로 그림 3.4-1의 ① 양파 줄기 절단장치, ②차 컨베이어 이송장치, ③ 양파 수집장치를 통합하여 수집, 흙 분리, 이송, 적재, 배출의 일관작업 가능한 자주식 양파수집기의 통합 시작기를 설계·제작하였다.

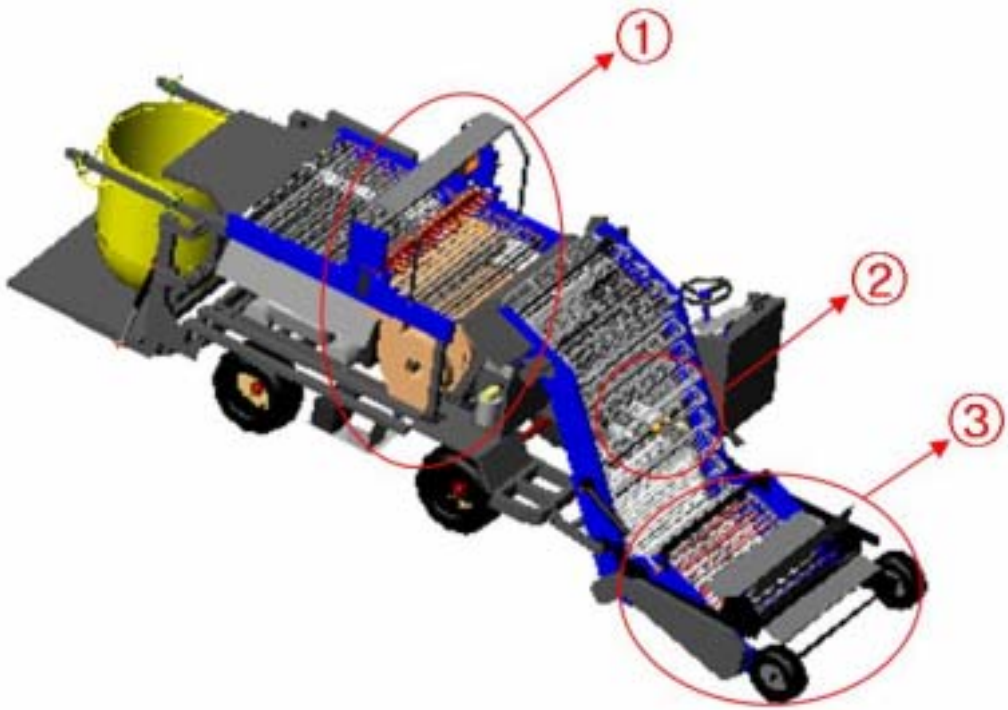


그림 3.4-1. 통합시스템의 구성

시작기는 수확시기에 달한 양파를 인력으로 뽑아 큐어링을 위해 충분히 노지 건조한 양파를 수집하면서 줄기를 절단하고 적재하는 형태로 유입릴에 의해 양파를 수집 컨베이어 이송장치 위로 올려놓으면, 수집 컨베이어 이송장치는 흙과 양파를 이송하는 동안 흙은 파쇄하여 제거함과 동시에 감자를 2차 컨베이어 이송장치로 이송한다.

2차 컨베이어 이송장치의 돌출된 러그위에 양파와 흙이 얹혀져 상부로 이송되고 다시 3차 이송컨베이어에 의해 이송되면서 송풍에 의해 줄기는 위쪽으로 유도되면 핑거형 줄기절단날에 의해 줄기는 절단된다. 절단된 줄기와 이송되어진 이물질은 송풍에 의

해 날려보내지고 양과만 톤백에 담겨지게 된다. 톤백에 담겨진 양과가 가득차게 되면 유압장치에 의해 배출하는 시스템으로 구성하여 제작하였다.

통합 시작기의 제원은 표 3.4-1과 같다.

- ① 유입릴    ② 수집 컨베이어 이송장치    ③ 2차 이송 컨베이어    ④ 3차 이송 컨베이어  
⑤ 출기절단장치    ⑥ 절단높이 조절장치    ⑦ 톤백    ⑧ 톤백 걸이    ⑨ 적재대  
⑩ 엔진    ⑪ 송풍기    ⑫ 운전부    ⑬ 굴취깊이 조절용 실린더    ⑭ 미륵

그림 3.4-2. 시작기 구조

표 3.4-1. 시작기의 제원

구 분		제 원	
기 체	길이×폭×높이(mm)	6,220(4,400)×2,300×2,230	
	중량(kg)	2,780	
엔 진	형식	수냉식 디젤엔진	
	최대출력/회전수(rpm)	55.2ps/2,800	
	시동방식	전기시동식	
	배기량(cc)	2.607	
주행부	주행형식	4륜구동, 4륜조향(2륜조향 선택가능)	
	조향형식	유압식	
	변속단수	전진2단 후진 2단	
	클러치 형식	건식 다판 마찰식	
	브레이크 형식	유압 디스크식	
	축거×윤거(mm)	1,590×1,250	
	타이어 규격	26 " ×10.00-12pr, Max load : 980Kg	
굴취부	수집방식	회전릴 + 체인컨베이어식	
	굴취폭(mm)	1,160	
	굴취깊이(mm)	100 이내	
이송부	이송방식	러그부착 체인 컨베이어	
줄기절단부	절단방식	송풍정렬 + 핑거형 절단날	
	송풍기	형식	4륜 터보송풍 + 에어커트
		회전수(rpm)	4,100
수집부	수집방식	톤백(500Kg)	
	배출방식	유압	





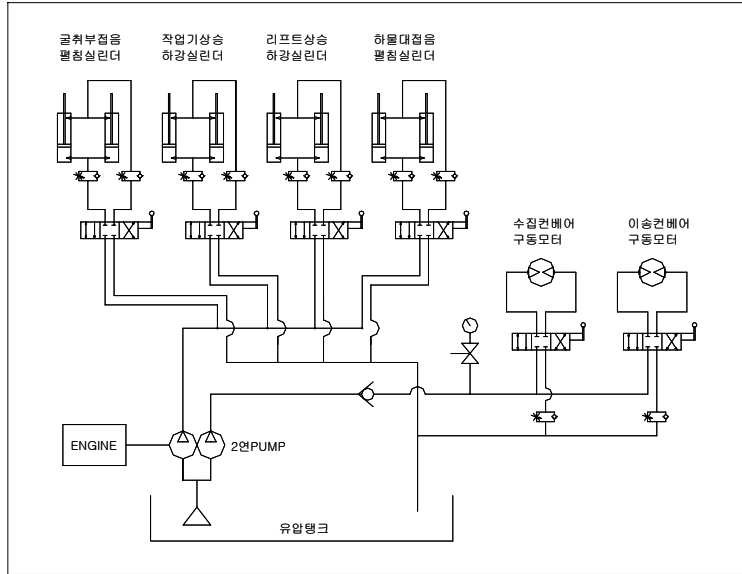


그림 3.4-4. 유압회로도

가. 주행부

양파수집기 개발을 위한 주행부는 기초조사와 설계요인 구명시험 결과를 토대로 4륜 구동식 차륜형으로 설계 제작하였다.



그림 3.4-5. 제작된 주행부





그림 3.4-7. 운전석과 계기판

주행형식은 기계식 밧손 4륜구동식, 조향방식은 핸들식, 2륜 또는 4륜 조향형으로 작업시는 선회반경을 줄이기 위하여 4륜조향식으로 하고 도로주행시는 안전을 위해 2륜 조향을 선택해서 하도록 하였다. 2륜조향의 경우 선회반경은 4.4 m 였으나 4륜조향을 하면 선회반경은 1.7 m 로 작아지므로 작업시는 4륜조향이 유리하다.

클러치 형식은 건식 단판마찰식, 브레이크 형식은 건식 디스크식, 변속단수는 전진 6 단, 후진 2단으로 하였다. 차륜은 최대하중 980 kg용을 사용하여 최대하중 3,920kg 으로 하였다. 엔진은 55마력 직립형 수냉 4기통 4짜이클 디젤엔진을 탑재하였다. 연료탱크의 용량은 42 L 로 하였다. 양과수집기의 모든 조작은 운전석에서 운전자가 모두 조작이 가능하도록 하였다.

#### 나. 양과 수집부

양과 수집부는 경사진 블레이드 형태의 굴취날로서 양과 수집 및 이송장치의 전면에 위치하여 토양과 최초로 접촉하는 부분으로서 논양과와 밭양과의 조건에 따라 탈부착이 가능하도록 착탈형으로 제작하였다. 또한 굴취날은 토양 절단 시 견인부하를 최소화 하기 위해 굴취날의 전면 진입부를 썸머 형태의 좌·우 대칭인 2쌍으로 구성하였고, 굴취날 각도는 26°, 굴취날의 폭은 양과의 유입량을 감안하여 1,100 mm로 설계, 제작하였다.

굴취날을 통해 토양과 함께 수집된 양과는 수집 컨베이어 이송장치로 보내지고, 이송장치 위로 올려진 양과와 토양덩어리는 파쇄되면서 제거되고 양과는 2차 이송컨베이어로 이송되어지게 된다.

수집 컨베이어 이송장치는 설계요인시험 결과를 바탕으로 철제 원형봉을 체인 형태로 연결한 방식으로서 원형봉은 직경이 12 mm이고, 길이가 1,100 mm로서 원형봉의 양 끝은 체인 형태로 연결하여 이송중에 토양은 원형봉 사이로 떨어져 제거되고 양파만 이송될 수 있도록 하였으며, 수집 컨베이어 이송장치의 봉 간의 피치는 50.8 mm, 속도는 0.35 m/s, 이송각도는 19°, 수집 컨베이어와 유입릴과의 속도비는 1 : 1.2로 제작하였다.

양파의 유입을 원활하게 하기위한 유입릴은 고무경도 50의 고무판 4개가 회전하도록 하였다.



그림 3.4-8. 양파 수집부 구조

#### 다. 2차 컨베이어 이송장치

수집 컨베이어 이송장치를 통과한 양파는 최종적으로 양파 적재함에 적재되어야 한다. 그러나 양파가 이송되는 수집 컨베이어 이송장치의 끝단의 높이는 양파 적재함의 투입구에 비해 매우 낮은 위치에 있다. 따라서 수집 컨베이어 이송장치를 통과한 양파가 적재함에 적절히 적재되기 위해서는 수집 컨베이어 이송장치의 경사각을 크게 하여 수집 컨베이어 이송장치의 끝단 높이를 양파 적재함의 투입구 위치보다 높게 하여야 한다. 그러나 경사각이 너무 클 경우에는 수집부에 의해 수집 컨베이어 이송장치에 올려진 양파가 미끄러져 2차 이송장치를 통해 이송될 수 없다. 또한 경사각을 작게 할 경우에는 수집 컨베이어 이송장치의 이송 구간을 길게 해야 하는데, 이 경우에는 양파수



집기의 길이 및 무게가 너무 커지게 되어 실제 포장에서 운용하는데 어려움을 초래하게 된다.

따라서 수집 컨베이어 이송장치의 경사를 적정 경사각으로, 그리고 이송길이를 짧게 유지하면서 수집 컨베이어를 통과한 양파가 수집 컨베이어의 끝단보다 높은 곳에 위치한 양파 적재함에 수거되기 위해서는 수집 컨베이어 이송장치를 통과한 양파를 양파 적재함보다 높은 위치로 이동시킨 후 적재함에 떨어뜨릴 수 있는 2차 컨베이어 이송장치를 제작하였다. 2차 컨베이어 이송장치는 적재함까지 양파를 이송해야 하므로 수직형으로 구성되어 각도가 클 수밖에 없으므로 이송 중에 양파가 떨어지지 않도록 컨베이어에 러그를 설치하였다. 러그는 기초조사에서 나타난 양파의 최대크기 120mm 까지 이송할 수 있도록 러그의 크기를 105mm로 제작하였다.



그림 3.4-9. 2차 이송장치 구조

#### 라. 줄기절단장치

그림 3.4-10은 양파 줄기절단장치부의 구조를 나타낸 것이다. 양파 줄기절단장치부의 줄기절단 과정은 1차 배출슈트를 통해 수직 이송장치에서 이송된 양파가 수평 이송장치로 투입되게 된다. 투입된 양파는 이송장치에 의하여 이송되어 절단커터 아래에 설치된 송풍기를 통해 상향으로 바람을 불어주면 양파의 줄기가 수직방향으로 일어서도록 자세를 잡게 한 후 절단커터로 줄기를 절단한 후 2차 배출슈트를 통해 톤백에 수집하

도록 설계하였다.

양파 줄기절단장치의 주요 구조는 양파 투입구, 수평 이송장치, 절단커터, 절단 줄기 배출부, 송풍장치, 절단 양파 배출관, 유압 모터 및 동력전달장치, 프레임 및 지지부 등으로 구성되었으며 전체 크기는 높이 1,880mm, 길이 2,140mm, 폭 1,600mm이다.

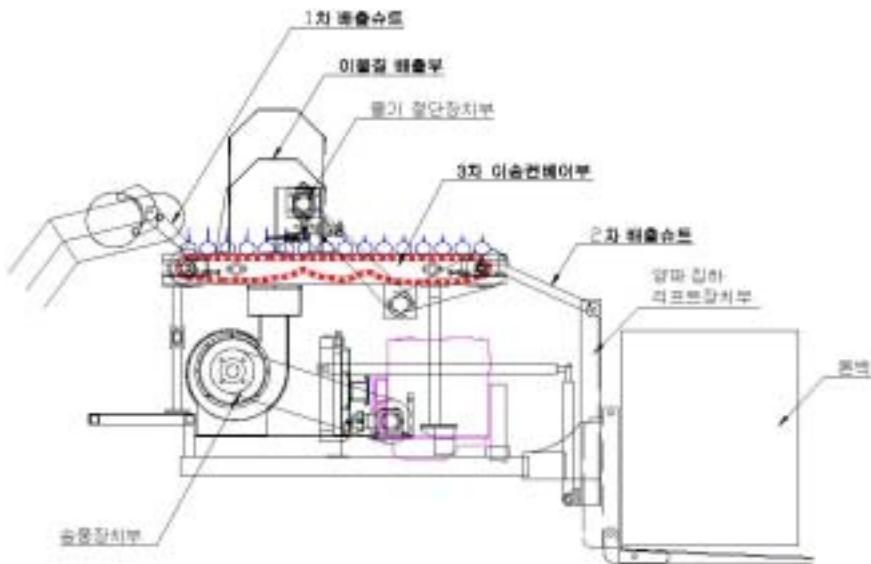
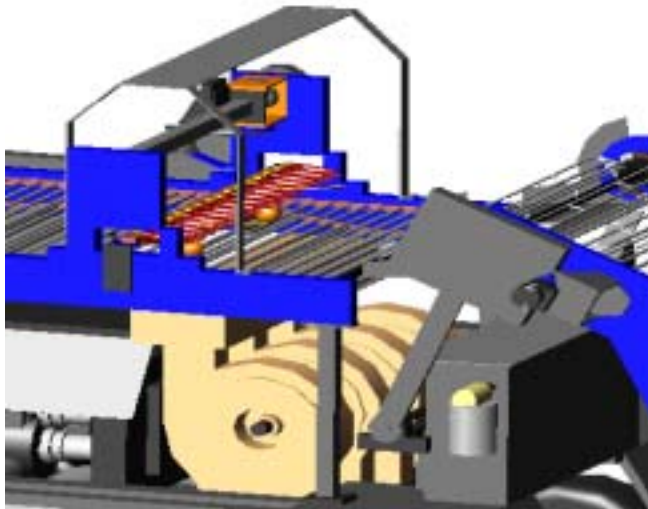


그림 3.4-10. 줄기절단장치의 구조도

### 1) 양파 투입구

굴취부에서 굴취된 양파가 수직 이송장치를 통해 이송되어 수평 이송장치로 운반되는 중간에 245mm의 높이 차가 발생하여 양파의 손상이 생길 것을 방지하고 양파가 수직 이송장치에서 수평이송장치로 굴러 내려가면서 자세를 잡아주기 위해 투입구(1차배출슈트)를 설치하였다. 양파 투입구는 가로 1,650mm, 세로 285mm, 높이 85mm의 크기로 설계하였고, 투입구에 투입된 양파가 적체되는 것을 방지하기 위해 수직 이송장치와의 연결부에 스프링을 연결하여 수평 이송장치가 회전 운동을 하면서 투입구의 하단에 충격을 주어 진동을 발생하도록 하여 원활한 투입이 이루어지도록 설계하였다. 또한 투입구는 직사각형 형태가 아닌 투입구 시작부위가 끝부분보다 넓은 사다리꼴 형태로 제작하여 수직 이송장치에서 이송되는 양파의 투입량이 많아져도 수용 가능하도록 하였다.

### 2) 수평 이송장치



그림 3.4-11. 이송장치의 구조도

투입구를 통해 이송된 양파의 줄기를 절단장치의 절단커터에 의해 절단된 후 배출구를 통해 적재부로 이송되도록 하기 위하여 수평 이송장치를 설계 제작하였다. 양파 이송장치는 로드체인 이송장치로 전체 이송 길이는 1,500mm, 이송 폭은 1,100mm로 제작하였다. 이송장치에 사용된 체인은 피치가 15.87mm인 #50 체인을 이용하였고, 직경 12.5mm 길이 1,170mm 로드를 35mm 간격으로 설치하였다. 이송장치는 유압모터에 의하여 구동되는데 이송속도 조절을 위하여 유량조정밸브를 설치하였다. 이송속도는 엔진



1,800rpm에서 최대 0.35m/s까지 가능하였다.

### 3) 절단 장치



그림 3.4-12. 절단커터의 구조도

양파 줄기 절단장치에 사용된 절단 커터는 현재 국내 보통형 콤바인에서 사용되고 있는 A회사의 핑거형 절단 커터를 사용하였는데 높이 145mm, 폭 50mm의 절단날 24개를 가로 60mm, 세로 1,245mm의 받침대에 연결한 구조로 전체 절단 날의 폭은 1,200mm로 설계하였다. 또한 절단 날 위에 높이 180mm, 폭 20mm의 절단 가이드 24개를 설치하여 이송장치에 의해 이송되는 양파의 줄기가 절단 날에 원활히 유도되도록 제작하였다. 절단장치의 절단속도는 수평이송장치와 연동되어 구동되도록 설계하였는데 수평 이송장치가 0.2m/s일 때 절단커터는 약 0.36m/s, 수평 이송장치가 0.25m/s일 때 절단커터는 약 0.44 m/s, 수평이송장치가 0.3m/s일 때 절단커터는 약 0.52m/s의 속도로 절단하도록 하여 절단속도비는 약 1.8이었다. 절단커터의 위치는 수평이송장치의 시작 위치에서 후방으로 410mm에 위치하도록 하여 투입구에서 투입된 양파가 송풍기에 의해 줄기가 상향으로 충분히 자세를 잡을 수 있도록 하였다. 또한 이송장치와 절단 커터의 간격은 100mm로 설정하였다.

### 4) 송풍장치

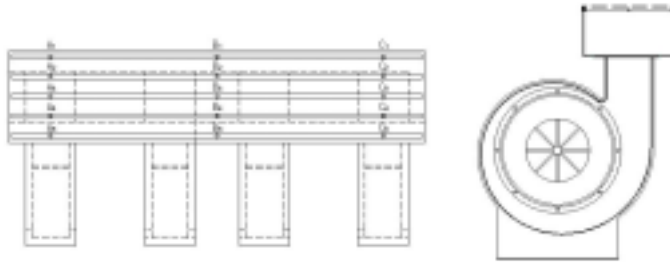


그림 3.4-13. 송풍기의 구조도

수평 이송 장치에 의해 이송되는 양파의 줄기를 절단커터로 절단하기 위해 양파 줄기의 자세를 상향으로 잡아 주기 위해 사용한 송풍기는 K회사의 원심식 터보 송풍기 4개를 사용하였다. 송풍기의 팬은 450의 크기로 8개의 임펠러가 회전하면서 바람을 발생시키는 구조이다. 송풍기의 위치는 이송되는 양파가 절단커터에 도달하기 전에 줄기가 상향으로 자세를 잡도록 해야 하기 때문에 절단 커터보다 95mm 전방에서 시작 지점이 위치하도록 설계하였다. 또한 송풍기 출구에 1,150mm x 590mm x 690mm의 바람통을 설치하고 바람통에 그림에서와 같이 20mm x 1,100mm 슬롯을 5개 설치하여 풍속을 크게 함으로써 양파 줄기가 잘 세워지도록 하였다. 송풍기의 풍속은 구동 엔진의 회전속도에 따라 다르게 나타나는데 엔진회전속도 1,200, 1,500, 1,800rpm에서의 송풍기 바람통 슬롯에서 발생하는 풍속은 표 3.4-2과 같았다.

표 3.4-2. 5개 슬롯의 풍속 분포

(unit:m/s)

Engine speed (rpm)	Slot position					
	A		B		C	
1,200	$A_1$	27.7	$B_1$	22.1	$C_1$	28.7
	$A_2$	24.1	$B_2$	26.2	$C_2$	29.7
	$A_3$	26.2	$B_3$	26.8	$C_3$	26.6
	$A_4$	29.7	$B_4$	24.4	$C_4$	26.3
	$A_5$	26.3	$B_5$	27.8	$C_5$	24.1
1,500	$A_1$	38.4	$B_1$	33.5	$C_1$	38.2
	$A_2$	34.3	$B_2$	39.2	$C_2$	36.0
	$A_3$	36.7	$B_3$	32.6	$C_3$	34.8
	$A_4$	35.3	$B_4$	32.4	$C_4$	34.4
	$A_5$	33.1	$B_5$	31.8	$C_5$	36.3
1,800	$A_1$	42.7	$B_1$	34.5	$C_1$	42.4
	$A_2$	41.3	$B_2$	37.2	$C_2$	41.9
	$A_3$	40.6	$B_3$	36.5	$C_3$	43.1
	$A_4$	40.3	$B_4$	34.6	$C_4$	42.8
	$A_5$	38.8	$B_5$	34.4	$C_5$	40.4

##### 5) 적재부

적재부는 적재판 위에 톤백을 걸이대에 걸어 적재한다. 줄기절단장치에서 줄기는 절단되어 밖으로 배출되고 양파만 톤백에 수집된다. 배출부에서 양파가 톤백에 떨어질 때 손상발생을 최소화 하기 위하여 유압실린더를 이용하여 높이를 높여서 배출부와 톤백과의 간격을 최소화 하고 양파가 쌓이면 적재판을 내릴수 있도록 제작하였다. 톤백 걸이대는 톤백의 4곳을 걸수 있도록 하고 이동시에는 적재판을 접을 수 있도록 걸이대를 슬라이딩 하는 구조로 제작하였다.

배출시에는 적재판의 각도를 유압으로 조절하여 톤백을 배출하도록 하였다.



그림 3.4-14. 적재함

## 2. 시작기 양파 줄기절단장치 성능시험

### 가. 재료 및 방법

#### 1) 실험 재료

줄기 절단장치의 실험은 2006년 7월 14, 15일에 전남대학교 농업기계실험실에서 실시하였고 실험에 사용된 양파는 전북 부안에서 생산된 코레콘(주)에서 수입한 일본 양파 품종인 카타마루를 10일 동안 자연 건조시켜 사용하였다. 사용된 양파의 구의 평균직경은 각각 가로 8.1cm(표준편차  $\pm 1.5$ cm), 세로 6.5cm(표준편차  $\pm 1.1$ cm)이고, 줄기의 평균 직경은 0.84cm(표준편차  $\pm 0.28$ cm)이었다. 또한 사용된 양파의 평균 줄기 길이는 49.1cm(표준편차  $\pm 12.9$ cm)이고, 평균 무게는 300.3g(표준편차  $\pm 124.7$ g)이었다. 줄기와 잎 부분의 함수율은 9.2%였다.

#### 2) 실험내용 및 방법

실험은 표 3.4-3에서와 같이 엔진의 회전속도에 따른 송풍기의 풍속, 수평 이송장치의 이송속도, 양파 공급률에 따른 양파 줄기 절단률, 양파 손상률, 평균 절단 줄기길이 및 절단 줄기길이별 분포를 조사 분석하였으며 3반복 실험을 실시하였다.

표 3.4-3. 줄기절단장치 실험계획

변 수			분석 항목
엔진 회전속도 (rpm)	이송장치 이송속도 (m/s)	양과 공급률 <sup>1)</sup> (t/h)	
1,200	0.2	17.0(12*3), 12.8(9*4), 8.5(6*6)	* 양과 절단률 * 양과 구의 손상률 * 평균 줄기 절단길이 * 절단길이별 분포
	0.23	19.6(12*3), 14.7(9*4), 9.8(6*6)	
1,500	0.2	17.0(12*3), 12.8(9*4), 8.5(6*6)	
	0.25	21.3(12*3), 15.9(9*4), 10.6(6*6)	
	0.3	25.5(12*3), 19.1(9*4), 12.8(6*6)	
1,800	0.2	17.0(12*3), 12.8(9*4), 8.5(6*6)	
	0.25	21.3(12*3), 15.9(9*4), 10.6(6*6)	
	0.3	25.5(12*3), 19.1(9*4), 12.8(6*6)	

1) 괄호안 수치는 버킷당 양과수 \* 버킷수를 나타냄

송풍기는 엔진에 의해 직접 구동되도록 설계하였기 때문에 송풍기의 풍속은 엔진 회전수에 따라 다르게 나타나는데 엔진 회전속도를 1,200rpm, 1,500rpm, 1,800rpm의 세 수준으로 실험하였다. 이 때 송풍기 바람통 슬롯에서의 풍속은 위치에 따라 약간의 차이가 있지만 평균 풍속은 각각 26.4m/s(표준편차 ±2.1m/s), 35.1m/s(표준편차 ±2.3m/s), 38.6m/s(표준편차 ±2.3m/s)이었다.

수평 이송장치는 수집부의 수직 이송장치가 함께 단일의 유압펌프에 의해 병렬로 두 개의 유압모터로 연동 구동되는 구조로 되어있어 엔진의 회전수에 따라 이송속도가 제한되었다. 엔진 회전속도가 1,200, 1,500, 1,800rpm일 때 수평 이송장치의 최대 이송속도는 각각 0.23, 0.30, 0.35m/s로 나타나 실험에서는 수평 이송장치의 이송속도를 1,200rpm일 때는 0.20과 0.23m/s의 2 수준, 1,500rpm과 1,800rpm에서는 수평 이송장치의 이송속도를 0.20, 0.25, 0.30m/s의 3 수준으로 설정하여 실험하였다.

줄기 절단장치에의 양과 공급률은 수집부 수직 이송장치의 이송속도와 버킷에 담기는 양과의 양에 따라 다르게 나타난다. 수직 이송장치의 이송속도는 수평 이송장치의 속도와 같게 맞추어 실험하였고, 공급방법으로 버킷에는 버킷 당 최대 이송량인 12개씩 3버킷, 그리고 이 보다 적은 9개씩 4버킷, 6개씩 6버킷을 각각 공급함으로써 총 36개의

양파를 공급하여 실험하였다. 따라서 양파 공급률은 3수준의 이송속도에서 버킷당 12개씩, 9개씩, 6개씩 공급하면 0.2m/s의 이송속도에서는 각각 17.0, 12.8, 8.5t/hr, 0.23m/s에서는 각각 19.6, 14.7, 9.8t/hr, 0.25m/s에서는 각각 21.2, 15.9, 10.6t/hr, 0.3m/s에서는 각각 25.5, 19.1, 12.8t/hr로 실험을 수행하였다.

#### 나. 결과 및 고찰

##### 1) 양파 줄기 절단률

표 3.4-4은 줄기 절단장치에 의해 절단된 양파의 줄기 절단률을 나타낸 것이며, 그림 3.4-15은 절단된 양파의 줄기 모양을 나타낸 것이다.

엔진 회전속도에 따라 달라지는 송풍기 풍속이 양파 줄기 절단률에 미치는 영향을 살펴보면 엔진 회전수가 1,200rpm으로 송풍기 평균 풍속이 약 26.4m/s(표준편차  $\pm 2.1$ m/s)일 때 양파 줄기 절단률은 56.9~72.2%로 나타났으며, 엔진 회전수가 1,500rpm으로 송풍기 평균 풍속이 약 35.1m/s(표준편차  $\pm 2.3$ m/s)일 때는 65.3~84.7%로, 그리고 엔진 회전수가 1,800rpm으로 송풍기 평균 풍속이 약 38.6m/s(표준편차  $\pm 2.3$ m/s)일 때는 77.8~93.1%로 각각 나타났다. 따라서 송풍기의 풍속과 풍량이 커질수록 양파 줄기 절단률은 높아짐을 보였다.

송풍기의 풍속과 양파 공급률이 동일한 경우 수평 이송장치의 이송속도가 양파 줄기 절단률에 미치는 영향을 살펴보면 엔진 회전속도 1,500rpm, 양파 공급률 12.8t/h에서 이송속도가 0.2m/s일 때는 80.6%였으나 0.3m/s로 이송속도가 증가하였을 때는 77.8%로 약간 감소하였으며, 마찬가지로 엔진 회전속도 1,800rpm, 양파 공급률 12.8t/h에서 이송속도가 0.2m/s일 때는 89.0%였으나 0.3m/s로 이송속도가 증가하였을 때는 87.5.8%로 약간 감소하였다. 따라서 같은 송풍기의 풍속과 양파 공급률에서는 이송속도가 느린 것이 양파 줄기 절단률이 높은 것으로 보이며 이는 이송속도가 느릴수록 송풍기 바람에 의하여 양파 줄기가 제대로 자세를 잡을 기회가 크기 때문인 것으로 판단된다.

양파 공급률 변화에 따른 양파 줄기 절단률을 살펴보면 동일한 엔진 회전속도 즉 송풍기 풍속에서는 이송속도에 관계없이 양파 공급률이 적을수록 양파 줄기 절단률은 커지는 것으로 나타났다. 엔진 회전속도 1,200rpm에서는 송풍기 풍속이 작아 10t/h이하의 양파 공급률에서도 양파 줄기 절단률이 80%이하였으나, 엔진 회전속도 1,500rpm에서는 약 13t/h의 양파 공급률까지 80% 이상의 줄기 절단률을 유지할 수 있었으며, 엔진 회전속도 1,800rpm에서는 약 21t/h의 양파 공급률까지 80% 이상의 줄기 절단률을 유지

할 수 있을 것으로 보인다.

전반적으로 송풍기의 풍속과 풍량이 커질수록 양파 줄기 절단률이 향상되며, 송풍기의 풍속과 풍량을 양파가 뜨지 않을 정도로 늘리면 처리할 수 있는 양파의 물량은 약 25t/h까지 가능함을 알 수 있었다.



그림 3.4-15. 절단된 양파의 줄기 사진

표 3.4-4. 양파 절단률

변 수			양파 절단률(%)	
엔진 회전속도 (rpm)	이송장치 이송속도 (m/s)	양파 공급률 <sup>1)</sup> (t/h)	Ave.	S. D.
1,200	0.2	17.0(12*3)	59.7	±1.9
		12.8(9*4)	63.9	±0.2
		8.5(6*6)	72.2	±0
	0.23	19.6(12*3)	56.9	±1.9
		14.7(9*4)	62.5	±1.9
		9.8(6*6)	70.8	±1.9
1,500	0.2	17.0(12*3)	77.8	±3.9
		12.8(9*4)	80.6	±3.8
		8.5(6*6)	84.7	±1.9
	0.25	21.3(12*3)	70.8	±1.9
		15.9(9*4)	76.4	±1.9
		10.6(6*6)	81.9	±1.91
	0.3	25.5(12*3)	65.3	±1.9
		19.1(9*4)	77.8	±0.3
		12.8(6*6)	77.8	±3.9
1,800	0.2	17.0(12*3)	81.9	±1.9
		12.8(9*4)	89.0	±1.9
		8.5(6*6)	93.1	±1.9
	0.25	21.3(12*3)	80.6	±3.8
		15.9(9*4)	84.7	±1.9
		10.6(6*6)	91.7	±0.2
	0.3	25.5(12*3)	77.8	±3.9
		19.1(9*4)	81.9	±1.9
		12.8(6*6)	87.5	±1.9

1) 괄호안 수치는 버킷당 양파수 \* 버킷수를 나타냄

2) 절단 줄기길이

표 3.4-5는 엔진의 회전속도에 따른 송풍기의 풍속, 수평 이송장치의 이송속도, 양파 공급률에 따른 줄기 절단장치에 의하여 줄기 절단된 양파의 평균 줄기길이와 줄기길이의 분포를 나타낸 것이다.



표 3.4-5. 절단길이별 분포 및 평균 절단길이

변 수			절단길이별 분포(%)					절단길이 (cm)	
엔진 회전속도 (rpm)	이송장치 이송속도 (m/s)	공급률 <sup>1)</sup> (t/h)	<4cm	4~6cm	6~8cm	8~10cm	>10cm	Ave.	S.D.
1,200	0.2	17.0(12*3)	4.7	14.0	25.6	20.9	34.8	9.4	±3.9
		12.8(9*4)	4.3	17.4	21.7	21.7	34.9	9.1	±3.4
		8.5(6*6)	5.8	19.2	23.1	23.1	28.8	8.5	±3.3
	0.23	19.6(12*3)	4.9	14.6	24.4	26.8	29.3	9.1	±3.5
		14.7(9*4)	4.4	20.0	20.0	24.4	31.2	8.9	±3.6
1,500	0.2	17.0(12*3)	8.9	14.3	26.8	25.0	25.0	8.1	±2.9
		12.8(9*4)	8.6	18.9	29.3	25.9	17.3	7.9	±3.2
		8.5(6*6)	6.5	19.7	32.8	27.9	13.1	7.8	±3.2
	0.25	21.3(12*3)	13.7	15.7	25.5	21.6	23.5	8.4	±3.2
		15.9(9*4)	9.1	18.2	23.6	25.5	23.6	8.2	±3.7
		10.6(6*6)	11.9	16.9	23.7	30.5	16.9	8.1	±3.2
	0.3	25.5(12*3)	10.7	17.0	31.9	25.5	14.9	8.4	±3.5
		19.1(9*4)	7.1	23.3	26.8	21.4	21.4	8.3	±2.9
		12.8(6*6)	8.5	16.9	22.0	30.6	22.0	8.2	±3.4
1,800	0.2	17.0(12*3)	13.6	23.7	27.1	16.9	18.7	7.3	±3.3
		12.8(9*4)	13.8	24.6	26.2	18.5	16.9	6.9	±3.1
		8.5(6*6)	14.9	28.4	29.9	13.4	13.4	6.9	±3.0
	0.25	21.3(12*3)	15.5	25.9	24.2	15.5	18.9	7.7	±3.6
		15.9(9*4)	14.8	27.9	27.9	13.1	16.4	7.6	±3.4
		10.6(6*6)	13.6	28.9	30.3	13.6	13.6	7.1	±3.3
	0.3	25.5(12*3)	14.3	28.6	30.4	16.1	10.6	7.8	±3.5
		19.1(9*4)	15.3	25.4	27.1	16.9	15.3	7.6	±3.6
		12.8(6*6)	15.9	26.9	31.7	17.6	7.9	7.1	±3.3

1) 괄호안 수치는 버킷당 양과수 \* 버킷수를 나타냄

양과의 평균 줄기길이는 엔진 회전속도에 따라 엔진 회전수가 1,200, 1,500, 1,800rpm 일 때 각각 8.5~9.4, 7.8~8.4, 6.9~7.7cm로 나타나 송풍기의 풍속과 풍량이 커질수록 양과의 평균 줄기길이는 작아지는 것으로 나타났다. 송풍기의 풍속과 양과 공급률이 동일한 경우 수평 이송장치의 이송속도에 따른 절단 양과의 평균 줄기길이는 엔진 회전 속도 1,500rpm, 양과 공급률 12.8t/h에서 이송속도가 0.2m/s일 때는 7.9cm였으나 0.3m/s로 이송속도가 증가하였을 때는 8.2cm로 약간 증가하였으며, 마찬가지로 엔진 회전속도 1,800rpm, 양과 공급률 12.8t/h에서 이송속도가 0.2m/s일 때는 6.9cm였으나 0.3m/s로 이송속도가 증가하였을 때는 7.1cm로 약간 증가하였다. 따라서 같은 송풍기의 풍속과 양과 공급률에서는 이송속도가 느릴수록 절단 양과의 평균 줄기길이는 작아

지는 것으로 보인다. 양과 공급률 변화에 따른 절단 양과의 줄기길이는 동일한 엔진 회전속도에서는 이송속도에 관계없이 양과 공급률이 적을수록 작아지는 것으로 나타났다.

전반적으로 비교적 줄기 절단률은 우수하였지만 적정 절단 줄기길이인 4~6cm 보다 전반적으로 길게 잘린 것으로 나타났다. 이는 양과의 평균 직경과 절단날 사이의 간격 100mm를 고려해볼 때 절단 시 자세가 기울어진 양과의 비율이 높아 약간 길게 잘린 것으로 판단된다. 따라서 양과의 자세를 바르게 하여 절단장치에 양과를 공급할 수 있도록 송풍기의 풍속과 풍량을 크게 할 필요가 있었다.

절단 줄기길이의 분포를 살펴보면 적정 절단 길이인 4~6cm의 비율이 엔진 회전속도 1,200, 1,500, 1,800rpm에서 각각 14.0~20.0, 14.3~23.3, 23.7~28.9%로 나타나 송풍기의 풍속과 풍량이 큰 경우 적정 절단 길이의 비율이 높아졌으며, 같은 엔진 회전속도에서는 이송장치의 이송속도가 작을수록, 양과 공급률이 작을수록 적정 절단 길이의 비율이 높아지는 경향이었으나 큰 차이는 없었다.

전반적으로 적정 절단 길이의 비율이 매우 저조한 것으로 나타났으나 엔진 회전속도가 커질수록 송풍기의 풍속과 풍량이 증대되어 적정 절단 길이 부근의 분포 비율이 높아졌으므로 송풍기의 풍속과 풍량을 늘릴 경우 적정 절단 길이의 양과 비율은 크게 높아질 것으로 예상된다.

### 3) 개선점

본 시작기 양과 줄기절단장치의 성능 시험 결과 줄기 절단률과 적정 절단 줄기길이 양과 비율을 높이기 위해서는 양과가 줄기 절단장치까지 이동하면서 충분히 자세를 잡을 수 있도록 큰 동압을 발생시킬 수 있는 풍속과 함께 바람이 배출면적을 크게 하여 풍량을 충분히 확보할 수 있는 대용량 송풍기의 선정이 매우 중요하다고 판단되었다. 왕복동 절단장치에 의해 잘려진 줄기가 절단날 사이에 끼이지 않도록 절단날의 조정이 필요하였으며, 엔진 회전속도의 증가에 따른 소음과 진동 문제를 개선할 필요가 있는 것으로 나타났다.

### 다. 결론

자주식 양과수집기 시작기에 채용되어 있는 줄기 절단장치를 대상으로 엔진의 회전속도에 따른 송풍기의 풍속, 수평 이송장치의 이송속도, 양과 공급률에 따른 양과 줄기

절단률, 양과 손상률, 평균 절단 줄기길이 및 절단 줄기길이별 분포를 조사 분석하였다.

시작기의 양과 줄기 절단장치는 엔진 회전속도 1,800rpm에서 송풍기 평균 풍속 38.6m/s(표준편차  $\pm 2.3\text{m/s}$ ), 수평 이송장치 최대 이송속도 0.35m/s, 양과 공급률 최대 25.5t/h까지 처리 가능하였으며, 양과 공급률 21.3t/h까지 양과 줄기 절단률을 80% 이상 유지할 수 있었다. 적정 절단 줄기길이인 4~6cm의 양과 비율은 약 25% 내외로 매우 저조하게 나타났으나 보다 큰 풍속과 풍량을 확보할 수 있는 대용량 송풍기를 개선 채용하는 경우에는 적정 절단 줄기길이 양과의 비율은 크게 향상될 것으로 판단되었다.

### 3. 시작기 포장 성능시험

#### 가. 재료 및 방법

##### 1) 시험 포장 및 작물조건

자주식 양과 수확기 시작기의 포장 성능시험은 2006년 6월 15일에 전남 무안군 운남면 소재 풀빛영농 포장에서 실시하였다. 포장의 경사도는 3~8° 였으나 6° 이상에서는 작업이 불가능하여 실제 시험은 3~5° 에서만 실시하였다.

토성은 표 3.4-6에 나타난 바와 같이 토양함수율이 36.1%d.b.인 사양토 포장을 사용하고, 공시작물은 두둑폭 180cm, 골폭 30cm, 0.03mm 유공비닐로 피복재배한 포장에서 인력으로 수확 후 큐어링을 위해 6일간 노지건조한 상태의 천주대고 품종의 양과를 사용하였다.

표 3.4-6. 시험포장 조건

토 성	토양수분함량 (%, d.b)	깊이별 토양경도(kPa)			
		5cm	10cm	15cm	20cm
SL	36.1	588	861	1,341	1,920

또한 포장의 평균 양과의 무게와 개수를 조사하기 위해 5m 4구간을 설정하여 각각의 구간 내에 있는 양과를 조사하였다.

표 3.4-7. 5m 구간의 양과의 양

--	--	--	--

구간	양파의 총무게 ( kg )	양파 개수 ( 개 )	평균 양파무게 ( g )
1	56.9	259	219.7
2	69.1	312	221.5
3	73.7	311	237
4	68.7	298	230.5
평균 ( 표준 편차 )	67.1 ( ±7.2 )	295 ( ±24.8 )	227.3 ( ±8.1 )

시험에 사용된 양파는 조생종 동부한농 수퍼볼 품종을 사용하였는데 양파 구의 직경은 77.6mm(표준편차 ±1.1cm), 세로 64.3mm(표준편차 ±0.8cm)였고, 양파 줄기의 평균 직경은 6.8mm(표준편차 ±0.1cm)였다. 줄기와 일부분의 함수율은 21.3%,d.b(표준편차 ±2.1%)이었고 구의 함수율은 91.9%,d.b(표준편차 ±2.8%)였다.

표 3.4-8. 시험에 사용한 양파의 물성

구 분	줄 기			구				품 종
	길이(mm)	직경(mm)	함수율(%db)	직경(mm)	높이(mm)	무게(g)	함수율(%db)	
Ave.	321.0	6.8	21.3	77.6	64.3	214.1	91.9	동부한농 수퍼볼
Max.	392.9	9.0	23.5	101.1	92.0	412.5	93.2	
Min.	201.2	4.1	19.2	39.2	37.2	61.6	89.1	
S.D	5.2	0.1	2.1	1.1	0.8	81.29	2.8	



그림 3.4-16. 시험에 사용한 양파의 상태

## 2) 시험 내용 및 방법

시작기의 성능시험은 10m 구간내의 양파를 수집하여 줄기를 절단 한 후 톤백에 저장하는 방법으로 시험은 각각 10m의 구간에서 엔진 회전속도 1,200rpm, 1,500rpm, 1,800rpm의 속도로 주행을 하여 각각 3반복을 수행하였다. 시험 포장에서 9구간을 설정하고 시작기를 구동하여 10m를 주행해서 수집능률과 양파의 수집률 양파의 손상률, 줄기 절단장치부에서는 줄기 절단률, 절단길이 및 절단길이별 분포를 조사하였다.

작업능률은 운전자 1인과 톤백을 교체하는 보조작업자 1인이 작업하는 방식으로 20 m × 50 m 포장을 장방향으로 작업했을때 순작업시간과 톤백을 교체하는 시간, 회행시간을 조사하여 환산하였다.

$$T = \left( \frac{50}{V} + t + c \right) \times \frac{20}{60b}$$

T : 포장작업능률(min/10a)

V : 평균 작업속도(m/s)

t : 평균 회행시간(sec)

c : 평균 톤백 교체 시간(sec)

b : 작업폭(m)

#### 나. 결과 및 고찰

##### 1) 시작기 주요부 성능

시작기의 주요부 성능은 표 3.4-9에 나타낸 바와 같이 엔진 회전속도 1,200, 1,500, 1,800 rpm에서 주행속도는 0.21, 0.26, 0.31 m/s 였으며, 수집 컨베이어의 이송속도는 0.29, 0.32, 0.34 m/s 였다. 줄기절단률에 가장 큰 영향을 미치는 풍속은 38.6 m/s 이상이 요구되었으나 실제 풍속은 27.6, 29.5, 32.2 m/s 로 시작기의 구조상 더 큰 풍속은 불가능하여 추후 보완이 요구되었다.

표 3.4-9. 시작기의 주요부 성능

항 목	엔진 회전속도 (rpm)		
	1,200	1,500	1,800
기체 주행속도(m/s)	0.21	0.26	0.31
수집 컨베이어 이송속도 (m/s)	0.29	0.32	0.34
2차 이송 컨베이어 이송속도 (m/s)	0.22	0.24	0.25
풍속 (m/s)	27.6	29.5	32.2
수평 이송장치 이송속도 (m/s)	0.27	0.31	0.32
절단날 절단속도 (m/s)	0.51	0.55	0.61

##### 2) 양파 수집 성능

표 3.4-10에 양파수집기의 수집성능을 나타내었다. 작업속도가 0.21, 0.26, 0.31 m/s 일때 양파수집률은 각각 99%, 99%, 97%로 나타났으며 손상률은 2%, 3%, 5%로 나타났다. 따라서 자주식 양파수집기의 작업속도는 엔진 회전속도 1,800rpm 작업 변속단수 1단에서 작업속도 0.31m/s 까지 가능하였으나 기체의 진동과 소음 등을 고려하였을 때 적정 작업속도는 엔진 회전속도 1,500 rpm에서 작업속도 0.26m/s가 가장 적당한 것으로 판단되었다.

자주식 양파수집기의 적응 경사도는 5° 이내로 실제 그 이상의 경사도에서는 수집률이 낮고 손상이 많이 발생되어 이에 대한 보완이 요구되었다.

표 3.4-10. 양파수집기 수집 성능

엔진회전속도 (rpm)	작업속도 (m/s)	수집능력 (t/hr)	수집률 (%)	손상률 (%)
1,200	0.21	10.0	99	2
1,500	0.26	12.4	99	3
1,800	0.31	15.1	97	5



그림 3.4-17. 성능시험 광경



그림 3.4-18. 뒤에서 본 성능시험 광경

### 3) 양파줄기 절단 성능

표 3.4-11는 엔진 회전속도에 따른 시작기의 양파 줄기 절단률을 나타낸 것이며 표 3.4-12는 평균 절단 줄기길이 및 줄기길이별 분포를 나타낸 것이다.

엔진 회전속도가 1,200, 1,500, 1,800rpm일 때 양파 줄기 절단률은 각각 67.2, 83.5, 79.9%로 나타나 양파 수집량을 고려해 보면 시작기 줄기 절단장치의 기초시험 결과와 거의 비슷한 것으로 나타났다. 그러나 평균 절단 줄기길이 긴 것으로 나타났으며, 적정 절단 줄기길이인 4~6cm의 분포 비율이 매우 낮게 나타났다. 이는 포장 성능시험 시 절단 이송장치에서의 이물질 및 절단 줄기 들이 송풍기에 흡입되어 송풍기 풍속이 저하되었고, 또한 줄기 절단날 사이에 절단 줄기들이 끼어 절단을 방해했기 때문으로 양파 줄기절단의 비율과 질을 향상시키기 위해서는 보다 큰 풍속과 풍량의 송풍기 채용과 함께 송풍기의 이물질 흡입 방지, 절단 줄기의 절단날 사이 끼임 방지 대책이 필요한 것으로 판단되었다.

표 3.4-11. 엔진 회전속도에 따른 양과 줄기 절단률

엔진 회전속도 ( rpm )	줄기 절단률 ( % )	표준편차 ( % )
1,200	67.2	±8.7
1,500	83.5	±6.6
1,800	79.9	±9.3

표 3.4-12. 엔진 회전속도에 따른 평균 절단 줄기길이 및 줄기길이별 분포

엔진 회전속도 ( rpm )	절단 줄기길이 분포( % )					절단 줄기길이( cm )	
	<4cm	4~6cm	6~8cm	8~10cm	>10cm	평균	표준편차
1,200	1.1	12.2	15.6	16.7	54.4	10.5	±3.8
1,500	7.2	5.2	14.4	29.9	43.3	9.4	±3.2
1,800	2.5	8.2	21.3	25.4	42.6	9.5	±2.6



그림 3.4-19. 줄기절단 시험광경





그림 3.4-20. 줄기절단 후 양파의 배출상태



그림 3.4-21. 손상된 양파



그림 3.4-22. 양파의 줄기절단 상태

#### 4) 작업능률

자주식 양파수집기의 작업능률은 20 m × 50 m 포장을 장방향으로 작업했을때 평균 작업속도 0.26 m/s, 평균 선회시간 58 초, 톤백 교체시기는 25m 당 1회, 1회 교체시간은 34 초로 나타나 작업능률은 0.84 시간/10a으로 관행 인력 수확작업의 60.1시간/10a의 71배로 98.6%의 노력을 줄일 수 있는 것으로 분석되었다.

표 3.4-13. 시작기의 작업능률

구분	시작기					인력 (시간/10a)
	작업속도 (m/s)	선회시간 (sec)	교체시간 (sec)	톤백 교체시기 (회/50m)	작업능률 (시간/10a)	
시간	0.26	58	34	2	0.84	60.1

#### 5) 개선점

포장 성능시험 결과 나타난 시작기의 개선점은 기대의 중량이 너무 무거워서 보다 정확한 설계가 요구되었으며 양파가 수집폭 1,100 mm 범위를 벗어나는 경우도 있어 양파의 손상이 발생하는 문제가 발생하게 되는데 가이드를 설치하여 손상을 줄여야 할

것으로 판단되었다. 또한 송풍기의 풍속이 충분하지 않아 양과 줄기 절단률 및 절단깊이가 낮은 것으로 나타나 줄기의 자세를 상향으로 잡아주기 충분한 대용량의 송풍기를 설계할 필요가 있는 것으로 나타났다. 또한 작업시 톤백에 담기는 양과의 양을 운전자가 직접 확인할 수 없었기 때문에 운전조작 레버를 후방에 설치하여 보조작업자가 담기는 양과의 양을 보면서 유압조작을 할 수 있도록 보완해야 할 것으로 나타났다. 또한 톤백으로 이송되는 양과가 배출부의 경사가 낮고 양쪽에 턱이 있어 톤백으로 넘어가지 않고 적체가 되어 운전자 외의 작업자가 넘겨주어야 하는 현상이 발생되어 적체가 되지 않도록 배출부를 개선 할 필요가 있는 것으로 나타났다.

#### 다. 결론

포장 성능시험 결과 시작기는 엔진 회전속도 1,800rpm 작업 변속단수 1단에서 작업속도 0.31m/s, 양과 수집능력 15.1t/h가 가능하였으나 기체의 진동과 소음 등을 고려하였을 때 적정 작업은 엔진 회전속도 1,500rpm에서 주행속도 0.26m/s, 양과 수집능력 12.4t/h, 양과 수집률 99.0%, 양과 손상률 3.0%, 양과 줄기 절단률 83.5%인 것으로 나타났다. 따라서 시작기의 작업능률은 0.84 시간/10a으로 관행 인력 수확작업의 60.1시간/10a의 71배로 98.6%의 노력을 줄일 수 있는 것으로 분석되었다.

### 4. 시작기 경제성 분석

#### 가. 기계 이용비용

자주식 양과수집기의 경제성을 분석하기 위하여 관행방법인 인력으로 수확하는 방법과 개발된 시작기에 의한 양과 수확작업의 고정비와 유동비를 각각 계산하여 양과수확작업이 기계화됨으로서 유발되는 수확작업노력과 소요비용의 절감효과를 비교 평가하였다.

관행수확작업은 조사 결과 지역에 따라 차이가 있으나 평균으로 환산하여 10a 당 줄기절단 25.68 시간, 포장 30.3 시간, 운반 3.9 시간으로 조사되어 10a 당 노동투하시간은 60.1시간을 적용하였고 모두 여자인부를 적용하였다. 시작기는 남자 운전자 1인이 운전하고 여자 1인이 톤백 교체작업을 하는 것으로 하였다.

경제성 분석에 있어서 연간이자율은 5%, 연간수리비율은 6%, 면세경유 574원/l, 윤활유비는 연료비의 15%, 1일당 임금은 '05년도 평균 임금인 여자는 40,111원, 남자는 58,834원을 적용하였으며 운전원은 위 금액의 140%로 적용 산정하였다.

자주식 양파수집기의 연간 사용시간은 양파 수확기간과 자주식 양파수집기의 1일 사용시간을 기준으로 설정하였다. 양파 수확기간은 지역에 따라 시기적 차이는 있으나 보통 5월 중순부터 6월 중순까지 수확하고 있지만 수확시기의 강우 등 기상에 의해 또는 다른 작업과의 중첩 등으로 수확작업이 불가능한 일수를 고려할 때 20일을 수확할 수 있다고 가정하였고, 1일 작업시간은 8시간으로 하여 자주식 양파수집기의 연간작업시간을 160시간으로 설정하였다.

분석결과 자주식 양파수집기의 이용비용은 60,176원/10a으로 관행 인력 수확비용 301,334원/10a에 비하여 80% 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

표 3.4-14. 경제성 분석

구 분	자주식 양파수집기	관행 (인력)	
구입가격(원)	40,000,000		
내구연한(년)	8		
연간사용시간(시간/년)	160		
연간고정비 (원/년)	감가상각비	5,000,000	
	수리비	2,400,000	
	이자	1,000,000	
	소계	8,400,000	
시간당고정비(원/시간)	52,500		
시간당유동비 (원/시간)	인건비	15,310	5,014
	유류비	3,829	
	소계	19,138	5,014
시간당비용(원/시간)	71,638	5,014	
작업성능(시간/10a)	0.84	60.1	
소요경비(원/10a)	60,176	301,334	
지 수(%)	20	100	

(주) 자료 : '05 시험연구결과 경제성 분석기준 자료(농진청 농업경영관실)

- 수리비계수 : 6%
- 연 이 율 : 5%
- 연료비 : 면세경유 574원/ℓ
- 운활유비 : 연료비의 15%
- 인건비 : 남자 58,834원 여자 40,111원

나. 손익분기 규모

그림 3.4-21은 개발된 자주식 양파수집기의 재배면적 증가에 따른 ha 당 이용비용의 변화를 나타낸 것이다.

자주식 양파수집기를 사용하여 양파를 수확하였을 때 재배면적에 따른 기계이용비용은 그림 3.4-21에서 보는 바와 같이 점점 감소하여 재배면적이 2.95 ha이었을 때 ha당 관행의 인력수확비용 3,013,340 원과 균형을 이루었다. 따라서 개발된 자주식 양파수집기의 손익 분기 규모는 2.95 ha 이상으로 산출되었으며, 자주식 양파수집기를 사용할 때 경작규모 2.95 ha 이상에서는 관행의 인력수확에 비해 경제성이 우수한 것으로 분석되었다.

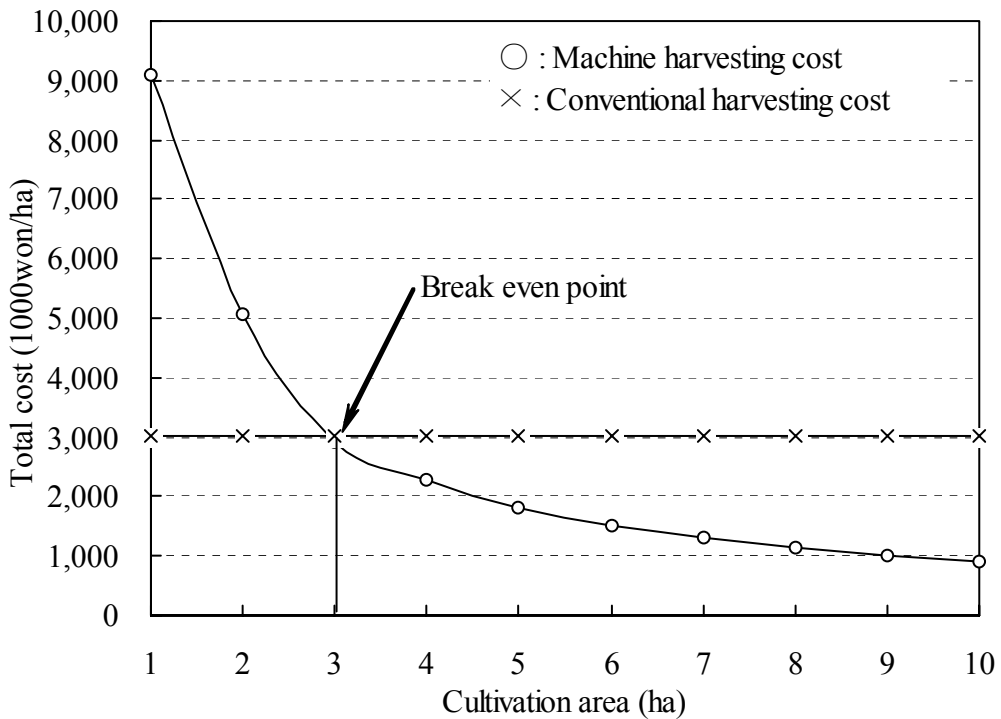


그림 3.4-23 자주식 양파수집기의 손익분기규모

## 제 5 절 요약 및 결론

본 연구는 현행 인력에 전적으로 의존하고 있는 양파 수확작업을 기계화하기 위하여 우리나라 수확작업에 적합한 건조 양파의 수집, 이송, 줄기절단, 적재, 배출 기능을 수행할 수 있는 자주식 양파 수집기를 개발하고자 하였다.

이를 위하여 양파 주산지에서의 양파 재배양식, 수확작업 체계, 양파 물성을 조사하였으며, 인발형, 굴취형 외국 도입 양파수확기의 적응시험을 실시하였다. 자주식 양파 수집기 설계요인을 구명하기 위하여 굴취부, 수집 컨베이어, 적재 장치 등으로 구성된 자주식 궤도형 양파 수집 실험기를 설계 제작 굴취날의 적용 여부, 수집 컨베이어의 적정 피치, 속도, 이송각도, 수집 릴과 이송장치의 속도비, 수집 컨베이어 와 2차 이송 컨베이어의 속도비 등에 대하여 실험하였으며, 자주식 양파수집기에 채용할 수 있는 효과적인 양파 줄기절단장치 개발의 기초를 마련하고자 롤러식과 송풍식 양파 줄기절단장치를 설계 제작하여 요인별 양파 줄기절단 성능을 실험하였다.

이상과 같은 양파 수확에 대한 기초 조사와 설계요인 구명 실험을 바탕으로 엔진 및 동력전달부,주행부, 수집 및 이송부, 줄기절단부, 적재부, 운전부 등으로 구성된 자주식 바퀴형 양파수집기 시작기를 설계 제작하여 기초 성능시험과 포장 성능시험, 경제성 분석을 실시하였으며 그 결과는 다음과 같다.

### 1. 양파재배 및 수확실태 조사

양파의 주산지별 재배특성과 관행 수확 작업체계를 분석 한 결과, 우리나라실정에 맞는 기계수확 방법은 인력으로 양파를 뽑아 노지에서 건조된 양파를 수집하면서 줄기를 절단하는 형태의 양파수집기로 개발하는 것이 타당 할 것으로 판단된다.

### 2. 도입 양파수확기 적응시험

국외 도입 양파수확기 적응시험 결과 인발형 양파 수확은 피복비닐 문제, 큐어링을 위한 노지건조, 인발시 손상을 과다 등으로 우리나라 재배조건에서는 적합치 않은 것으로 판단된다. 굴취형 양파수확은 굴취율 97%로 양호하게 나타났으나, 기대가 너무 크고 트럭이 항상 따라다녀야 하므로 양파재배 포장이 대구획 포장이 아닌 우리나라 실정에는 적용하기가 곤란할 것으로 판단되었다. 또한 트럭의 팔레트에 적재 시 양파가 1 m 이상의 높이에서 떨어지므로 충격에 의한 손상이 육안으로는 판별되지 않았으나 저장성에 나쁜 영향을 미칠 것으로 판단되었다.

### 3. 설계요인 구명시험

자주식 궤도형 양과 수집 실험기를 이용한 설계요인 구명시험 결과 굴취날 유무별 시험에서는 굴취날이 없는 경우가 쇠토율 69%로 양호한 결과를 보였다. 수집 컨베이어의 적정 피치는 50.8 mm, 적정 속도는 0.35 m/s로 나타났다. 수집 컨베이어의 적정 이송 각도는 19°였으며, 수집 릴과 수집 컨베이어의 적정 속도비는 1.2 : 1, 수집 컨베이어와 2차 이송 컨베이어의 적정 속도비는 1 : 1.2로 나타났다.

롤러식 줄기절단장치와 송풍식 줄기절단장치의 요인시험 결과 롤러식 줄기절단장치는 양과 줄기 절단률 최대 87.5%, 양과 손상률은 6.3%, 적정 길이로 절단된 양과의 비율은 57.5%로 비교적 양호하였으나 기체가 무겁고 동력전달이 복잡하며, 진동과 소음이 심하여 자주식 양과수집기에 채용하기 위해서는 많은 개선이 필요한 것으로 나타났으며, 송풍식 줄기절단장치는 송풍기 풍속 42m/s에서는 양과 줄기절단률 100%, 평균 절단 길이 7.8cm로 나타나 줄기 절단률이 높고, 절단 길이도 비교적 양호하여 자주식 양과수집기의 줄기절단장치로 활용이 가능할 것으로 판단되었다.

### 4. 시작기의 설계 제작 및 기초 성능시험

기존 자주식 스피드스프레이를 개조한 엔진 및 프레임, 동력전달부, 주행부, 체인 컨베이어를 이용한 수집 및 이송부, 왕복 절단날을 이용한 송풍식 줄기 절단부, 톤백 적재 배출이 가능한 적재부, 운전부 등으로 구성된 자주식 양과수집기 시작기를 설계 제작하였다.

시작기의 기초 성능시험 결과 엔진 회전속도 1,800rpm에서 이송장치는 최대 0.35m/s, 양과 이송능률은 최대 25.5t/h, 줄기 절단장치 송풍기의 평균 풍속은 38.6m/s(표준편차  $\pm 2.3$ m/s)까지 가능하였으며, 양과 줄기 절단장치는 양과 공급률 21.3t/h까지 양과 줄기 절단률을 80% 이상 유지할 수 있었다. 적정 절단 줄기길이인 4~6cm의 양과 비율은 약 25% 내외로 매우 저조하게 나타났으나 보다 큰 풍속과 풍량을 확보할 수 있는 대용량 송풍기를 개선하여 채용하는 경우에는 적정하게 줄기가 절단된 양과의 비율은 크게 향상될 것으로 판단되었다.

### 5. 시작기 포장 성능시험

포장 성능시험 결과 시작기는 엔진 회전속도 1,800rpm 작업 변속단수 1단에서 작업 속도 0.31m/s, 양과 수집능률 15.1t/h가 가능하였으나 기체의 진동과 소음 등을 고려하

였을 때 적정 작업은 엔진 회전속도 1,500rpm에서 주행속도 0.26m/s, 양파 수집능력 12.4t/h, 양파 수집률 99.0%, 양파 손상률 3.0%, 양파 줄기 절단률 83.5%인 것으로 나타났다. 따라서 시작기의 작업능률은 0.84 시간/10a으로 관행 인력 수확작업의 60.1시간/10a의 71배로 98.6%의 인력을 줄일 수 있는 것으로 분석되었다.

#### 6. 시작기의 경제성 분석

시작기의 경제성 분석 결과 기계 이용비용은 60,176원/10a으로 관행 인력 수확비용 301,334원/10a을 80% 절감할 수 있었으며, 시작기의 손익분기면적은 약 2.95a로 분석되었다.



## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 1. 목표달성도

구 분	연구개발 목표	연구개발 수행내용	달성도(%)
1차년도 ( 2004.5 ~ 2005.5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>양파수집기 개발을 위한 기초조사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>양파 주산지 재배 및 수확 실태 조사 분석</li> <li>수확시기 양파의 이송, 수집 관련 물성 분석</li> <li>양파 굴취 장치 설계를 위한 양파 수확시기의 토양 물리성 조사 분석</li> </ul>	100
		<ul style="list-style-type: none"> <li>수확시기 줄기절단 관련 양파의 물성 분석</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>시험장치 제작 및 설계요인구명 시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>양파수집기 개발을 위한 주행부 설계</li> <li>양파 굴취, 이송, 수집 및 배출장치의 설계인자 구명 및 설계</li> <li>수집 팔레트의 용량 설정</li> <li>양파 굴취, 이송, 수집 시험장치의 제작</li> <li>양파 굴취, 이송, 수집장치의 설계 요인 구명 시험</li> </ul>	100
2차년도 ( 2005.5 ~ 2006.8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>시작기 제작 및 성능시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>양파 수집 시작기 제작 및 성능시험</li> <li>통합 시스템 구성</li> <li>상호 연계 성능 검증</li> </ul>	100
		<ul style="list-style-type: none"> <li>양파 줄기절단 시작기 제작 및 성능시험</li> <li>상호 연계 성능 검증</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>통합시작기 제작 및 포장성능시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>통합 시작기의 문제점 도출 및 보완 제작</li> <li>통합 시작기의 포장성능시험</li> </ul>	100

2. 평가 착안점에 따른 목표달성도 자체 평가

구 분	평가 착안사항 및 척도(점수)	자체평가 달성도(점수)
1차년도 (2004)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 양파 재배 및 수확 실태 조사 여부 및 적절성(5)</li> <li>○ 양파 수집기 개발을 위한 주행부 적정 설계 여부(10)</li> <li>○ 양파수집 시험장치의 적정설계 및 제작 여부(20)</li> <li>○ 양파수집 요인시험의 적절성 및 실시 여부(20)</li> <li>○ 수확시기 양파의 물성 분석 여부 및 적절성(5)</li> <li>○ 줄기절단 시험장치의 적정 설계 제작 여부(20)</li> <li>○ 줄기절단 요인시험의 적절성 및 실시여부(20)</li> </ul>	100
2차년도 (2005)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 양파 수집 시작기 적정 설계 제작 여부(20)</li> <li>○ 줄기절단 시작기 적정 설계여부(20)</li> <li>○ 통합시스템 구성 여부(20)</li> <li>○ 통합시작기 개량보완 여부(20)</li> <li>○ 통합시작기 성능시험의 적절성 및 실시 여부(20)</li> </ul>	100
최종 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자주식 양파수집기 성능의 우수성(100)</li> </ul>	100

3. 관련분야에의 기여도

- 우리 실정에 적합한 소구획 재배포장에 적용 가능한 양파수집기 개발
- 양파 수확작업에 소요되는 노동 투하량을 현재의 60.1hr/10a에서 3hr/10a으로 줄일 수 있고 적기수확이 가능하여 양파재배의 생산비 절감과 상품성 향상
- 양파 생산비의 절감으로 공급의 탄력성, 국제경쟁력을 높임으로써 농민의 경작욕구 제고

- 양파 수집기 개발 기술의 참여기업 이전을 통한 국산화 개발에 기여
- 비닐 무피복 재배 양파수확기 개발의 기초자료 제공
- 바퀴형 주행장치의 전작물 수확기 개발 기초자료 제공
- 타 전작물 수확기 수집장치, 이송장치 개발의 기초자료 제공
- 양파 줄기절단 소요 노동력 절감, 적기수확을 통한 양파의 상품성 향상
- 양파 줄기절단으로 인한 수확 후 양파처리의 용이성 증대
- 수확 후 저장 출하용 양파의 품질 향상에 기여
- 양파 수확 후 출하 또는 저장 후 출하에 필요한 양파 줄기절단을 위한 정치식 양파 줄기절단장치 개발의 기초자료 제공

## 제 5 장 연구개발 결과의 활용계획

### 1. 추가 연구의 필요성

- 양파수집기 개량 연구(동력전달시스템, 운전부, 줄기절단 송풍부, 배출 개선 등)
  - 양파 줄기절단 자세 개선을 통한 줄기절단 성능 향상을 위한 송풍장치의 개량
  - 절단 양파줄기의 원활한 배출을 위한 배출부의 개선
  - 양파 줄기절단장치의 소음과 진동 개선
  - 양파 줄기절단장치 동력전달시스템의 개선

### 2. 타 연구에의 응용

- 무멀칭 재배 양파 수확기 개발 연구
- 양파 수확 후 출하 또는 저장 후 출하에 필요한 양파 줄기절단을 위한 정치식 양파 줄기절단장치 개발 연구
- 감자, 고구마 등 자루식 서류수확기 개발 연구
- 바퀴형 전작용 수확기 개발 연구

### 3. 기업화 추진방안

- 산업재산권 출원 : 2006년
- 신개발기종 지원 보급을 위한 정부 시책건의 : 2006
- 자루식 양파수집기 이용 효과 및 이용 방법 영농활용 : 2006
- 홍보 및 개선보완을 위한 현장접목연구 수행 : 2007년
- 기술이전 : 2007년
- 신기술 농업기계 지정 추진
- 농가 시범보급 : 2007년
- 업체 실용화 및 농가보급 : 2008년

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보

- 인발형 양파수확기의 형태, 주요 구조, 성능
- 굴취형 양파수집기의 형태, 주요 구조, 성능
- 저장용 양파의 수확 후 관리 체계 및 방법
- 양파수확기에 채용된 굴취 전 양파 줄기절단장치의 형태, 주요 구조, 성능
- 양파수확기에 채용된 굴취 후 양파 줄기절단장치의 형태, 주요 구조, 성능
- 저장용 양파의 적정 줄기길이
- 정치식 양파 줄기절단장치의 형태, 주요 구조, 성능
- 생 양파 및 저장 양파의 물리적, 기계적 특성
- 양파의 인공 큐어링
- 속도에 따른 양파의 등급 분포

## 제 7 장 참고문헌

1. 농림부. 2004. 채소산업 종합대책 추진계획(안).
2. 농촌진흥청. 1994. 진동굴취날형 마늘·양파수확기 개발. 농시보. pp. 300-313.
3. 농촌진흥청. 1995. 채소 수확 후 기계화 유형개발. 농촌진흥청 연구보고서.
4. 농촌진흥청. 1998. 원예작물 기계화를 위한 재배양식의 표준화 연구.
5. 농촌진흥청. 2005. DDA·FTA 대응 품목별 경쟁력 제고방안. pp. 81-121.
6. 농촌진흥청. 2005. 시험연구결과 경제성 분석방법. pp. 39-60.
7. 이승규, 1995, 농업기계화의 장기전망과 기계화기술 개발전략에 관한 연구, 농림부 연구보고서
8. 이종호, 이중용. 1994. 원예작물 수확기의 개발현황과 문제점. 원예작물의 재배 및 생산의 생력화를 위한 장치개발에 관한 심포지엄자료. pp.57-63.
9. 이우승 외, 1994. 백합과 채소 재배기술. 경북대학교 출판부
10. 정창주 외. 1992. 농작업기계의 분석과 설계. 서울대학교 출판부.
11. 이종호, 이중용. 1994. 원예작물 수확기의 개발 현황과 문제점. 원예작물의 재배 및 생산의 생력화를 위한 장치개발에 관한 심포지엄. pp. 57-63.
12. Carson W. M., Jr. and L. G. Williams. 1969. Design and Field Testing of an Experimental Onion Topper. Transactions of the ASAE. 228-230.
13. Chance, W. O, D. M. Granberry, and W. J. McLaurin. 1993. Dry bulb onions: commercial vegetable production. Cooperative Extension Service Publication C-801. Athens, Ga.:University of Georgia.
14. Chesson J. H., H. Johnson, Jr., C. R. Brooks, R. G. Curley, P. F. Burkner, and R. M. Perkins. 1977. Mechanical Harvesting Investigations for Fresh Market Onions. Transactions of the ASAE.
15. D. B. Curchill, 1981, A Direct-Loading, Offset Pickup Machine for Citrus. Transactions of the ASAE : 315-317
16. D. L. Peterson, G. K. Brown, A. K. Srivastava, 1981, Mechanical Harvester for Leafy Green Vegetables. Transactions of the ASAE : 312-314, 318
17. D. L. Peterson, A. K. Srivastava, G. K. Brown, 1980, Development of a

- Bunching Mechanism for Leafy Green Vegetables. Transactions of the ASAE : 1374-1378
18. Droll R .W. , R. E. Armstrong, C. G. Coble, W. H. Alfred. 1976. Mechanical Onion Top Removal and Related Pre-Harvest Practices. Transactions of the ASAE. 1048-1050.
  19. G. C. Misener, C. D. Mcleod, L. P. McMillan, 1985, Development of a Foam Padded Elevator for a Potato Harvester. Transactions of the ASAE Vol.28(6):1726-1728
  20. G. K. Cuillier, G. M. Hyde, 1987, Modeling of a Chain-Load Control System for Potato Harvesters. American Society of Agricultural Engineers. Transactions of the ASAE : Vol.30(5):1323-1330, September-October.
  21. G. C Misener, C. D. McLeod, L. P. McMillan, 1984, Evaluation of a Prototype Potato Harvester. Transactions of the ASAE : 24-28
  22. Kanafojski C. T. Karwowski. 1976. Agricultural machines, Theory and Construction Vol. 2 Crop-Harvesting Machines. The foreign scientific publications department of the national center for scientific, technical and economic information Warsaw, Poland.
  23. Lepori, W. and P. Hobgood. 1970. Mechanical harvester for fresh market onions. Transactions of the ASAE. 13(4):517~519
  24. Lorenzen, C., Jr. 1950. Development of a mechanical onion harvester, Agricultural Engineering. 31(1)13-15.
  25. Maw B. W, D. A. Smittle and B. G. Mullinix. 1997. Artificially curing sweet onions. Applied Engineering in Agriculture. 13(4):517~520.
  26. Maw B. W, B. G. Mullinix .2001. Grade distribution of sweet onions harvested at different maturities. Applied Engineering in Agriculture. 17(6):833~836.
  27. Maw B. W, E. J Williams and B. G Mulinix. 2002. Resistance of sweet onions to airflow. Transactions of the ASAE. 45(1):39~45.
  28. Maw B. W, D. A. Smittle, B. G. Mullinix and J. S. Cundiff. 1998. Design and evaluation of principles for mechanically harvesting sweet onions. Transactions of the ASAE. 41(3):517~524.

29. Maw B. W, R. L Torrance and B. G Mulinix. 2002. Suitability of full bed elevator harvesters for sweet onions. *Applied Engineering in Agriculture*. 18(1)29~33.
30. Maw B. W, Y. C. Hung, E. W. Tollner, D. A. Smittle and B. G. Mullinx. 1996. Physical and mechanical properties of fresh and stored sweet onions. *Transactions of the ASAE*. 39(2):633~637.
31. Maw B. W., A. C. Purvis, B. G. Mullinx. 2002. Enhancing the Performance of the CPES Sweet Onion Harvester. *Transactions of the ASAE* 18(1): 23-28
32. Shahin M. A, E. W Tollner, R. D. Gitaitis, D. R. Sumner and B. W. Maw. 2002. Classification of Sweet onions based on internal defects using image processing and neural network techniques. *Transactions of the ASAE*. 45(5):1613~1618.
33. Wingate-Hill R. 1977. Performance of a Top-lifting Harvester for Early Onions. *J. Agric. Engng Res.* 22, 271-281
34. W. M. Carson. Jr. and L. G. Williams, 1969, Design and Field Testing of an Experimental Onion. *Transactions of the ASAE* :228-230
35. 三浦恭志郎. 1997. 日本の園藝作物生産機械化技術 現況と 發展方向. *농업기계화 연구소 심포지움*, pp. 3-46
36. 川崎 建, 富田 貢, 金谷 豊. 1975. タマネギ用定置式 タップアの改良試験. *農業機械學會誌*. 38(4)529-537.



## 주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.