

최 중
연구보고서

배추재배 일관기계화시스템 개발

Development of Integrated Mechanization System
for Chinese Cabbage Cultivation

연구기관

주관연구기관 농업기계화연구소
협동연구기관 서울대학교
 중앙공업주식회사
 부설기술연구소

농림부행정자료실



0006767

농 립 부

배추재배 일관기계화시스템 개발

Development of Integrated Mechanization System
for Chinese Cabbage Cultivation

연구 기관

주관연구기관 농업기계화연구소
협동연구기관 서울대학교
중앙공업주식회사
부설기술연구소

2001-14

농림부 자료실
등록번호: 6769
등록일: 2001년 8월 23일
기증:

농 립 부

제 출 문

농림부장관 귀하

본 보고서를 “배추재배 일관기계화시스템 개발” 과제에 대한 최종보고서로 제출합니다.

2001. 6.

주관연구기관명 : 농업기계화연구소
총괄연구책임자: 박 원 규
제1세부연구책임자: 박 원 규
위탁연구기관명 : 서울대학교
위탁연구책임자: 김 경 옥
참 여 기 업 명 : 아세아종합기계(주)
제2세부연구책임자: 홍 종 태
위탁연구기관명 : 성균관대학교
위탁연구책임자: 황 현
참 여 기 업 명 : 삼력기계(주)
제3세부연구책임자: 이 동 현
위탁연구기관명 : 고령지농업시험장
위탁연구책임자: 김 원 배
제1협동연구기관명: 중앙공업부설연구소
제1협동연구책임자: 윤 석 철
제2협동연구기관명: 서울대학교
제2협동연구책임자: 이 중 용
제1세세부연구책임자: 이 중 용
참 여 기 업 명 : 중앙공업(주)
제2세세부연구책임자: 조 성 인
참 여 기 업 명 : 한성에코넷(주)

제 출 문

농림부장관 귀하

본 보고서를 “배추재배 일관기계화시스템 개발” 과제에 대한 제 1세부
과제(배추정식기 개발)의 최종보고서로 제출합니다.

2001. 6.

제1세부연구기관명: 농업기계화연구소

세부과제책임자 : 박 원 규

연 구 원 : 박 석 호

김 진 영

이 채 식

장 태 경

최 덕 규

김 충 길

김 학 진

곽 태 용

김 영 근

위탁연구기관명 : 서울대학교

위탁연구책임자 : 김 경 욱

연 구 원 : 김 대 철

최 원 철

이 호 상

김 용 준

최 원 석

이 기 재

참 여 기 업 명 : 아세아 종합기계(주)

참여기업책임자 : 정 창 화

제 출 문

농림부장관 귀하

본 보고서를 “배추재배 일관기계화시스템 개발” 과제에 대한 제 2세부
과제(배추수확기 개발)의 최종보고서로 제출합니다.

2001. 6.

제2세부연구기관명: 농업기계화연구소

세부과제책임자 : 홍 중 태

연 구 원 : 최 용

박 환 중

전 현 중

김 영 근

성 제 훈

조 영 목

위탁연구기관명 : 성균관대학교

위탁연구책임자 : 황 현

연 구 원 : 송 기 수

김 시 찬

임 동 혁

최 태 현

참 여 기 업 명 : 삼력기계(주)

참여기업책임자 : 이 창 휴

제 출 문

농림부장관 귀하

본 보고서를 “배추재배 일관기계화시스템 개발” 과제에 대한 제 3세부
과제(배추재배 일관기계화 작업체계 확립)의 최종보고서로 제출합니다.

2001. 6.

제3세부연구기관명: 농업기계화연구소

세부과제책임자 : 이 동 현

연 구 원 : 이 용 복

신 승 엽

김 학 주

이 성 현

이 채 식

김 영 근

연 구 원 : 엄 영 철

(원 예 연구소) 신 영 안

이 정 수

위탁연구기관명 : 고령지농업시험장

위탁연구책임자 : 김 원 배

연 구 원 : 이 정 태

이 중 남

권 현 중

제 출 문

농림부장관 귀하

본 보고서를 “배추재배 일관기계화시스템 개발” 과제에 대한 제 1협동
연구과제(중경제초기 개발)의 최종보고서로 제출합니다.

2001. 6.

제1협동연구기관명 : 중앙공업주식회사

부설 기술연구소

협동연구책임자 : 윤 석 철

연 구 원 : 김 찬 수

송 을 섭

조 국 현

서 일 환

제 출 문

농림부장관 귀하

본 보고서를 “배추재배 일관기계화시스템 개발” 과제에 대한 제 2협동
연구과제(배추 방제기 및 운반적재기 개발)의 최종보고서로 제출합니다.

2001. 6.

제2협동연구기관명 : 서울대학교
협동연구책임자 : 이 중 용
제1세세부연구과제명 : 배추방제기 개발
제1세세부연구책임자 : 이 중 용
연구원 : 김 영 주
 이 종 인
 이 채 식
 강 태 경
 김 학 진
참여기업명 : 중앙공업(주)
참여기업책임자 : 이 학 남
제2세세부연구과제명 : 운반적재기 개발
제2세세부연구책임자 : 조 성 인
연구원 : 장 영 창
 여 운 영
 박 영 식
참여기업명 : 한성에코넷(주)
참여기업책임자 : 박 대 섭

요 약 문

I. 주관연구과제명

배추재배 일관기계화시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

배추는 발효식품인 김치의 주원료가 되는 중요한 채소이며 고추 다음으로 많이 재배되고 있는 농가소득작목의 하나로 '99년말 재배면적은 44,674ha로 총채소재배면적의 12%를 차지하고 있다. 10a당 노동투하시간을 보면 가을배추의 경우 '96년 139.7시간으로 벼농사 34.7시간에 비하면 4배나 많다. 배추는 경운정지, 병충해방제, 비닐피복작업의 일부만이 기계화되어 있고 노력이 많이 드는 이식, 수확작업 등은 인력에 의존하고 있어 생력기계화가 매우 필요한 것으로 나타났다. 또한 배추재배의 노력이 많이 드는 작업의 노동력 투하시간을 비교해본 결과 수확, 정식, 파종, 제초, 방제작업 등의 순서로 나타났으며 부족한 농촌노동력 해소와 생산비 절감을 위하여 기계화가 시급한 실정이다. 따라서 본연구에서는 배추재배 일관기계화를 위하여 표준재배양식을 설정하고, 작업공정별로 기계화할 수 있는 농업기계와 재배기술을 개발하여 배추재배 일관작업체계 확립을 시도한 연구로서 작업공정별 개발농기계와 재배기술은 다음과 같다.

○ 작업공정별 농기계 및 재배기술 개발

작업공정	정식	⇨	관리	⇨	수확	⇨	운반
농기계개발 (산,학,연)	-두둑성형기 -배추정식기		-중경제초기 -배추방제기		-배추수확기		-운반적재기
재배기술확립 (원예연,고시)	-활착축진기술		-제초,병해충 방제기술		-생육균일화기술		

Ⅲ. 세부과제별 연구개발의 내용 및 연차별 연구목표

세부 과제명	제1세부:배추정식기 개발	제2세부:배추수확기 개발	제3세부 : 배추재배 일관기계화 작업체계 확립
관행 작업 성능	○ 인력정식 - 19.8시간/10a	○ 인력수확 - 27.0시간/10a	○ 현행 - 139.7시간/10a('96)
목표 작업 성능	○ 기계정식 - 2시간/10a	○ 기계수확(2~3인 기준) - 5시간/10a 이내	○ 일관기계화 - 76시간/10a (46% 노력절감)
연구 개발 내용	○ 배추정식기 개발 - 승용관리기 부착형 - 묘분리·공급·식부· 복토 일관작업형 - 사용료 : 플러그묘 ○ 트랙터용 두둑성형기 개발 - 두둑폭 및 높이조절형	○ 배추수확기 개발 - 트랙터부착형 1조 - 뽑기·뿌리절단·이송 ·수집 및 배출 일관 작업형 - 수집용량 : 100포기 내외 - 수집·배출시스템은 운반작업과 연계	○ 배추재배 일관기계화 작업체계 확립 - 작업공정별 투입기종의 작업성능 및 연계성 구명 - 기계화 재배관리 기술 및 재배조건 구명 - 기계화 표준작업 기술개발 - 기계화재배 표준작업 모델 개발
연 차 별 연 구 목 표	1차 년도	○ 배추정식기 설계요인 시험 ○ 배추정식기 세부설계 ○ 두둑성형기 설계 및 각 부 제작	○ 배추뽑기설계요인 시험 ○ 수집·배출부 개념 설계 및 요소부 구성
	2차 년도	○ 배추정식기 핵심장치 설계 제작 및 작동시험 ○ 두둑성형기 제작 및 성능시험	○ 뽑기·뿌리절단·이송· 설계 제작 및 작동시험 ○ 동력전달장치 설계제작 ○ 수집·배출부 제작 및 작동시험
	3차 년도	○ 배추정식기 제작 및 작동시험 ○ 배추정식기 설계보완 및 평가	○ 뽑기·뿌리절단·이송· 수집·배출 통합시스템 구성 ○ 성능시험 ○ 투입기종 및 작업연계성 을 고려한 작업체계 검증시험 ○ 배추일관기계화 재배 기술 적용성시험

세부 과제명		제1협동 : 중경제초기 개발	제2협동 : 배추방제기 및 운반적재기	
관행 작업 성능		○ 인력제초(1~2회) - 13.3시간/10a	○ 5~6회 인력분무기 이용방제 - 11.3시간/10a	○ 인력운반, 적재작업
목표 작업 성능		○ 기계제초 - 2시간/10a·회	○ 정밀방제로 5회 방제 실시 - 0.5시간/10a·회 - 정밀방제로 방제회수 단축	○ 배추200~300포기를 한번에 운반가능 ○ 유압식 리프트식 기능을 갖추어 적재 및 하차용이
연구 개발 내용		○ 작물생육중 중경제초기 개발 - 승용관리기 부착 2~3초식 - 제초날형식 : 로터리 컬티베이터식 - 적용경심 : 0~10cm - 경 폭 : 25~30cm	○ 방제기 개발 - 승용관리기 부착형 - 살포폭:4~8m가변형 - 분무량제어 : 주행 속도 비례형 - 경사적응성 : 5° - 약액통용량 : 400l	○ 배추 운반적재기 개발 - 운반, 적재작업 기계화 - 운반적재용량 : 300kg 내외 - 유압식 리프트식 기능을 구비한 자 주식 차륜형
연 차 별 연 구 목 표	1차 년도	○ 중경제초기 메커니즘 분석 ○ 적용 동력원 및 부착 방식 분석 ○ 중경제초기 설계	○ 방제체계 분석 및 봄 방제기 문제점 도출 ○ 정밀제어방식 개발 ○ 방제기의 개념설계 및 부품개발	○ 운반 및 적재기 관련 기초조사 ○ 운반 및 적재기 개념 설계 ○ 배추운반기의 설계 및 제작
	2차 년도	○ 중경제초기 제작 및 성능시험 ○ 중경제초기 제원결정 및 작업기준 설정	○ 방제기 개발 및 평가 ○ 방제기 문제점 보완 ○ 표준작업방법 제시	○ 적재기의 설계 및 제작 ○ 운반적재기의 통합 시스템 구성 및 평가

IV. 연구개발결과와 결과활용

1. 연구개발결과

가. 배추재배양식 표준화 규격설정

배추재배 전작업공정을 일관기계화하기 위해 이랑폭(두둑폭+고랑폭)을 60cm, 두둑높이를 20cm이하로 하는 둥근두둑에 무피복의 1줄 재배하는 양식을 표준규격으로 설정하였다.

나. 작업공정별 농작업기계 개발

1) 배추정식기 개발

배추정식기는 승용관리기에 부착하여 2줄씩 심는 기종으로서 트레이에서 길러진 묘가 자동으로 공급·정식·복토되며 심는 깊이와 기계의 좌우 수평이 자동조절된다. 작업능률은 10a를 심는데 1시간이 소요되어 인력으로 심는 것보다 16배 성능이 높다. 정식에 사용되는 육묘용 플러그트레이는 현재 공급되고 있는 128공과 200공 트레이의 일부 규격을 변경한 것으로 기존생산시설로 제작할 수 있으며 정식기는 배추 외에 양상추, 상추 등 엽채류 정식작업에도 활용이 가능하다.

2) 두둑성형기 개발

두둑성형기는 승용관리기에 부착하여 4개의 둥근두둑을 동시에 만드는 기종으로서 10a당 작업능률은 현재 공급되고 있는 보행형 관리기부착 두둑성형기의 4배인 26분이 된다. 아울러 두둑성형기는 이랑폭과 두둑높이를 조절할 수 있어 배추이외의 작물에도 사용이 가능하다.

3) 중경제초기 개발

중경제초기는 승용관리기에 부착하여 3줄을 동시에 작업하는 기종으로서 김매기, 시비, 배토 작업이 동시에 이루어지고 10a 작업에 46분이 소요된다. 시비작업은 추가시비 없이 1회로 마칠 수 있으며 제초제를 사용하지 않고 기계로 제초와 더불어 김매기를 할 수 있어 환경오염이 대폭 줄어들 뿐 아니라 토양의 물리성도 개선된다.

4) 배추방제기 개발

배추방제기는 승용관리기 부착형으로 살포폭이 4~8m까지 조절되며, 10a를 방제하는데 12분이 소요되어 능률적이다. 현재 주로 사용되고 있는 동력분무기는 많은 보조인력이 필요하고 정밀방제가 어려운데 반해 배추방제기는 배추 등 작물의 잎 가까이서 소량의 농약으로 정밀 살포할 수 있어 방제 효과가 크다.

5) 배추수확기 개발

배추수확기는 트랙터에 부착하여 배추를 1줄씩 수확하는 기종으로서 뿌리 절단과 동시에 이송하여 수집하게 된다. 배추수집은 배추를 메시팔레트에 수집하는 방식과 운반트럭에 산물상태로 이송하여 수집하는 2가지 형태로 개발하였다. 작업능률은 배추수집방식에 따라 다소 차이가 있어 10a의 배추를 수확하여 메시팔레트에 수집하여 포장에 내려놓은 방식은 2.5시간, 배추수확기와 나란히 주행하는 트럭에 산물로 이송하여 수집하는 방식은 2.0시간으로 인력에 비해 각각 3배, 6배 능률적이고 배추손상율은 2~3%로 낮다.

6) 운반적재기 개발

운반적재기는 전용기로 크롤러 바퀴와 지게차의 승강기능을 갖춘 운반기계로서 배추가 담긴 메시팔레트를 1개 또는 2개씩 운반트럭에 쌓는 작업을 한다. 1회에 최대 700kg을 2.5m높이 까지 쌓을 수 있으며, 18° 까지 경사진 밭에서도 운반적재작업이 가능하다. 뿐만 아니라 배추 외의 다른 농산물 운반적재 등에 다양하게 사용할 수 있어 활용도가 높다.

다. 배추재배 일관작업체계 확립

배추재배 일관기계화시스템 기종이 전·후 농작업 공정에 유기적으로 적용될 수 있는 작업기술과 기계정식에 적합한 플러그묘의 생육 조건을 구명하는 기술, 정식시의 활착촉진기술, 중경제초·방제 등 배추재배 관리기술을 개발하고, 일관기계투입에 의한 노력 및 생산비절감효과에 대해 분석하였다. 분석결과 두

독성형기, 배추정식기, 중경제초기, 배추방제기, 배추수확기, 운반적재기를 이용하면 10a 농사를 13.5시간의 노력으로 지을 수 있어 인력에 비해 81% 노력절감이 되는 것으로 나타났다. 비용절감효과는 기계화영농규모가 3.5ha 이상에서부터 나타나며 부담면적인 13ha를 작업할 경우에 관행대비 최대 47%까지 비용이 절감된다.

2. 활용에 대한 건의

배추재배 일관작업기종으로 개발된 두독성형기, 배추정식기, 중경제초기, 배추방제기, 배추수확기, 운반적재기 등 6개기종 제작업체에 생산지원자금을 지원하고 해당농기계를 구입하는 작목반 등에는 농기계구입자금을 지원해 배추주산단지 작목반을 배추재배 일관기종의 보급 활성화 기반으로 조성.

3. 현재까지 본 과제와 관련된 발표실적(부록 II 참조)

구 분		연구성과 활용 내역
산업재산권 출 원	특허출원	○ 배추정식기 4건, 배추수확장치 1건
	의장출원	○ 128공, 200공 육묘트레이 2건
논문게재 및 학술회의발표	학술지 게재	○ 농업기계학회 1건
	국내학술발표	○ 농업기계학회 학술대회발표 10건
	국제학술발표	○ ICAM 2000, CIGR 2000, Bio-ROBOTICS II 2000, SHITA 2000 등 5건
대농민 홍보	TV보도	○ 뉴스보도 6건, 고향의 아침 보도 1건
	신문보도	○ 연합신문 보도 등 34건
	잡지게재	○ 월간원예 등 4건
	연·전시회	○ 현장평가 및 연·전시회 개최 5회

SUMMARY

I. TITLE

Development of Integrated Mechanization System for Chinese Cabbage Cultivation

II. OBJECTIVES AND CONSEQUENCE

Chinese cabbage is one of the most important vegetables in Korea. It is a principal ingredient of "Kimchi" and has second largest cultivated area. The cultivated area of Chinese cabbage was 44,674 ha in 1999. It was 12 % of total vegetable cultivated areas of that year. Although some of cultivation tasks such as cultivating, pesticide application, and vinyl covering have been mechanized, labor intensive tasks such as transplanting and harvesting are still rely on man power. For reducing labor requirement and production costs, mechanizations of such labor intensive tasks are necessary. In this research, machines, cultivating technologies, and standard cultivation practice were developed for integrated and mechanized Chinese cabbage cultivation. Details of the research are as followings:

○ Mechanized Chinese cabbage cultivation

Task	Transplantation	⇔	Management	⇔	Harvest	⇔	Transportation
Machine	-Ridger		-Cultivator		-Harvester		-Loader
Development	-Transplanter		-Boom Sprayer				
Cultivation Practice	-Rootage encouraging		-Pesticide and herbicide application		-Uniform growth		
							-Designing mechanized cultivation practice of Chinese cabbage

III. RESULTS

1. Standards for Chinese cabbage cultivation

Determined standards for Chinese cabbage cultivation were 60 cm of furrow width, less than 20 cm of ridge height, cylinder shaped ridge, and 1 row cultivation.

2. Development of machines for each tasks

1) Transplanter

The vegetable transplanter was attached to the riding tiller and could plant 2 rows of seedlings at one pass. The vegetable transplanter was equipped with an automatic transplanting-depth control system and a furrow following system to transplant seedlings on the center of ridge at fixed transplanting depth. The working performance of the transplanter was one hour per 10 a. This is 16 times greater than that of manual transplanting. Modified 128-cell plug tray and 200-cell tray were used for the transplanter. The trays can be manufactured by existing manufacturing facilities. The transplanter can be used for other crops such as cabbages and lettuces.

2) Ridger

The ridger was attached to the riding tiller and could make 4 furrows at one pass. The working performance of the ridger was 26 minutes per 10 a. Since width and height of furrows can be changed according to crops, the ridger can be used for other crops such as pepper and cabbage, etc.

3) Cultivating Implement

The cultivating implement was attached to the riding tiller and could

cultivate, fertilize, and hill 3 rows at one pass. The working performance of the ridger was 46 minutes per 10 a. The capabilities of weeding without herbicide and fertilizing only one time enable to reduce environmental pollution and to improve soil physical conditions.

4) Boom sprayer

The prime mover of the boom sprayer was a riding type tiller. Spray swath of the sprayer could be adjusted from 4 to 8 m. The working performance of the sprayer was 12 minutes per 10 a. In contrast to the power sprayers which have many problems from the views of worker's safety and pest control efficacy, boom sprayers have great field efficiency and pest control efficacy.

5) Harvester

The harvester was attached to the tractor. A sequence of mechanized harvesting was composed of tracing cabbage root, cutting of root, removing sagged leaves and root while conveying to the pallet container, piling cabbage to container, and unloading the filled container to the ground. Two types of cabbage collecting devices were developed, which were: a mesh pallet loading and unloading device and a direct cabbage loading device to the truck. Performance of the mesh-pallet type harvester was 2.5 h/10a. Damage rate of harvested cabbages using this harvest was 2 to 3 %. Field performance of the harvester using the direct cabbage loading device was 2 h/10a.

6) Loader

The developed loader was a semi-tracked vehicle and has a loader. The maximum handling weight and piling height were 750 kg and 2.5 m,

respectively. The loader could operate at inclined field with up to 18 ° of slope. The developed loader would be applied for loading and carrying the other vegetables due to the similarity of operations.

3. Designing mechanized cultivation practice of Chinese cabbage

Agricultural process suitable to machines for integrated and mechanized Chinese cabbage was developed. Also technologies related to identification of optimum growth conditions of plug seedlings for transplanter, rootage encouraging, and management such as cultivating and pesticide application were developed. Analysis of reduction of labor and cost requirements by mechanized cultivation practice was performed. Results of analysis showed that using ridger, transplanter, cultivator, boom sprayer, harvester, and loader performed 13.5 h/10a, which was 81% less than the performance of manual operation. The break-even point of the mechanized cultivation practice was 3.5 ha. With 13 ha of managing area the costs cut down to 53 % of conventional cultivation method.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	1
Section 1. Background	1
1. Technical aspects	1
2. Economical and industrial aspects	2
3. Social and cultural aspects	3
Section 2. Current status and problems of concerned technology	4
Section 3. Objectives	6
Chapter 2. Development of a transplanter for Chinese cabbage	7
Summary	7
Section 1. Introduction	9
Section 2. Cropping pattern	11
1. Cropping practice for agricultural mechanization	11
2. Survey for growing seedlings	13
Section 3. Development of a ridger	15
1. Investigation of design parameters	15
2. Design and evaluation	16
Section 4. Analysis of seedling pick-up device and planting device of the vegetable transplanter	19
1. Development status of vegetable transplanter(Abroad)	19
2. Analysis of operational mechanism for the vegetable transplanter(Abroad) ..	21
3. Survey on patents	25
Section 5. Design parameters	27

1. Seedling pick-up device	27
2. Planting device	29
3. Plug seedling tray	31
Section 6. Testing device for determining design parameters	34
1. Seedling pick-up device	34
2. Planting device	37
3. Plant transferring device	40
Section 7. Development of prototype	41
1. Structure and specifications of prototype	41
2. Seedling pick-up device	44
3. Plant transferring device	48
4. Planting device	49
5. Automatic controller for transplanting depth and ridge following	50
Section 8. Evaluation	53
1. Specimen	53
2. Experimental field conditions	53
3. Performance test	54
Section 9. Conclusions	56
References	57
Chapter 3. Development of a cultivating implement for Chinese cabbage	59
Summary	59
Section 1. Introduction	61
Section 2. Materials and methods	62
1. Operational principles	62
2. Analysis of operational mechanism	71

3. Analyse of power source and attaching method	79
Section 3. Results and discussions	80
1. Design and manufacture of cultivating implement	80
2. Evaluation of prototype	90
Section 4. Conclusions	97
References	99
Chapter 4. Development of a boom sprayer for Chinese cabbage	100
Summary	100
Section 1. Background	104
Section 2. Literature review	105
Section 3. Materials and methods	108
1. Prototype	108
2. Boom-height sensor	109
3. Evaluation of control system	111
4. Test for vibration characteristics	114
5. Tests for spraying and covering characteristics	118
Section 4. Results and discussion	121
1. Conceptual design	121
2. Prototype boom sprayer	122
3. Ultrasonic sensor	139
4. Performance test	146
5. Vibration analysis	153
6. Analyse of spraying and covering characteristics	165
Section 5. Conclusions	169
References	172

Chapter 5. Development of a Chinese cabbage harvester	174
Summary	174
Section 1. Introduction	179
Section 2. A fundamental study for developing harvester	181
1. Materials and methods	181
2. Results and discussions	184
(1) Cropping practice of Chinese cabbage	184
(2) Surveys for harvesting and post harvesting farm operation systems	185
(3) Analysis of structure and test for field performance	187
(4) Mechanization for harvesting	189
(5) Physical characteristics of Chinese cabbage	189
Section 3. Design parameters of harvesting device	198
1. Harvesting device I	198
2. Harvesting device II	206
Section 4. Development of a semi-automatic piling and pallet unloading device and its design parameters	214
1. Manufacture of semi-automatic piling and unloading device	214
2. Evaluation	228
Section 5. Prototype manufacturing and evaluation	240
1. Manufacture and evaluation of prototype I	240
(1) Structure and specifications of prototype I	240
(2) Evaluation	246
2. Manufacture and evaluation of prototype II	249
(1) Structure and specifications of prototype II	249
(2) Evaluation	253

Section 6. Conclusions	255
References	259
Chapter 6. Development of a Chinese cabbage loader	263
Summary	263
Section 1. Introduction	264
Section 2. Materials and methods	264
1. Basic design of Chinese cabbage loader	264
2. Design and manufacture of Chinese cabbage loader	266
Section 3. Results and discussion	269
Section 4. Conclusions	270
References	271
Chapter 7. Designing mechanized cultivation practice of Chinese cabbage	272
Summary	272
Section 1. Introduction	274
Section 2. Materials and methods	275
1. Survey for mechanization of Chinese cabbage cultivation	275
2. Designing mechanized cultivation practice of Chinese cabbage	275
3. Evaluation of mechanized cultivation practice of Chinese cabbage	277
4. Economic analysis	280
Section 3. Results and discussion	281
1. Survey for mechanization of Chinese cabbage cultivation	281
2. Designing mechanized cultivation practice of Chinese cabbage	284
3. Evaluation of mechanized cultivation practice of Chinese cabbage	285
(1) Cultivation parameters	285

(2) Field test	290
(3) Evaluation of the machines	297
(4) Yield analysis	303
4. Economical analysis	303
(1) Arable land area under burden of the machines	305
(2) Break-even point	306
(3) Labor time	309
(4) Economical analysis	310
5. Effect of Designing mechanized cultivation practice of Chinese cabbage	316
Section 4. Conclusions	318
Section 5. Reference	320
Chapter 8. Conclusions	321
Appendix	325

차 례

제1장 서론	1
제1절 연구의 필요성	1
1. 기술적 측면	1
2. 경제·산업적 측면	2
3. 사회·문화적 측면	3
제2절 국내외 관련기술의 현황과 문제점	4
제3절 연구개발의 목표	6
1. 연구개발 목표	6
2. 단계별 목표	6
제2장 배추정식기 개발	7
Summary	7
제1절 서언	9
제2절 배추 재배양식	11
1. 배추정식 기계화 재배양식 기준	11
2. 배추 육묘실태조사	13
제3절 두둑성형기 개발	15
1. 두둑성형기 기본구조 실태조사	15
2. 두둑성형기 제작 및 성능시험	16
제4절 채소정식기의 모취출장치 및 식부기구 조사분석	19
1. 해외 자동정식기 개발현황	19
2. 해외 자동정식기의 작동분석	21
3. 특허조사	25
제5절 배추정식기 설계조건 설정	27

1. 배추모 취출 요인시험	27
2. 식부장치 요인시험	29
3. 플러그모 육묘트레이 규격설정 및 제작	31
제6절 배추정식기 시작기 설계요인 시험장치 제작	34
1. 모 취출장치	34
2. 식부장치	37
3. 모이송장치	40
제7절 배추정식기 시작기 제작	41
1. 시작기의 구조 및 제원	41
2. 모 취출장치	44
3. 모이송장치	48
4. 식부장치	49
5. 정식깊이 및 두둑추종 자동제어장치	50
제8절 배추정식기 성능시험	53
1. 공시품종	53
2. 공시포장	53
3. 성능시험	54
제9절 적요	56
참고문헌	57
제3장 중경제초기 개발	59
Summary	59
제1절 서언	61
제2절 재료 및 방법	62
1. 중경제초기 기초이론 조사	62
가. 중경제초기 기초이론 조사	62

나. 문헌조사 연구	63
다. 구조 및 성능관련 이론 분석	64
라. 관행 배추재배 체계 및 양식 현지조사	67
2. 중경제초기 메커니즘 분석(기존 및 견본품)	71
가. 구성날의 구조, 형상 및 배열형태 분석	71
나. 적용 기종별 중경제초기 구조 및 제원 분석	73
다. 적용 기종별 동력전달 메커니즘 분석	78
라. 기존 및 견본기의 실증시험	79
3. 적용 동력원 및 부착방식 분석	79
제3절 결과 및 고찰	80
1. 중경제초기(시작기)의 설계 및 제작	80
가. 재배양식 기준설정 및 중경제초작업실시 시기	80
나. 중경제초기(시작기)의 설계 및 제작기준	81
다. 주요부의 설계 및 제작	84
라. 중경제초기 시작기의 제작	89
2. 시작기의 성능시험	90
가. 시작기의 1차 시험	90
나. 시작기의 2차 포장시험	92
다. 시작기의 3차 포장시험	93
라. 시작기의 4차 포장시험	94
마. 시작기의 최종 제원	95
제4절 적요	97
참고문헌	99
제4장 배추방제기 개발	100
Summary	100

제1절 서언	104
제2절 연구사	105
제3절 재료 및 방법	108
1. 공시기	108
2. 붐 높이 감지 센서	109
3. 제어장치의 성능시험	111
4. 진동 비교 실험	114
가. 붐 진동 측정 센서	114
나. 조건거리 일정한 두둑 통과 실험	116
다. 진행방향의 45° 로 두둑 통과 실험	116
라. 오른쪽에만 두둑을 배치 통과 실험	117
마. 왼쪽에만 두둑을 배치 통과 실험	117
바. 지그재그로 두둑 통과 실험	118
5. 분무 및 피복특성 실험	118
가. 붐의 구간별 압력강하와 유량변동 측정	118
나. 기부 살포시 적정살포높이 측정	119
제4절 결과 및 고찰	121
1. 개념설계	121
2. 공시 배추방제기	122
가. 탑재방식	122
나. 분무시스템	123
다. 붐의 높이제어 링크 시스템	124
라. 전면살포와 기부살포가 가능한 붐	125
마. 좌·우 붐의 경사각 조절 링크 시스템	127
바. 신축붐의 구동 시스템	130
사. 노즐 조합	133

아. 제어장치	136
3. 초음파 센서	139
4. 성능실험	146
가. 원동기 정지 중 붐의 각도제어실험	146
나. 원동기 주행 중 붐의 각도제어실험	150
5. 진동 분석	153
가. 조건거리 일정한 두둑 통과 시 진동 분석	153
나. 진행방향의 45°로 두둑 통과시 진동 분석	158
다. 오른쪽에만 두둑을 배치 통과시 진동 분석	160
라. 왼쪽에만 두둑을 배치 통과시 진동 분석	161
마. 지그재그로 두둑 통과시 진동 분석	162
6. 분무 및 피복특성 분석	165
가. 붐의 구간별 압력강하와 유량변동	165
나. 기부 살포시 피복 특성 및 적정살포높이	167
제5절 적요	169
참고문헌	172
제5장 배추수확기 개발	174
Summary	174
제1절 서언	179
제2절 배추수확기 개발을 위한 기초조사	181
1. 재료 및 방법	181
2. 결과 및 고찰	184
가. 배추재배양식	184
나. 배추수확 및 수확후처리 실태	185
다. 채소수확기의 구조 및 포장적응성 검토	187

라. 기계화 수확체계 검토	189
마. 배추의 물리적 성질조사	189
제3절 배추수확 요인시험	198
1. 1차 수확시험장치 제작 및 요인시험	198
2. 2차 수확시험장치 제작 및 요인시험	206
제4절 배추수집·반출 요인시험 및 정렬적재용 시스템 개발	214
1. 정렬적재용 수집반출장치 제작	214
2. 배추 수집반출 요인시험 및 정렬적재용 시스템 성능시험	228
제5절 배추수확 통합시스템 구성 및 성능시험	240
1. 1차 배추수확 통합시스템 구성 및 성능시험	240
가. 1차 배추수확 통합시스템 구조 및 제원	240
나. 배추수확성능시험	246
2. 2차 배추수확 통합시스템 구성 및 성능시험	249
가. 2차 배추수확 통합시스템 구조 및 제원	249
나. 배추수확성능시험	253
제6절 적요	255
참고문헌	259
제6장 배추 운반적재기 개발	263
Summary	263
제1절 서언	264
제2절 재료 및 방법	264
1. 운반적재기 개념설계	264
2. 운반적재기의 설계 및 제작	266
제3절 결과 및 고찰	269
제4절 적요	270

참고문헌	271
제7장 배추재배 일관기계화 작업체계 확립	272
Summary	272
제1절 서언	274
제2절 재료 및 방법	275
1. 배추재배 기계화실태 조사	275
2. 배추기계화 재배양식 및 작업체계 설정	275
가. 기계화 재배양식 설정	275
나. 기계화 작업체계 설정	276
3. 배추재배 기계화 일관작업체계 시험	277
가. 시험포장 조성	277
나. 기계화 재배조건 구명	278
다. 개발기종의 포장작업 적응성 검증시험	279
라. 개발기종의 작업성능시험	279
마. 수확량조사	280
4. 경제성분석	280
제3절 결과 및 고찰	281
1. 배추재배 기계화실태 조사	281
가. 재배양식	281
나. 작업공정별 작업수단 및 작업방법	282
2. 일관기계화작업체계 설정	284
3. 배추재배일관기계화 작업체계 시험	285
가. 기계화 재배조건 구명	285
1) 적정 육묘조건	285
2) 적정 두둑높이	287

3) 적정 재식거리 구명	289
4) 비닐멀칭효과 구명	290
나. 개발기종의 포장작업 적응성 검정시험	290
1) 두둑성형기	291
2) 배추정식기	292
3) 중경제초기	293
4) 배추방제기	294
5) 배추수확기	295
6) 운반적재기	296
다. 개발기종의 포장작업 성능시험	297
1) 두둑성형기	297
2) 배추정식기	298
3) 중경제초기	299
4) 배추방제기	300
5) 배추수확기	301
6) 운반적재기	302
라. 수확량 조사	303
4. 경제성 분석	303
가. 부담면적	305
나. 손익분기규모	306
다. 노동투하시간	309
라. 경제성분석	310
5. 배추재배 일관기계화 작업체계 확립의 효과	316
제4절 적요	318
참고문헌	320

제8장 종합결론	321
부 록 I. 새로 개발한 농업기계 주요 설계도면	327
부 록 II. 현재까지 본 과제와 관련된 발표실적	355
부 록 III. 정렬적재용 배추수집·반출 시스템 제어 프로그램	362

제 1 장 서 론

제1절 연구의 필요성

1. 기술적 측면

배추는 우리식단에 없어서는 아니될 김치재료 채소로서 '99년에 44,674ha를 재배하여 채소재배면적의 12%를 차지하고 있다. 이와 같이 배추재배가 중요함에도 경운, 정식, 방제작업을 제외하고는 대부분의 작업이 인력에 의존되어 기계화율이 약 39% 수준에 머물러 있다. 따라서, 배추재배의 일관작업기계화를 위해서는 재배양식을 표준화하고 두둑성형기, 정식기, 중경제초기, 방제기, 수확기, 운반적재기를 재배양식에 맞도록 개발해야 함은 물론 전후 작업이 서로 유기적으로 연계되도록 해야한다.

배추재배 작업공정별로 고려되어야 할 기계기술은 육묘의 경우 기계정식에 적합한 플러그트레이묘의 생육조건이 구명되어야하고 정식깊이와 정식후의 활착촉진기술 등이 정립되어야 하며 두둑의 폭, 높이, 고랑 폭과, 두둑에 심는 줄수, 심는 간격 등 재배양식이 기계화에 적합한 규격으로 표준화되어야 한다. 정밀작업이 요구되는 정식기와 수확기는 농작업한계 경사각 구멍이 요청됨과 아울러 정식기는 한 두둑 중에도 높고 낮음이 있음에 따라 정식깊이가 자동 조절되어야하고, 특히 수확기의 경우는 수확한 배추의 수집, 반출, 운반적재작업이 일관시스템화 되어야한다.

또한, 중경제초기는 체초, 김매기, 시비기능을 갖추고 방제기는 좌우살포폭과 살포높이를 임의 조절할 수 있음은 물론 배추의 아래쪽까지 방제가 가능해야 된다. 운반적재기는 배추수확기에 의해 상자에 수집한 배추를 들어 운반하고 차량에 적재하는 작업이 효율적으로 이루어지고 손상이 최소화되어야 한다. 다만, 배추는 앞쪽과 뿌리쪽을 번갈아 쌓아 운반차량의 적재율을 높이는 관행의 체계를 완전기계화하기 어렵다. 따라서, 상자수집방식 외에 배추수확기로부터 반출되는 포기단위의 산물 배추를 컨베이어를 통해 수확기와 나란히 주행하는 운반트럭에 이송하고 인력으로 받아 쌓는 부분작업기계 기술개발도 검토해 볼 필요가 있다. 이러한 각각의 기계화

작업이 작업공정간에 어긋남이 없이 일관기계화 기능을 발휘할 수 있도록 체계화 되어야한다.

따라서, 이 연구에서는 배추재배 일관기계화 기술개발을 목표로 산·학·연이 참여하여 정식부터 수확 및 운반작업까지 작업공정별 기계 및 재배기술을 분류분담하고 농업기계화연구소가 총괄 관리하는 연구수행체계를 갖추고 기술개발에 착수하였다.

2. 경제·산업적 측면

배추는 채소재배면적의 약 12%를 차지하는 주요 소득작물이나 대부분의 작업이 인력에 의존되고 있다. 표 1-1은 배추작형별 재배면적 및 단수동향을 나타내고 있다.

표 1-1 배추작형별 재배면적 및 단수동향

		1985	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000
재배 면적 (ha)	봄	16,596	19,559	21,731	22,216	21,297	22,824	21,718	25,182
	고랭지	3,940	4,983	8,742	10,793	8,636	9,043	10,027	10,206
	가을(김장)	24,372	22,953	16,010	14,999	13,418	14,931	12,929	16,413
	전체	44,908	47,495	46,483	48,008	43,351	46,798	44,674	51,801
단수 (kg)	봄	3,217	3,231	3,930	3,928	4,141	4,227	4,319	4,400
	고랭지	3,793	3,864	3,565	3,222	3,933	3,349	3,826	3,600
	가을(김장)	9,180	11,105	10,373	11,850	11,036	10,048	9,297	9,849
	전체	6,503	7,103	6,206	6,244	6,234	5,939	5,649	5,970

※ 농업전망 2001, 한국농촌경제연구원

과거의 배추재배 작형은 봄배추와 김장배추로 대별되어 김장배추가 재배규모면에서 주를 이루었으나 최근에는 국민소득 향상과 더불어 연중공급이 요구되어 김장배추와 봄배추, 여름에 출하되는 고랭지 배추로 발전하였고 각각의 비중도 대등해지는 단계에 이르러 계절적인 작물에서 주년생산되는 채소로 자리잡아가고 있다.

배추의 경쟁력을 확보하기 위해서는 기계화를 통해 경영규모확대를 촉진하고 생산비를 낮출 필요가 있다. 배추생산 부가가치액을 노동투하시간으로 나눈 배추의 노동생산성은 '99년도에 5,193원/시간으로, 벼 23,619원/시간의 22%수준에 불과한 실정이다. 배추재배가 계속 인력에 의존될 경우 농촌인구 감소에 따른 노임상승은 물론 재배면적이 급격히 감소하게 되고 규모화 재배 또한 어려워진다.

다행히 일본의 김치소비증가로 김치수출이 증가추세에 있고 다른 나라에서도 김치가 건강식품으로 관심이 높아지고 있으며 표 1-2와 같이 국내의 1인당 소비량이 김장배추에서 봄, 여름 배추로 수요가 변화하고 있다.

표 1-2. 배추의 연간 1인당 소비량

단위 : kg

	1985	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000
봄배추	13.1	14.7	18.9	19.2	19.2	21.0	20.0	22.0
고랭지배추	3.7	4.5	6.9	7.6	7.4	6.5	8.2	7.8
가을(김장)배추	54.8	59.5	38.1	39.0	32.2	32.3	25.7	34.2
전 체	71.6	78.7	64.0	65.8	58.8	59.9	53.9	64.0

※ 농업전망 2001, 한국농촌경제연구원

앞으로 배추의 국제 경쟁력을 높이기 위해서는 배추재배의 일관기계화와 경영규모 확대로 배추생산노력과 비용의 절감이 필수적이다.

3. 사회·문화적 측면

우리의 음식문화를 대표하는 김치는 최근 스위스 제네바에서 열리고 있는 국제식품규격위원회(CAC : Codex Alimentarius Commission) 제24차 총회에서 Codex 국제식품규격으로 최종 확정됨에 따라 “Kimchi”라는 명칭의 국제규격으로 공식 인정받게 되어 김치중주국임을 재확인시키고, 세계식품으로 자리매김하게 되어 김치의 수출증대와 함께 상품가치가 향상될 것으로 전망된다. 표 1-3은 김치 소비량 추이를 나타낸

것이다. 앞으로 배추재배 생력 일관기계화가 이루어지면 농가의 경영적인 측면에서는 배추의 안정생산기반이 구축되고 생산비 절감으로 소득이 증대되며 안락하고 안전한 농작업이 가능하여 농민의 복지와 건강이 증진될 것이다. 사회적인 측면에서는 도시 소비자가 고품질의 배추를 싼값에 공급받을 수 있고 나아가 밭농사의 기계화 촉진으로 우리 농업의 국제경쟁력이 강화될 것이다. 따라서 배추재배의 일관기계화는 사회·문화적인 측면에서도 요구도가 크다.

표 1-3. 김치 소비량 추이

단위 : 천톤

	배추 생산량	비중(%)			배추 수입	배추 수출	김치용 배추공급량	배추 김치	김치
		봄	고랭지	가을(김장)					
1995	2,885	29.6	10.8	59.6	0.07	0.56	1,725	1,118	1,598
1996	2,998	29.1	11.6	59.3	0.03	0.06	1,793	1,161	1,658
1997	2,702	32.6	12.6	54.8	0.05	0.03	1,616	1,039	1,484
1998	2,779	35.1	10.9	54.0	0.03	5.46	1,657	1,066	1,522
1999	2,524	37.2	15.2	47.6	0.35	4.30	1,505	955	1,364

※ 농업전망 2001, 한국농촌경제연구원

제2절 국내외 관련기술의 현황과 문제점

일본에서는 채소재배 일관기계화를 위하여 긴급개발사업으로 채소자동정식기를 개발하였다. 지금까지는 기계를 따라가면서 배추묘를 1포기씩 인력으로 공급하는 보행 1조식 채소정식기를 주로 사용해 왔으며, 최근에 양배추, 배추, 양상추 등의 플러그묘를 자동으로 심을 수 있는 승용관리기 부착형과 자주식 채소정식기를 개발하여 실용화한데 이어 폐지를 육묘용 연결포트로 재활용하여 채소 정식에 사용하는 종이포트묘 정식기를 개발보급하고 있다.

또한, 일본에서는 각종작업기를 부착하여 채소생육 중에 중경제초와 비료살포 및

병해충방제 작업을 할 수 있도록 최저지상고가 높은 승용형 채소재배관리기가 개발 보급되고 있다. 국내에서는 인력으로 모를 공급하여 심는 반자동식 채소이식기가 보급된바 있으나 작업능률과 작업정밀도가 떨어져 현재는 거의 사용되지 않고 있으며 노지배추의 중경제초작업은 호미, 괭이 등을 이용하는 인력작업에 의존하고 있어 중경제초기계기술 개발이 필요하다.

두둑성형기는 국내외적으로 여러 종류의 채소재배에 필요한 두둑을 만들 수 있도록 트랙터 및 관리기 부착형으로 보급되고 있으나 성형 작업상태가 정밀하지 못하다.

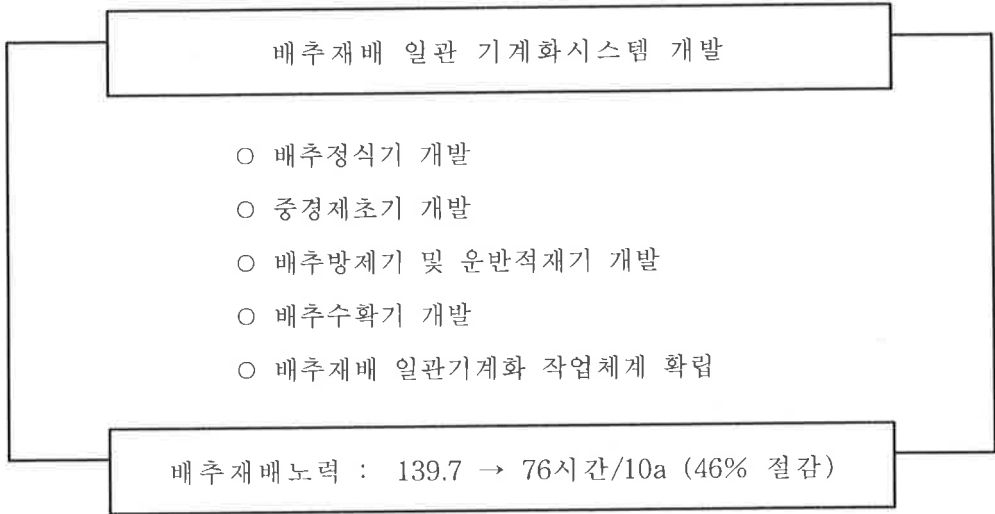
수확기로는 미국이나 유럽 등의 채소재배 지역에서 양배추, 결구상추 등을 수확하는 트랙터 부착형의 자동 및 반자동식 수확기가 개발 보급되고 있다. 일본에서는 양배추 수확의 경우 원판날로 뿌리를 자르고 이송하여 수집하는 방식과 뽑아올려 이송도중에 뿌리와 걸잎을 제거하여 수집하는 방식의 1~2조식 트랙터부착형 또는 자주형 양배추수확기가 개발 보급되고 있으며, 배추수확기는 '95년부터 긴급개발사업으로 연구개발 되고 있다. 국내에서의 엽채류수확은 인력작업에 의존하고 있어 우리실정에 맞는 배추수확기 개발이 필요한 실정이다.

양배추, 배추, 수박, 무 등 중량채소 운반적재작업을 위해 일본에서는 운반과 포크리프트기능을 갖춘 승강장치로 1회에 300kg이상의 수확물을 적재 및 하차할 수 있는 중량채소 운반차를 개발하여 사용하고 있다. 국내에서는 인력으로 수확하여 경운기 등으로 운반하는 체계가 대부분으로 포기단위로 트럭에 적재하여 출하하고 있다. 따라서, 배추수확과 수확 후 처리작업의 기계화가 시급하며 이를 위해서는 수확기가 수확해 포장에 상자단위로 배출한 배추를 운반할 수 있는 운반적재기를 중량채소 적재와 하차에 두루 사용할 수 있는 구조로 개발할 필요가 있다.

아울러, 채소재배용 일관작업기계 개발을 촉진하고 이용효율을 높이기 위하여 최근에 농업기계화연구소에서 개발한 배추 등 주요채소에 대한 기계화 재배양식의 표준화 규격의 배추재배 적용과 작업공정별 적합기종 개발에 따른 일관기계화재배 및 기계 작업기술 확립 또한 필요하다.

제3절 연구개발의 목표

1. 연구개발 목표



2. 단계별 목표

- 제 1 단계 (1차년도) : 핵심장치 설계기준설정을 위한 기초시험
 - 현행 농작업방법 및 재배기술 등 기계화여건 분석
 - 배추정식기의 묘공급 및 식부장치 설계요인시험
 - 중경제초기, 방제기, 운반적재기의 핵심장치 설계요인시험
 - 수확기의 배추뿌리절단 및 운반, 수집장치 설계요인시험
- 제 2 단계 (2차년도) : 핵심장치 및 시작기 설계제작
 - 중경제초기, 방제기, 운반적재기, 두둑성형기 설계제작 및 성능평가
 - 배추정식기, 수확기의 핵심장치 설계제작 및 작동시험
 - 작업공정별 기존 보급 기종 및 개발기종 포장 적응성시험
- 제 3 단계 (3차년도) : 시작기 성능시험 및 보완제작
 - 배추정식기, 수확기 설계제작 및 작동시험
 - 일관기계화 작업체계 및 재배 기술 적응성 검증시험

제 2 장 배추정식기 개발

SUMMARY

A new vegetable transplanter and two models of furrow making machine were developed for chinese cabbage and these working performance were evaluated at the field.

The vegetable transplanter extracts one seedling from plug tray, transfer the seedling to the transplanting hopper and transplant the seedling in soil automatically. The vegetable transplanter attached to the riding type cultivator and can make 2 rows of seedlings at one pass.

The vegetable transplanter was equipped with both an automatic transplanting depth control system and a furrow following system to transplant the seedling on the center of ridge at fixed transplanting depth.

Both 128-cell plug tray and 200-cell plug tray could be used for the vegetable transplanter. The row spacing and hill width of vegetable transplanter were 45~65cm and 25~50cm, respectively. This machine can transplant not only Chinese cabbage but also other leafy vegetables such as lettuce, cabbage and etc.

The working performance of vegetable transplanter is one hours per 10a. This is 16 times greater than that of conventional manual transplanting work. A miss-transplanted rates of this machine was below 1 percent. Planted posture of seedling was set vertically upright at 90 degree. The transplanted chinese cabbage grew as good as manually transplanted ones.

Two models of furrow making machine were designed for 4 rows; one for a riding type cultivator and the other for a tractor. The width of back furrow in

these machines were 30~40cm, and the height of back furrow both riding cultivator type and tractor type can control 15~25cm and 15~30cm, respectively. These back furrow making machine can be used not only chinese cabbage but also any other crops like as pepper and cabbage, etc.

The working performance of back furrow making machine both riding cultivator type and tractor type were 26.4minutes per 10a and 23.0minutes per 10a, respectively.

The operating accuracy of back furrow and force of soil press were good and these machine can used within an slope field of 6 degree.

제 1 절 서언

채소류 중에서 배추는 우리의 주 부식인 김치의 주원료이며 재배면적은 44,674ha('99년)로 전체 채소면적의 12%를 차지하고 있다. 배추 수요는 김장김치를 담그는 시기에 대량 소비되었던 종전의 소비패턴과는 달리 냉장고의 이용이 보편화된 80년대부터는 연중 소비되고 있으며, 김치 수출이 본격화되면서 김치의 생산도 연중 이루어지고 있다. 이에 따라 재배작형도 봄노지, 시설배추, 여름배추(고랭지배추), 가을배추, 월동배추 등으로 재배시기와 출하시기를 조정하면서 계절에 관계없이 연중 생산되고 있다. 배추 재배는 경운 및 방제 작업을 제외하면 아직까지 대부분 인력에 의존하고 있는 실정으로 총 노동투하량은 105.6시간/10a(농진청, 1999) 소요되고 있으며, 이 중 정식작업은 15.8시간으로 전체의 15%를 차지하고 있다. 정식작업은 허리를 크게 구부린 상태로 반복작업을 하여야 하기 때문에 배추재배 중에서 가장 고통지수가 높은 작업으로 일찍부터 기계화의 필요성이 강조되어왔다. 또한 정식작업은 짧은 기간에 고도의 집약적인 노동력이 필요하기 때문에 노동피크 해소와 생산비 절감을 위해서 기계화가 더욱 요구되고 있다.

현재 개발 보급되고 있는 인력 모 공급방식의 반자동 채소정식기는 기계구조상 배추 정식작업에 적응성이 떨어지고 작업능률이 높지 않아 배추정식작업에 사용되지 않고 있어 우리 실정에 맞는 고성능의 배추정식기의 개발보급이 시급한 실정이었다.

미국이나 유럽 등의 대규모 채소 재배지역에서의 정식작업은 주로 트랙터 부착형 및 자주형 반자동 정식기를 사용하고 있으며, 작업방법은 사람이 기계에 탑승하여 직접 모를 모 공급장치에 분배하면 식부장치에 의해 심는 구조이며, 최근에는 플러그 모판을 모 공급장치에 공급하면 완전 자동으로 정식되는 기계가 개발되어 사용되고 있으나 유럽에서 재배되고 있는 배추는 우리나라와 다르기 때문에 유럽식 배추정식기를 국내에 바로 적용하기는 어렵다고 판단된다.

일본에서는 모를 인력으로 공급하는 방식의 보행형 1조식 채소정식기가 주로 이용되고 있으며, 최근에는 양배추, 배추, 양상추 등 플러그모를 자동으로 1시간에

10a를 심을 수 있는 승용관리기 부착형 및 자주식 채소 정식기를 개발하여 보급되고 있으며, 재생지로 만든 육묘용 연결포트에 모를 육묘하여 종이포트째 정식하는 종이포트모 정식기가 보급되고 있다. 일본의 경우 배추 재배 양식이 우리나라와 유사하지만 플러그모 트레이의 규격이 우리나라와 다르기 때문에 이를 도입할 경우에는 플러그 모판을 전면 수정하지 않으면 안된다. 또한 일본 채소정식기는 모 공급 및 식부장치 등은 모두 특허로 보호되어 있기 때문에 기술도입이 어려우며, 기술도입료의 부담으로 우리나라에서 배추정식기를 개발하기 위해서는 배추정식기를 구성하는 관련장치들을 독자적으로 개발하여야 한다.

본 연구는 플러그모용 배추정식기를 개발하기 위하여 수행하였다. 배추정식작업을 기계화하기 위해서 배추 육묘형태, 재배양식을 제시하였으며, 배추정식기를 구성하는 주요장치들인 모 탑재대, 모 공급장치, 모 분리 및 이식장치, 복토장치 및 각 장치를 구동하기 위한 동력전달장치, 주간거리 조절장치 등을 개발하여 승용관리기 부착형 2조식 배추정식기를 개발하였다. 또한 배추정식기 작업성능은 정식기 메커니즘 및 운전자의 숙련도 외에 정식작업조건에 알맞도록 두둑성형을 어느 정도 정밀하게 하느냐에 달려있기 때문에 본 연구에서는 배추정식기 개발에 맞추어 승용관리기 부착형 4조식 두둑성형기 개발도 함께 수행하였다.

제 2 절 배추 재배양식

1. 배추정식 기계화 재배양식 설정

배추재배는 표 2-1과 같이 등근 두둑 1줄, 등근 두둑 2줄 및 평두둑 2줄 재배로 지역별로 다양하게 재배되고 있다. 등근 두둑 1줄 재배의 이랑 폭은 60~80cm로 두둑 폭은 40~60cm, 고랑 폭은 15~25cm이다. 등근 두둑 2줄 재배의 이랑 폭은 110~120cm로 두둑 폭 75~90cm, 고랑 폭 25~30cm이다. 평두둑의 이랑 폭은 90~120cm이며 두둑 폭 및 고랑 폭은 각각 60~90 및 30cm, 두둑높이는 등근 두둑과 평두둑 재배의 경우 12~20cm로 나타났다. 재배형식별 분포율은 등근 두둑 62.4%, 평두둑 37.6%였고 10a당 주수는 3,100~5,500주로 재배양식별로 큰 차이를 보였다.

표 2-1. 배추의 지역별 재배양식 (cm)

구분	줄수	지 역	이랑폭	두둑폭	고랑폭	높이	조간	주간	재식주수 (주/10a)
등근 두둑	1줄	강릉①	65	40	25	20	65	40	3,814
		강릉②	60	40	20	15	60	40	4,132
		홍 성	60	35	25	15	60	37	4,467
		창녕①	65	45	20	18	65	40	3,814
		창녕②	80	50	30	15	80	40	3,099
	2줄	당진①	110	80	30	15	45	40	4,508
		당진②	120	90	30	15	45	40	4,132
		고 창	100	75	25	12	42	40	4,958
평두둑	2줄	북제주	110	80	30	12	60	40	4,507
		평 텍	90	60	30	20	43	40	5,509
		영 암	120	90	30	20	36	32	5,165

※ 1997, 농업기계화연구소 보고서

배추정식, 관리 및 수확 작업 등의 일관기계화를 위해서는 기존에 보급되고 있는 본체의 사양과 본 과제에서 개발한 두둑성형기, 배추정식기 및 수확기 등의 기계제 원과 재배양식 등을 비교 검토하여야 한다. 표 2-2에서와 같이 트랙터는 마력에 따라 차륜폭이 83~186cm, 타이어폭이 20~47cm로 다양하기 때문에 15~25cm폭의

고랑사이를 이동하면서 작업하는 정식기의 본체로 활용하기가 어렵다.

그러나 정식기를 정식과 두둑성형 작업을 동시에 작업하는 형태로 개발할 경우는 트랙터를 정식기의 본체로 활용할 수 있으나, 작업기의 길이가 길어짐에 따라 작업기의 무게가 무겁고 트랙터의 직진성이 떨어질 경우 작업상태가 좋지 않은 등의 문제가 생길 수 있다. 보행용 관리기는 차륜폭이 30~86cm로 관행재배 양식의 범위에 포함되지만 지상고가 10~12cm로 낮고 2조 이상의 정식기의 본체로 활용하기가 매우 어렵다. 승용관리기는 차륜폭이 120cm, 타이어폭이 9.5cm, 지상고는 차륜의 종류에 따라 58~74cm로 조절이 가능한 구조로 관행 재배양식의 규격에 적용이 가능할 뿐만 아니라 2조 이상의 정식기 본체로 활용하는데 유리한 점이 있다. 또한 정식작업 이외의 두둑성형기, 중경제초기 및 방제기 등의 본체로 활용할 경우에 이용효율을 증대시킬 수 있는 장점이 있다.

배추재배의 표준재배양식은 표 2-1의 관행 재배양식을 기본으로 두둑성형기, 배추정식기, 중경제초기, 방제기, 수확기 등의 연계작업성을 고려하여 설정하였다. 배추재배 표준재배양식은 등근 두둑 1열 재배양식으로 조간은 60cm이며 주간은 30~40cm, 두둑높이는 20cm이하로 하였다.

표 2-2. 정식기 본체로 사용 가능한 기종의 제원과 관행재배양식에 대한 기종적응성 비교
(단위:cm)

기 종	차 륜 폭	타이어폭	지상고	기종적응성
트랙터				
- 30ps이하	83~141	20~35	25~40	적응성 낮음
- 40~50ps	118~167	24~43	25~45	적응성 낮음
- 60ps 이상	130~186	31~47	35~50	적응성 낮음
보행형 관리기	30~86	10	10~12	적응곤란
승용관리기	120	9.5	58~74	적응성 높음

2. 배추 육묘 실태조사

배추정식의 기계화에 필수적인 플러그묘의 규격화를 위해서 육묘트레이, 상토, 파종 및 육묘관리 등의 실태를 조사하여 표 2-3에 나타내었다.

배추육묘는 소규모의 농가에서 주로 연결포트묘를 사용하고 있으며 중규모 농가와 육묘공장에서는 200공 플러그묘를 많이 사용하고 있었다. 상자가격은 개당 400원 정도이며 10a당 22상자가 소요되는 것으로 조사되었다.

육묘용 상토는 소규모의 농가에서는 자가상토를 많이 사용하고 있었으며 중규모 농가와 육묘공장에서는 시판용 상토를 사용하고 있었다. 상토가격은 50ℓ 1포에 8,000원 이었으며 10a당 9,800원이 소요되는 것으로 조사되었다.

파종방법은 소규모의 농가에서는 인력으로 파종하고, 중규모 농가에서는 간이파종기를, 육묘공장에서는 자동파종시스템을 주로 사용하고 있는 것으로 조사되었다. 간이파종기의 파종능률은 10a당 소요량인 22상자를 파종하는데 53분이 소요되며, 자동파종시스템은 상토담기, 파종, 복토 동시작업이 가능하여 작업능률은 11분/10a로 능률적이다. 파종률 및 발아율은 두 기종 모두 각각 98%와 95%인 것으로 조사되었다.

소규모 농가의 육묘관리는 비닐하우스 바닥에 육묘상자를 넓게 깔아서 모를 키우며, 육묘공장에서는 육묘트레이 받침대에 올려 모를 키우는 것으로 조사되었다. 또한 파종 후나 모를 키워 육묘트레이를 이송할 때에 육묘트레이가 구부러지지 않도록 육묘트레이 테두리에 힘살을 넣어 구부러지지 않도록 하였다. 이러한 육묘상자를 배추정식기에 그대로 적용하는 것은 배추정식기의 구조적 특성상 어려워 육묘상자의 형상을 변경해야할 것으로 판단되었다.

배추의 육묘일수는 20~25일 정도이며 관수는 물뿌리개 및 자동관수시스템을 이용하고 있었다. 소규모 농가는 농가자체로 육묘하고 있었으며, 재배면적이 많은 농가의 경우는 대부분 육묘공장에서 구입하는 것으로 나타났다.

표 2-3. 농가 및 육묘공장의 육묘트레이, 상토, 파종 및 육묘관리 실태조사 결과

구분	농가	육묘공장	비고
육묘상자	연결포트모(소규모), 플러그모 200공(중규모) 	플러그모 200공 	○상자가격 : 400원/개 (880원/22상자/10a)
상토	자가상토(소규모), 시판상토(중규모) 	시판상토 	○상토가격 : 8,000원/50ℓ (18상자) (9,800원/10a)
파종	인력파종(소규모), 간이파종기(중규모 농가, 43만원)  -인력용 간이파종방식 -배종방식:종자흙 배종판 여닫이 방식 -파종능률 : 53분/22상자/10a -파종률 : 98% -발아율 : 95%	자동파종시스템(대농기전, 42백만원)  -상토담기·파종·복토 일관작업방식 -배종방식:진공흡인식 -파종능률:11분/22상자/10a -파종률:98% -발아율:95%	
육묘장	비닐하우스 	유리온실 	-육묘가격 : 25~28원/포트
관수방법	물뿌리개 관수	물뿌리개 및 자동관수	초장:5~6cm
육묘일수	20~25일	20~25일	엽수:4~5개
육묘규모	대규모농가 : 220~250상자(0.5ha 규모 이상)	2,200~2,500상자(10ha 규모이상)	
육묘전망	점차증가추세	수요감소추세(수요자 사전계약제)	

제 3 절 두둑성형기 개발

배추정식기를 이용하여 정밀한 작업을 하기 위해서는 정식기 메커니즘 및 운전자의 기능 외에 정식작업조건에 알맞도록 두둑형성을 정밀하게 하는가에 따라 크게 좌우된다. 두둑사이의 간격이 일정하지 않으면 2조식 이상의 배추정식기로 작업하기가 어렵고, 두둑높이가 일정하지 않으면 모의 심겨진 깊이가 일정치 않아 작업정도가 크게 떨어지게 된다. 따라서 본 연구에서는 배추기계화 표준재배양식에 맞도록 두둑성형기를 개발하고 성능시험을 실시하였다.

1. 두둑성형기 기본구조 실태조사

기존에 농가에서 이용하고 있는 두둑성형기는 표 2-4와 같이 트랙터 로터리 부착형과 승용관리기 부착형이 주로 이용되고 있다.



트랙터 부착형은 로터리에 배토기를 부착하여 로터리 작업과 동시에 두둑을 만든다. 둥근 두둑은 두둑폭 50~80cm, 두둑높이 30~40cm로 조절이 가능하며 2조식이 주로 많이 사용된다. 평두둑은 두둑폭 70~170cm, 두둑높이 15~33cm로 조절이 가능하다.

승용관리기 부착형은 승용관리기에 부착하여 두둑성형과 동시에 비닐피복 작업을 할 수 있다. 두둑성형은 둥근두둑·평두둑 겸용형으로 둥근 두둑은 두둑폭을 40~70cm, 두둑높이를 21~30cm로 작업할 수 있으며, 평두둑은 두둑폭을 36~70cm, 두둑높이를 15, 18cm로 조절할 수 있다.

그러나, 기존에 농가에서 사용하고 있는 두둑성형기를 배추기계화 표준재배양식에 그대로 적용하기는 어렵다. 트랙터용 두둑성형기는 로터리 뒤에 배토기를 부착한 형태로 두둑을 다져주는 장치가 없기 때문에 두둑높이가 일정하지 않아 정식작업시에 정식깊이가 일정하지 않으며, 작업의 질이 떨어진다. 또한 트랙터 로터리 부착형 두둑성형기와 승용관리기 부착형 두둑성형기는 전폭이 1,850mm 이상으로 넓

기 때문에 두둑사이의 간격이 60cm인 배추표준재배양식에 맞추려면 두둑을 3줄 이상 만들어야 미경지를 없앨 수 있다.

표 2-4. 두둑성형기 실태조사결과

기 종		
특 성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 트랙터 부착형 ○ 둥근두둑 2조식 <ul style="list-style-type: none"> - 두 둑 폭 : 50~80cm - 두둑높이 : 30~40cm ○ 평두둑 1조식 <ul style="list-style-type: none"> - 두 둑 폭 : 70~170cm - 두둑높이 : 15~33cm 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 승용관리기 부착형 ○ 둥근두둑 2조식 <ul style="list-style-type: none"> - 두 둑 폭 : 40~70 cm - 두둑높이 : 21~30 cm ○ 평두둑 1조식 <ul style="list-style-type: none"> - 두 둑 폭 : 36~70 cm - 두둑높이 : 15, 18 cm

2. 두둑성형기 제작 및 성능시험

두둑성형기는 승용관리기 부착형과 트랙터 로터리 부착형으로 제작하였다. 1차 년도에 제작한 두둑성형기는 그림 2-1과 같이 3조식으로 제작하고 두둑성형기의 양쪽 끝에 왕복작업 시에 다음의 두둑성형을 도울 수 있도록 안내판을 부착하였으나 이미 만들어진 두둑을 무너트리는 문제점이 나타나 2차 년도에는 4조식으로 보완 제작하였다. 또한 두둑을 1조나 3조 등 홀수로 형성하게 되면 두둑성형 작업 시에 두둑사이의 간격이 일정치 않기 때문에 2조식의 배추정식기로 작업하기가 매우 어렵게 된다.

승용관리기 부착형 두둑성형기는 로터리, 배토기 및 두둑다짐판으로 구성된다. 로터리날은 각각의 배토기 사이에만 부착되어 승용관리기의 바퀴자국을 없애주는 동시에 고랑의 흙을 두둑이 형성되는 골 안으로 밀어 넣는 작용을 하고, 두둑다짐판은 두둑을 일정한 높이로 형성하는 동시에 두둑을 눌러주도록 설계제작 하였다.

트랙터 부착용 두둑성형기는 그림 2-2와 같이 로터리 뒤에 부착하여 로터리 작업과 동시에 두둑성형이 이루어지며, 트랙터 유압을 이용하여 두둑성형기를 승강시키도록 설계제작 하였다. 4조식으로 배토기사이에 두둑다짐판을 부착하여 두둑을 일정한 높이로 형성하는 동시에 두둑을 눌러주도록 하여 정식 시에 두둑이 무너지는 현상을 최소화하였다.

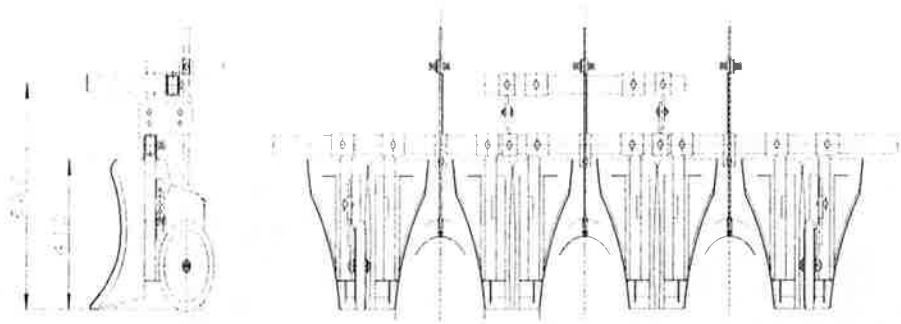


그림 2-1. 승용관리기 부착형 두둑성형기(1차 시작기)

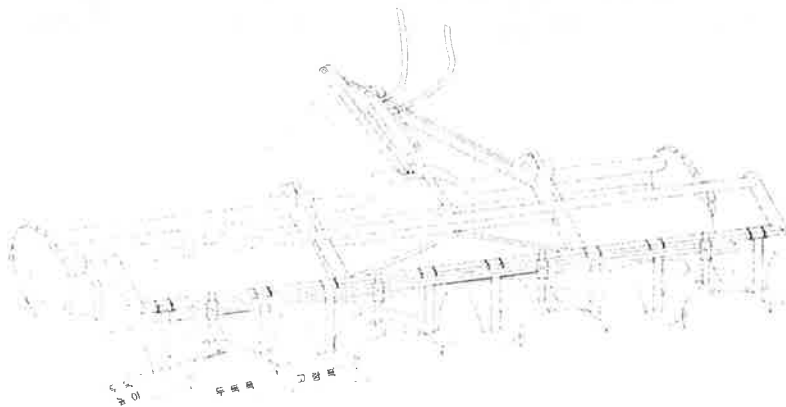


그림 2-2. 트랙터 로터리부착형 두둑성형기

개발된 두둑성형기는 배추뿐만 아니라 다른 작목의 두둑성형작업에도 이용할 수 있도록 표 2-5에서와 같이 두둑폭 및 두둑높이를 조절할 수 있도록 제작하였다. 승용관리기 부착형은 둥근 두둑 4조식으로 두둑 폭은 30~40cm, 두둑높이는 15~25cm로 조절가능하며, 트랙터 로터리 부착형은 두둑폭이 30~40cm, 두둑높이는 15~30cm 범위로 조절이 가능하다.

두둑성형기의 성능시험결과 두둑높이가 낮을수록 두둑다짐정도가 단단하였으며, 두둑높이가 25cm이상 되면 흙이 모자라 두둑다짐 정도가 약하게 되고 두둑높이가 일정하지 않았다. 경사지적응성은 포장경사도가 6° 이내에서는 양호하였으며 6° 이상일 경우 승용관리기의 바퀴가 아래로 밀려 직진작업이 안되어 두둑사이의 간격이 일정하지 않았으나 이런 경우에도 두둑다짐정도 및 성형상태는 양호하였다. 작업성능은 승용관리기용은 26.4분/10a, 트랙터 부착형은 23분/10a로 나타났다.



그림 2-3. 트랙터용 두둑성형기 작업장면 그림 2-4. 승용관리기용 두둑성형기 작업장면

표 2-5. 두둑성형기 제원 및 성능

구 분	승용관리기 부착형	트랙터 부착형
형 식	○ 둥근두둑 4조식	○ 둥근두둑 4조식
두 둑 폭	○ 30~40cm	○ 30~40cm
두 둑 높 이	○ 15~25cm	○ 15~30cm
두 둑 다 짐	○ 양호	○ 양호
경 사 지 적 응 성	○ 6° 이내	○ 6° 이내
성 능	○ 26.4분/10a	○ 23.0분/10a

제4절 채소정식기의 모 취출장치 및 식부기구 조사 분석

1. 해외 자동정식기 개발현황

미국이나 유럽 등의 대규모 채소재배지역에서의 정식작업은 주로 트랙터 부착형 및 자주형 반자동 정식기를 사용하고 있다. 작업은 사람이 기계에 탑승하여 모공급장치에 인력으로 모를 공급해주면 식부장치에 의해 심어지는 반자동 방식이다. 최근에는 플러그모 트레이를 이용한 완전 자동방식으로 정식되는 기계가 개발되어 셀러리 등의 재배에 사용되고 있다.

일본에서는 모를 인력으로 공급하는 방식의 보행형 1조식 채소정식기가 주로 이용되고 있으며, 최근에는 플러그모를 이용하여 양배추, 배추, 양상추 등을 심을 수 있는 승용관리기 부착형 및 자주식 채소정식기를 개발하여 실용화하였고, 폐지를 육묘용 연결포트로 재활용하여 채소정식에 사용하는 종이포트모 정식기가 보급되고 있다.

일본 안마농기회사의 ACP-1은 전자동 1조식 보행형으로 차륜폭, 두둑높이 및 주간거리가 본 연구의 표준재배양식에 맞고 128공과 200공 트레이를 겸용으로 사용할 수 있는 기종이다. 작동방법은 식부침 모양의 집게로 상토를 찍어서 식부호퍼로 모를 공급하면 식부호퍼에 의해 정식되는 구조이다. 표 2-6의 SP1은 다조식 채소정식기로 ACP-1의 기종을 1조에서 4조까지 심을 수 있도록 주행장치를 보완한 제품이며 1줄을 심으면서 이동한 바퀴자리로 왕복 이동하면서 일정한 조간만큼 정식기 본체를 좌우로 이송시키면서 1조에서 4조까지 정식을 할 수 있도록 하였다. 승용관리기 부착형 전자동 채소정식기는 2조식으로 차륜 폭이 90~130cm로 조절이 가능하며 식부조간은 30~65cm, 식부주간은 22~50cm, 적용육묘는 128공과 200공을 사용할 수 있는 구조이며 두둑높이와 포장상태에 따라 식부깊이를 자동으로 조절할 수 있다.

본 연구에서 개발한 승용관리기 부착형 전자동 배추정식기와의 차이점은 일본의 경우 플러그모 트레이의 크기가 국내 것보다 크기 때문에 이를 도입할 경우에는 플

러그모 트레이의 급형뿐만 아니라 육묘과중기, 육묘장의 육묘시설, 플러그모 이송용 종이상자 등을 수정하는데 막대한 추가비용이 소요된다. 또한 일본 정식기에 채택되어 있는 모 공급 및 식부장치들은 모두 특허로 보호되어 있기 때문에 기술도입이 용이치 않으며, 기술 도입료의 부담 등으로 많은 어려움이 예상된다. 따라서 배추정식작업의 기계화를 위해서는 배추정식기를 구성하는 관련장치들을 독자적으로 개발하여야만 한다.

표 2-6. 해외 자동정식기 개발현황

기 종	특 성
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모델명 : ACP-1(얀마) ○ 전자동 1조식(보행형) ○ 차륜폭 : 60cm ○ 두둑적용성 : 0~30cm ○ 식부주간 : 28~56cm ○ 적용육묘 : 플러그모 128, 200공 ○ 식부방식 : 원추홀더
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모델명 : SP1(얀마) ○ 전자동 다조식(보행형) ○ 식부조수 : 1~4조(왕복) ○ 차륜폭 : 115~170cm ○ 식부주간 : 24~48cm ○ 적용육묘 : 플러그모 128, 200공
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모델명 : PR2(얀마) ○ 전자동 2조식(승용관리기부착형) ○ 차륜폭 : 90~130cm ○ 식부주간 : 30~65cm ○ 식부주간 : 22~50cm ○ 적용육묘 : 플러그모 128, 200공 ○ 식부방식 : 원추홀더

2. 해외 자동정식기의 작동분석

가. 안마 채소정식기

일본 안마농기회사의 채소정식기(ACP-1)를 대상으로 모 취출기구와 식부기구를 분석하여 정식기를 설계하는 데 필요한 기초 자료를 얻고자 하였다. 분석은 기구해석 소프트웨어인 ADAMS를 이용하여 수행하였다.

1) 모 취출장치

그림 2-5에서와 같이 안마 채소정식기(ACP-1)의 모 취출장치는 세 쌍의 기어로 이루어진 단순 기어열에 곡선 홈을 따라 움직이는 슬라이드 기구가 결합된 복합 기구이다. 단순 기어열의 첫 번째 기어는 고정되어 있으며, 세 번째 기어축과 슬라이드 기구의 크랭크축이 연결되어 있다. 기어열의 케이스가 회전함에 따라 크랭크가 회전하여 슬라이드 기구의 커플러 링크에 고정된 분리침이 육묘 상자에서 모를 채취하여 식부기구의 호퍼로 옮긴 후 낙하시킨다. 이 때 슬라이드는 곡선 홈을 따라 왕복 운동을 하며, 곡선의 형상에 따라 분리침의 궤적이 결정된다. ADAMS를 이용하여 이 모 취출기구의 모 취출궤적을 분석하였다. 그림 2-6은 모델링에 의하여 분석된 취출핀 끝의 궤적을 나타낸 것이다. 분리침의 궤적은 만곡형 루프로서 모취출은 루프의 상단부에서 이루어지며, 낙하는 루프의 하단부에서 이루어진다.

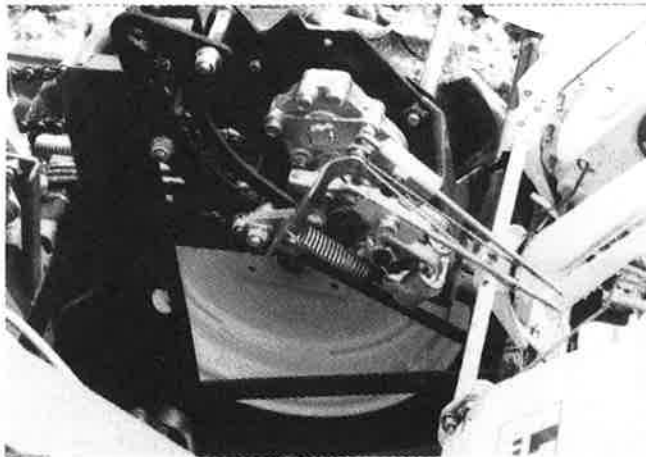


그림 5. 안마사의 모 취출장치.

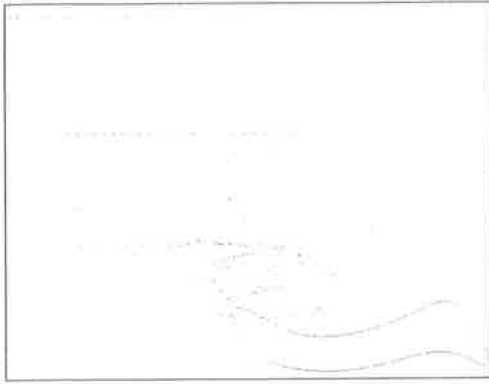


그림 2-6. 모 분리침의 কে적.

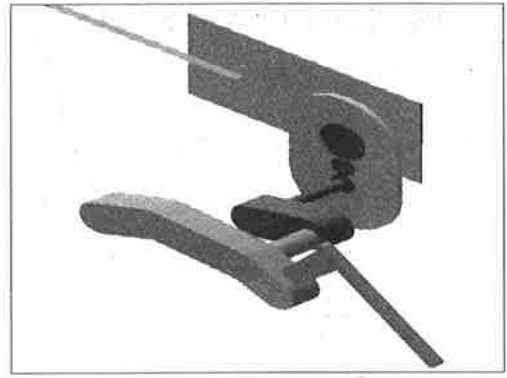


그림 2-7. 모 취출장치의 모델링.

안마사의 모 취출장치는 회전하는 기어열과 끝 부분의 슬라이드를 이용하여 자세를 제어한다. 그림 2-6의 자세는 모판에서 모를 분리한 직후의 모습이다. 안마 모 취출장치의 경우 취출핀은 모판 셀의 아래쪽으로 삽입되어 위쪽으로 빠져 나오는 형태를 취하고 있다.

그림 2-7은 모취출장치를 ADAMS를 이용하여 3차원으로 모델링한 그림이다. 모 취출장치에 대한 속도 및 가속도 분석 결과는 그림 2-8에서와 같다. 작업 속도를 0.2 m/s로 하였을 때 2회 모 분리 과정에서 분리침의 변위, 속도, 가속도를 시간함수로 나타낸 것이다. 속도의 최대값은 0.33 m/s이었으며, 가속도의 최대값은 63 m/s^2 이었다.

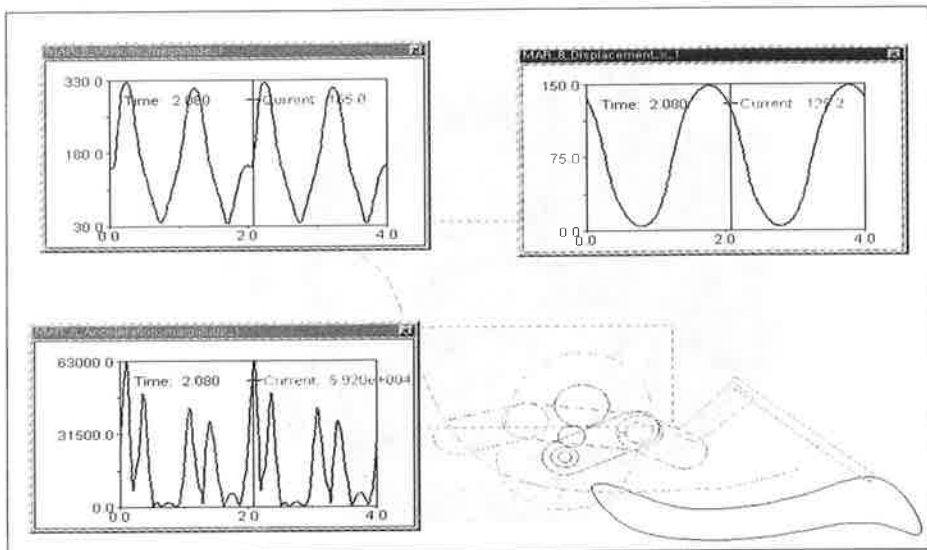


그림 2-8. 모 분리침의 속도 및 가속도.

2) 식부기구

식부기구는 모 취출장치에 의하여 호퍼로 낙하된 모를 토양에 삽입하는 기구로서 모 취출장치에서와 같은 원리가 적용되고 있다. 즉, 세 쌍의 기어로 구성된 단순 기어열에 직선 홈을 따라 움직이는 슬라이드 기구가 결합된 것이다. 그림 2-9는 식부기구의 실제 모습을 나타낸 것이다.

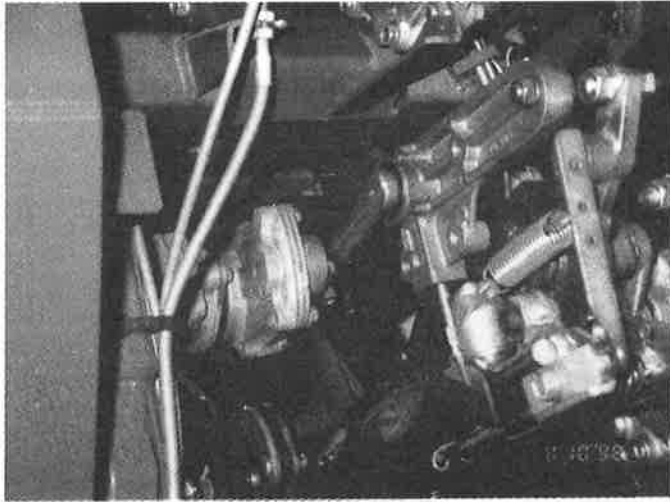


그림 2-9. 식부기구.

그림 2-10은 본체가 주행할 때 호퍼의 궤적을 나타낸 것이다. 본체가 정지 상태일 때 호퍼의 궤적은 가는 직선형 루프로서 루프의 좌상단에서 모를 받아 우하단에서 낙하시킨다. 특이한 점은 토양 진입 시 호퍼의 식부 속도를 증가시키기 위하여 호퍼가 식부 사이클의 1/3에 해당되는 시간을 상단에서 일시적으로 정지하는 것이다.

식부기구를 그림 2-11과 같이 ADAMS를 이용하여 3차원으로 모델링 하였다. 호퍼의 속도 및 가속도의 분석 결과는 그림 2-12와 같다. 작업 속도를 0.2m/s로 하였을 때 2회 식부 과정에서 호퍼의 변위, 속도, 가속도를 시간함수로 나타낸 것이다. 속도의 최대값은 0.75m/s이고 가속도의 최대값은 19m/s^2 이었다.

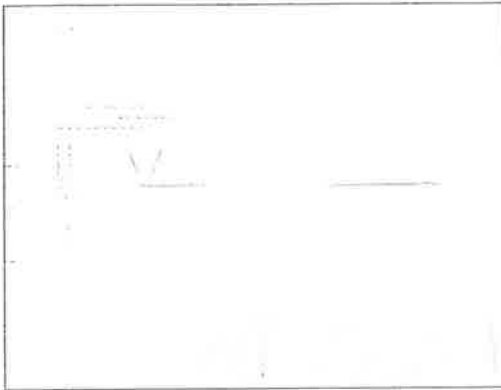


그림 2-10. 호퍼의 궤적.

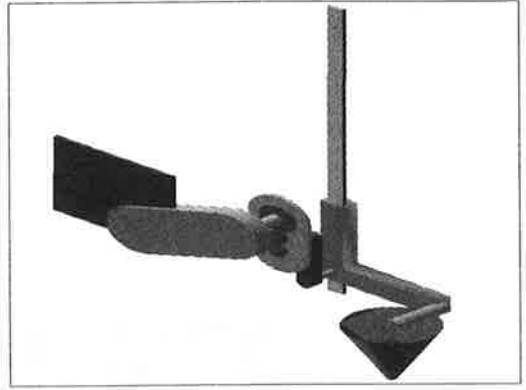


그림 2-11. 식부기구 모델링.

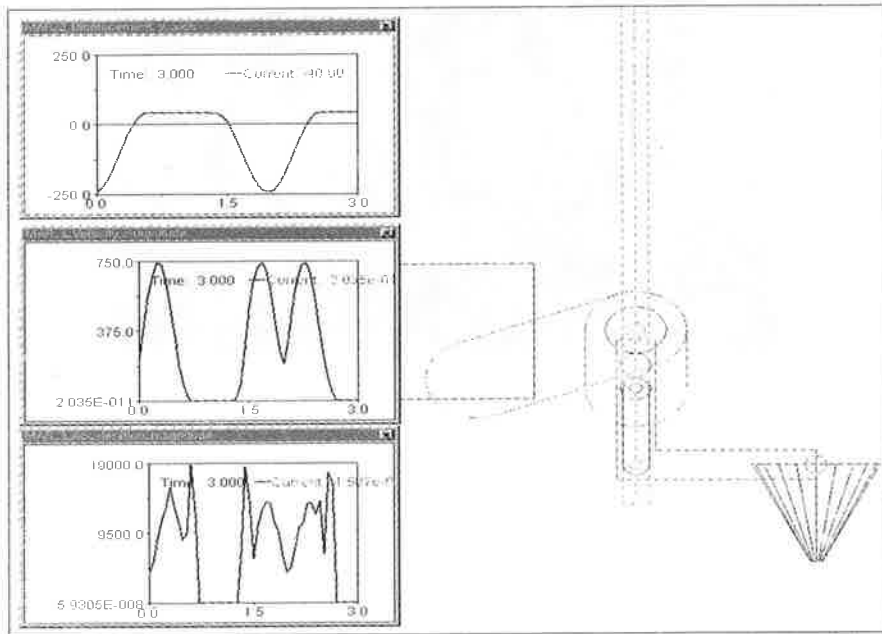


그림 2-12. 호퍼의 속도 및 가속도.

나. 구보다 채소정식기

구보다사의 취출장치는 특허 자료의 도면을 이용하여 그 특징을 조사하였다. 그림 2-13은 특허 자료에 공개된 정식기의 취출 부분과 그 궤적을 나타낸 것이다. 구보다 정식기의 모취출장치는 구조가 매우 복잡하고 구간별로 운동이 단속되는 결점이 있다. 구보다 정식기는 슬라이드, 캠, 링크 기구를 결합하여 필요한 운동과 궤적

을 구현하도록 하였다.

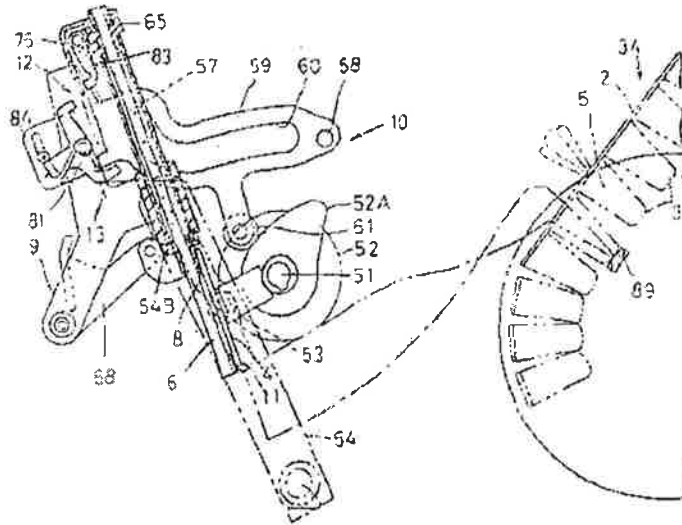


그림 2-13. 구보다사의 모 취출장치와 모취 궤적.

3. 특허 조사

가. 조사 방법

특허 관련 정보서비스 업체 중의 하나인 KINITI-IR을 이용하여 정식기에 대한 특허 조사를 실시하였다. 조사 결과는 표 2-7과 같다.

표 2-7. 채소 정식기 관련 특허 조사 결과

검색 데이터 베이스	검 색 어	총검색 건수	유효검색 건수
일본공고 특허	이식기, 야채, 식부장치	17	11
국내공개 특허	이식기	5	2
일본공고 특허	구보다, 이식기	56	4
국내공개 특허	구보다, 이식기	4	3
계		83	20

나. 검색 결과

일본 및 국내 등록 특허를 중심으로 조사된 결과는 총 83건이었으며 20건이 연구 과제와 관련이 있는 것으로 확인되었다. 관련된 내용은 이식기의 모 취출 방법과 식부기구에 관련된 전반적인 내용으로서 일본의 안마농기와 구보다 농기사의 특허가 본 연구와 직접적인 관련이 많았다. 관련된 특허는 정식기구 및 모 공급장치를 개발하는 데 참고하여 특허 분쟁이 발생되지 않도록 설계하였다. 특히 관련이 깊은 특허 리스트는 표 2-8에서와 같다.

표 2-8. 야채 정식기에 대한 주요 특허 내용

번호	특허종류	등록번호	명칭	출원인
1	일실고	2548008	야채 이식기의 2 條 植付장치	안마農機 (주)
2	일실고	2529886	野菜 移植機의 覆土 장치	안마農機 (주)
3	일실고	95-029783 (950712)(공고번호)	야채 이식기에 있어서 散水裝置	세이레이工業(주)
4	일실고	95-029784 (950712)(공고번호)	야채 이식기의 야 채묘의 취출부 구조	안마農機 (주)
5	일실고	95-029785 (950712)(공고번호)	야채 이식기의 야채 묘의 취출부 구조	안마農機 (주)
6	일실고	95-042253 (951004)(공고번호)	야채 이식기에 있어서 모의 반송장치	안마農機 (주)
7	일특고	95-108128 (951122)(공고번호)	야채 이식기 등의 苗載台	井關農機 (주)
8	일특고	95-108133 (951122)(공고번호)	야채 이식기	안마農機 (주)
9	일실고	90-029844 (900810)(공고번호)	야채 이식기의 모 공급장치	안마農機 (주)
10	일실고	91-002085 (910122)(공고번호)	野菜 移植機	안마農機 (주)
11	일실고	91-010803 (910318)(공고번호)	野菜 移植機	안마農機 (주)

<표 2-8 계속>

번호	특허종류	등록번호	명칭	출원인
12	국내특허	95-038847 (951207)(출원번호)	트랙터 부착형 이식기	LG 전선 (주)
13	국내특허	93-022774 (931102)(출원번호)	관리기 부착형	LG 전선 (주)
14	일본공고특실	94-039572 (941019)(공고번호)	移植機에 있어서 멀칭膜體의 구멍내기 裝置	구보다 (주)
15	일특고	93-037001 (930601)(공고번호)	移植機출원인	구보다 (주)
16	일특고	93-038569 (930610)(공고번호)	移植機의 苗線出 裝置 출원인	구보다 (주)
17	일특고	93-042882 (930630)(공고번호)	移植機에 있어서 欠株檢出裝置출원인	구보다 (주)
18	국내공개특허	96-003133 (960209)(출원번호)	이식기의 모 취출 방법 및 그 장치	구보다 (주)
19	국내공개특허	94-005327 (940317)(출원번호)	이식기의 식부장치	구보다 (주)
20	국내공개특허	93-015899 (930817)(출원번호)	이식기의 구동 장치	구보다 (주)

제 5 절 배추정식기 설계조건 설정

1. 배추모 취출 요인시험

모 공급 요인시험은 표 2-6에 소개한 전자동 채소정식기(안마 ACP-1)를 이용하여 128공과 200공 트레이에 육묘한 배추모를 대상으로 모 취출시험을 실시하였다.

배추모 취출시험에 사용한 모는 표 2-9에서와 같이 3가지 품종이며 생육기간은 21일 이고 모 분리 시 간섭에 영향을 미치는 모 잎의 잎 퍼짐 정도는 장방향 7~11cm, 단방향은 4~7cm인 것으로 조사되었다. 공시품종의 육묘상태 및 뿌리발육상태는 그림 2-14와 2-15에서 나타내었다.

표 2-9. 모 취출시험에 사용한 배추 묘소질

품종	육묘일수 (일)	초 장 (cm)	엽수 (매/주)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	잎피침정도(cm)		육묘상자
						장방향	단방향	
평강	21	13.0~14.5	4~6	4.5~7.0	3.5~4.5	8~11	5~7	128공
탐복	21	10.5~12.2	4~5	4.5~5.0	2.8~3.5	7~9	4~5	128,200공
장손	21	11.0~13.0	4~6	4.0~6.0	3.0~4.0	8~10	5~6	128공



그림 2-14. 플리그모 상자의 배추육묘상태 그림 2-15. 배추모의 뿌리 발육상태

품종에 따른 모 취출률은 표 2-10에서와 같이 71.9~90% 정도로 차이가 있었으며 품종의 영향보다는 뿌리발육상태가 좋을수록 모 취출률이 높고, 상토의 수분상태가 많을수록 모 취출률이 좋게 나타났다.

플리그모 상자별 모 취출률은 200공에서 92.5%, 128공에서는 87.5%로 나타나 200공의 모 취출률이 보다 좋은 것으로 나타났다. 이것은 200공 트레이는 셀용량이 작기 때문에 같은 육묘일수에서 모 뿌리 밀도가 128공 보다 높기 때문인 것으로 판단된다. 또한 모 분리 시에 배추모 잎이 모판지대에 걸리는 문제가 발생하였으며 이 문제는 플리그모 상자의 개량과 함께 해결하여야 된다고 판단된다.

표 2-10. 품종과 플러그모 상자에 따른 모 취출률

품종별 모 취출률(%)			플러그 상자별 모 취출률(%)	
평 강(조생종)	탐 북(조생종)	장 손(중생종)	128 공	200 공
79.0	90.0	71.9	87.5%	92.5%

2. 식부장치 요인시험

식부장치 요인시험은 표 2-11과 같이 국내에 보급되어 있는 수동식 채소정식기(국제 KTP-3)와 전자동 채소정식기(얀마 ACP-1)를 이용하여 작업속도, 식부깊이 및 결주율 등을 조사하였다. 국제 반자동 채소정식기는 식부깊이를 두둑높이에 따라 수동으로 조절하는 반면 얀마 전자동 채소정식기는 유압식으로 두둑형상에 따라 자동추종방식을 채용하였으며, 모 공급은 국제정식기는 인력, 얀마정식기는 자동으로 모를 공급하는 구조로 되어있다

표 2-11. 식부장치 요인시험에 사용한 공시기종

구 분	국제 KTP-3	얀마 ACP-1
구 조		
크 기(mm)	1,270×1,260×1,300	2,170×1,580×1,180
무 게(kg)	165	241
엔 진(ps)	3.5	2.2
식부심조절	차륜상하조절방식	유압식 자동추종방식
식부방식	식부호퍼개폐식	식부호퍼개폐식
식부조수	1조	1조
적용육묘	72~200공	128공, 200공

배추정식에 사용한 배추모는 표 2-12와 같이 노란자배추와 셋노랑배추를 사용하였으며, 육묘일수는 각각 20일과 25일, 초장 14~19cm로 정식하기에 적당하였다. 모는 잎이 클 수록 모 취출시 모가 2개 이상 동시에 뽑혀 이것이 정식작업에서 결주 발생의 중요한 요인인 것으로 나타났다.

표 2-12. 배추 식부장치 요인시험에 사용한 공시품종

품 종	육묘일수 (일)	초 장 (cm)	엽수 (매/주)	생육환경 (일)	관수	모잎크기(cm)
노란자배추	20	14~19	4~5	하우스6 노지 14	오전 1회	장 3~8, 단 2~6
셋노랑배추	25	15~16	4~5	하우스 25	오전 1회	장 5.4, 단 3.6

공시포장은 표 2-13에서와 같이 함수율은 25%(d.b.)이었으며 현재 농가에서 많이 사용하고 있는 트랙터 로터리 부착형 두둑성형기로 두둑성형을 하였다.

표 2-13. 공시포장 상태 및 재배양식

공시포장				재배양식(cm)				
토성	함수율	쇄토상태	협잡물	두둑형상	재식거리	두둑폭	고랑폭	두둑높이
식양토	25%	불량	검불이 약간 있음	등근두둑 1줄 재배	75×33	50	25	10~15

공시기종의 작업속도는 표 2-14와 같이 0.2m/s로 비슷하였다. 식부깊이는 도입기종(얀마 ACP-1)이 국제 채소정식기보다 일정하게 나타났다. 이것은 도입기종이 식부깊이를 자동 조절할 수 있는 구조 때문인 것으로 판단되었다. 결주율은 도입기종이 약간 높은 것으로 나타났는데, 이것은 국제채소이식기는 육묘된 모에서 결주가 발생해도 모를 인력으로 공급하기 때문에 문제가 없으나, 도입기종은 모를 자동으로 공급하므로 육묘된 모에서 결주가 있으면 정식시에 결주가 발생하게 된다.

표 2-14. 작업성능 및 작업정도

공시기종	작업속도 (m/s)	식부깊이 (cm)	결주율 (%)	비 고
국제KTP-3	0.21	1~4	1~3	모 공급 방식 : 인력
안마 PT-1	0.23	4~5	5~8	모 공급 방식 : 자동

3. 플러그모 육묘트레이 규격설정 및 제작

육묘트레이는 셀용량 및 육묘일수 등을 고려하여 작물종류에 따라 다르게 사용되고 있다. 배추는 주로 128, 162 및 200공을 사용한다. 정식기에서 모를 자동공급하기 위해서는 트레이를 가로 또는 세로로 이송하는 장치가 필요하다. 128, 162 및 200공의 육묘트레이를 하나의 이송장치로 이송하기 위해서는 셀피치가 일치해야만 가능하다. 따라서 자동정식기를 이용하여 모를 정식하기 위해서는 기계적 특성 및 적용작물에 맞는 육묘트레이의 규격화가 필수적이다. 이중 128공과 200공은 그림 2-16과 같이 128공의 4번째와 200공의 5번째 지점에서 일치하는 것으로 나타났다.

따라서 한 대의 정식기로 200공과 128공 육묘트레이를 모두 사용할 수 있도록 육묘트레이의 셀 간격을 가로 및 세로 방향에서 정식기의 기계적 메커니즘에 맞도록 배열하고 정식기의 이송장치에 투입 및 배출이 용이하게 C자형으로 휘어지도록 육묘트레이를 설계하였다.

육묘트레이의 전체규격을 기존에 사용되고 있는 트레이와 같게 하면 기존의 육묘파종기나 육묘치상테이블 등을 그대로 이용할 수 있어 비용을 절감할 수 있을 뿐만 아니라 보급을 촉진시킬 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 육묘트레이의 규격은 국내에서 사용하고 있는 육묘트레이를 이용하는 것으로 관련 단체 및 기관과의 협의를 통하여 결정하였다. 다만 정식기에서 육묘트레이의 공급을 원활히 하기 위하여 플러그모 트레이의 테두리를 없애 휘어질 수 있도록 설계하였다. 표 2-15는 국내에서 이용하고 있는 플러그모 트레이와 일본 자동정식기용 플러그모 트레이의 규격화에 대한 장단점을 나타낸 것이다. 국내에서 이용하고 있는 플러그모 트레이를

배추정식기에 이용하면 트레이제작 비용과 기존 육묘파종기 및 육묘장의 활용도를 높일 수 있어 비용을 크게 절감할 수 있는 것으로 판단된다.

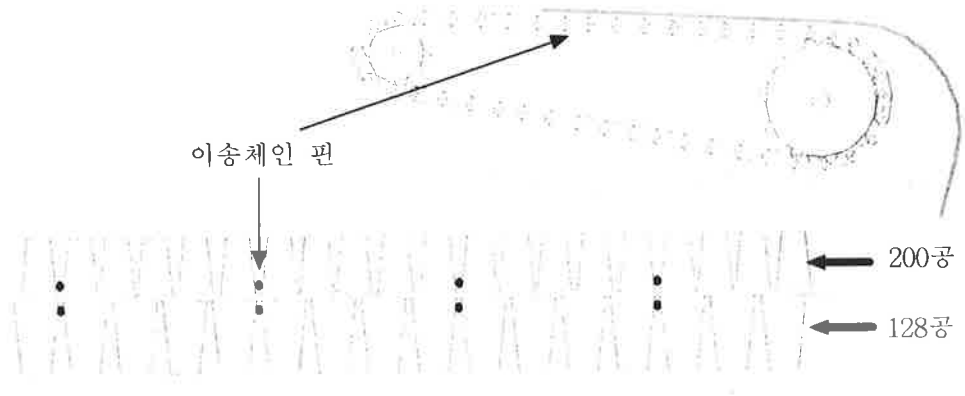


그림 2-16. 128공 및 200공 플러그모 트레이의 세로이송 메커니즘

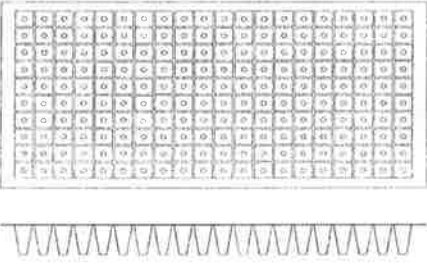
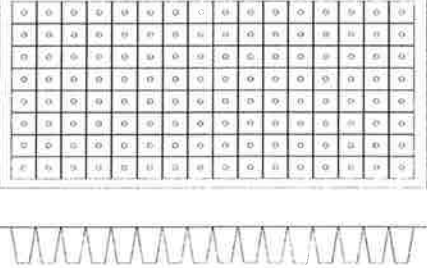
표 2-15. 플러그육묘 트레이 규격화 장단점 비교(128, 200공)

구분	국내 플러그육묘 트레이 이용	일본 플러그육묘 트레이 이용
장점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 육묘트레이 금형비 절감(200공) ○ 기존 육묘파종기 이용중대 ○ 규격 이송체인 이용가능 ○ 기존 육묘장 활용도 높음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기계정식에 알맞게 셀형상, 셀배치, 재질 등을 고려하여 설계제작 하였으므로 모간섭 등에 의한 결주율이 낮음
단점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 128공은 셀 깊이, 셀내부 돌출 등을 개량해야함 ○ 모 취출이 용이하도록 셀형상, 재질 등에 관한 연구가 필요 - 셀내부의 모서리와 바닥 등을 둥글게 가공 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 육묘트레이 금형비 부담 (2,000만원/개) ○ 육묘파종기 개발이 필요함 ○ 규격이송체인 이용이 불가능하므로 이송체인 금형비 부담(500만원) - 피치28.4mm(국제규격은 인치단위) ○ 기존 육묘장 활용도 저하 ○ 특허문제가 야기될 수 있음

본 과제에서 개발한 128공과 200공 육묘트레이는 표 2-16에 나타내었다. 육묘트레이의 금형 제작은 시행착오 및 개발비용을 절감하기 위해 플러그 트레이 전문 제작업체인 모던기업(주)의 협조를 얻어 2차 년도에 200공을 먼저 개발하여 정식기의 작동시험을 실시하였다. 128공 육묘트레이는 범농(주)의 협조로 3차 년도에 금형을 추가로 제작하였으며 128공과 200공은 모두 현재 시판되고 있다.

육묘트레이의 양쪽 가장자리 테두리는 정식기에 육묘트레이를 탑재했을 때 정식기에서 육묘트레이가 떨어지지 않도록 눌러주는 부분으로 이용되며 육묘트레이의 세로방향 양쪽테두리는 셀의 가장자리와 다음 셀의 가장자리 간격의 반에 해당하는 길이로 정식기에서 육묘트레이를 투입 시 연속적인 작업이 가능하도록 설계하였다.

표 2-16. 플러그모 트레이 금형제작

구 분	200공	128공
구 조		
규 격	<ul style="list-style-type: none"> ○ 크기(W×L) : 506.6×280mm ○ 셀피치 31.75mm ○ 셀크기(W×L×H) : 23×23×44mm 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 크기(W×L) : 506.6×280mm ○ 셀피치 31.75mm ○ 셀크기(W×L×H) : 29×29×44mm
비 고	○ 기존 200공 트레이의 일부 금형 이용가능	○ 금형 추가제작

제 6 절 배추정식기 시작기 설계요인 시험장치 제작

배추정식기 설계요인시험은 그림 2-17과 같이 모취출장치 2종, 식부장치 2종, 모이송장치 1종을 설계 제작하였으며, 작동시험을 통해 장단점을 비교 분석하여 배추정식기 개발모델을 선정하였다.

모취출장치는 직선슬라이드와 링크를 조합한 방식과 곡선슬라이드와 링크를 조합한 방식이며, 식부장치는 로터리기어조합방식과 4-bar링크방식, 모이송장치는 이송체인에 의해 세로로 이송되고 양방향의 이송스크류에 의해 가로로 이송시킬 수 있는 방식이다.

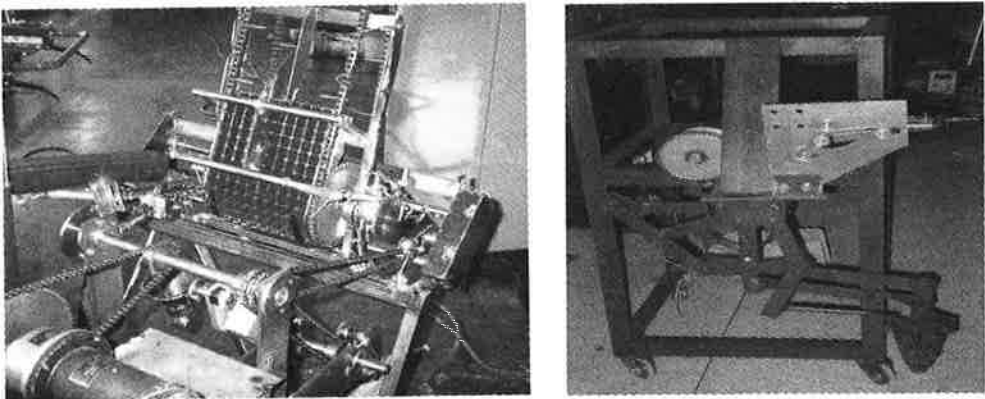


그림 2-17. 배추정식기 시작기 설계요인시험장치

1. 모 취출장치

모 취출장치는 그림 2-18의 링크와 직선슬라이드를 이용한 방식과 그림 19의 링크와 곡선슬라이드를 이용한 두 가지 방식으로 설계 제작하였다.

그림 2-18의 직선슬라이드방식의 모 취출장치는 구동력을 전달받아 링크가 반시계 방향으로 회전하여 직선슬라이더에 의해 직선궤적을 형성하면서 핀셋이 트레이에 삽입되어 모를 집게 된다. 링크가 계속 회전함에 따라 핀셋이 반대방향으로 직선운동을 하면서 나오다가 스톱퍼에 의해 직선운동이 멈추지게 되면 핀셋은 곡선운동을 하게되어 아래로 숙이게 된다. 핀셋이 제일 아래방향에 위치했을 때 집게가 벌어지면서 모를 식부호퍼로 떨어뜨린다. 핀셋은 모를 집을 때 오므라지고 모를 떨

어뜨릴 때 벌어지게 되며, 이때 핀셋만 벌리면 모가 떨어지지 않으므로 핀셋을 벌리는 동시에 모를 밀어내는 배출링을 핀셋에 설치하였다.

그림 2-19의 곡선슬라이드방식의 모취출장치는 링크가 반시계 방향으로 회전하면서 앞부분의 직선운동궤적에서는 핀셋이 트레이에 삽입되어 모를 집게 되고, 링크가 계속 회전함에 따라 곡선운동궤적을 따라서 핀셋이 아래방향으로 숙여지게 되어 모를 식부호퍼로 떨어트리도록 설계 제작하였다. 모를 집어서 식부호퍼로 떨어트리는 방법은 직선슬라이드 모취출장치와 같은 방식으로 작동되도록 설계 제작하다.

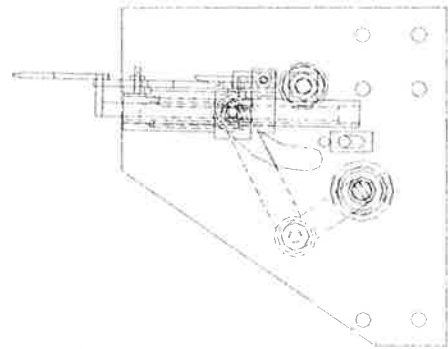
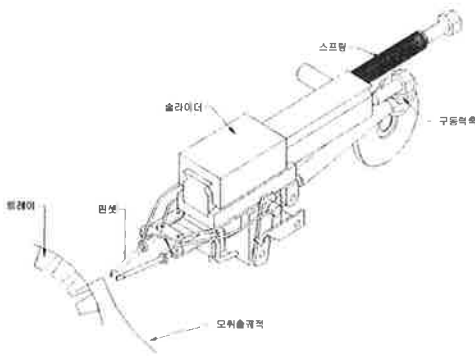


그림 2-18. 직선슬라이드방식의 모취출장치 그림 2-19. 곡선슬라이드방식의 모취출장치

모 취출 궤적구멍은 ADAMS프로그램을 이용하여 작동과 궤적을 시뮬레이션 하였으며 그림 2-20과 2-21의 두 가지 장치 모두 유사한 궤적을 형성하는 것으로 나타나 모를 취출하는데 적절한 것으로 나타났다.

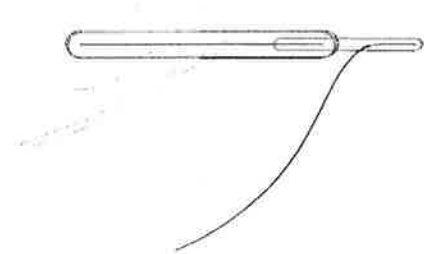
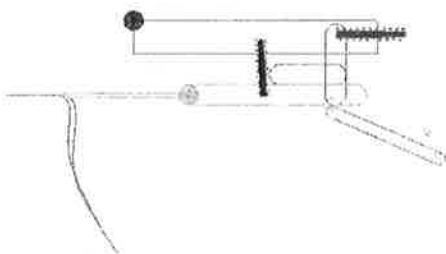


그림 2-20. 직선슬라이드방식의 모취출장치 궤적 그림 2-21. 곡선슬라이드방식의 모취출장치 궤적

모 취출장치의 구조 및 작동을 분석한 결과 표 2-17과 같이 직선슬라이드 방식은 구조가 간단하여 궤적변경이 용이하고 소요동력이 적지만 소음 및 진동이 다소 많은 문제점이 있다. 곡선슬라이드 방식은 크기 및 동작범위가 작고 진동이 적어 고속작업에 유리하나 정밀하게 제작하지 않으면 마찰저항으로 소요동력이 증가하므로 제작비용이 많이 드는 문제점이 있다. 배추정식기의 모취출장치는 두 가지 방식 모두 적용은 가능하나 상품화를 고려하여 제작비용이 적은 직선슬라이드 방식의 모취출장치를 적용하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

표 2-17. 모 취출장치 구조 및 작동분석 결과

구 분	직선슬라이드 방식	곡선슬라이드 유도방식
장 점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 구조가 간단함 ○ 모 취출이 용이함 ○ 소요동력이 적음 ○ 궤적변경이 용이 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 크기 및 동작범위가 작음 ○ 진동이 작아 고속작업 가능
단 점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 진동 및 소음이 다소 많음 ○ 식부침 개폐구조가 복잡함 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제작 정밀도 요구 ○ 제작비용 상대적으로 높음

모 취출장치의 성능시험 결과는 표 2-18과 같이 1엽 손상률 10~15%, 상토판손률 2~3%, 모취출률 100%로 나타났다. 1~2엽 정도의 모손상은 생육에 지장이 없는 것으로 보고되어 큰 문제는 없으나 뿌리상토가 파손되는 것은 뿌리생육이 부진하여 발생하는 문제이기 때문에 육묘기술에 관한 연구가 수반되어야 할 것으로 판단되었다. 또한 모 취출률은 100%로 기계적인 결주는 발생하지 않았다.

표 2-18. 모 취출장치 성능시험결과

모초장(cm)	모엽수(개)	모 손상률(%)	뿌리상토 파손율(%)	모 취출률(%)
8~12	5~7	1엽손상 : 10~15	2~3	100

2. 식부장치

그림 2-22의 로터리 식부방식은 식부호퍼가 항상 똑바로 서 있도록 고정하는 기어조합과 식부케적을 만들어주는 기어조합으로 구성하였다. 식부호퍼를 고정하는 기어조합은 정식기 본체에 커플링조합으로 회전이 고정되어 일정한 방향으로 자세를 잡고 식부케적을 형성하는 기어조합은 구동력을 2배로 증속시켜 타원형의 식부케적을 형성하게 된다. 식부호퍼의 개폐는 캠에 의해 작동되도록 설계 제작하였다.

그림 2-23의 4-bar 링크방식의 식부장치는 4개의 4절 링크를 조합한 링크로 작동되는 방식으로서 기존 정식기에 주로 이용되고 있는 방식이다.



그림 2-22. 로터리 식부장치

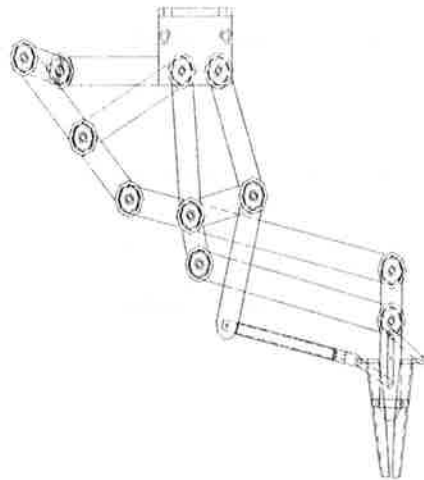
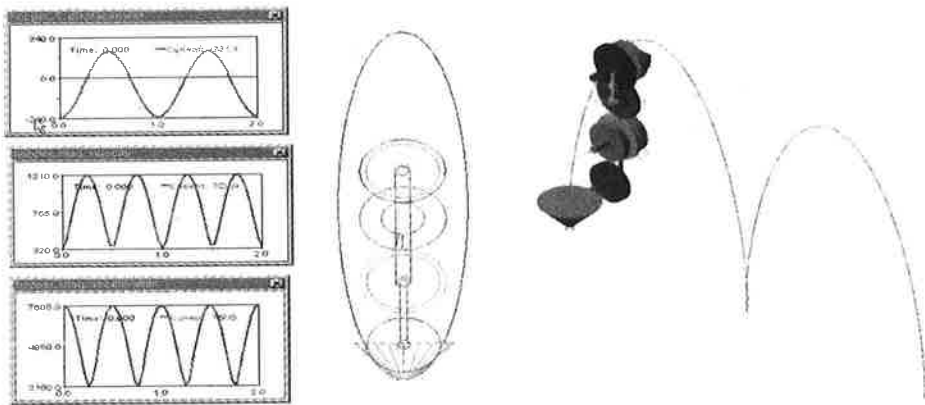


그림 2-23. 4-bar링크 식부방식

로터리 식부장치의 식부케적은 타원형의 식부케적을 형성하는 것으로 나타났다. 그림 2-24의 (a)는 정식기가 정지상태일 경우의 식부호퍼케적과 케적운동에 따른 변위, 속도 및 가속도의 변화를 나타낸 그림이다. 식부호퍼의 속도는 식부호퍼에 모가 투입되는 지점인 상단과 모를 정식하는 하단에 위치해 있을 때 가장 느리게 나타나 모공급 및 정식 타이밍이 적당한 것으로 나타났다. 그림 2-24의 (b)는 정식기

가 진행할 경우의 식부궤적을 나타낸 것으로 정식기의 작업속도가 0.3m/s로 진행할 경우 식부호퍼의 끌림현상이 없는 것으로 나타났지만 정식작업 시에 작업속도를 0.3m/s로 일정하게 유지하는 것은 어려운 일이다. 배추정식기의 본체로 사용되는 승용관리기는 PTO 회전수가 저속일 경우 627rpm, 고속일 경우 779rpm으로 한정되어 있다. 따라서 정식작업 시에 승용관리기의 작업속도가 약간의 변동이 있더라도 배추정식기의 식부호퍼가 끌리지 않도록 심기는 지점에서는 빨리 회전하고 모가 식부호퍼에 투입되는 지점에서는 정지할 수 있는 간헐동력전달장치가 필요하다. 또한 승용관리기는 정식이나 파종작업 등에 이용하기 위해서 승용관리기의 주행속도에 비례하여 PTO의 회전수가 변동되도록 하는 Ground-PTO 방식의 채택이 필수적이라고 생각된다.



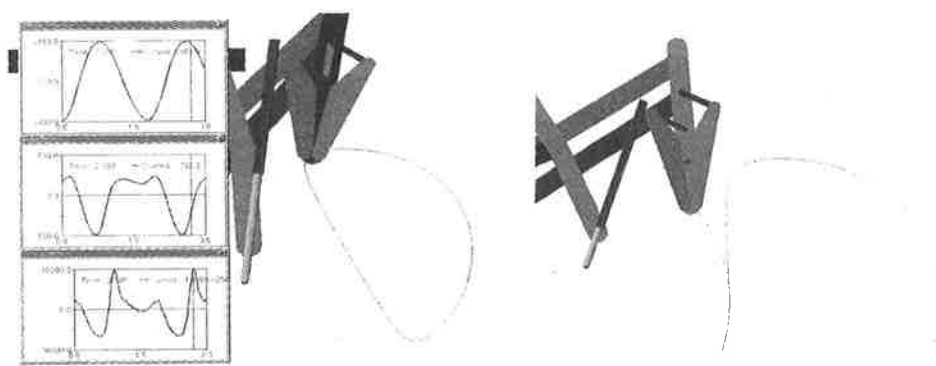
(a) 정식기 정지시의 식부궤적

(b) 정식기 진행시의 식부궤적

그림 2-24. 로터리조합방식의 식부장치의 식부궤적

4-bar링크 식부장치의 식부궤적은 타원형을 뒤쪽으로 찌그린 형상으로 나타났다. 그림 2-25의 (a)는 정식기가 정지하고 있을 경우의 식부호퍼궤적과 식부호퍼의 운동에 따른 변위, 속도 및 가속도의 변화를 나타낸 그림이다. 식부호퍼가 최저점에서 위쪽으로 상승할 경우에 식부호퍼가 뒤쪽으로 궤적을 형성함으로써 식부호퍼가

끌리는 현상을 없었다. 4-bar 링크방식의 식부장치는 로터리방식의 식부장치보다 더욱 안정된 식부궤적으로 배추모를 심을 수 있는 장점은 있지만 크기가 크고 고속작업이 어려운 단점이 있다. 그림 2-25의 (b)는 정식기가 진행할 경우의 식부궤적을 나타낸 것으로 모가 심겨지는 지점에서 식부호퍼가 끌리는 현상이 없는 것을 알 수 있다.



(a) 정식기 정지시의 식부궤적

(b) 정식기 진행시의 식부궤적

그림 2-25. 4-bar 링크 방식 식부장치의 식부궤적

식부장치의 구조 및 작동을 분석한 결과를 표 2-19에 나타내었다. 로터리조합 식부장치는 진동 및 소음이 적어 고속작업에 유리한 장점이 있지만 기어간의 유격을 없애는 등 정밀제작이 요구되므로 상대적으로 제작비용이 높은 단점이 있다. 4-bar 링크방식의 식부장치는 제작이 용이하여 가격이 저렴한 장점이 있지만 크기가 커서 2조 이상의 정식기에 채택하기가 어려울 뿐만 아니라 진동 및 소음으로 고속작업이 어렵다. 따라서 배추정식기에는 작동이 원활하고 고속작업이 가능한 로터리 식부장치를 시작기에 적용하는 것이 적절한 것으로 판단되었다.

표 2-19. 식부장치의 구조 및 작동분석 결과

구분	로터리조합 식부장치	4-bar링크방식 식부장치
장점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 진동 및 소음이 작고 작동이 원활함 ○ 고속작업이 가능함 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가격이 저렴함 ○ 제작이 용이함
단점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제작비용이 상대적으로 높음 ○ 제작정밀도가 높음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 크기가 큼 ○ 고속작업이 곤란함 ○ 진동 및 소음이 심함

3. 모이송장치

모이송장치는 플러그 육묘트레이에 육묘된 모를 모 취출장치가 하나씩 취출할 수 있도록 모를 탑재하여 일정피치 만큼 가로 또는 세로방향으로 자동으로 이송시키는 장치이다. 모이송장치는 기어변환에 의해 128공과 200공 육묘트레이를 겸용으로 사용할 수 있도록 설계 제작하였다. 모이송장치는 그림 2-26과 같이 모탑재대를 가로방향으로 이송시키는 가로이송 스크류, 모 취출 시 모탑재대를 일시 정지시키는 제네바기어장치, 128공과 200공 육묘트레이를 가로방향으로 이송시키기 위해 기어비를 조절하는 가로이송기어변환장치, 모탑재대를 세로방향으로 이송시키는 레칭기어장치, 128공과 200공 육묘트레이를 세로방향으로 이송시키는 세로이송기어변환장치, 128공과 200공 육묘트레이를 세로방향으로 이송시키는 이송체인으로 구성되어 있다.

모이송장치는 육묘트레이를 가로로 한 칸씩 이송시켜 모취출장치가 모를 집어낼 동안 정지하였다가 모를 집어낸 후 옆으로 한 칸씩 이송시킨다. 가로방향의 끝까지 이송한 후에는 세로이송 레칭기어에 의해 세로로 한 칸 이송시키도록 되어있다.

모이송장치는 모 취출장치가 모를 집어낼 때 가로방향으로 2mm 이상의 이송오차가 발생하게 되면 핀셋이 육묘트레이의 테두리를 찌르게 되고, 세로방향으로 5mm의 이송오차가 발생하게 되면 모를 셀에서 뽑아내는 위치가 달라지므로 모 취출률이 떨어져 결주가 생기는 원인이 되므로 정밀제작이 필요하다.

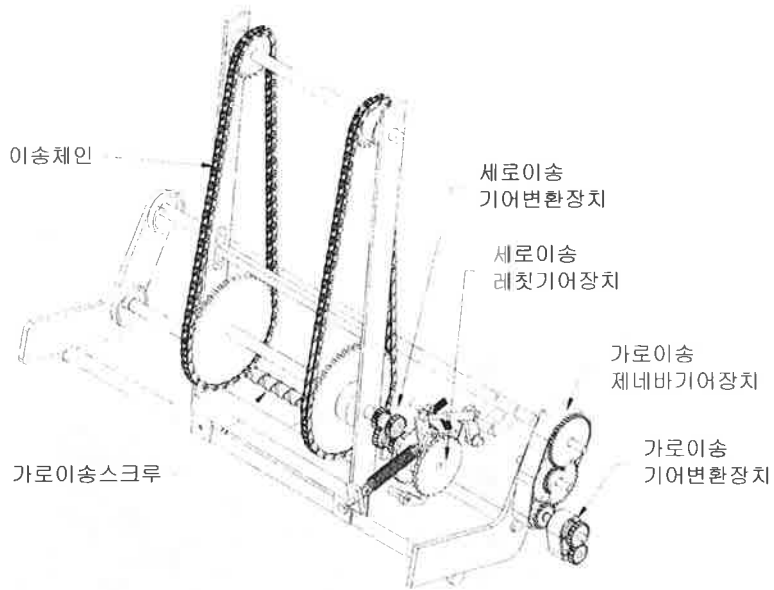


그림 2-26. 모이송장치의 구조

제 7 절 배추정식기 시작기 제작

1. 시작기의 구조 및 제원

배추정식기는 승용관리기 부착형 2조식으로 모이송, 모취출 및 모심기 동시작업 형으로 제작하였으며 식부깊이 및 두둑추종이 자동으로 수행되는 전자동방식이다.

배추정식기의 구조는 그림 2-27과 같이 육묘트레이를 탑재하고 가로 또는 세로 방향으로 한 칸씩 이송시키는 모이송장치, 모를 하나씩 집어내서 식부호퍼로 떨어트리는 모취출장치, 취출장치로부터 모를 받아 타원형의 궤적을 형성하면서 두둑 위에 모를 심는 식부장치, 두둑중앙에 모를 일정한 깊이로 심을 수 있는 식부깊이 및 두둑추종 자동조절장치, 각각의 장치로 동력을 전달하고 주간을 조절하는 동력 전달장치 등으로 구성된다.

배추정식기의 본체는 20마력 공랭 4사이클 가솔린엔진을 탑재한 아세아 승용관리기를 이용하였다(표 2-20). 주행속도는 전진 8단, 후진 4단이며, 0.23~3.58m/s의 속

도범위에서 주행할 수 있으며 배추정식작업에 이용되는 작업단수는 저속 1단과 저속 2단이다. 저속 1단의 작업속도는 0.23m/s이고 저속 2단의 작업속도는 0.4m/s이다. 승용관리기의 PTO구동시스템은 엔진 회전수가 3,000rpm일 때 PTO회전수는 저속 627rpm, 고속 779rpm으로 PTO회전수가 작업단수에 관계없이 독립적으로 회전하므로 규정된 작업단수에서 정식작업을 해야 한다.

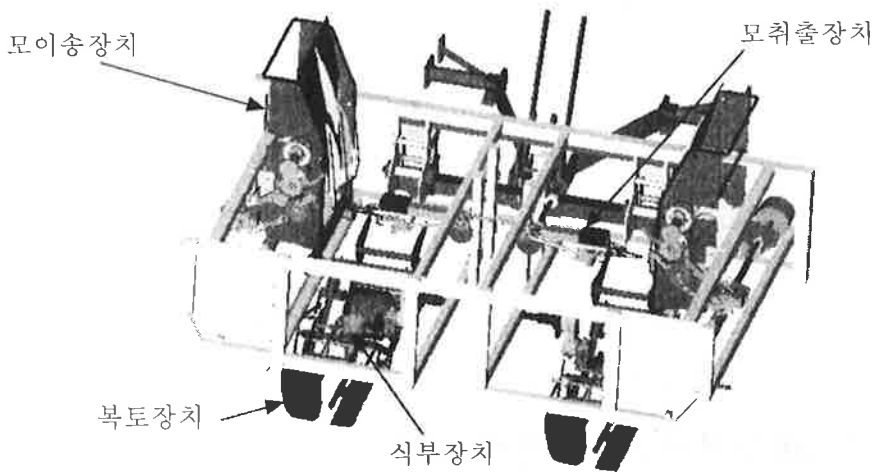


그림 2-27. 배추정식기 시작기 구조

배추정식기는 기계의 이용효율을 높이기 위해 배추뿐만 아니라 상추, 양상추, 양배추 등 엽채류의 정식작업에 활용할 수 있도록 조간 및 주간을 조절하고 128공과 200공 육묘트레이를 겸용으로 사용할 수 있도록 설계 제작하였다.

식부조간 조절은 메인프레임의 고정볼트를 풀고 좌우측으로 벌려서 조정하고 볼트로 고정한다. 조절범위는 45~65cm 범위에서 조절이 가능하다.

식부주간은 승용관리기와 정식기 사이의 동력전달장치에 연결된 무단변속폴리의 반경을 변경하여 조정한다. 무단변속폴리의 조정장치를 한쪽방향으로 돌리면 무단변속폴리의 직경이 작아지면서 주간거리가 멀어지게 되고 반대방향으로 돌리면 주간거리가 좁아지게 된다. 주간거리 조절범위는 25~50cm이다.

작업능률을 높이기 위하여 12개의 예비모탑재대를 승용관리기의 전륜위쪽에 설치 하였으며 이는 정식기 쪽으로 쏠리는 무게중심을 앞쪽으로 분산시키는 효과가 있다.

배추가 두둑중앙에 심겨질 수 있도록 자동으로 조절되는 두둑추종 조절범위는 $\pm 75\text{mm}$ 이고, 정식깊이는 0~6cm까지 조절이 가능하다.


표 2-20. 배추정식기의 주요 제원

기 종 명		승용관리기 부착형 배추정식기
형 식 명		VTP-1200
승용관리기 (본체)	엔진형식	공냉 4사이클 2기통 버티컬 가솔린엔진
	최대출력(ps/rpm)	20/3600
	변속단수	전진 8단, 후진 4단
	차륜폭(mm)	1,200
	최저지상고(mm)	560
	최소회전반경(m)	2.0
정 식 기	길이(mm)	1,850
	폭 (mm)	1,690
	높이(mm)	1,280
식 부 부	식부조수(조)	2
	식부방식	원추홀더
	식부조간(cm)	45~65
	식부주간(cm)	25~50
	예비모탑재수(개)	12
적 용 작 물		배추, 상추, 양배추
사 용 트 레 이		128공, 200공 플러그모 트레이
좌우 두둑추종길이(mm)		± 75
식부깊이 조절범위(cm)		0~6

2. 모 취출장치

모취출방식은 핀셋 꽃아내기 방식으로 직선슬라이드와 링크구조를 결합한 방식을 채택하였다. 모취출장치의 작동원리는 표 2-21과 같이 “ㄱ”자의 궤적으로 운동하면서 플러그트레이에서 모를 하나씩 집어내어 식부호퍼로 떨어트리는 반복작동을 한다. 핀셋이 벌려진 상태로 플러그트레이의 셀에 삽입되어 트레이의 바닥에 이르러서 핀셋이 오므라진다. 모를 식부호퍼에 떨어트릴 때는 핀셋이 벌려지는 동시에 핀셋에 걸려있는 배출링이 모를 밀어 배추모가 잘 빠지도록 하였다.

표 2-21. 모취출장치의 구조 및 특징

구 조	특 징
 <p style="text-align: center;">모취출계적</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 형식 : 직선슬라이드와 링크구조를 조합한 방식 ○ 작동 : 전진직선운동 → 모집음 → 후진 직선운동 → 곡선 궤적운동 → 집계를 벌리는 동시에 모를 밀어냄 ○ 모취출률 : 97.5 %

배추정식기의 모취출시험에 사용한 배추모의 묘소질은 표 2-22와 같다. 엽수 2.3~5.9매/주, 엽장 3.84~8.92cm, 엽폭 1.81~3.49cm, 엽면적 25.89~140.73cm²/주, 생체중은 지상부 1.78~7.23g/주, 지하부 0.47~1.01g/주, 지상부 건물중은 0.14~0.48g/주, 지하부 건물중은 0.03~0.06g/주로 육묘일수가 경과할수록 생육상태가 좋아지는 경향으로 나타났다. 상토함수율에 따른 모취출시험에서 류 등(1998)은 상토함수율이 28~48%일 때 모취출개수가 146개, 상토함수율이 44~59%일 때 모취출개수가 129개, 상토함수율이 55~66%일 때 모취출개수가 74개로 상토함수율이 낮을수록 모취출률이 낮은 것으로 보고하였다. 따라서 본 과제에서는 모취출시험 1시간 전에 물

을 충분하게 주고 시험하였으며 이때의 상토편수율은 습량기준으로 70~75%범위이었다.

표 2-22. 모 취출시험에 사용한 묘소질

육묘일수 (일)	엽수 (매/주)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽면적 (cm ² /주)	생체중(g/주)		건물중(g/주)	
					지상	지하	지상	지하
15일	2.3	3.84	1.81	25.89	1.78	0.47	0.14	0.03
20일	3.1	5.43	2.51	49.25	2.69	0.63	0.24	0.05
25일	5.1	8.92	3.45	136.21	7.22	0.95	0.50	0.07
30일	5.9	8.53	3.49	140.73	7.23	1.01	0.48	0.06

모취출장치의 모취출시험은 표 2-23과 같이 핀셋 삽입위치를 배추묘 플러그의 하단, 중단, 상단으로 삽입하여 육묘일수별로 모취출개수, 실패개수, 상토편손개수, 잎손상개수를 조사하여 모취출률과 성공률로 비교 분석하였다.

모취출률은 식 2-1과 같이 육묘트레이로부터 배추모가 잘 빠지는 정도를 나타낸 것이며 식 2-2의 성공률은 육묘트레이로부터 배추모가 잘 빠지는 정도와 상토편손 정도를 나타낸 것이다.

상토편손은 상토의 아랫부분의 1/4가 부서진 경우, 상토의 윗부분의 1/4이 부서진 경우, 상토편전체가 부서진 경우 등 3가지로 구분해서 상토편손을 나타내었다. 상토편손은 배추생육시험결과 상토의 전체가 파손된 경우를 제외한 상토의 위 또는 아래가 부서진 경우는 배추생육에 큰 지장을 주지 않는 것으로 나타났다.

모취출장치의 핀셋에 의해서 배추잎에 구멍이 뚫리거나 찢기는 경우가 생기는데 배추생육시험결과 배추의 생육에 큰 지장을 주지 않는 것으로 나타났다.

따라서 모취출장치의 성능은 상토편손이나 잎손상을 고려하지 않은 모취출률로 평가하는 것이 타당하다고 판단된다.

$$\text{모취출률(\%)} = \frac{(\text{모취출개수} - \text{실패개수})}{\text{모취출개수}} \times 100 \dots\dots\dots (2-1)$$

$$\text{성공률(\%)} = \frac{\{\text{모취출개수} - (\text{실패개수} + \text{상토판손개수})\}}{\text{모취출개수}} \times 100 \dots\dots\dots (2-2)$$

배추정식기의 모취출 성능은 표 2-23과 같이 육묘일수가 20일인 경우 취출장치의 삽입위치가 중간인 경우가 모취출률이 99.5%로 가장 양호한 것으로 나타났다.

육묘일수가 15일인 경우는 엽수, 생체중 등이 매우 떨어지고 뿌리부분의 매트형성이 잘 안되어 트레이로부터 모가 잘 빠지지 않고 빠진 배추모의 상토판손이 많은 것으로 나타났다. 그러나 앞손상은 엽수, 엽장, 엽폭 등이 작기 때문에 손상률이 상대적으로 낮은 것으로 나타났다.

육묘일수가 20일 이상인 경우는 엽수, 엽면적, 배추모의 생체중 및 건물중이 정식하기에 적합한 수준으로 모취출률이 98.5%이상으로 양호하게 나타났다. 육묘일수가 많을수록 상토판손 등을 고려한 성공률이 97.5%에서 98.5%로 높게 나타났다. 이는 배추의 뿌리가 상토의 표면을 감고있기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 육묘일수가 많을수록 배추잎의 크기가 크고 배추잎이 서로 엉키는 현상이 발생하여 실패개수가 증가하여 모취출률이 99.5%에서 98.5%로 떨어졌다. 따라서 배추정식기에 적당한 배추모는 육묘일수 20일 전후의 묘를 사용하는 것이 가장 좋을 것이라고 판단된다.

모취출장치 핀셋의 삽입위치에 따른 모취출률은 핀셋의 위치가 셀의 밑부분으로 삽입되는 경우가 98.5%, 중간이 99.5%, 윗부분으로 삽입되는 경우가 97.5%로 나타나 셀의 중앙으로 핀셋을 삽입하도록 하였다.

표 2-23. 모취출 시험조건 및 결과

육묘 일수 (일)	삽입 위치	모취출 개수(개)	실패 개수 (개)	상토파손 (개)			있손상 (개)	모취출률 (%)	성공률 (%)
				아래	위	전체			
15	하단	200	7	9	1	5	1	96.5	89.0
	중간	200	6	5	0	3	2	97.0	93.0
	상단	200	8	10	1	7	2	96.0	87.0
20	하단	200	3	8	0	2	2	98.5	93.5
	중간	200	1	3	0	1	1	99.5	97.5
	상단	200	5	9	0	5	3	97.5	90.5
25	하단	200	4	6	0	3	3	98.0	93.5
	중간	200	2	2	0	0	4	99.0	98.0
	상단	200	6	7	1	1	4	97.0	92.5
30	하단	200	5	5	0	0	2	97.5	95.0
	중간	200	3	0	0	0	6	98.5	98.5
	상단	200	7	4	0	0	6	96.5	94.5

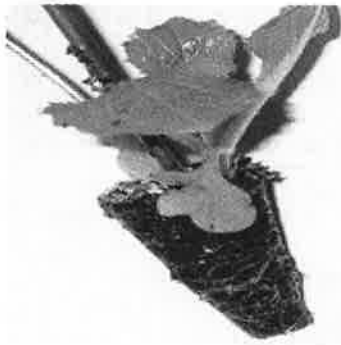


그림 2-28. 편셋이 플러그 중단을
삽입한 모습



그림 2.29. 편셋이 플러그 상단을
삽입한 모습

3. 모이송장치

모이송장치는 모취출장치가 배추모를 육묘트레이로부터 하나씩 뽑아낼 수 있도록 플러그 육묘트레이를 탑재하고 일정한 피치만큼 가로 또는 세로방향으로 이송시키는 장치이다.

모이송장치는 표 2-24과 같이 모탑재대, 가로이송장치, 세로이송장치로 구성되었다. 모탑재대는 홑핀 이송체인 위에 플러그 육묘트레이를 탑재하여 세로방향으로 이송시키는 장치이다.

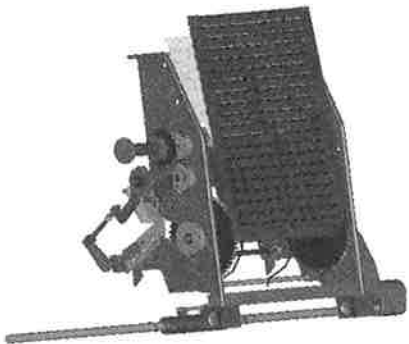
플러그 육묘트레이가 탑재되는 모탑재대의 밑부분에는 육묘트레이가 움직이지 않도록 두께 2mm의 유선형의 철판을 부착하여 육묘트레이를 좌우로 움직이지 못하도록 하였으며, $\phi 5\text{mm}$ 의 환봉으로 된 가이드를 설치하여 육묘트레이의 윗부분에서 육묘트레이의 좌우측 끝단과 중앙을 눌러주도록 하였다.

가로이송장치는 양방향으로 홈이 파진 스크루를 이용하여 모탑재대 전체를 좌우로 이송시키는 장치이다. 128공과 200공 육묘트레이를 겸용으로 사용할 수 있도록 기어변환장치를 부착하여 128공 육묘트레이를 사용할 경우 31.75mm, 200공 육묘트레이는 25.4mm 만큼 모탑재대를 가로방향으로 이송시키고 간헐기어장치를 이용하여 취출장치가 모를 뽑아낼 때 모탑재대가 정지할 수 있도록 설계제작 하였다.

세로이송장치는 육묘트레이가 좌우측 끝단에 이르렀을 때 세로로 한 칸씩 이송시키는 장치로 레킷기어를 이용하였다. 기어변환장치를 이용하여 128공과 200공 육묘트레이를 겸용으로 사용할 수 있도록 128공을 사용할 경우 31.75mm, 200공은 25.4mm 만큼 세로로 한 칸씩 이송되도록 설계 제작하다.

모이송장치는 배추정식기에서 가장 정밀하게 제작되어야 결주를 방지할 수 있다. 이송장치의 이송오차는 $\pm 1\text{mm}$ 로 정밀하게 제작되어야 한다고 판단된다.

표 2-24. 모이송장치의 구조 및 특징

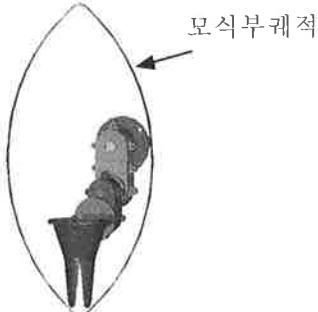
구 조	특 징
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 형식 : 홑핀 체인 이송방식 ○ 작동 : 좌우로 한 칸씩 한 줄 이송 후 세로로 한 칸 이송 ○ 특징 <ul style="list-style-type: none"> - 128공 및 200 겸용 - 배추 등 엽채류 정식가능 ○ 이송오차 : ±1mm

4. 식부장치

식부장치는 모취출장치로부터 모를 받아서 두둑 위에 정식하는 장치로 식부호퍼의 방향을 고정하는 기어조합과 타원형의 식부궤적을 형성하는 기어조합으로 구성되었으며 고속작업이 가능하고 타 작목의 정식기에도 적용이 가능한 구조이다.

식부장치는 표 2-25와 같이 ADAMS프로그램의 시뮬레이션 결과 0.3m/s로 작업할 경우 식부호퍼가 땅에 끌리지 않는 것으로 나타났으나 실제 포장시험에서 본체인 승용관리기의 엔진회전수의 변동과 바퀴의 슬립 등으로 일정한 작업속도를 얻을 수 없었기 때문에 식부호퍼가 모를 심고 올라올 때 땅에 끌리는 현상이 발생하였다. 식부호퍼가 땅에 끌리는 현상을 없애기 위해 식부호퍼로 전달되는 동력전달라인에 간헐기어장치를 부착하였다. 간헐기어장치는 식부호퍼가 모를 심을 때는 2배로 빨리 회전하고 취출장치로부터 모를 받을 때는 정지하도록 설계되었다. 이렇게 함으로써 식부호퍼가 끌리는 현상이 방지되며 모 투입시 모가 흐트러지거나 호퍼 밖으로 이탈되는 현상을 없앨 수 있었다.

표 2-25. 식부장치의 구조 및 특징

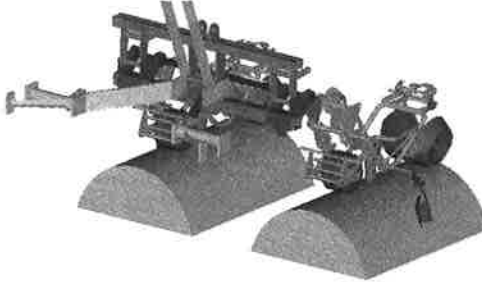
구 조	특 징
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 형식 : 로터리 호퍼개폐식 ○ 작동 : 간헐구동방식으로 모공급시 정지, 식부 시에는 고속운동 ○ 특징 : 모 이탈현상 및 식부호퍼 끌림 현상 없음

5. 정식깊이 및 두둑추종 자동제어장치

정식깊이 및 두둑추종 자동제어장치는 두둑중앙에 배추모를 일정한 깊이로 심을 수 있도록 하는 장치로서 자동과 수동으로 제어할 수 있다.

두둑추종은 복토장치에 장착된 두둑추종센서가 두둑의 양쪽측면에서 두둑을 따라가면서 두둑의 굴곡을 감지하게 된다. 정식기가 두둑의 좌우측으로 치우쳐 이 센서를 건드리게 되면 리미트 스위치가 작동하여 전기신호를 자동제어컨트롤러로 보내 준다. 자동제어컨트롤러는 이 신호를 솔레노이드 밸브로 보내 정식기의 좌우이동 유압실린더를 구동시켜 좌우로 75mm 범위에서 자동 조절되어 배추모를 두둑중앙에 심을 수 있도록 하였다 .

표 2-26. 식부깊이 및 두둑추종 자동조절장치의 구조 및 특징

구 조	특 징
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 형식 : 유압자동제어방식 ○ 작동 : 리미트스위치의 전기신호로 유압실린더를 작동하여 상하 및 좌우이송 ○ 특징 : 수동 및 자동모드

식부깊이 자동조절장치는 표 2-26의 그림과 같이 두둑 위를 평평하게 위에서 살짝 눌러주는 장치로 앞쪽의 원통형 진압륵과 2개의 복토륵에 의해 조절된다.

앞쪽의 진압륵은 정식기의 전체높이를 제어하는 작용을 한다. 진압륵이 두둑 위에서 떨어지게 되면 진압륵에 연동되는 리미트스위치가 작동하여 전기신호를 자동제어컨트롤러로 보내준다. 자동제어컨트롤러는 이 신호에 따라 승용관리기의 유압하강실린더를 작동시켜 정식기 전체가 하강하고, 반대로 진압륵이 두둑 위를 너무 세게 누르게 되면 같은 작용에 의해 정식기 전체가 상승하게 된다.

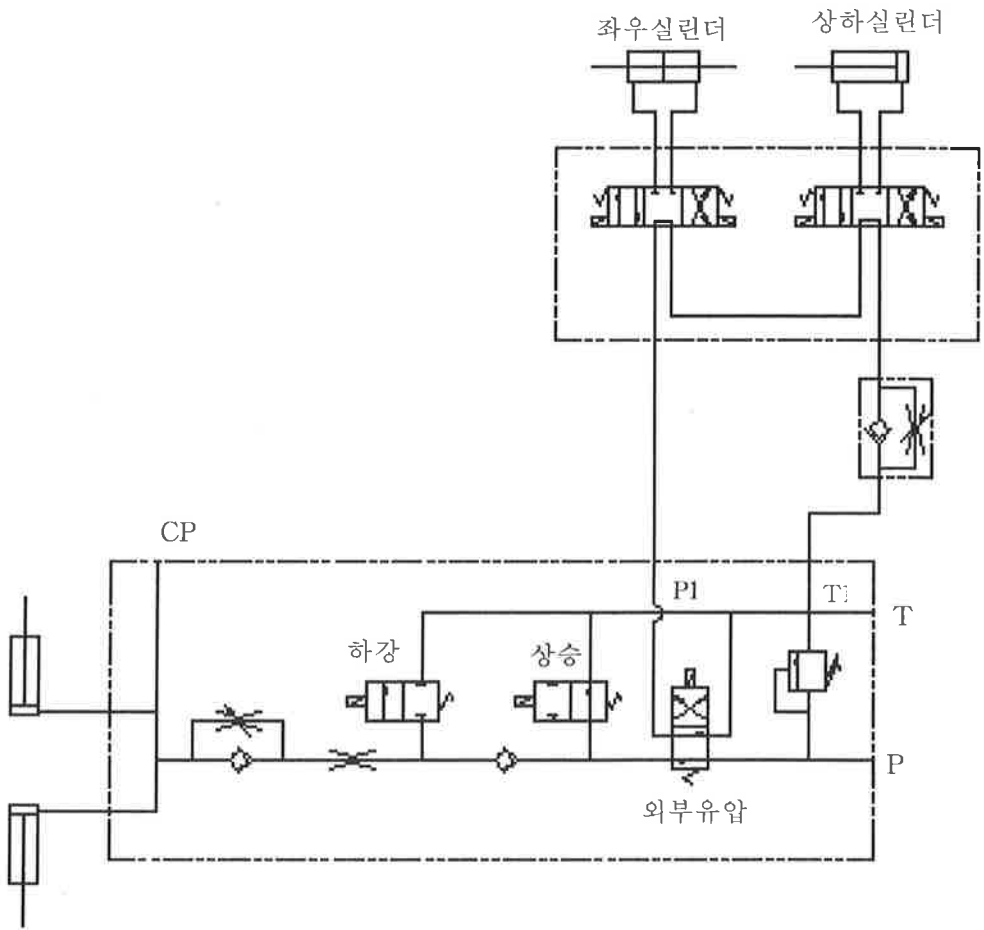


그림 2-30. 배추정식기의 유압회로도

표 2-26의 그림에서 뒤쪽의 복토륵은 두둑의 길이방향으로 볼록하거나 오목하게 경사가 졌을 경우에 승용관리기와 정식기와의 전후각도를 제어하는 작용을 한다. 복토륵이 두둑 위에서 떨어지면 복토륵에 연동되는 리미트스위치가 작동하여 전기신호를 자동제어컨트롤러로 보내준다. 자동제어컨트롤러는 이 신호를 승용관리기와 정식기 사이에 부착된 유압실린더를 밀어 정식기 앞쪽에 위치한 힌지점을 중심으로 정식기를 하강시키고, 반대로 복토륵이 두둑 위를 일정압력이상으로 누르게 되면 같은 작용에 의해 정식기가 들리게 된다. 배추정식기의 유압회로도와 자동제어컨트롤시스템의 구성도는 그림 2-30과 2-31과 같다.

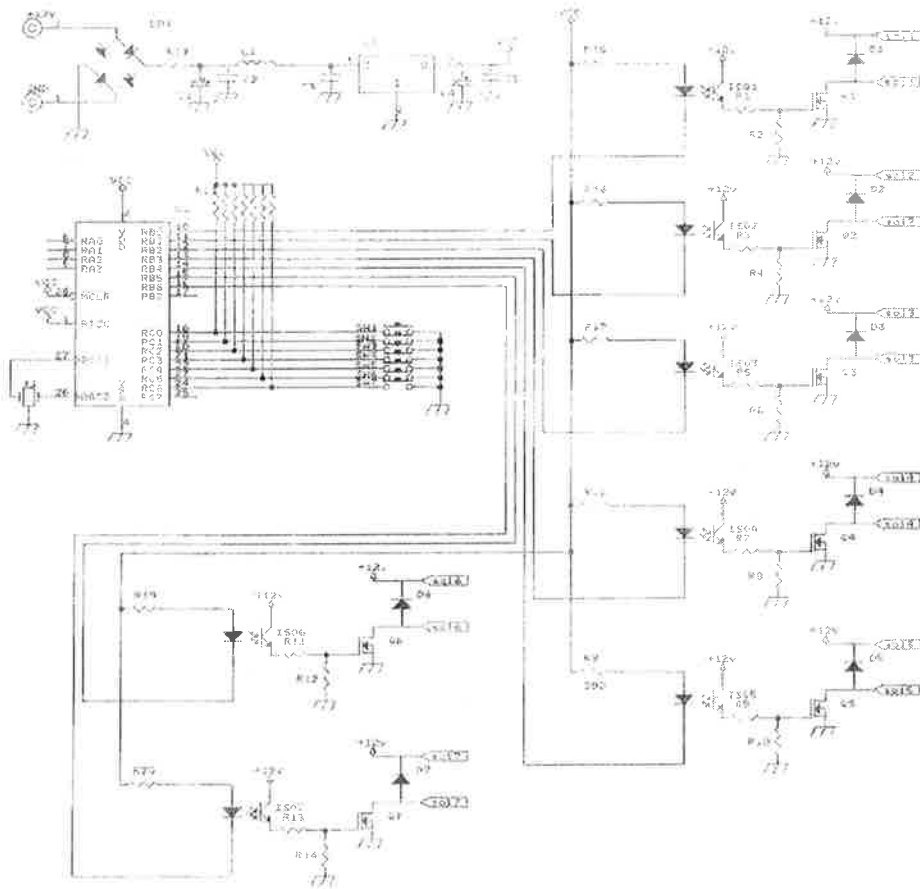


그림 2-31. 배추정식기의 자동제어컨트롤러 구성도

제 8 절 배추정식기 성능시험

1. 공시품종

배추모는 표 2-27과 같이 고랭지여름배추와 조생가락배추를 사용하였다. 고랭지여름배추의 육묘는 주간에는 20~25℃, 야간에는 18~20℃를 유지하다가 육묘 후반기에는 온도를 낮추고 순화시켰으며, 관수는 오전에 1회 실시하고, 시비는 작물상태에 따라 비왕(1,000배액)을 엽면살포하였다. 배추모는 육묘일수가 20일로 짧고 초장이 7~7.5cm로 정식하기에는 어린 상태로 뿌리발육이 잘 안되어 플러그형성이 좋지 않았으며, 조생가락배추는 24일 육묘하여 초장이 9~11cm로 플러그형성이 정식하기에 알맞게된 상태였다.

표 2-27. 공시품종의 물성

시험포장	품 종	정식일자	육묘일수(일)	초장(cm)	엽수(개/주)
고 시	고랭지여름배추	7. 28	20	7.0 ~ 7.5	4 ~ 4.5
원예연	조생가락배추	9. 6	24	9~11	4~6

2. 공시포장

정식포장은 표 2-28과 같이 3~5°의 경사지와 평지가 혼재된 포장에서 시험하였다. 기비시용후 로터리 경운한 포장으로 쇄토가 잘되어 정식하기에 좋은 상태였다. 고랭지시험장 포장은 옥수수수를 재배한 포장으로 잡초 및 옥수수잔유물 등의 협잡물이 많아 두둑성형시 약간씩 흩이 끌리는 현상이 발생하였다. 원예연구소 시험포장은 쇄토율이 100%로 협잡물이 없어 정식하기에 좋았다. 두둑성형은 본 과체의 2차 년도에 개발한 승용관리기 부착형 4조식을 사용하였다.

표 2-28. 공시포장상태

시험포장	포장면적	포장경사도	토 성	쇄 토 율(%)	협잡물
고 시	4,263m ²	3~4.4°	사양토	100	많음
원예언	1,320m ²	0°	사양토	100	없음

3. 성능시험

배추정식기는 본체인 승용관리기의 작업단수를 저속 1단, 저속 2단에서 작업 하도록 설계제작 되었으므로 표 2-29와 같이 적정작업속도가 0.2~0.4m/s이며 이때 10a당 작업시간은 정식 0.5시간, 선회 0.1시간, 모공급 0.2시간, 휴식 0.2시간으로 총 1.0시간이 소요된다. 배추묘 1회 공급시 작업가능 길이는 120~160m로 나타났다.

표 2-29. 배추정식기 작업성능

작업속도 (m/s)	정식시간 (시간/10a)	선회시간 (시간/10a)	모공급시간 (시간/10a)	휴식시간 (시간/10a)	총작업시간 (시간/10a)
0.3~0.4	0.5	0.1	0.2	0.2	1.0



그림 2-32. 배추정식기 작업장면



그림 2-33. 배추정식기 식부 및 복토상태

고령지시험장 시험포장에서의 작업상태는 표 2-30과 같다. 시험결과 식부호퍼와 모취출장치의 기어비가 1 : 1로 설계되었기 때문에 배추를 두둑 위에 심을 때 식부호퍼의 느린 궤적운동에 의하여 식부호퍼 끌림현상이 발생하였다. 따라서 작업상태에서 나타난 바와 같이 식부자세가 30~40° 기울어져 모가 심겨졌다.

표 2-30. 배추정식기 작업상태

시험포장	주간거리 (cm)	식부자세	육묘트레이 결주율 (%)	정식기 결주율 (%)	비 고
고 시	37 ~ 41	30~40°	3.5	7.8	식부호퍼 끌림현상발생
원예연	35	90 °	2.5	1.0	식부호퍼 끌림현상없음

원예연구소 시험포장에서는 고령지시험장포장에서 나타난 문제점을 개량하여 식부호퍼로 전달되는 동력라인에 간헐운동기구인 제네바기어장치를 부착하여 배추모를 두둑에 심을 때 식부호퍼를 2배 빠르게 작동시켜 모를 빨리 심고 위로 올라와 멈출 수 있도록 하였다. 이렇게 함으로써 식부호퍼가 끌리는 현상을 방지하였으며, 모

취출장치가 다음 식부할 모를 식부호퍼에 투입시 안정적으로 모가 전달될 수 있는 효과가 있었다. 따라서 표 2-30과 같이 식부자세가 90° 로 바로 심겨지고 정식기의 기계적인 결주율도 1%미만으로 양호하게 나타났다. 또한 1%에 해당하는 결주도 묘가 정상적으로 자라지 않거나 1셀에 2주씩 심겨졌을 경우에 발생하므로 육묘기술을 보완한다면 1%의 결주까지도 방지할 수 있을 것으로 판단된다.

제 9 절 적 요

본 연구에서는 배추정식기와 두둑성형기를 개발하여 성능시험을 실시하였다. 배추정식기는 승용관리기 부착형 2조식의 전자동방식으로 설계 제작하였다.

배추정식기는 모취출, 모이송, 식부작동이 완전자동으로 이루어지며, 두둑중앙에 일정한 깊이로 배추모를 심을 수 있도록 식부깊이 및 두둑추종 자동조절장치를 부착하였다.

배추정식기는 128공과 200공 플러그 육묘트레이를 겸용으로 사용할 수 있고, 조간 45~65cm, 주간 25~50cm로 조절가능하기 때문에 배추뿐만 아니라 상추, 양배추 등 타 작목의 정식작업에도 이용할 수 있어 배추정식기의 이용효율을 높였다.

배추정식기의 10a당 작업성능은 1시간으로 인력에 비해 16배 능률적이었다. 결주율은 1%로 양호하며, 식부자세는 90° 로 배추모가 똑바로 심겨지고, 복토상태도 양호하여 손으로 심은 것과 같은 작업정도를 보였다.

두둑성형기는 승용관리기 부착형 4조식과 트랙터 로터리 부착형 4조식으로 설계 제작하다. 승용관리기 부착형 두둑성형기는 두둑폭 30~40cm, 두둑높이 15~25cm, 트랙터로터리 부착형은 두둑폭 30~40cm, 두둑높이 15~30cm 범위로 조절이 가능하도록 하여 배추뿐만 아니라 타 작목의 두둑성형작업도 가능하도록 설계 제작하였다.

두둑성형기의 작업성능은 승용관리기 부착형이 26.4분/10a이며, 트랙터 로터리 부착형이 23.0분/10a로 나타났으며, 두둑다짐정도, 두둑성형상태 등 작업상태가 양호

하였고, 6° 이내의 경사지에 적용이 가능한 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 경상대학교 농과대학. 1995. 원예작물 일관생산 체계를 위한 공정육묘 시스템개발.
2. 경상대학교 농과대학. 1996. 채소 저원가 고품질 생산기술개발에 관한 연구.
3. 국제종합기계(주). 1998. 노동 생력화 전자동 야채 이식기 연구개발.
4. 농촌진흥청. 1995. 농업과학기술의 세계화를 위한 중장기연구개발계획(안). p89
5. 류관희, 김기영, 박정인. 1998. 육묘용 로봇이식기 그리퍼의 개발 및 이식성능평가. 한국농업기계학회 23(3) : 271~276.
6. 민영봉, 문성동. 1998. 플러그모 자동이식기의 모 자동공급 및 이식기구에 관한 연구. 한국농업기계학회 23(3) : 259~270.
7. 박홍제. 1993. 고속 식부기구 설계를 위한 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램 개발. 석사학위 논문. 서울대학교 대학원
8. 오인식, 주경노, 이용복, 강창호, 김병갑. 1999. 원예작물의 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구. 농업기계화 시험연구보고서:63-71.
9. 정창주, 강화석, 김경욱, 김만수 외 5명. 1998. 전작, 원예, 축산 분야의 기계화 방향에 관한 연구. 한국농업기계학회
10. 주경노, 김진영, 박석호, 최덕규, 조성규. 1997. 배추자동정식기 개발. 농업기계화 연구소 시험연구사업보고서 : 114~119.
11. 최원철. 2000. 플러그모 자동 모 취출장치 개발. 석사학위논문. 서울대학교.
12. ADAMS User's Kit. 1998. Mechanical Dynamics, Inc., USA
13. Brewer, H. L. 1994. Conceptual modeling automated seeding transfer from growing trays to shipping modulus. Transactions of ASAE 37(4): 1043-1051

14. Hassan, A. E. and W. H. Haddock. 1991. Packing of pine seedlings using soil failure criteria. Transactions of ASAE 34(2): 695-698.
15. 鈴木 尚俊. 1999. 長野県の野菜栽培における機械化の現状. 機械化農業 (5): 4~8
16. 津賀幸之介. 1997. 野菜全自動移植機. 農業機械学会志 59(2): 109~110
17. 中西 幸峰. 1998. ツツジ類のセル苗機械移植. 機械化農業 (12): 16~18
18. 野沢 智裕. 1999. 露地メロン移植の機械化技術. 機械化農業 (5): 9~13
19. 横山 雅機. 1997. セル成型苗を利用したシロネギの機械移植技術. 機械化農業 (5): 10~14

제 3 장 중경제초기 개발

SUMMARY

This study was conducted to develop the cultivating implement for riding cultivator. The main purpose of this implement was to be adapted the cultivation of chinese cabbage. The cultivating implement was developed with this study. The type of developed implement is the flexible 3-rows rotary type cultivating implement. This implement is composed of the cultivating, fertilizer application and hilling apparatus. Therefore this implement can the 3-working simultaneously. That is, the possible working is the cultivation (elimination of weed), fertilizer application and hilling working in the chinese cabbage field.

Followings are the achievements by this study.

1. Investigated the basic theory and analyzed the mechanism for cultivating system
2. Analyzed the power source for application and attaching & mounting method by power source(tractor, walking cultivator, power tiller and riding cultivator)
3. Established the design specification and executed the design and development for the cultivating implement.
4. Had completed the prototype for the cultivating implement and executed the performance test and field test.

5. Finally, The last prototype was completed, and then final specification and working standard were confirmed. This prototype was composed of the 3-rows rotary cultivating implement, 3-rows fertilizer application apparatus and 3-rows hilling apparatus.

제 1 절 서언

지난 90년대 초반부터 추진된 시설 농업 및 전작 농업 지원 정책에 따라 시설 농업은 괄목할만한 성장을 이루었고 많은 부분이 자동화, 기계화되었으나 전작 농업인 채소류의 기계화율은 상대적으로 뒤쳐진 상태이다. 채소류 중에서 배추의 경우는 '99년 44,674 ha로 총채소 재배면적의 약12%를 차지하고 있으며 배추는 발효식품인 김치의 주원료가 되는 중요한 채소로서 고추 다음으로 많이 재배되고 있는 농가소득 작목의 하나이다.

WTO체제의 출범과 더불어 시작된 값싼 외국 농산물의 급격한 유입과 다양해진 국민 식생활 패턴의 변화에 적극적으로 대응하기 위해서는 농산물의 품질을 청정화 및 고급화하고, 생산비 절감을 통한 가격 경쟁력 확보로 품질 및 가격적인 측면 모두에서 경쟁 우위를 확보하여야 한다. 또한 배추로 만든 우리의 전통 식품인 김치가 건강식품으로 인정을 받고, 선진제국에서 그 우수성을 인정하기 시작하여 향후 수출 유망 품목으로 부상될 것으로 예상됨에 따라 김치의 주원료인 배추의 품질 향상과 생산비 절감으로 인한 가격 경쟁력 확보는 김치의 수출 경쟁력 제고와 직결되는 사항이다.

WTO체제 출범으로 급증하고 있는 외국산 농산물과의 가격 경쟁력 확보가 요구되고 IMF 체제의 불가항력적인 도입으로 산업 전반에 걸쳐서 확산되고 있는 국산품 애용 운동 의식 고취와 더불어 식문화에도 국산품 애용 운동이 확산되어 향후 김치를 비롯한 전통 식품의 소비가 점진적으로 증가될 것으로 예상된다.

농업노동력의 노령화, 부녀화에 따른 질, 양적 저하에 대한 노동력 대체효과를 기하고, 생산비 절감을 통하여 배추의 가격 경쟁력 확보를 기하기 위하여 배추 재배 관련 자동화 및 기계화는 필요하다.

재배 작형도 80년대에는 특정한 시기에만 대량 소비되었던 종전의 소비패턴과 달리 소비가 1년 중 평준화되고 있다. 이에 따라 재배 작형도 봄 노지 및 시설배추, 여름배추(고랭지 배추), 가을 및 월동배추 등으로 재배시기와 출하시기를 조정하고

있어 계절에 관계없이 연중공급이 이루어지고 있다. 특히 노지 배추의 경우는 약 39% 정도의 기계화 수준에 머무르고 있는 실정이다.

배추의 재배체계 중 수확, 정식, 제초 작업의 노동 투하량이 전체의 43%를 차지하나 대부분 인력에 의지하고 있는 형편이다. 특히 제초 작업의 경우 대부분 기초 농기구를 이용한 인력에 의존하는 관계로 13.3hr/10a의 노동투하 시간이 소요되어 매우 노력이 많이 소요되는 작업이다. 배추의 일관 기계화를 고려할 때 중경 및 제초 작업은 배추 총 노동 투하 시간 139.7hr/10a의 약 12%를 차지하는 비교적 높은 노동투하시간이 요구되는 작업 공정으로서 이에 대한 노동력 절감과 생산비 절감이 절실히 요구되는 작업공정이다. 근간에 들어서는 중경제초작업을 농약인 제초제를 사용하는 관계로 제초작업에 소요되는 노동력의 양은 상당히 감소하였으나 제초제를 비롯한 병충해 방제용 농약을 과도히 사용하는 관계로 작물 뿌리환경에 생육하는 생물이 감소되고, 토양구조의 파괴가 일어나고 있는 실정이어서 향후에는 이로 인한 환경적인 문제점의 발생이 예상되고, 재배작물의 농약성분에서의 오염도 상당히 우려될 것으로 예상된다.

따라서 이러한 토양 및 작물오염에 대한 문제점에 적극 대처하기 위하여 정식 후 수확시기까지 중경제초작업이 가능한 중경제초기를 개발하므로써 제초제의 사용을 가능한 한 배제할 수 있으며, 동시에 시비작업과 배토작업을 겸용으로 할 수 있게 하여 노동력 및 생산비 절감을 유도할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 동기종의 개발에 있어서 다양한 작물 및 재배조건에 대처하고자 조건을 조절할 수 있는 조건 조절형을 채택함으로써 활용도의 증가도 확보하고자 하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 중경제초기 기초이론 조사

가. 중경제초기 기초이론 조사

1) 중경제초 작업이란?

중경제초 작업은 파종이식 후 어느 정도 시일이 지난 후에 실시하는 작업으로서 경심이 5~15 cm이며 잡초에 의한 작물의 피해를 미연에 방지하고 고랑의 토양을 유연하게 하여 작물의 생산능력을 최대로 발휘할 수 있도록 하는데 큰 의미가 있으며 다음 3가지의 작업으로 구분된다.

가) 중경작업 : 이랑과 작물포기 사이의 표토를 경운 쇄토하여 굳은 토양을 유연하게 하여 토양속에 공기의 유통과 투수성을 촉진하고 잡초의 발생을 방지하여 작물의 생육을 위한 토양환경을 좋게 하는 작업.

나) 제초작업 : 잡초를 뽑아 제거하거나 중경작업과 동시에 뿌리를 잘라 건조고사시키는 작업.

다) 배토작업 : 중경작업과 같은 의미와 작물 사이에 흙을 복주어 작물 뿌리의 지지력을 강화하여 도복을 방지하고, 고랑에 발생한 잡초를 매설 고사시키는 작업.

나. 문헌조사 연구

일본 농업기계 학회지에서는 전·답에 대한 중경제초 관리의 개요를 설명하였고 중경제초기계로서 위더(Weeder), 로터리 호우(Rotary hoe), 컬티베이터, 로터리 컬티베이터의 개념에 대한 설명과 중경 제초날로서는 디스크형, 양단형날, 편단형날, 보습(Sweep), 스프링 쿠션, 심경용날 등의 특징을 설명하였고, 특히 로터리 컬티베이터는 PTO로 구동되는 3~5조로 된 소형로터리 장치를 가지고 중경, 제초 작업을 겸용하는 장치로서 프레임에 소형로터리를 3~5개 부착한 작업기이다. 이것은 로터리의 회전 교반작용에 의해 토양은 부서지고 공극이 넓어지는 중경작업과 잡초를 절단 및 제거하는 제초작업을 하는 것이라고 분류하고 있다.

최 등은 로터리 경운의 부하 특성 및 소요 동력에 관한 연구를 통하여 평균, 최대 PTO 토크는 경심, 경폭, 토양전달 능력이 증가하면 같이 증가한다고 보고하

었고, PTO 토크의 변화는 경폭 및 토양 전달능력이 증가하면 같이 증가하지만 경운이 증가하면 반대로 감소한다고 하였으며 경운시 단위면적 당 소요 동력을 0.008~0.015ps/cm²가 된다고 보고하고 있다.

김 등은 로터리 경운시 로터리 날의 형상이 소요동력에 미치는 영향을 분석하여 로터리 날의 형상이 단면이고 형상각이 $\theta=40^\circ$ 인 경우 정회전시 경운 동력이 가장 적게 소요된다고 보고하였다.

최 등은 로터리 경운날의 마모에 대한 연구에서 경운날의 토양저항을 줄이기 위해 날의 V형 압연 위치가 목부분에서 몸통부분으로 약 5cm 이동되어야 한다고 하였고, 날의 볼트 구멍에서 몸통 사이부분의 곡률 반경을 크게 하여야만 목부분의 응력집중을 분산시킬 수 있다고 예상하였고, 볼트 구멍에서 약 5~7cm 부분은 응력 집중이 발생하는 부분으로 단면계수를 15~20% 증가시켜야 한다고 하였다.

사카이 등은 로터리 경운날의 경운 저항특성 분석을 통하여 일본 로터리날의 경운저항, 즉 로터리 경운장치의 동작특성을 분석하기 위하여 직선날과 곡선날의 끝 부분의 경운저항 분포를 조사하였으며 직·곡선날의 회전토크는 직·곡선날부의 토오크 곡선으로 나타내었다.

다. 구조 및 성능관련 이론 분석

1) 중경제초기의 구조

동력원의 PTO축과 연결되어 동력을 발생시키는 기어박스. 중경제초기의 뼈대인 주 프레임, 기어박스의 동력을 경운부에 전달하는 체인케이스, 중경 및 제조 작업을 하는 중경제초부 등 4개 부문으로 크게 구분된다.

2) 중경제초기의 분류

가) 적용 포장형태에 따른 분류

- (1) 전작용 중경제초기 : · 축력용 컬티베이터(다조용 컬티베이터)
· 경운기용 컬티베이터(2조, 3조형)

- 트랙터용 컬티베이터(연속 Toolbar식, 분리갱 방식)
- 롤링 컬티베이터
- 로터리 컬티베이터

- (2) 답작용 중경제초기 : · 회전식 답작용 인력 중경제초기
- 동력 제초기

나) 프레임의 장착 방법에 의한 분류

- (1) 분리형 : 1두둑당 1개 혹은 2개의 갱이있고 각 갱을 지지하는 툴바(Toolbar)를 3점 히치를 가진 수평프레임에 독립적으로 받고 량에 맞추어 부착하는 방식.
- (2) 연속툴바(Toolbar)형 : 작업기구 부착부(Toolbar)에 생크(sank)를 나사로 부착 고정시킨 형태.

다) 중경제초부의 형태에 따른 분류

- (1) 삼각날형(Full sweep) : 날의 형상이 삼각형의 형태.
- (2) 반쪽날형(Half sweep) : 3각날의 좌우 한쪽날을 제거한 형태.
- (3) 썬날형(Hoe type) : 곡면의 형태를 가진 특수한 날의 형태.
- (4) 로터리형(Rotary type) : PTO로 구동되는 3~5조형의 소형 로터리 형태.

라) 동력원에 따른 분류

- (1) 축력용 컬티베이터 : 가축 1마리가 견인하는 한 고랑 컬티베이터가 가장 널리 이용되고, 한번에 2~3이랑을 작업할 수 있는 다휴형 컬티베이터도 있다.
- (2) 경운기용 컬티베이터 : 경운기의 구동륜은 고랑사이를 주행하고 갱은 2, 3조로 구분하여 2, 3조 중경을 한다.
- (3) 트랙터용 컬티베이터 : 트랙터 차륜이 밧고랑을 주행하고, 지상고를 최

소한 50cm 이상 되는 관리작업 전용 트랙터(승용관리기)를 이용하여야 하며, 프레임의 장착 방식에 따라 연속 툴바 방식과 분리갱 방식이 있다.

- 롤링 컬티베이터 ◦ 로터리 컬티베이터
- 제초 해로우(Harrow) ◦ 위더 멀처(Weeder mulcher)
- 로터리 호우(Rotary hoe)

3) 중경제초기의 구성날

가) 중경날(Cultivator shovel)

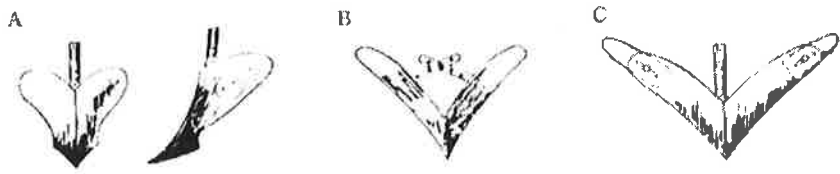
제초날과 함께 가장 기본적인 날로서 주로 표토를 경기하여 중경효과를 증가시키도록 하는 날이다. 날의 폭에 따라 가는날, 중간날, 굵은날로 구분되어 제초작업을 겸하며 경기 범위는 5~15cm이다.

나) 제초날(Cultivator sweep)

표토를 얇게 경기하는 과정에서 잡초의 뿌리를 절단하여 고사시키는 작용을 하며, 제초날에는 삼각날, 반쪽날, 팽이날의 3가지가 있다.

다) 배토판(Hiller furrower)

흙을 좌우로 갈아 배토헬 수 있도록 하는 부분으로 배토판은 2개의 날이 좌우 대칭으로 연결되어 날개 모양을 이루고 있다. 배토판에는 고정 날개식, 개폐식, 인출식 등 3가지가 있다.



배토판

A : 고정식 B : 개폐식 C : 인출식

그림 3-1. 배토판의 종류

4) 로터리 컬티베이터

본 연구를 통하여 개발하고자하는 형태의 중경제초기로서 3조 형태로 된 소형 로터리 장치를 장착할 예정이다. 이는 동력원의 동력 취출축(PTO)으로 구동되는 3~5조로 된 소형 로터리 장치를 부착한 형태로서 중경 및 제초작업을 수행하는 장치이다. 일반적인 1조의 경폭은 13~43cm로 조절이 가능한 형태이다. 동력원으로는 경운기(1조형), 트랙터(3~5조형)등이 주로 쓰이며 밭작물에서 활용하기 위해서는 지상고가 중요하므로 약 45cm이상의 지상고를 가진 트랙터 및 승용관리기의 형태가 가능한 것으로 판단된다.

그림 3-2는 시비장치가 부착된 승용 관리기형 로터리 컬티베이터를 나타낸 것이다.



그림 3-2. 시비장치가 부착된 승용관리기용 로터리 컬티베이터(견본기)

라. 관행 배추재배 체계 및 양식 현지조사

1) 배추의 기원과 도입

배추의 학명은 *Brassica campestris* L. ssp. *peckinensis*(Lour) Rupr로서 그 기원은 지중해 연안이고 유럽의 보리밭 등지에서 자라는 잡초성의 유채(*Brassica campestris*)라고 전해지며 반 결구배추나 결구배추의 원산지는 중국 북부지방이다. 약 16세기경에 반 결구 배추, 18세기경에 결구배추가 탄생하였다고 보고되고 있다.

우리나라에는 13세기경 향약구급방(1236~1251)에서 채소가 아닌 약초로 이용

되었다고 배추의 최초 등장을 문헌이 전하고 있으며, 배추김치는 17세기경 홍만선의 산림경제, 유중입의 증보 산림경제 등에 나타나는 것으로 보아 이즈음에 탄생한 것으로 추정되고 있다.

2) 배추재배 현황

배추의 작형별 재배면적은 1999년을 기준으로 하면 봄배추가 48.6%, 가을배추가 28.9%, 여름 고랭지배추가 22.4%를 차지하고 있으며 노지 재배면적은 87.7%, 시설 재배면적은 12.3%를 차지하고 있다.(표 3-1)

지역별 재배면적은 강원도가 여름 고랭지 배추재배로 전체의 22.7%를 차지하고 전남 14.5%, 경기도 12.3%, 경북 11.4%, 전북 9.7% 순이다.(표 3-2)

김장배추의 수확면적 중 전국 상위 10위는 영암 5.1%, 나주 4.9%, 당진 4.8% 순이었다.(표 3-3)

표 3-1. 배추의 작형별 재배면적 및 생산량(1999)

작 기		재배면적(ha)	비율(%)	생산량(M/T)	10a당 수량(kg)
봄 배추	노지	16,242	36.4	703,093	4,329
	시설	5,476	12.2	234,867	4,289
	소계	21,718	48.6	937,960	4,319
고랭지배추	노지	10,027	22.4	383,606	3,826
가을배추	노지	12,929	28.9	119,569	9,297
소 계	노지	39,198	87.7	1,201,997	5,839
	시설	5,476	12.3	234,867	4,289
계		44,674	100	2,523,563	5,649

표 3-2. 배추의 시도별 재배면적(1999년)

시도별	재배면적(ha)	비율(%)	시도별	재배면적(ha)	비율(%)
서 울	217	0.5	충청북도	3,578	8.0
부 산	938	2.1	충청남도	3,826	8.6
대 구	439	1.0	전라북도	4,347	9.7
인 천	353	0.8	전라남도	6,498	14.6
광 주	476	1.1	경상북도	5,084	11.4
대 전	152	0.3	경상남도	2,451	5.7
울 산	152	0.3	제주도	524	1.2
경기도	5,504	12.3			
강원도	10,135	22.7	계	44,674	100

표 3-3. 김장배추 수확면적 전국 군단위 상위순위

순위	군 별	수확면적(ha)	전국면적에 대한 비율(%)
1	영 암	817	5.1
2	나 주	776	4.9
3	당 진	771	4.8
4	홍 성	525	3.3
5	고 창	453	2.8
6	아 산	441	2.8
7	김 해	357	2.2
8	광주시	351	2.2
9	창 녕	271	1.7
10	부 산	259	1.6

자료 : 1996년 주요작물 지역별 재배동향, 농림부

3) 배추의 재배 작형

배추는 연중 재배되고 연중 소비되므로 작형이 세분화되어 있다. 최근에는 과잉생산에 의하여 가격이 폭락되는 경우가 많아 재배적기보다 조기 및 만파하는 경우가 많다. 또한 현재 배추 주산지의 경우 배추재배시 비닐피복 또는 무피복 재배를 하고있었으며 비닐 피복재배의 경우 무피복시보다 약 7~39% 증수효과가 있고 결구기에 관수를 할 경우 자연 강우에 대하여 193~396%증수가 예측되어 현지 조사를 추진했던 전남의 해남, 목포, 영암 등의 지방에는 대부분이 관수장치를 사용하고 있었고 대부분 비닐 피복 재배를 하고 있었다. 재배양식은 대부분이 이랑폭 120cm(고랑폭 30cm), 조간 45~50cm, 주간 45cm으로 흑색 무공비닐피복의 평두둑 형태를 하고 있었다. 그러나 평창, 정선 지방에서 재배하는 여름배추(고랭지)는 전체 재배면적의 약 26%를 차지하며 등근 두둑 1열의 무 피복 형태로 재배하고 있다. 표 3-4는 배추별, 지방별 작형 및 파종 및 수확기를 나타내고 있다.

표 3-4. 배추의 재배 작형

구분	시기	작형	지역	파종기	수확기
결구 배추	봄	하우스	남부(부산, 광주 표준)	11월중순~1월중순	3월상순~4월상순
			중부(대전 표준)	1월상순~1월중순	4월중순~5월중순
		터널	남부(부산, 광주 표준)	1월하순~2월상순	5월상순~5월중순
			중부(대전 표준)	2월상순~2월중순	5월중순~5월하순
		노지	남부(부산, 광주 표준)	3월상순~4월상순	6월상순
			중부(대전 표준)	4월상순~4월중순	6월중순~6월하순
	여름	준고랭지	북부(서울 표준)	4월하순	6월하순~7월상순
				4월하순	6월하순~7월상순
		고랭지	해발 300~400m	4월하순~5월상순	7월상순~7월중순
			해발 600~800m	7월상순~7월중순	9월상순~9월하순
가을	조기적기	경기북부	5월중순~7월상순	7월하순~9월상순	
		중부(대전표준)	7월중순~8월상순	9월하순~10월중순	
겨울	노지월동	남부(부산, 광주 표준)	8월하순~9월상순	10월하순~11월중순	
		전남 해안지방 제주도	8월하순~9월상순 9월상순	11월상순~12월상순 1월상순~2월중순 1월하순~2월중순	
속음 배추	얼갈이	하우스	남부(부산, 광주 표준)	11월중순~1월하순	2월상순~3월중순
			북부(서울 표준)	11월상순~2월하순	2월중순~4월중순
		터널	남부(부산, 광주 표준)	2월상순	4월중순~4월하순
			남부(부산, 광주 표준)	3월상순~4월하순	4월중순~6월상순
	노지	남부(부산, 광주 표준)	3월하순~4월하순	5월중순~6월상순	
		북부(서울 표준)	3월하순~4월하순	5월중순~6월상순	
엇갈이	비가림	전국	6월상순~8월상순	7월중순~9월중순	
노지	전국	5월상순~9월상순	6월중순~10월중순		

2. 중경제초기 메커니즘 분석(기존 및 견본품)

가. 구성날의 구조, 형상 및 배열형태 분석

중경제초기 날의 구성은 기 언급한 것처럼 중경날, 제초날 및 배토판이 있고 이것들을 기능별로 구분하면 키티베이터 갱, 롤링 키티베이터, 로터리 키티베이터 등이 있다. 이들의 분류는 전장에서 이미 언급하였으므로 당 연구에서 추진한 형태인 로터리 키티베이터를 기준으로 한 날에 대하여 분석하고자한다.

1) 로터리 키티베이터의 날

로터리 키티베이터는 소형 로터리장치를 2~5조 부착하여 대상 작물의 고랑을 중경 제조하는 작업기로서 로터리날은 일반 경운용 로터리의 경운날과 크기, 형상 등에서 유사하거나 동일한 형태이다. 경운날은 크게 작두형 날, L자형 날, 보통형 날 등 3가지로 구분된다.

- 작두형 날 : 끝 부분이 왼쪽 또는 오른쪽으로 완만하게 구부러져 있으며 편평부에서 우선 흙을 절단하고 날의 회전에 따라 완곡부로 흙을 경기 파쇄한다.
- L자형 날 : 앞부분이 편평부와 80~90°의 각을 이루고 있으며, 작두형 날보다는 크고, 보통 트랙터의 로터리 경운날로 사용된다.
- 보통형 날 : 날의 앞 끝부분이 좌우 어느 쪽으로도 구부러지지 않고, 앞 끝으로 갈수록 날의 단면이 축소된 모양을 갖는다. 이것은 마르고 단단한 흙을 경운하는데 좋지만, 짚이나 풀이 쉽게 감기는 단점이 있다.

로터리 작업기의 구동방식에 따라 발생하는(주로 중앙구동식) 잔 경지를 처리하기 위하여 체인케이스에 가까운 부분의 경운축과 약간 경사지게하고 그 부분에 특수한 날을 끼워 잔 경지를 처리하거나 경운 축의 양끝 부분에 편평부가 구부러진

날(중폭날)을 끼워 폭을 약간 크게 할 수 있다.

2) 날의 배열형태

일반적인 경운날의 배열은 경운축의 회전력 변동을 감소시키기 위한 방법으로 경운날을 적절히 배치하여 날의 흠으로의 절입이 체인케이스를 좌우로 하여 서로 번갈아 일어나도록 하고, 또 서로 이웃한 칼날이 가능한 한 절입이 서로 떨어져 일어나도록 칼날을 배치한다. 경운날을 축에 배열하는데는 다음의 세가지 원칙을 적용하는 것이 바람직하다.

가) 흠을 연속적으로 전달하는 경운날의 각 피치는 축 전체의 길이에 걸쳐 일정하도록 한다.

나) 서로 이웃하는 경운날의 각 변화는 가능한 한 큰 것이 좋다. 이것이 서로 인접하여 작동하면 흠이 한 쪽으로 쌓이게 된다.

다) 경운축을 이등분하는 전진방향의 수평선에 대하여 날이 가능한 한 좌·우 대칭이 되도록 배열하여 좌·우에서 거의 동시에 날의 절삭 운동이 일어나도록 한다. 이 조건이 충족되지 않으면 수직축에 대한 큰 모멘트가 작용하게 되어 작업기와 본기의 직선 병진운동에 장애를 일으킨다.

3) 날의 고정방법

작두형 날은 각각의 날 홀더에 날을 끼워 고정시키고, L자형 날은 경운축에 고정된 원판 디스크에 2~4개의 날을 볼트로 고정한다.

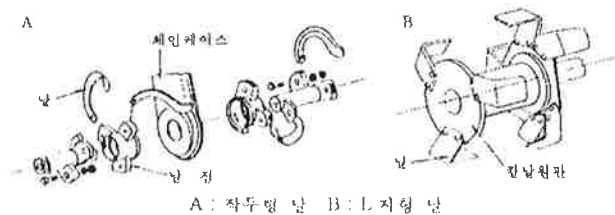


그림 3-3. 경운날의 고정방법

4) 경운부의 구성

경운부에 동력을 전달하는 경운케이스 좌우에 경운날을 취부 할 수 있도록 날 홀더가 있는 경운축 조합이 있고, 날 홀더에 날을 고정시키는 경운날 조정심이 있으며, 굴곡날과 일반날 2가지 형태의 경운날이 있다.

나. 적용 기종별 중경제초기 구조 및 제원 분석

주로 많이 사용되는 동력원은 우리나라의 경우 보행 관리기와 트랙터 등이며 신규로 개발된 승용관리기에도 일부가 부착되어 사용되고 있다.

1) 보행 관리기용 중경제초기

우리나라에 공급되어 사용되는 보행형 관리기용 중경제초기는 본기인 관리기가 공급되면서 동시에 표준품의 형태로 공급되는 것으로 관리기를 보유한 농가는 모두 보유하고 있다. 비교적 소규모 포장이나 비닐하우스 등에서 경작업을 할 때 사용하고 트랙터로 췌토 한 후 췌토정도를 높일 때 주로 많이 사용한다.

주 작업용도

- 과수원의 중경제초작업
- 전작, 비닐하우스내의 김매기 작업
- 보리 파종 작업
- 표면시비, 희석작업

가) 구조

동력은 트랜스미션에서 나온 동력을 연결 체인케이스로 경운케이스에 연결하여 경운축을 구동하는 방식으로서, 주 클러치의 조작과 연결 체인케이스로의 부착 위치에 따라 경운축의 회전수를 조절하는 방식이다.

경운케이스 하단의 경운축에 중경제초기 축조합을 부착하여 작업을 수행하는 구조로 되어있으며 우리나라에 보급되고 있는 보행 관리기의 구조는 모두 유사하다.

표 3-5. 보행 관리기용 중경제초기의 주요 제원

항 목	제 원	비 고
경운폭(mm)	300, 600, 900	
경심(mm)	50~120	
경운날수(개)	12, 16, 18, 24	굴곡날 : 좌, 우 각 1EA 포함 일반날 : 좌, 우 기준.
회전경(mm)	330, 390, 300	
회전방향	정·역회전, 정회전	
회전수(RPM)	242, 294, 409, 484	
작업능률(분/10a)	50~60	

2) 트랙터 및 승용 관리용 중경제초기

트랙터용이나 승용 관리기용 중경제초기는 아직까지 국내에 공식적으로 개발 공급되는 것은 없는 것으로 확인되었으며, 일부 수입기종들이 도입되기 시작하고 있는 것으로 파악되고 있다. 수입기종의 형태는 트랙터용 로터리 컬티베이터의 형태로 2-3조형이 주류를 이루고 있다.

가) 구조

트랙터나 승용관리기의 PTO(동력 취출축)를 동력원으로 하여 작동되거나 중경날의 종류에 따라 트랙터 견인력을 이용하여 중경제초작업을 수행하는 구조이며 중경날의 형태에 따라 진동식, 회전식이 있다. 중경부의 수량에 따라 1~5조형까지 소형 트랙터에서 대형 트랙터까지 사용할 수 있으며, 시비장치를 부착하여 비료나 기름을 동시에 살포할 수 있는 다양한 구조를 가지고 있다.

나) 국내의 경우

국내에는 보행 관리기용 중경제초기처럼 다량이 보급된 것이 아니고 일부 수 입업체에서 견본기 형태로 도입하여 판매 추진하고 있는 것들로서 트랙터 구동형 2-3조형이 극히 일부 도입, 보급되고 있는 것으로 추정된다.

그림 3-4는 이들 기종을 나타낸 것이고 적용트랙터는 12마력의 소형급에서 65마력급 이상의 대형 트랙터까지 적용할 수 있으며, 이러한 다양한 중경제초기가 외국에는 이미 개발 완료되어 활발히 보급되고 있다. 그러나 국내에는 아직까지 트랙터나 승용 관리기형 중경제초기가 개발되거나 공급된 것이 없는 것으로 추정된다.

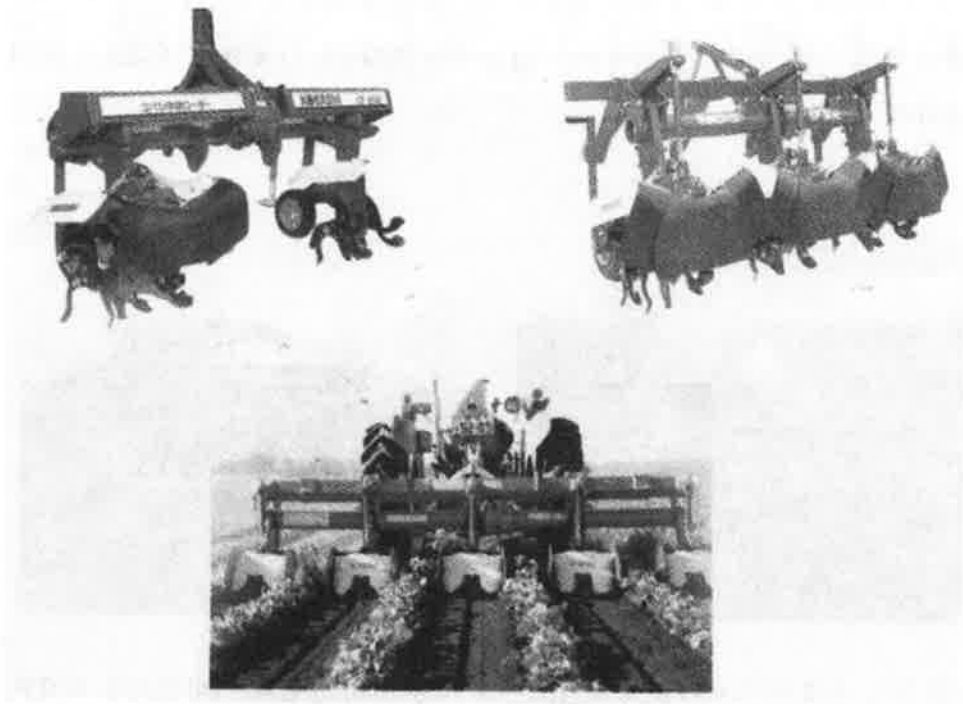


그림 3-4. 국내에 소개된 트랙터용 로터리 쉐디베이터

다) 국외의 경우

특히 전작이 많은 유럽과 일본의 경우에도 다양한 형태의 트랙터용 중경제초기가 많이 사용되고 있다. 그 형태도 다양하여 로터리 컬티베이터형, 로터리 호우형, 롤링 컬티베이터형, 제초 해로우, 워더 킨처 등이 있다.

또한 동력원의 형태에 따라 트랙터, 승용관리기, 전용기 등이 있으며 일부기계는 승용 관리작업기의 형태에 중경제초기를 위시한 다양한 작업기를 장착하여 작업할 수 있는 형태도 있다.

중경제초기의 부착위치도 전방부착, 후방부착, 중앙부착 등 동력원의 형태와 구조 및 작동에 따라 매우 다양한 형태를 보이고 있다.

중경제초날도 적용 작물에 따라 다양한 형태로 사용 할 수 있도록 하고 있으며, 또한 일부 중경제초기는 작물을 보호하기 위하여 제초부의 양측면에 작물 보호판을 부착하여 작업중 작물 및 두둑의 손상을 최소화한 형태까지 제공하고 있다.

그림 3-5, 3-6은 유럽에서 사용하고 있는 호우(Hoe)를 사용한 중경제초기를 나타낸 것이다.



그림 3-5. 유럽의 트랙터용 중경제초기
(Spring beet hoeing set)



그림 3-6. 유럽의 시비장치가 부착된
트랙터용 중경제초기의 작업장면



그림 3-7. 중경제초기가 관리작업기 중간에 부착된 모습(일본)

그림 3-8은 로터리형 켈티베이터와 유사한 형태로서 3조의 형태이고 트랙터 및 승용관리기 부착용이다. 이 또한 시비장치를 장착하여 시비를 동시에 할 수 있는 구조이다.

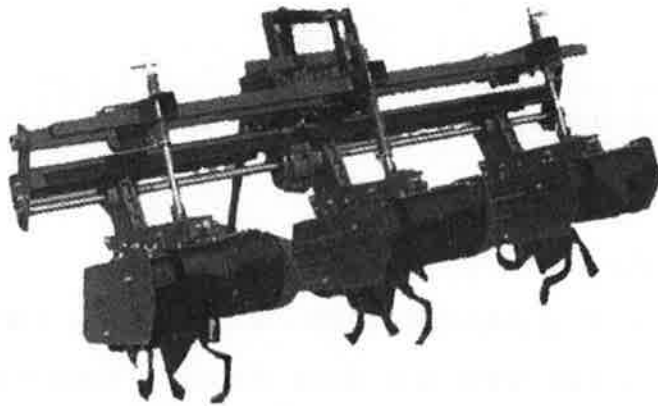
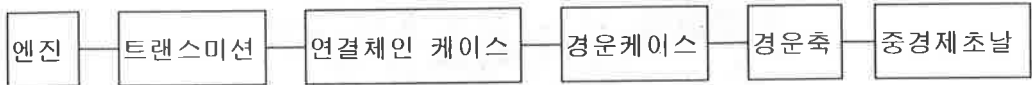


그림 3-8. 로터리형 중경제초기

다. 적용 기종별 동력전달 메커니즘 분석

1) 보행 관리기용 중경제초기

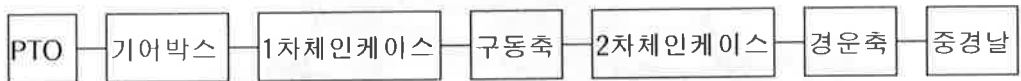
국내에 공급되고 있는 보행형 관리기의 동력전달 메커니즘은 거의 동일한 유형을 이루고 있으며 아래와 같은 메커니즘으로 구성되어 있다.



2) 트랙터 및 승용 관리기용 중경제초기

가) 로터리 컬티베이터형 중경제초기

PTO의 동력을 이용하여 중경제초기의 중경부(로터리)를 구동하는 시스템으로 중경부의 수량에 따라 1~5조의 형식으로 되고, 이 수량이 적용 동력원의 출력과 중경제초기의 크기를 결정하는 주요인이 된다. 또한 경운부의 거리를 조절할 수 있도록 하여 조간을 조절하여 작물별, 작형별 적용이 가능하도록 되어 있다. 동력 전달 체계는 다음과 같다.



나) 팽이형(Hoe type) 중경제초기

트랙터는 단순히 중경제초기를 견인하여 주행하는 역할을 수행하고 중경제초기는 견인되면서 중경제초작업을 하는 것으로 견인되는 중경제초기의 호가 잡초를 제거하는 작용을 한다. 부착되는 경운부의 수량에 따라 1~5조형으로 구분되고 각 경운부의 거리를 조절식으로 하여 다양한 작물과 재배양식에 적용할 수 있도록 되어 있다. 호의 경기력을 증진시키고 장애물(자갈 등)을 극복하기 위하여 호에 진동을 주거나 탄성력을 부가하여 장애물에 걸렸을 때 지장 받지 않도록 하는 형태이

다. 또한 시비기를 부착하여 비료나 기름의 살포를 동시에 가능하게 하고 있다.

라. 기존 및 견본기의 실증시험

기존의 경운기용 로터리, 트랙터용 로터리, 보행형 관리기용 중경제초기등 유사한 형태들의 실증시험을 통하여 동력전달체계, 작업성, 경심, 경폭, 경운축 등의 상태를 확인하여 기본적인 구조 및 성능에 관련된 제반 사항들을 검토하였다.

특히 경운날의 경우 국내의 경운기와 보행형 관리의 경우는 작두형날을 대부분이 사용하고 있었고, 트랙터용 로터리의 경우에는 L형날과 작두형날의 중간형인 C형날을 대부분이 사용하고 있었다.

경운날의 경우 날의 곡면, 두께, 형상, 회전반경, 경운장치 등의 제반 요인들이 경운저항에 영향을 미치고 동력원의 전진 속도, 제초부의 수량, 중경제초기의 크기, 토질 등과 복합적인 상관관계가 있으나 이론적이고 학문적인 부분보다는 실제 적용적인 측면에 중점을 두어 강조하였다.

원예작물 기계화 재배 표준 양식에 의거한 배추 두둑을 조성, 견본 중경제초기를 실증 시험하여 메커니즘적인 문제점을 구명하고 특히 원예작물 기계화 재배표준 양식에 적합한 중경제초기가 될 수 있는 설계기준 및 조건을 설정하였다..

3. 적용 동력원 및 부착방식 분석

중경제초기의 동력원은 보행 관리기, 승용 관리기, 농용 트랙터 등의 여러 가지 형태가 있으나 배추재배 기계화 시스템에 적용기로 되어 잇는 승용 관리기형을 표준 동력원으로 하여 후방 부착 작업기 형식으로 하여 약 20PS정도의 동력원으로 사용할 수 있는 3조형 로터리 컬티베이터 형식을 채용하였다.

주요 동력원별 중경제초기의 부착 및 탑재 형식은 표 3-6과 같다.

표 3-6. 동력원별 부착 및 탑재 유형

기종명	출력범위	부착방식	중경제초기 형태	비고
보행관리기	5.5~7.5마력	후방	소형 로터리형	
승용관리기	11~20마력	후방	2-4조형 로터리 컬티베이터형	
트랙터	12마력이상	전방, 중앙, 후방부착형	2-5조형 로터리 컬티베이터형	전방 및 중앙부착형 구형다입
			2-10조형 호우형 컬티베이터	
승용관리기 (3류형)	5.5~15마력	중앙부착형	2-4조형 호우형 컬티베이터	일본 미노루
			2-4조형 로터리컬티베이터	
승용경운기	5.5~15마력	후방부착형	2-3조형 로터리 컬티베이터형	

제 3 절 결과 및 고찰

1. 중경제초기(시작기)의 설계 및 제작

가. 재배양식 기준설정 및 중경제초작업실시 시기

1) 배추 재배양식 기준설정

배추의 파종부터 수확작업까지 작업의 연계성 및 기계화 적용을 위하여 배추 기계화 표준재배양식을 아래와 같이 설정하였다.

표 3-7. 배추기계화 표준재배양식

항목	기준
두둑형태 및 열수	둥근 두둑, 1열
조간(cm)	60
주간(cm)	30 - 40
피복유무	무

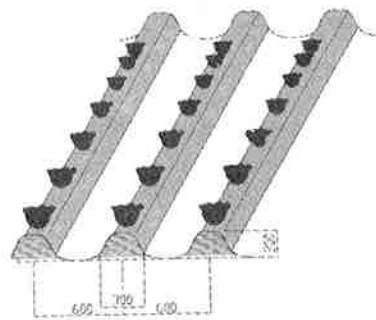


그림 3-9. 배추기계화 표준재배양식

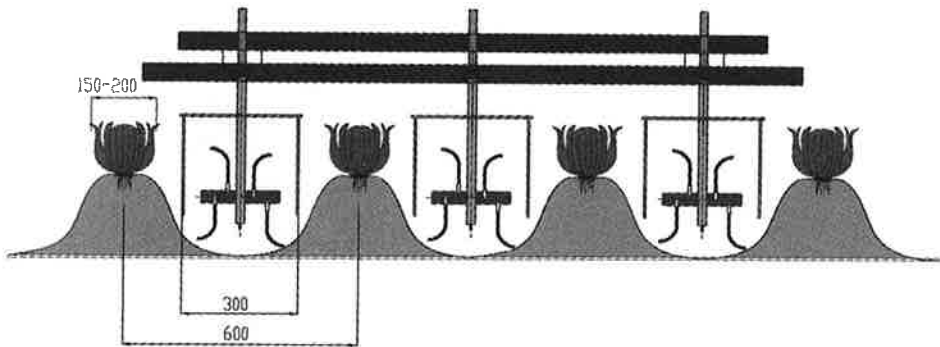


그림 3-10. 배추조건과 중경제초 폭

2) 중경제초작업 실시 시기

정식 약 1주일 후부터(잡초 발아시부터) 배추 폭이 약 15-20cm가 될 때까지 중경제초작업 실시가 가능한 시기로 이는 포장조건, 재배지역, 배추품종, 배추크기에 따라 다소 차이가 날 수 있으며, 제초작업의 형태에 따라 작업의 회수도 달라질 수 있다.

나. 중경제초기(시작기)의 설계 및 제작기준

승용관리기를 동력원으로 하고 재배양식을 기 언급한 둥근두둑 1열, 무피복 상태의 조간거리 60cm를 기준으로 한 기계화 재배양식을 기준으로 하여 중경제초기를 설계하였다. 그림 3-11은 설계한 중경제초기의 개략도를 나타낸 것이다.

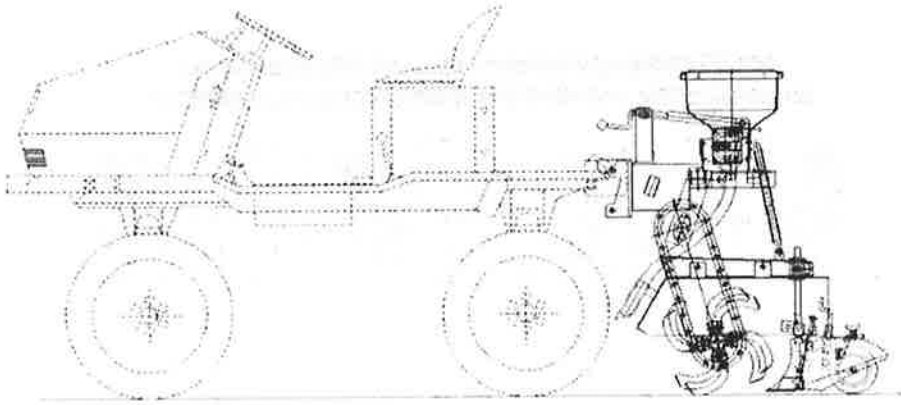


그림 3-11. 승용관리기에 부착한 배토기가 장착된 중경제초기(개략도)

1) 중경제초기의 기본 설계 및 제작

가) 중경제초기의 기본구조

(1) 중경제초기의 일반적인 기본구조

동력원인 승용관리기의 PTO를 이용하여 190, 350rpm의 2가지 회전수로 구동되도록 하였고, 중경제초부인 경운부를 3조식으로 설정하여 동시에 3개 고량의 중경제초작업이 가능하도록 하였다. 외관의 크기는 700(L)×1,700(W)×1,050(H)mm로서 가능한 한 단순하고 가벼운 형태를 유지하게 하여 취급이 용이하도록 하였다.

조간은 배추기계화 재배양식인 600mm를 기본으로 설정하였고, 적용의 폭을 확대하기 위하여 조간은 조절식으로 하였으며 경운 케이스 하단에 있는 경운축 좌우에 중경 제초축을 부착 할 수 있는 형태로 하였고, 좌, 우 각 중경 제초축에는 4개의 날을 부착하여 한 개의 경운부에 8개의 날을 부착하여 총 24개의 날을 사용할 수 있도록 제작하였다.

또한 시비장치 및 배토기를 부착하여 중경제초작업과 동시에 시비 및 배토작업이 가능한 구조로 설계를 추진하고 제작을 하였다.

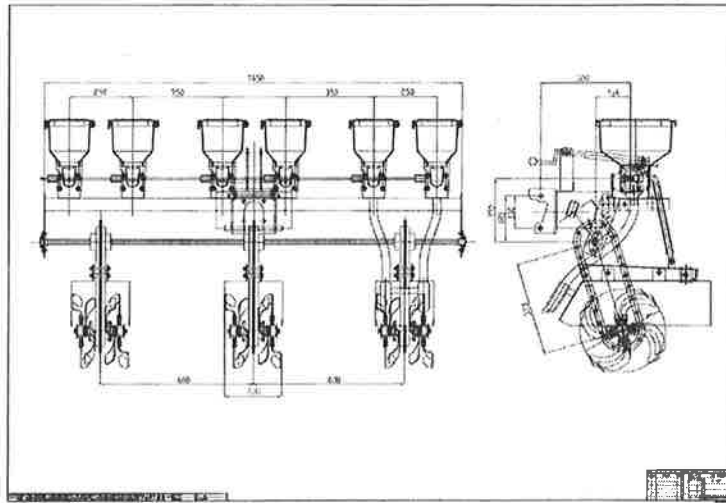


그림 3-12. 중경제초기 총 조합도

(2) 조건 및 조건 조절범위 설정

기 설정한 배추재배 양식에 따라 기본 조건거리는 600mm로 설정하였고 조건 조절범위를 유연하고, 손쉽게 조정 가능하도록 설계하여 배추뿐만 아니라 타 작물에도 적용할 수 있도록 조건거리 조절범위를 260 ~ 700mm로 설계하였다.

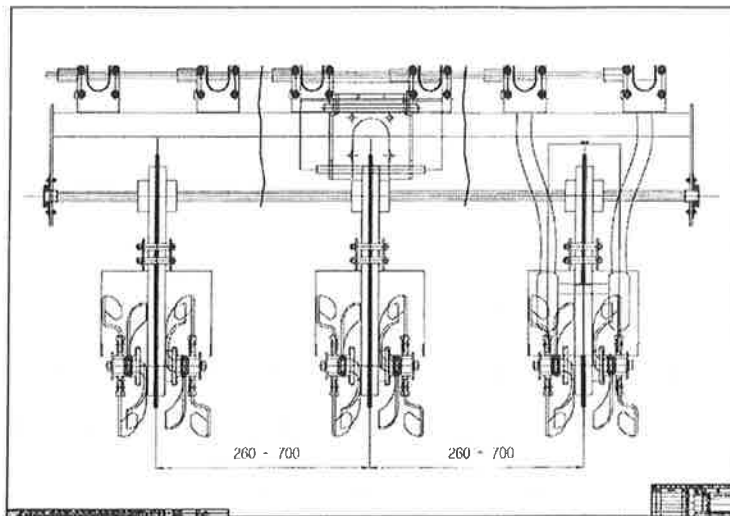


그림 3-13. 중경제초부 조건조절 범위

(3) 적용 경심 및 경폭 설정

경심은 중경제초작업에서 요구되는 0~100mm 정도를 당초 설계기준으로 설정하였으나, 실질적인 포장조건을 만족시키고, 기계의 조건에 따라 적용 가능한 범위인 0~50mm를 기준하여 제작하였다. 경폭은 약220mm로 설정하여 미경지 구간의 발생을 최소화하고, 작물의 손상을 최대한 배제할 수 있도록 하였으며, 배추가 커짐에 따라 줄어들 수 있는 중경제초기의 사용기간을 가능한 한 연장 할 수 있는 최적의 설계기준을 설정하여 경폭과 적용의 폭이 최적인 기준으로 설계 및 제작하였다.

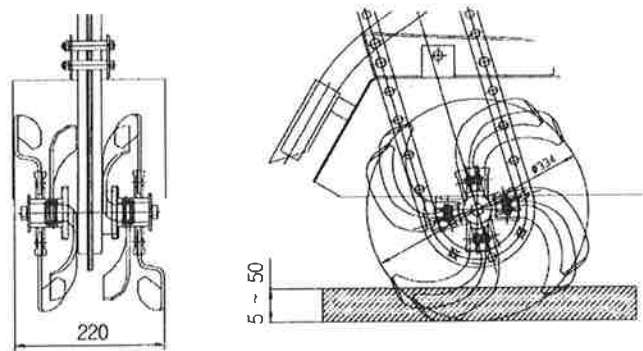


그림 3-14. 중경제초기의 경심 및 경폭

다. 주요부의 설계 및 제작

1) 주 프레임부

50×50mm 사각 파이프를 주 프레임으로 사용하여 3개의 경운부를 지지하고 견인시 발생하는 저항을 유지하며, 전체적인 중경제초기의 하중을 지지할 수 있도록 하였다. 또한 35×35mm 사각 파이프를 보조 프레임으로 설계하여 경운부에서 발생하는 진동을 흡수하는 압축스프링과 연결되도록 하였다.

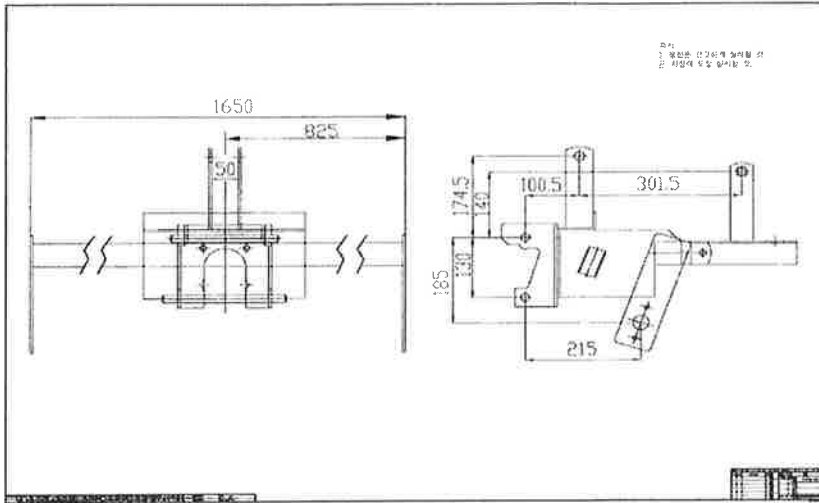
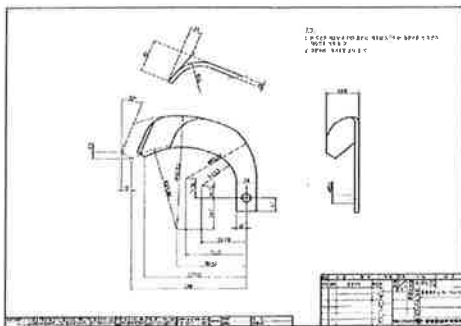


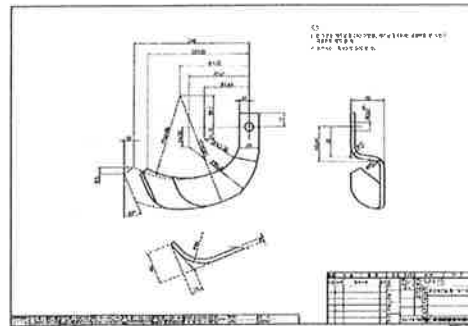
그림 3-15. 주 프레임 및 보조 프레임

2) 중경제초날

일반적인 중경제초날로 가장 많이 쓰이는 작두형 날을 채용하였고, 일반형날 2개와 증폭날 2개를 1조로 하여 총 4개의 날을 경운부의 중경제초축에 부착하여 미경지 발생을 방지하고 중경제초 작업폭을 유지하도록 하였으며, 날의 배열은 작업 시 비산방지에 유리한 내향형을 채택하였다.



(a) 일반날



(b) 증폭날

그림 3-16. 중경제초날의 형상

3) 시비장치

중경제초작업과 동시에 시비작업을 할 수 있는 시비장치를 부착하여 작업의 다양성과 활용도를 높이도록 하였다.

5ℓ 용량의 호퍼를 주 프레임부 상단에 총 6개를 부착하고 3개의 경운부 좌, 우에 배출호스를 연결하여 총 6개소에서 시비를 할 수 있도록 하였다. 또한 제작비용의 절감과 향후 상품화를 감안하여 직파기에 사용한 호퍼, 롤러 등을 일부 개선하여 사용하도록 설계하였다.

당초 시비장치의 시비량 조절은 DC 12V 30W의 모터를 사용하여 시비량을 제어하도록 설계하고 제작하였으나 1999. 10. 5 포장시험시 본체의 주행속도에 따라 시비량이 정확히 제어되지 못하여 과다시비 및 과소시비가 발생할 수 있다는 문제점이 제기되었다. 따라서 본기의 주행속도에 비례하여 시비가 가능한 구조로 전환하는 것이 바람직한 것으로 판단되어 경운축과 시비장치의 롤러를 풀리와 동력전달 케이스를 이용하여 동력을 전달한 후 니들 크리치베어링을 시비장치의 롤러를 구동해주는 연결 육각 봉에 부착하여 경운축의 회전력으로 시비장치를 구동 할 수 있도록 설계 제작하였다.

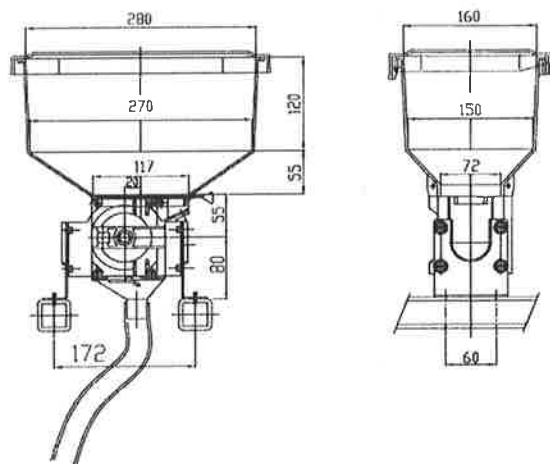


그림 3-17. 시비장치부 조합도

그림 3-18은 시비장치를 구동해주는 연결 시스템을 나타낸 것으로 경운축에 풀리를 부착하고 이를 다시 V-벨트로 중간축이 연결된 풀리와 연결하여 중간축을 구동시키고 이 중간축에 체인케이스를 연결하여 체인케이스의 상부 축에 엔드볼과 아암을 부착하여 최종적으로 로울러 구동 연결 육각파이프를 회전시켜 롤러를 구동케 하여 시비를 할 수 있는 시스템으로 설계 제작하였다.

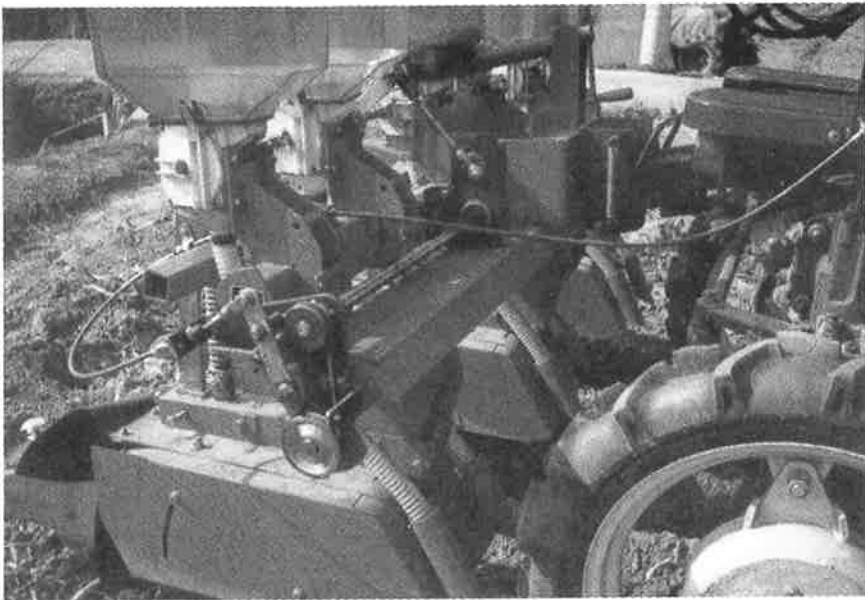


그림 3-18. 시비장치 구동 시스템

4) 배토기

중경제초기 후부에 부착할 수 있는 구조로 3조의 중경제초기에 부착해야 하는 관계로 3개의 배토기를 제작하여 장착하였으며 탈, 부착이 용이하도록 하였다. 크기는 고랑 폭을 30cm를 기준으로 하여 조절식으로 제작하여 배토폭을 2단계로 조절 할 수 있도록 하였으며, 보습의 각도와 배토깊이를 조절식으로 하였다. 특히 배토폭은 2개의 배토날을 부착 고랑폭에 따라 1개의 배토날은 탈, 부착식으로 하여 다양한 폭의 고랑에도 적용할 수 있도록 하였다. 또한 배토깊이는 나사 조절식 장치를 채택 미륵의 높낮이를 조절할 수 있도록 하여

깊이를 조절 할 수 있도록 하였다.

베토기의 부착은 경운부의 중경제조축 커버위쪽의 사각 브래킷에 끼워서 볼트 고정식으로 하여 탈, 부착이 용이하도록 하여 사용상의 용이성을 확보하였다.

표 3-8은 베토기의 주요제원을 나타내었고, 그림 3-19, 3-20은 베토기의 개략도와 제작 후 형상을 나타낸 것이다.

표 3-8. 베토기의 주요제원

구 분		단 위	제 원
크기	길이	mm	520
	폭		475
	높이		530
중 량		kg	6.6/조
작업조수		조	3
베 토 폭		mm	120
베토폭 조절범위		mm	470~670
베토 깊이		mm	15~25
구동방식		-	부착 견인형

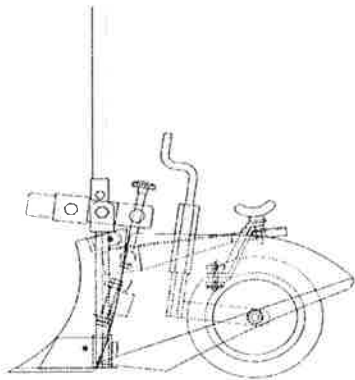


그림 3-19. 베토기의 외관도

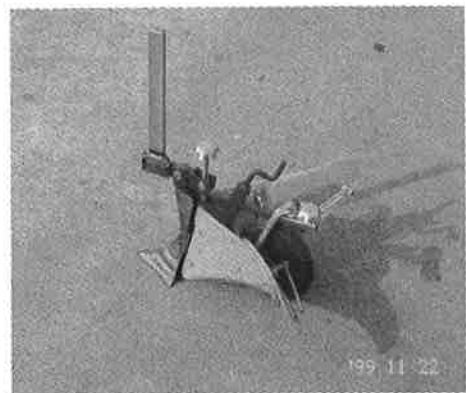


그림 3-20. 제작한 베토기

라. 중경제초기 시작기의 제작

기초조사를 통하여 조사 분석한 이론적인 측면 및 실 적용적인 측면에서 확립한 기준과 자료를 설계에 적용하여 설계하고, 설계 및 제작과정에서 수많은 시행착오로 인한 설계변경 및 수정 재제작을 거쳐서 1차 시작기를 완성하였다.

그림 3-21은 완성된 시작기를 나타낸 것으로 중경작업과 시비작업 및 배토작업을 동시에 가능하도록 설계 제작하였으며 각각을 탈, 부착할 수 있도록 하여 각각의 작업이 가능한 구조로 제작하였다.

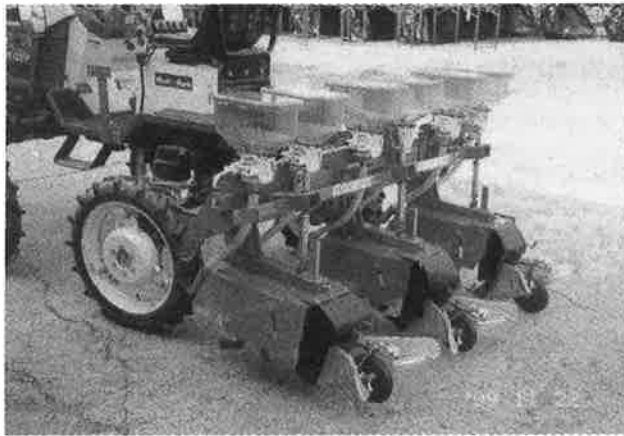


그림 3-21. 제작완료한 중경제초기 시작기

2. 시작기의 성능시험

가. 시작기의 1차 시험

시작기를 제작 한 후 1999. 10. 5. 수원 원예연구소에서 기계화 재배양식에 의거하여 재배한 배추포장에서 1차 시작기의 포장 시험을 실시하였다. 시험목적은 공개평가를 겸하여 실시되었으며 기본적인 메커니즘과 포장 적응성, 작동성능의 파악에 중점을 두었다.(그림 3-22, 3-23)

시험결과 기본적인 메커니즘과 포장적응성, 작동성능 등에는 별다른 문제점이 발견되지 않았으나 배토기 제작이 완료되지 않은 관계로 배토기 부착시험이 되지 않았고, 시비량 제어에 모터를 사용하였으나 작업시 주행속도와 관계없이 시비량이 제어될 경우 시비량의 정확한 제어가 불가능하므로 작업시 주행속도에 따라 시비량을 제어하는 것이 바람직하다는 의견과 요청에 따라 이에 대한 검토를 하여 작업속도 비례형 시비량 조절장치를 제작후 재시험을 실시할 예정이다. 1차 시작기의 주요재원은 표 3-9와 같다.



그림 3-22. 1차 시작기 실증시험 포장의 전경(원예연구소 포장)



그림 3-23. 시작기의 1차 실증시험 장면(배토기 미부착상태)

표 3-9. 1차 시작기의 주요 제원

항 목		단 위	제 원	비 고
기체크기	길이	mm	700	
	폭		1,700	
	높이		1,050	
작 업 조 수		-	3조 가변형	
시비장치부	호퍼 수	개	6	
	호퍼용량	ℓ/개	5(30 ℓ)	
	구동방식	-	DC모터 구동 방식	
경 폭		mm	220	
경 심		mm	0 ~ 50	조절가능
조간조절범위		mm	260 ~ 700	
구동방식		-	승용관리기 PTO	
경운축 회전수		rpm	저속190, 고속350	PTO기준

나. 시작기의 2차 포장시험

시비장치를 속도제어형으로 수정 변경하고, 추가 제작한 배토기를 부착하여 2000년 3월 13일 2차 포장시험을 실시하였다. 금번 시험은 수정 및 추가 제작한 부분에 대한 작동 및 구동 메커니즘에 대한 시험이었으며 배추재배 포장을 구할 수가 없어 배추재배 포장이 아닌 인근의 타 작물 포장에서 시험을 실시하였다.

시험결과 시비장치의 구동부는 승용관리기 PTO의 어떤 회전수에서도 작동상의 문제점이 발견되지 않았고, 배토기 역시 기본적인 작업조건에서는 별다른 문제점이 발견되지 않았다. 그러나 향후 지속적인 시험을 통하여 기계 작동에 따른 시비작업의 표준을 제시하고, 배토작업에 대한 표준을 설정하여 최종 작업표준을 확정할 예정이다. 그림 3-24는 시험포장에서 포장시험을 하고 있는 장면이다.



그림 3-24. 완성된 시작기의 2차 포장시험 장면
(시비장치, 배토기 부착)

다. 시작기의 3차 포장시험

2000년 6월 19일 경기도 수원시 입북동에 소재한 농업기계화연구소 배추포장에서 포장시험을 실시하였다. 포장의 조건이 함수율 90%이상으로 매우 습한(물기가 있는) 포장이었으며, 배추가 결구되기 시작한 포장으로서 시험하기에는 배추의 결구가 너무 큰 상태였으며, 잡초의 크기도 초장 약 80cm, 뿌리부 평균길이 약 35cm 정도의 매우 열악한 조건하에서의 시험이었다. 토양의 함수율이 매우 높은 관계로 각 중경제초축부와 경운커버 사이에 흙이 끼이는 현상이 발생하였고, 배토펙이 너무 넓어 광폭 배토날은 제거한 상태로 시험하여야 했다. 또한 시비는 요소비료를 사용하였는데 비료가 공기와 접하자 굳어지는 관계로 원활한 시비가 불가능하였다. 시험결과 전체적인 시작기의 메커니즘상의 문제점은 없었으며 포장 및 작물의 조건에 따라 기계를 별도로 조정할 필요가 있었고(배토펙, 경운커버 폭 등), 특히 포장의 함수율은 작업성과 매우 밀접한 관계가 있으므로 함수율이 약 60%이상 되는 포장에서는 원활한 작업성을 보이지 않을 것으로 판단되며, 비료의 경우 굳는 문제만 해결되면 사용상에 문제점은 없을 것으로 판단되었다. 그림 3-25, 3-26은 시험포장과 포장시험하고 있는 장면을 나타낸 것이다.



그림 3-25. 3차 시험한 시험포장의 전경



그림 3-26. 시작기의 3차 포장시험 장면

라. 시작기의 4차 포장시험

2000년 9월 7~8 고령지농업시험장 시험포장에서 제4차 포장시험을 주관기관인 농업기계화연구소와 공동으로 실시하였다. 본 시험을 통하여 포장에 관련된 성능을 측정하고자 하였다. 포장조건은 사질토로서 안개가 혼합된 비가 내린 상태로 표토가 젖어있었고, 약 5도 정도 경사져 있었으며, 잡초의 크기는 약 30cm 정도였다. 시험결과 작업시 본기의 차륜이 약 10cm 정도 빠지는 상태이어서 작업 중 중경제초기의 높이를 조정하여야 했으며, 자갈이 많은 관계로 이로 인한 작업상의 지장이 약간 초래되었다. 그러나 전체적인 기계성능 및 작업성능은 만족할 만 한 상태이었으며 약 5도 정도의 경사지에서는 밀리는 현상이 발생하지 않아 이 정도의 경사지에서는 작업상의 문제점이 없는 것으로 확인되었다. 분석한 작업속도는 0.2^m/s, 작업성능 0.8hr/10a, 제초율 95.4%로 측정되었다.



그림 3-27. 시작기의 제4차 포장시험 장면



그림 3-28. 제4차 포장시험시 작업 전후의 비교(좌-시험전, 우-시험후)

마. 시작기의 최종 제원

본 연구과정에서 동기종에 대한 기초조사, 현장조사, 수요자 요구제원 등을 조사분석 하였으며, 이를 기준으로 설계 및 제작을 추진하였으며, 시작기를 완성한 후에 수차례의 성능과 포장시험을 실시하여 문제점을 수정, 보완하였

으며, 최종 포장실증시험 결과를 통하여 확정된 최종제원은 표 3-10과 같다.

표 3-10. 최종시작기의 확정 제원

항 목		단 위	제 원	비 고
기체 크기	길이	mm	700	
	폭		1,700	
	높이		1,050	
	중량	kg	200	
작업조수		-	3조 가변형	
경 폭		mm	220	
경 심		mm	0 ~ 50	조절가능
조간조절범위		mm	260 ~ 700	
구동방식		-	승용관리기 PTO	
경운축 회전수		rpm	저속190, 고속350	PTO기준
시비 장치	호퍼 수	개	6	
	호퍼용량	ℓ/개	5(30 ℓ)	
	구동방식	-	경운축 구동방식	속도비례형
	시비 로울러 회전수	rpm	저속 18, 고속 20	
배토 장치	길이×폭×높이	mm	520×475×530	
	중 량	kg	19.8 (6.6/조)	
	작업조수	조	3	
	배 토 폭	mm	120	
	배토폭 조절범위	mm	0~200	
	배토 깊이	mm	0~100	
	구동방식	-	부착 견인형	
작업속도		㎥	0.2	
작업능률		시간/10a	0.8	
제조율		%	95.4	

제 4 절 적 요

본 연구에서는 배추재배 일관기계화 시스템 개발의 협동연구과제로 수행한 연구로 승용관리기에 부착할 수 있는 중경제초작업기를 개발하였다.

활용의 폭을 넓히고, 기능의 다양화를 위하여 동기중에 비료를 살포할 수 있는 시비장치와 체초된 잡초를 제거하고 시비된 비료를 복토할 수 있는 배토장치를 별도로 개발하여 장착할 수 있게 하였다. 또한 지역별, 작물별로 상이한 재배포장의 재배양식에도 적극적으로 대처할 수 있도록 각 조건을 조절식으로 개발하여 보다 더 적용의 폭을 넓혔다. 주요 연구결과는 다음과 같다.

1. 중경제초기는 배추 기계화 재배표준양식인 둥근두둑 1열, 조건 60cm, 주간 30~40cm, 비닐 무피복재배에 적용할 수 있도록 설계하였다.

2. 본 중경제초작업기의 동력원은 본 연구과제에서 기 설정한 승용관리기를 사 용함을 원칙으로 하였으며, 부속 작업기의 형태로 개발하였다.

3. 본 중경제초기의 형태는 소형 경운날을 회전시켜 중경제초작업을 하는 로터리 경운 타입의 로터리 킬티베이터 형을 채택하였다. 한번에 3개의 고랑을 작업할 수 있도록 3개의 경운부를 가진 3조식으로 하였고, 향후에 본 작업기의 적용의 폭을 넓히기 위하여 각 경운부의 조건이 26~70cm범위에서 조절이 가능한 조절형으로 하 였고, 경심은 0~5cm, 경폭은 22cm로 하였다. 특히 경폭의 경우는 배추의 결구가 커짐에 따라 제약을 받을 수 있는 사용범위의 축소를 최소화하고자 체초작업에 영 향을 주지 않는 범위에서 최소의 경폭을 설정하기 위하여 경운부의 축과 경운날 크 기를 최소화하였다.

4. 경운부는 한 개의 경운부에 좌우 각각 4개씩 총 8개의 중경제초날을 부착하여

3개의 경운부에 총 24개의 중경제초날을 부착하였으며, 날의 부착방식은 칼집형을 채택하였다. 또한 경운축의 회전수는 저속 190rpm, 고속 350rpm을 기준으로 선택하였다.

5. 시비장치는 중경제초기의 프레임에 부착하여 사용할 수 있도록 하였으며 경운축 구동방식으로 5ℓ 용량의 호퍼 6개를 사용하여 3개의 경운부 각각 좌, 우에서 시비할 수 있도록 하여 비료가 배추 두둑 좌우에 살포될 수 있도록 하였으며, 시비량은 시비 로울러를 조정하여 조절할 수 있도록 하였으며, 경운축의 회전수에 비례하여 시비 로울러를 저속 18, 고속 20rpm으로 회전하게 하여 속도에 비례형으로 시비가 될 수 있도록 하였다.

6. 배토장치는 3조형으로 하였으며 경운부의 프레임에 부착하도록 하였고 깊이, 폭, 각도를 조절식으로 하였다. 배토폭은 20cm, 배토깊이 10cm, 각도는 현장상황에 적절하게 조정할 수 있도록 하였다.

7. 포장실증시험 결과 포장성능은 작업속도 0.2m/s, 작업성능 0.8시간/10a, 제초율 95.4%이었다.

참고문헌

1. 각 제조업체. 관리기 취급설명서. 국제, LG, 아세아
2. 각 제조업체. 관련 국내의 카탈로그
3. 김성래외 3인. 1984. 로터리 경운시스템이 소요동력에 미치는 영향. 한국농업기계학회지 9(2).
4. 농촌진흥청. 1996. 채소재배(개정판). 농촌진흥청.
5. 농촌진흥청. 1996. 원예작물. 농촌진흥청.
6. 농촌진흥청. 1996. 주요작물 영농 순기표. 농촌진흥청.
7. 이우승. 1993. 한국의 채소. 경북대학교 출판부
8. 정창주. 1985. 신고 농업기계학. 향문사.
9. 정창주. 1988. 농작업기계학. 서울대학교 출판부
10. 정창주. 1995. 삼고 농업기계학. 향문사
11. 조영환. 1995. 무,배추 경쟁력있는 기술과 경영.
12. 최상인의 5인. 대학 농업기계학. 선진문화사.
13. 최상인의 2인. 1993. 로터리 경운날의 마모에 관한 연구. 한국농업기계학회지. 18(1).
14. 최규홍외 1인. 1984. 농용 작업기계학. 진명문화사.
15. 최규홍외 1인. 1984. 로터리 경운의 부하특성 및 소요동력에 관한 연구. 한국농업기계학회지 9(2)
16. 한국농업기계학회. 1998. 농업기계핸드북. 문운당
17. '97심포지움발표문. 1997. 원예농업의 기계화 기술과제와 발전방향. 농업기계화연구소.
18. 日本農業機械學會. 1996. 생물생산기계핸드북. 크로나사.
19. 坂井 純 外 3人. 1984. ロタリ耕なたづめの耕うん抵抗特性. 日本農業機械學會誌.

제 4 장 배추 방제기 개발

SUMMARY

Agricultural mechanization in Korea has been transferring from the stage of the paddy field mechanization to the stage of upland mechanization. In case of plant protection operations, the power sprayers have been widely used even though they have many problems from the views of worker's safety and pest control efficacy. Boom sprayers have been well known by their excellency in field efficiency, worker's safety and pest control efficacy. One type of boom sprayer has been developed and introduced in paddy field but it is not suitable for upland field due to heavy chemical tank, long boom width, and simple on-off control of spraying.

This research has been carried out to develop a boom sprayer with expandable booms for Chinese cabbage cultivation. The prime mover was selected as a riding type cultivator. Generally speaking, upland field has irregular shape of boundary and slope angle even in small field. The goal of the research was to develop a boom control system and boom structure that could control boom angles of left and right boom automatically and independently corresponding to local field slope. Also, the boom length should be extendable by operator during driving to adjust its spray swath corresponding to the field boundary. Boom angle control device was developed and tested to draw out modification points. Also, the vibration characteristics of the boom of the boom sprayer for paddy field and dry field was analyzed. Pressure drop of boom that has 8m of spraying swath and relation between flow rate and pressure drop were investigated. And suitable spraying height was decided by analysis on

covering characteristics by basal application.

Main results of this research were as follows.

1. Ultrasonic sensor was selected to measure distance between local ground surface and boom level. Voltage output of the sensor has a highly significant linear relationship with the distance as follows;

$$Y = 0.0036X - 0.437$$

X: Distance(mm)

Y: Output voltage of the sensor(V)

2. The response time of the ultrasonic sensor was measured to be 0.1s, and its proper response angle was measured to be limited within $\pm 20^\circ$.

3. A boom height-control linkage system was developed. Range of achievable spraying height was 700mm, and minimum and maximum spraying height was 390~1090 and 540~1240mm respectively.

4. The boom was divided into three sections of left, right and center. The booms are foldable with a position control device (ON-OFF control) which could control the left and right boom independently corresponding to local slope by equalizing distances between the sensor and boom at the center and left/right boom.

5. Most reliable DB(Dead Band) was experimentally selected to be 75Ω(6cm), where RMS of error between desired and achieved height was less than 2.9cm.

6. While traveling velocity of 0.3~0.5m/s, RMS of error between desired and achieved height was less than 4.5cm. The developed boom angle controller and boom linkage system were evaluated to be successful in achieving the height control accuracy target of ± 10 cm.

7. The vibration characteristics of the boom sprayer for paddy field and dry field was analyzed with artificial round ridges. The maximum amplitude of boom sprayer for paddy field of +100~-102cm occurred when passing over artificial ridge with direction of 45° . However the maximum amplitude of boom sprayer for dry field was measured to be +70~-60cm at the same experimental condition. The reduction of amplitude was achieved mainly by decrement of boom width.

8. FFT(Fast Fourier Transform) analysis was used to measure natural frequency. The natural frequency of boom sprayer for dry field was similar to that for wet field and shown to be about 1Hz.

9. Pressure at each section of the boom was decreased with order of center boom, extendible boom and end boom. The pressure drop was increased as the setting pressure of regulator increased. When the pressure at regulator was 8kgf/cm^2 , the pressure difference between regulator and right boom was measured to be 1.18kgf/cm^2 .

10. When regulator pressure was set at 3kgf/cm^2 , mean discharge rates of a nozzle at each section of the boom were 0.67l/min at extension boom, 0.65l/min at right boom's, 0.57l/min at center boom's respectively. The minimum flow rate was found at center boom. Atomization was successful if the regulator pressure was higher than 1kgf/cm^2 .

11. Suitable spraying height was 50cm upper the cabbage for broadcasting

and 45~55cm for basal application with Y-boom extender with assumption that suitable spraying height has 80% superposition ratio.

제 1 절 서언

방제는 작물을 재배하는 동안에 여러 번 작업해야하며 노동강도가 크고 농약중독 위험 때문에 농민들이 기피하는 작업이다. 따라서 안전하고 효율적인 방제기계의 개발이 필요하다.

국내에 보급된 방제기는 동력분무기와 배부식분무기, 미스트기, 붐방제기 등이 있으나 작업능률면이나 작업자의 안전성 측면에서 볼 때, 안전하고 효율적인 붐방제기가 보급되어야 할 것으로 판단된다.

현재 국내에서 사용되고 있는 붐방제기는 수도작용으로 개발된 것이며 전작에서는 이용되지 않고 있다. 그 이유는 수도작용 붐방제기의 약액 탱크 용량이 커서 경사지에 부적합할 뿐만 아니라 붐의 자세제어는 수동 스위치에 의존하므로 주행 중에 지면 경사의 변화에 따라 운전과 자세제어를 동시에 수행하기가 곤란하며, 살포 높이의 조절범위가 작고, 붐의 구간별 분무제어가 ON-OFF제어로 단순하고, 붐의 길이가 길어 붐의 진동이 심하고 밭의 형상이 직사각형이 아닌 경우에 살포폭 조정이 곤란하기 때문이다.

밭의 형상은 논과 달리 직사각형보다는 주변 지형조건에 따라 다양한 형태를 가지며 경사면에 위치하고 있다. 우리나라 밭의 대부분은 경사도가 4°이하가 40%를 차지하고, 4~8.5°범위에서는 40%로서, 경사도가 8.5°이하에서의 경작면적이 전체 면적의 80%를 차지하고 있다(농업기계연감 98). 또한 평균 경사도가 작은 밭에서도 부분적으로 경사도가 급한 경우가 존재하므로 방제기계의 경사지 적응성은 주요한 인자로 고려되어야 한다.

또한 대부분의 전작은 두둑 재배를 하므로 원동기가 두둑을 오르내릴 때 붐방제기의 붐이 매우 크게 요동하여 붐이 지면에 부딪힐 염려가 있다. 이에 대한 대책으로 붐의 길이를 작게 하는 것이 있지만 근본적인 대책이 필요하다. 즉 균평하지 못한 포장에서 붐의 요동을 최소화하는 붐의 구조가 필요하며 진동을 저감시키는 장치도 필요하다.

본 연구의 궁극적인 목적은 전작에 사용할 승용관리기 탑재형 봄방제기를 개발하고 이에 성능을 평가하고 개선한다.

연구의 구체적인 목적은 다음과 같다.

첫째, 봄의 길이가 신축가능하고 살포높이를 무단계로 조절할 수 있는 봄을 제작한다.

둘째, 봄 양단의 지면에 대한 높이를 중앙봄의 높이와 $\pm 10\text{cm}$ 오차범위 이내로 제어함으로써 봄이 밭 표면의 형상과 평행을 유지하도록 하는 봄의 자세제어장치를 개발하고

셋째, 제작된 봄의 자세제어장치의 성능을 평가하고 개선한다.

넷째, 기존의 수도작용 봄방제기와 전작용으로 개발된 봄방제기 두 모델을 여러 형태로 두둑을 배치하여 봄의 진동 특성을 비교, 분석한다.

다섯째, 작업폭이 8m인 봄대에서 압력강하와 이에 따른 유량과의 관계를 구명하며, 기부 살포시 분무특성을 분석하여 적정 살포높이를 정한다.

제 2 절 연구사

전작용 봄방제기를 개발하기 위하여 봄의 자세 제어와 진동에 관한 문헌을 조사하였다.

O'sullivan(1986)과 Frost(1988) 등은 트랙터 탑재형 봄의 수평제어를 위해 봄의 진동현상을 시뮬레이션을 통해 분석함으로써 현가장치의 설계기초인 설계기준을 제시하였고, 수학적 모델을 이용하여 설계된 시스템을 파악하였다. 주로 수동 봄 현가장치 설계에 초점을 맞춰져 있으며 고주파 진동은 수동 현가장치로 감소시키고, 기계 주행시 지면의 경사도로부터 오는 저주파 진동은 능동 봄 현가장치를 적용해서 제어하였다.

Frost 등(1989)은 두 개의 링크 봄 현가장치에 대해 피드백 기술을 이용한 능동

제어를 사용하는 것을 제시하였으며, 고주파 roll 과 yaw는 현가장치로 감소시킬 수 있으나, 지면으로부터 오는 저주파 roll과 yaw는 봄에 영향을 준다고 했다. 봄이 지면과 수평을 이루지 못하는 경우를 두 가지로 나누었는데, 첫 번째가 바퀴중의 하나가 팔에 빠져서 트랙터가 기울어지는 경우에 봄의 트랙터에 고정되어 있으므로 지면과 수평을 이루지 못하는 것이고, 두 번째는 트랙터가 경사지를 가로질러 갈 경우 타이어의 변형과 현가장치에 의해 트랙터가 기울어서 트랙터와 수평인 봄도 지면과 수평을 이루지 못하는 것이었다.

Tadatoshi 등(1992)은 봄 방제기의 분무높이 자동제어장치의 개발을 위해서 분무높이를 검출할 주파수 40khz의 초음파 센서를 공시하여, 검출 특성에 대해서 검사를 하였다. 작물 앞의 반사율은 0.82~0.96이었고, 검출 거리에 대하여 앞의 직경 비율이 0.05이상이면 거리를 검출 할 수 있다고 하였다. 검출 특성을 보면 감자, 강낭콩, 사탕무 등과 같은 앞 면적이 넓은 작물에서는 6cm 오차 내에서 높이를 감지하였으나, 밀 같이 좁고 날카로운 잎 등은 반사파가 감소하기 때문에 높이를 제대로 측정하지 못하였다. 초음파 센서는 작물의 종류와 생육 시기별로 검출 높이를 보정하는 것에 의해 분무 높이 제어장치에 이용이 가능하다고 제시하였다.

Sinfort 등(1994)은 현가장치가 살포의 균일도 개선에 미치는 영향을 살포형태(spray pattern)를 비교하여 평가하였다. 실험결과 현가장치는 방제기 봄의 좌우요동을 줄여서 살포의 균등도를 개선하는 효과가 있으며 분무 높이가 높을수록 살포율은 줄어들고 살포폭은 넓다고 보고하였다.

Langenakens 등(1995)은 불균일한 분무 분포의 원인 중 주된 원인은 고르지 않은 토양에 의한 수평적인 봄 진동이라고 하였다. 봄의 형태 모형은 실험측정과 봄의 수평 진동과 관련된 봄의 양상에 대한 연구, 형태 분석기술에 의해 제작하여 봄을 트랙터에 탑재하여 실험하였다. 타이어의 공기압과 작업속도에 따라 살포 형태를 비교한 결과 작업속도가 타이어 공기압보다 스프레이어의 봄 움직임에 더 큰 영향을 준다고 하였다.

Tadatoshi 등(1994)은 살포폭이 15m인 트랙터 직접장착식 봄방제기를 제작하였

고, 초음파 센서에 의한 분무높이 자동제어장치를 개발하였다. 분무높이 자동제어 장치의 기본 동작을 확인하기 위해 콘크리트 노면에 요철을 설치하여 분무높이 제어 응답궤적을 구하였다. 또 제어 프로그램과 붐의 동작성을 되돌리는 제어동작을 시뮬레이션 하였는데, 수치계산에 근거한 붐의 응답궤적을 구하여 제어결과와 비교하였다.

김학진(1995)은 벼의 생육시기 별로 기부살포와 입자크기의 조정 등이 가능한 수도작용 붐 방제기를 개발하기 위하여 살포장치의 설계인자를 구명하고 그 크기를 설정하고자 노즐의 분무특성을 실험적으로 비교·분석함으로써 전면살포 및 기부살포시 적합한 노즐을 선정하며, 분석된 제인자의 영향과 기부살포시 벼의 위치에 따른 피복특성을 구명하였다. 노즐의 분무유형은 노즐형태, 분사거리, 분사방향에 따라 크게 차이가 나는 것으로 나타났으며, 또한 노즐의 분무입경은 압력이 증가할 수록 감소된 반면 분사거리가 증가한다고 하였다.

노현권(1997)은 수도작 붐방제기의 수평제어장치 개발을 하고자 하였으며, 무논의 포장상태에 따른 붐의 거동을 측정하였고, 능동 진자 현가장치를 이용한 붐의 수평제어시스템을 모형화하였다. 또한 붐 수평제어시스템을 구성하고 성능을 평가하였다. 붐의 기울기에 영향을 주는 방제기 본체의 좌우 요동은 0.1hz~0.3hz의 저주파였으며 진폭은 $\pm 9^\circ$ 였다. 개발된 붐 수평제어 시스템으로 포장실험을 수행한 결과 붐의 기울기는 수평에 대해 최대 $\pm 4^\circ$ 의 오차 내에서 제어가 가능하였다.

제 3 절 재 료 및 방 법

1. 공 시 기

공시기 원동기는 승용 관리기(아세아종합기계 CFM-1200)로서 4륜 구동이며 조향 방식은 전륜 조향, 후륜 조향, 전후륜 조향 방식 중에서 선택스위치로 선택할 수 있다. 이 중에 전후륜 조향 방식은 전륜의 궤적과 후륜의 궤적이 일치하여 작물의 손상이 적은 장점이 있고 최저지상고가 높다. 공시 관리기의 채원은 표 4-1과 같다.

표 4-1. Specifications of tested cultivating tractor

Item	Unit	
Model		Cultivator(CFM-1200)
Overall Size	mm	2240 × 1455 × 1390
Minimum Ground clearance	mm	650
Weight	kg	661
Rated Output of engine	ps/rpm	14/3000
Driving Type		4WD
Steering Type		FWS, RWS, FRWS
Transmission		Forward 8 Levels Backward 4 Levels by manual lever
Traveling speed	km/h	0.8-11.7
Tire size		6.00 -12 -4PR
Minimum Turning radius	m	2.0

2. 붐 높이 감지 센서

붐의 자세를 지면에 평행하게 유지하기 위해서 중앙붐과 좌우붐의 양단에 초음파 센서를 설치하여 지면과 센서간의 거리를 감지하도록 하였다. 초음파 센서를 선택한 이유는 비접촉 상태에서 거리를 측정할 수 있기 때문이다. 선택한 초음파 센서는 밀폐 구조의 방직형 센서로 옥외에서 사용시 비등에 의한 물방울, 흙탕물의 비산, 진애의 부착, 결로 등에 불량한 환경 속에서도 사용 가능한 것으로 택했다. 표4-2는 초음파 센서의 제원이다.

초음파 센서는 E사의 SonaSwitch Mini-A로서 가격이 저렴하며 사용·조작하기가 간편하게 제작되었다. 검출거리는 최소 15cm에서 최대 300cm 까지 검출이 가능하며, 필요에 따라 검출폭을 조절할 수 있다.

초음파 센서는 지면의 상태에 따라 거리 검출의 정확도가 변하는 문제가 있다. 초음파 센서의 출력신호전압(V)과 출력전압의 절편(V_0), 실제 센서와 지면간의 거리(λ), 지면의 반사도에 의한 비례상수의 오차(ϵ_k), 지면의 반사도에 의한 거리의 오차(ϵ_λ)의 관계를 수식으로 표시하면 다음과 같다. 식에서 아래첨자 C는 중앙붐을 L은 좌측 붐을 의미한다.

$$V_C = (k + \epsilon_k)x(\lambda_C + \epsilon_\lambda) + V_0 \quad (\text{Eq. 1})$$

$$V_L = (k + \epsilon_k)x(\lambda_L + \epsilon_\lambda) + V_0 \quad (\text{Eq. 2})$$

본 연구에서는 중앙붐에 부착된 초음파 센서의 신호와 좌우붐에 부착된 초음파 센서의 신호간에 차이를 이용하여 붐의 접는 각도를 조절하게 되므로 중앙붐과 좌측붐에 설치된 초음파 신호의 차이를 구하면 아래 식과 같이 지표면 반사도에 따른 오차는 상쇄된다.

$$V_C - V_L = (k + \epsilon_k)x(\lambda_C - \lambda_L) \quad (\text{Eq. 3})$$

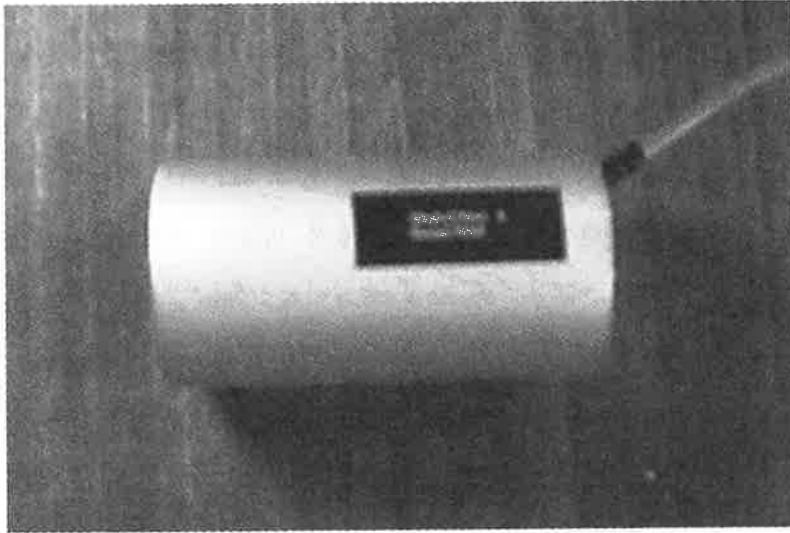


그림 4-1. Ultrasonic sensor.

표 4-2. Specification of ultrasonic sensor used in experiment.

Items	Descriptions
Range	15.24cm to 304.8cm $\pm 0.1\%$
Beam Angle	15° angle nominal; Single beam, cone-shape pattern
Repetition Rate	10Hz astable : May be externally triggered (0.1s/sensing)
Relay response time	0.50s
Output	0-5 VDC
Operating Temperature	-40 to 85° C(-40 to 185° F)
Environment	Highly insentive to humidity and pressure changes, withstands high audio and EMI/RFI level
Weight	7.0ounces. (198.45g)
Power Requirements	12-30 VDC or 12-24 VAC ; 80mA ~150mA

3. 제어장치의 성능시험

제작된 제어장치의 시작기는 원동기 정지상태 즉 노면에 의한 진동이 영향을 미치지 않는 경우와 원동기 운전상태 즉 노면의 진동을 받는 경우로 구분하여 실시하였으며 노면의 경사는 모의지면을 만들어 실시하였다.

모의지면은 합판으로 제작되었으며 그 크기는 그림 4-2와 같이 높이 21cm, 길이 300cm이며 등판경사와 하강경사가 11° 였으며 실제로 원동기가 주행한 노면은 아스팔트 노면이었다. 따라서 원동기 운전상태의 성능시험도 실제 포장의 경우와 비교한다면 노면의 경사는 크게 받지 않는 경우이다.

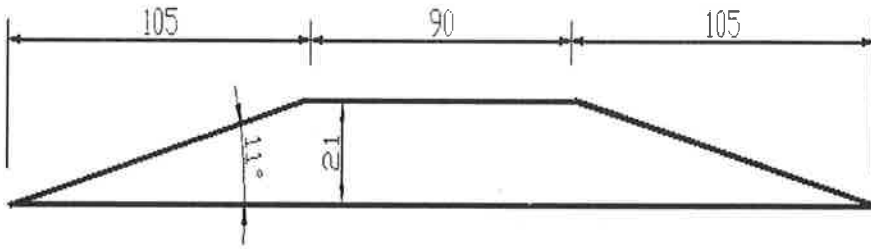


그림 4-2. Dimension of tested slope.

봄의 각도제어를 평가하기 위하여 초음파 센서를 그림 4-3과 같이 중앙부와 전면에서 볼 때 좌측에 두 개를 각각 설치하였다. 따라서 초음파 센서 A는 모의지면과 센서간의 높이를 측정하며 중앙부에 설치된 초음파 센서 C의 출력전압과 비교하여 봄의 자세제어가 된다. 따라서 이상적으로 제어가 된다면 초음파 센서 A와 초음파 센서 C의 신호는 일치하게 된다. 초음파 센서 B의 신호는 제어에 이용되지 않았으나 봄이 모의지면이 아닌 실제지면에 대하여 얼마나 경사지었는지를 나타내게 된다. 이상적인 경우 초음파 센서 B의 전압신호를 거리로 환산하면 모의 지면의

형상이 나타나야 한다.

원동기 정지상태와 원동기 주행상태에서 실험을 수행하면서 초음파 센서 A, B, C의 신호를 A/D 보드를 이용하여 sampling rate 1000Hz로 고정하여 측정하였다. 실험에 사용한 A/D Board의 제원은 다음과 같다.

표 4-3. Specification of the A/D Board

Model		DAS-1201
Number of channels		8 for differential, for 16 single-ended
Input mode		bipolar
Resolution		12-bit (1part in 4096 or 244ppm)
Gain (500)	range	$\pm 0.01V$
	settling time	$102 \mu s$
	Throughput	10khz
Absolute accuracy	Typical	0.01% of reading $\pm 1LSB$, typical for all ranges after calibrating gain and offset for that range
	Maximum unadjusted error	0.8% of reading $\pm 1LSB$ maximum@25°C

제어장치 성능을 실험하기에 앞서 원동기 정지상태의 실험은 제어장치에 포함된 하한 높이 기준을 결정하는 가변저항의 크기를 결정하기 위한 것이었다. 즉 상한 높이를 중앙봄에 부착된 초음파 센서 B의 신호전압이라고 할 때, 하한치는 두 개의 저항을 직렬로 연결할 때 전압 강하량이 분배되는 현상을 이용한 것이므로 가변저항의 크기를 조정하는 것은 목표로 하는 봄의 높이차 또는 각도차이의 불감대 (Dead Band)의 폭을 결정하는 효과가 있다. 따라서 가변저항의 크기를 5단계(65, 75, 85, 95, 110 Ω)로 변화시켜 각 센서에서의 높이를 측정하여 제어의 목표치와 기타 제어 특성을 고려하여 가변저항의 값 즉 불감대의 크기를 정하였다. 실험에 사

용한 가변저항의 크기를 좌우센서의 부착위치에서 불감대 즉 DB의 폭으로 환산하면 각각 5, 6, 7, 8, 9.5cm에 해당한다.

원동기 주행 중 실험은 각도제어 시스템의 실제적 제어성능을 평가하는 것이며 주행속도가 제어시스템의 반응속도와 관련되어 있을 것으로 판단하여 주행속도를 5단계(0.2, 0.3, 0.45, 0.65, 0.9m/s)로 변화시키면서 각 센서에서의 높이를 측정하였고 그 결과를 바탕으로 제어성능이 양호한 속도의 범위를 판단하였다.

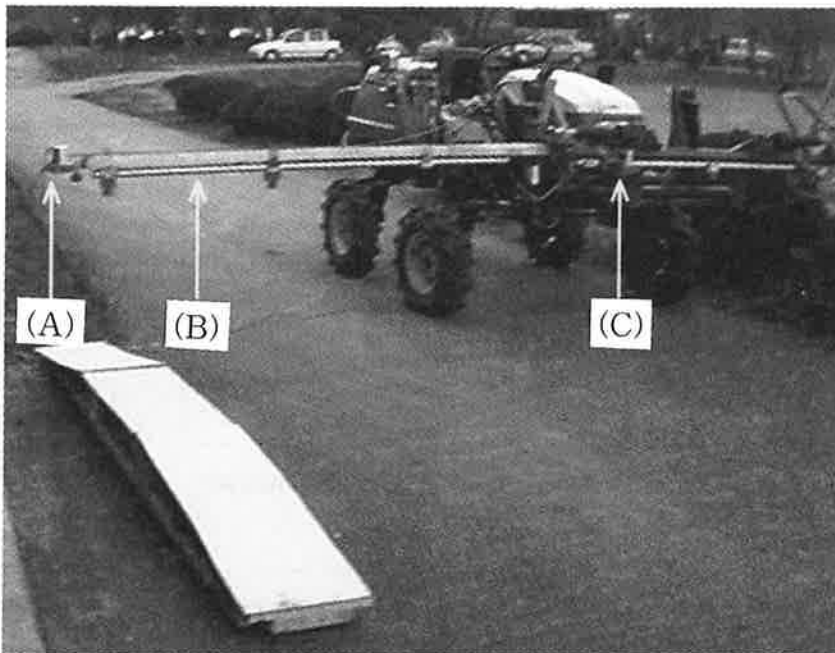


그림 4-3. View of boom position control measurement system.

4. 진동 비교 실험

가. 붐 진동 측정 센서

가속계를 그림 4-4와 같이 진행방향의 오른쪽 붐의 끝부분에 부착하여 수도작용 방제기와 개발한 공시기인 전작용 방제기(이하 전작용 붐방제기라 함)의 진동 특성을 분석하였다. 그림 4-5와 같이 인공 두둑을 만들고 주행속도를 1.1km/hr로 인공 두둑을 통과시키며 진동을 측정하였다. 가속계는 Human Vibration System Sensor 장비로 제원은 표 4-4와 같다.

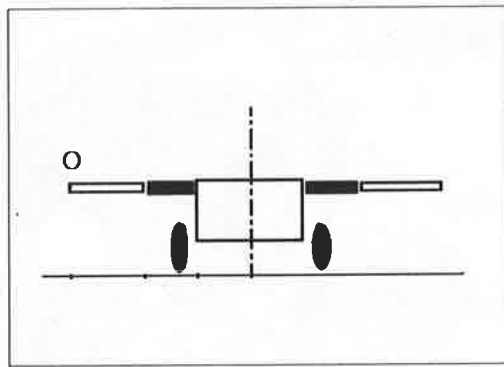


그림 4-4. Location accelerometer.

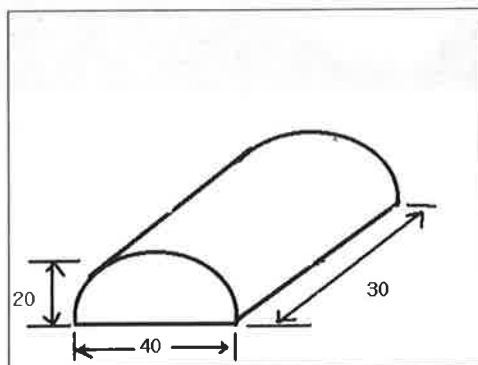


그림 4-5. Size of artificial round ridge (unit : cm).

ㄷ 4-4. Specification of equipment for measurement

Instrument	Type No.	Specification
Signal analyzer	B&K 3550	2 ch. signal analyzer 50 to 25,600 line FFT 25kHz input module Generator and sampling module 25kHz zoom processor
Accelerometers	B&K 4321	sensitivity: $1 \pm 2\% \text{pC/msec}^{-2}$ Freq. Range(5%Hz): 0.2-8,700
	B&K 4370	sensitivity: $10 \pm 2\% \text{pC/msec}^{-2}$ Freq. Range(5%Hz): 0.2-3,500
type recorder	Sony PC208Ax	Freq. range: DC to 10kHz in 8ch
		16 bit quantization
Charge amplifier	B&K 5974	Freq. range : 0.3-40,000Hz
		Max input : 7Vrms
Calibration exciter	B&K 4294	Freq: 159.15Hz(1000rad/s)
		Acceleration: $10 \text{m/sec}^2(\text{rms})$
		Velocity: $10 \text{mm/sec}^2(\text{rms})$
		Displacement: $10 \mu \text{m}(\text{rms})$

나. 조간거리 일정한 두둑 통과 실험

그림 4-6과 같이 조간거리는 80cm, 100cm의 두 수준의 간격으로 두둑을 배치하여 실험하였다. 방제기의 붐대는 최대의 작업폭이 되도록 뚫으며 지면에 대해서 평행유지 하고 두둑에 대해서는 수직하게 통과하도록 하여 붐대 끝부분의 움직임을 측정하였다. 이하 실험 1이라 한다.

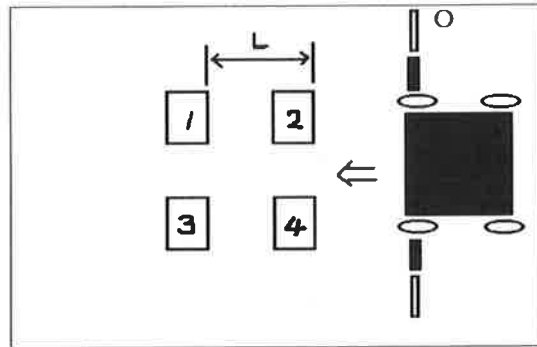


그림 4-6. Passing artificial ridge in normal direction.

다. 진행방향의 45°로 두둑 통과 실험

조간거리를 80cm, 100cm의 두 수준을 배치하고 기체의 진행방향을 두둑과 이루는 각을 45°로 하여 두둑을 통과시 붐의 진동 특성을 실험하였다. 이하 실험 2이라 한다.

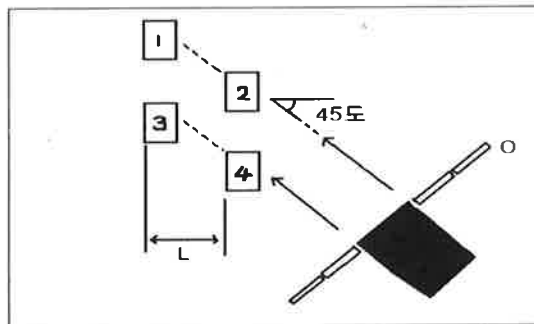


그림 4-7. Passing on artificial ridge in row direction with 45°.

라. 오른쪽에만 두둑을 배치 통과 실험

방제기의 진행방향의 오른쪽에만 인공 두둑을 4개를 연속하게 배치하고 조건거리를 80cm와 100cm로 하여 한쪽 바퀴만 두둑을 통과하도록 하였다. 즉, 가속계가 부착된 쪽에만 두둑을 배치하였다. 이하 실험 3이라 한다.

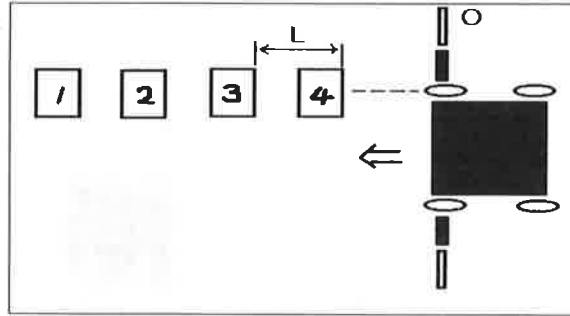


그림 4-8. In-sequence passing on artificial ridges that are located under right side wheel in normal direction.

마. 왼쪽에만 두둑을 배치 통과 실험

위의 실험 3과의 반대방향인 진행방향의 왼쪽에 인공 두둑을 4개를 연속하게 배치하고 조건거리를 80cm와 100cm로 하여 두둑을 통과하도록 하였다. 이하 실험 4이라 한다.

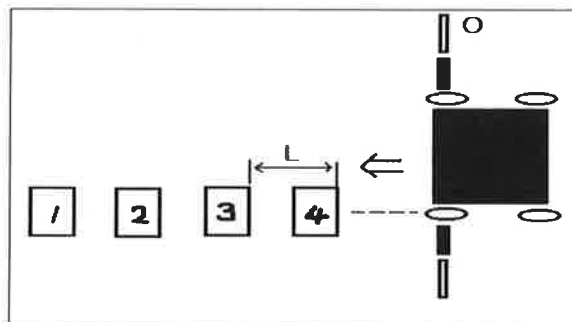


그림 4-9. In-sequence passing on artificial ridges that are located under left side wheel in normal direction.

바. 지그재그로 두둑 통과 실험

그림에서 같이 두둑을 지그재그로 배치하여 바퀴가 번갈아 한쪽씩만 두둑을 통과하도록 하여 붐의 거동을 측정하였다. 조건거리는 80cm와 100cm로 하였다. 이는 한쪽 바퀴가 통과하는 두둑의 실제 거리는 조건거리의 두 배에 해당된다. 이하 실험 5이라 한다.

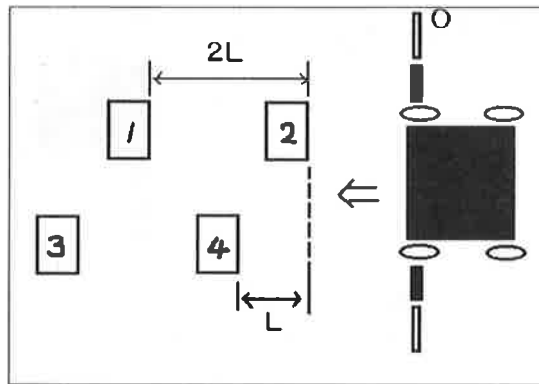


그림 4-10. Passing artificial round ridges that are located zigzag.

5. 분무 및 피복특성 실험

가. 붐의 구간별 압력강하와 유량변동 측정

붐의 총 살포폭은 8m이며 구역을 좌, 우, 중앙, 연장붐으로 다섯 부분으로 나누었다. 펌프에서 세 개의 관로를 통해서 약액을 보내며, 연장붐의 관로는 좌, 우 붐으로 보내는 관로와 함께 연결하였다. 8m 길이의 붐에는 60cm의 간격으로 선형노즐(Spraying System. Co., 모델: TP9503)을 설치하였고, 선정된 선형 노즐은 400 kPa에서 분무량이 1.4 l/min이었으며 최소 분무압력은 50kPa인 저압 노즐이다.

압력조절장치의 압력변화에 따른 각 분무 구간별 압력강하와 분무량을 측정하였다. 디지털 압력계(Green Sensor. Co., 모델: P-155)를 중앙붐(C), 우측붐(R), 우측 연장붐(ER), 압력조절장치에 설치하였고, 각 노즐하단에는 유량 측정용 그릇을 배

치하여 분당 유량(ℓ/min)을 측정하였다. 압력조절장치를 압력 기준으로 5단계(3, 4, 5, 7, $8\text{kgf}/\text{cm}^2$)로 변화시키면서 각 구간별 압력과 분무량을 측정하였다. 아래 표 4-5는 디지털 압력계의 제원이다.

표 4-5. Specifications of small head pressure transmitter

Model name	P-155 small head pressures transmitter
Non-Linearity	$\pm 0.1\%$
Hysteresis and Repeatability	$\pm 0.03\%$ typical
Temperature Error Zero, -20 to $+100^\circ\text{C}$ Span, -20 to $+100^\circ\text{C}$	$\pm 0.1\%$ per 10°C $\pm 0.1\%$ per 10°C
Operating Temperature	-40°C to $+125^\circ\text{C}$
Stability [1 tear]	$\pm 0.1\%$ typical
Measuring range	$0 \sim 100 \text{ kgf}/\text{cm}^2$
Supply voltage	$18 \sim 32 \text{ V}$
Output signals	$4 \sim 20\text{mA}$ [2wire], $0 \sim 5\text{V}$ [3wire]
Load Resistance	$4 \sim 20\text{mA}$ [$R = (\text{supply} - 12\text{V})/20\text{mA}$] $0 \sim 5\text{V}$ [$R = 150\text{K}\Omega$]

나. 기부 살포시 적정살포높이 측정

기부 살포시 배추 전체에 고르게 약액이 부착될 수 있는 적정살포높이를 결정하기 위하여 그림 4-11과 같이 모형 배추에 감수지(WSP)를 바닥에서부터 10cm 간격으로 상, 중, 하 위치에 나누어 부착하여 실험하였다. 그림 4-12와 같이 이론적으로 최저 높이인 45cm 에서 75cm 까지 10cm 간격으로 살포 높이를 변경시켜가면서 3반복 실험하여 값을 측정하였다. 이 때의 분무압력은 $4\text{kgf}/\text{cm}^2$ 을 유지하였다.

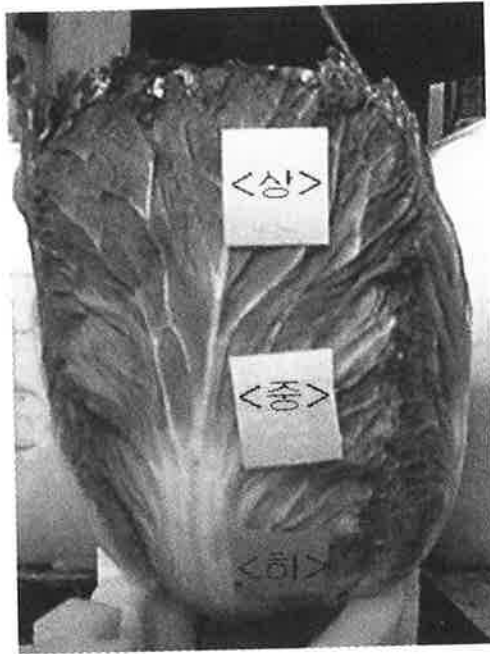


그림 4-11. Tested cabbage model with WSP.

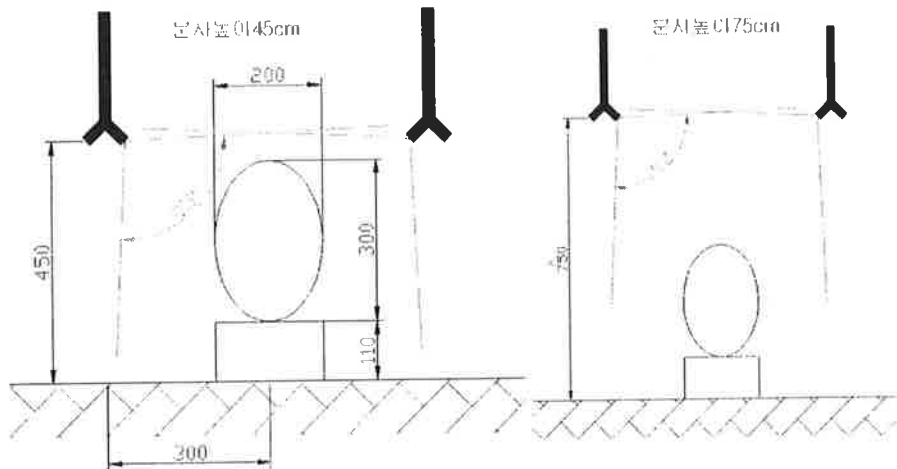


그림 4-12. Schematic diagram of directed application with 45cm and 75cm heights.

제 4 절 결과 및 고찰

1. 개념설계

개발하는 배추방제기는 배추 재배에 우선적으로 적용하고자 농업기계화연구소에서 제시하는 배추 기계화 재배양식을 기준으로 붐을 설계하였다. 그림 4-13은 배추 기계화 재배양식에 따른 둥근 두둑의 크기를 나타낸 것으로 조간 간격이 60cm, 주간 간격이 30~40cm이고 두둑높이는 20cm이하로 결정되었다.

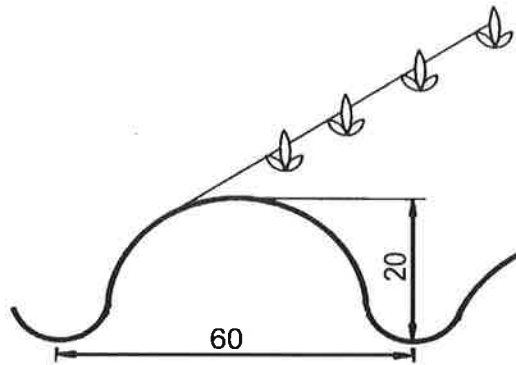


그림 4-13. Sizes of round ridge for cabbage.

경사지 밭에서 원활하게 방제작업이 가능토록 붐의 기본적인 설계 방향은 다음과 같이 정하였다.

- 1) 붐의 구역설정은 좌, 우, 중앙의 세 부분으로 나누고, 양쪽 붐의 경사를 독립적으로 제어한다.
- 2) 붐길이 조정은 전동모터를 이용하며 살포폭은 최대 8m로 한다.
- 3) 살포높이의 범위는 70cm 이상으로 하며 무단계로 조절할 수 있도록 한다.
- 4) 붐의 신축에 따른 중복 살포를 피하기 위하여 중첩되는 노즐은 살포되지 않도록 한다.

2. 공시 배추방제기

가. 탑재방식

봄은 관리기의 전방에 약액 탱크는 후방에 부착하는 것을 기존으로 하여 설계하였다. 봄의 상하위치 조절과 접기와 펴기, 봄의 신축 등 기본적인 조작은 직류 12V를 전원으로 하는 모터나 전동 실린더로 구동하도록 하였다. 모든 제어는 운전석 우측에 설치된 제어상자에서 이루어진다.

경사지 적응성을 높이기 위해 약액 탱크의 용량을 기존 수도작용의 450ℓ에서 250ℓ로 줄였다. 약액 탱크 용량의 감소는 1회 작업면적의 감소를 초래하지만 본 연구에서는 회석배수를 높여 1회 작업면적은 줄지 않도록 하였다. 약액 탱크는 FRP로 제작하였으며, 용량이 줄어 후방에 대한 시야가 확보되었다. 약액 탱크의 탑재방식은 수도작용 방식과 동일하며 탑재부의 모든 부속품은 수도작용을 그대로 이용하였다.

봄의 탈부착 방식은 수도작용 봄방제기와 비슷하나, 부가중량의 탈부착과 봄의 탈부착 방식을 간편하게 개량하였다. 그림 4-14는 봄, 약액 탱크, 펌프 등을 장착한 전체적인 모습이다.

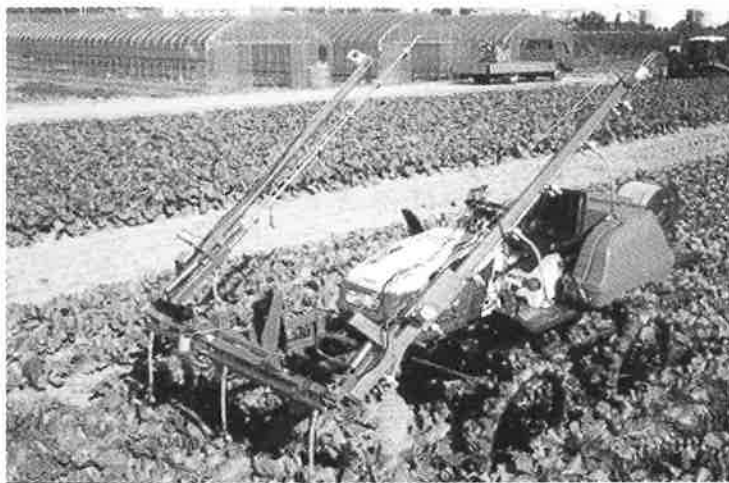


그림 4-14. View of prototype boom sprayer.

나. 분무시스템

공시 배추방제기의 분무시스템의 개략도는 그림 4-15와 같다.

펌프는 3련 플런저 펌프(중앙공업, 형식 : JPS-40A)였으며 구동 동력은 승용 관리기의 PTO였다. 펌프의 정격소요마력은 3.38ps였으며 분당회전수가 750rpm일 때 토출량은 38 l/min였다. 펌프에서 좌·우·중앙분 까지의 관로에 각각 전자 솔레노이드 밸브(LG하니웰, 형식 : 221G15B-2F, 12VDC)를 설치하여 관로의 개폐를 하였다. 또한 약액 탱크 내부에서 유효성분의 침전이 발생하지 않도록 약액 탱크 양쪽 밑부분에 2개의 교반노즐을 설치하였다. 또한 관리기 후미에는 보조살포장치로 살포각도와 분무거리 조절이 가능한 철포형 분무봉과 100m의 분무호스 권취장치를 장착하였다.

8m 길이의 붐에는 60cm의 간격으로 선형노즐(Spraying System. Co., 모델: TP9503) 13개를 설치하였다. 채택된 선형 노즐은 400kPa에서 분무량이 1.4 l/min이었으며 최소 분무압력은 50kPa인 저압 노즐이다.

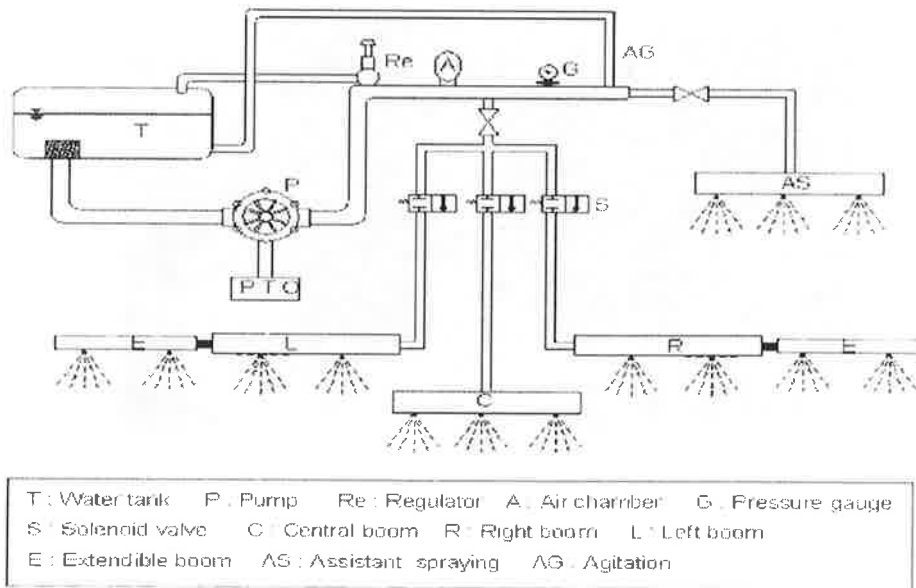


그림 4-15. Spraying system of prototype boom sprayer.

다. 붐의 높이제어 링크 시스템

붐의 높이는 균등한 분무형을 얻기 위하여 작물로부터 충분한 거리를 유지해야 하며 필요에 따라서는 대상 살포(band application)하기 위하여 충분히 작물표면에 가까워야 한다.

붐의 높이제어는 두 개의 평행사변형 링크에 하나의 가변 링크를 가진 것으로 가변 링크는 전동 실린더로 구성되었다. 그림 4-16은 시작기의 링크 시스템을 보여주고 있다. 링크의 길이 결정은 상용 전동 실린더의 크기와 부가중량을 부착할 수 있는 공간을 확보하는 것을 기준으로 설정된 것이며 가급적 조절 높이를 최대화하도록 하였다.

붐 높이 제어 링크의 끝에는 붐을 부착하는 취부대가 설치되었다. 붐 취부대에는 중앙붐대를 걸어 고정할 수 있도록 고정 핀 구멍과 걸이가 설치되어 있고 전동 실린더의 한쪽 끝을 지지하는 Actuator지지판이 설치되었고 중앙붐을 걸 수 있는 위치는 2단계로 하여 붐의 높이 범위를 넓혔다.

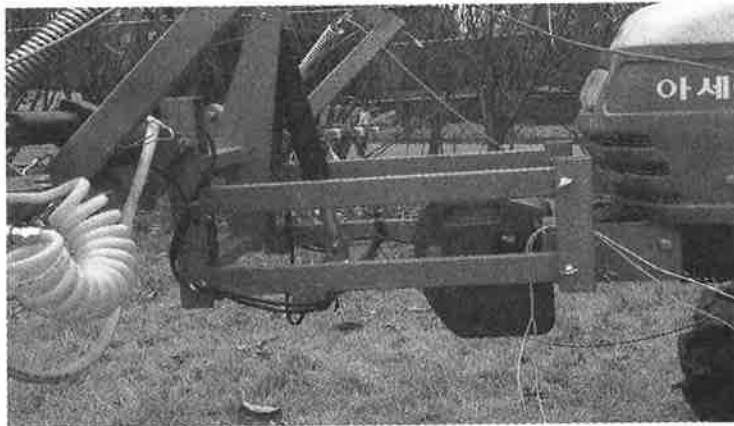


그림 4-16. View of boom-height control linkage.

Working Model 2D 프로그램(MSC. Software co.)을 이용하여 시뮬레이션 한 결과 최대 신장길이 611mm, 최소 축소길이 408mm인 전동실린더(동진유압, 모델 : DC 12-500-100)를 선정하였으며 평행사변형 링크의 길이는 560mm로 결정되었다. 이 링크 시스템의 최대 분무높이 조절 폭은 700mm 였다.

배추는 성장함에 따라 초장이 400mm까지 자라며 배추 두둑의 높이가 200mm 정도가 되므로 본 연구에서는 봄의 고정위치를 2단계로 하였으므로 각각의 위치에서 최소와 최대 분무높이는 390~1090, 540~1240mm가 되도록 하였다.

선정된 Actuator는 본기의 축전지의 전원을 사용 가능토록 DC 12V이며 부하하중은 460kg이고 행정이 200mm 이며 15mm/sec로 동작하는 것을 선정 사용하였다.

라. 전면살포와 기부살포가 가능한 봄

봄의 높이를 제어하는 링크 구조에 중앙봄을 걸이 방식으로 설치하고 중앙봄 좌우에 관절을 두어 좌·우 봄을 장착하도록 하며 좌우 봄은 사각관으로 연결되는 부분과 이 사각관으로부터 신축할 수 있는 연장봄으로 구성하였다.

봄의 총 살포폭은 8m이며 그림 4-17에서 보는 바와 같이 구역을 좌, 우, 중앙의 세 부분으로 나누었다. 좌, 우측 길이는 각각 3225mm이며 이 중 1800mm에 해당하는 부분은 가벼운 재질인 알루미늄 사각관으로 제작하여 봄소켓에 끼워서 체결할 수 있게 하였고, 1425mm 해당하는 신축부는 외경 19mm의 원형 알루미늄으로 제작하여 봄이 사각관 뒤쪽에 설치하였다.

중앙봄은 그림 4-18에서 보는 바와 같이 봄 취부대와 직결되는 사각관과 핀잡이브라켓, 봄소켓, 내부·외부관절조합, 분무관, 분무관 고정구, 좌우봄 접기용 전동 실린더, 좌우봄 거치대, 좌우봄 접기용 스프링 등으로 구성하였다.

중앙봄의 길이는 1550mm로 양쪽 봄을 지지할 수 있도록 75x45x5t의 철재 사각관으로 제작하였고, 그 와 평행 되게 외경 36mm의 알루미늄 분무관을 설치하였으며 중앙부에는 초음파 센서를 1개 설치하였다.

좌·우봄의 사각관에서 중앙봄측 끝에는 신축봄을 구동하는 모터가 설치되고 바깥측의 끝에는 초음파 센서가 설치되었으며, 사각관의 아래 방향에는 외경 19mm의 알루미늄 분무관이 설치되었고 그 아래에는 노즐조합이 부착되었다.

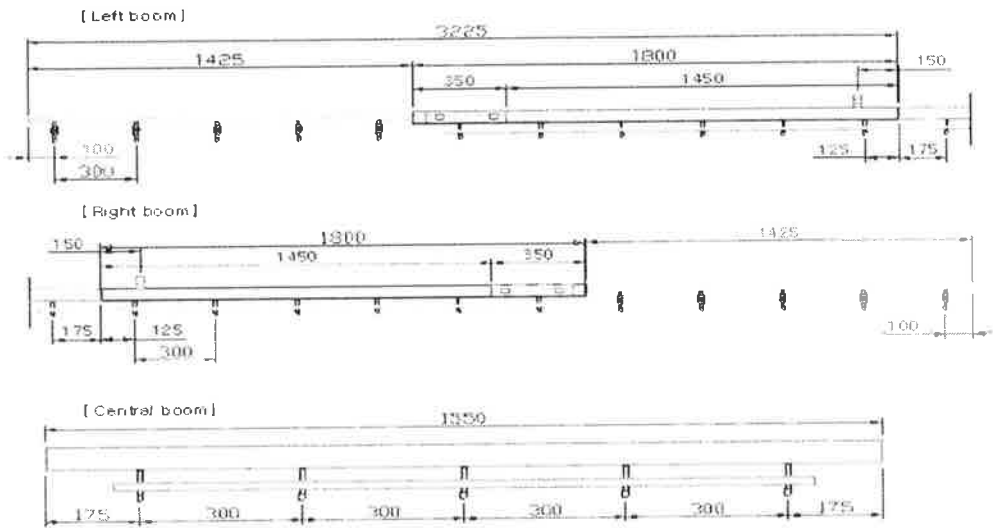


그림 4-17. Nozzle arrangement of broadcasting boom(Dimension in cm).

배추 재배시 방제방법은 전면살포와 기부 살포하는 경우가 있으므로 노즐의 간격은 조간간격의 1/2인 30cm로 정하였으며 필요에 따라 사용하지 않는 노즐부착구멍은 구멍이 막힌 노즐 캡으로 막았다. 전면살포시에는 60cm간격으로 배추의 중앙부에 노즐 중심이 일치하도록 배치하였다.

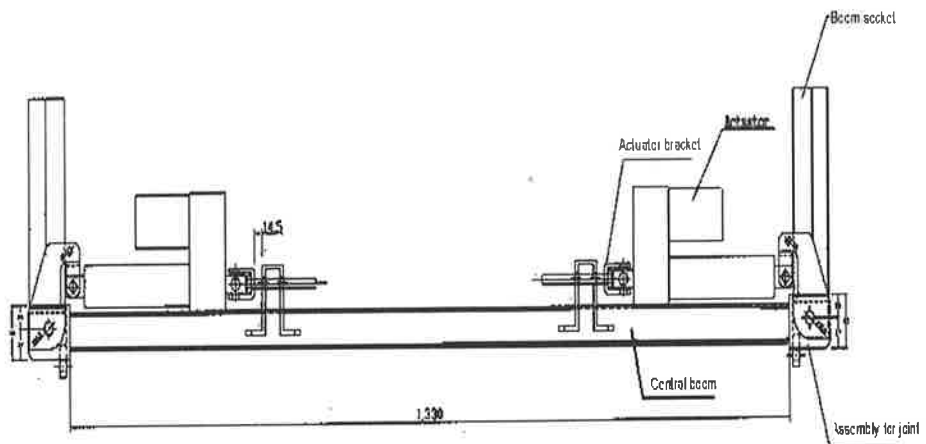


그림 4-18. View of central boom.

마. 좌·우 붐의 경사각 조절 링크 시스템

붐방제기의 좌우붐을 접는 각도는 측면에서 볼 때, 45°로 경사지게 접을 수 있도록 중앙붐의 내부관절에 부착된 붐소켓을 설계하였다. 붐의 경사각 조절장치는 그림 4-19와 같이 인장스프링과 전동 실린더, 붐소켓 및 스프링고정대로 구성되었다. 스프링 고정대는 붐이 접혔을 때에 접혀진 붐의 거치대 역할을 겸한다.

경사조절 링크의 작동원리는 그림 4-19에서 보는 바와 같이 수평으로 펼쳐진 경우에 스프링에는 강한 인장력이 작용하고 전동 실린더는 압축력을 받게 되며 전동 실린더를 수축시킴에 따라 스프링의 인장길이 줄어듦으로서 붐 거치대(스프링 고정대)와 붐이 이루는 각도가 특정 각도에 이르면 스프링의 인장력과 전동 실린더의 인장력이 붐의 자중과 가속도에 의한 동하중을 지지하게 된다.

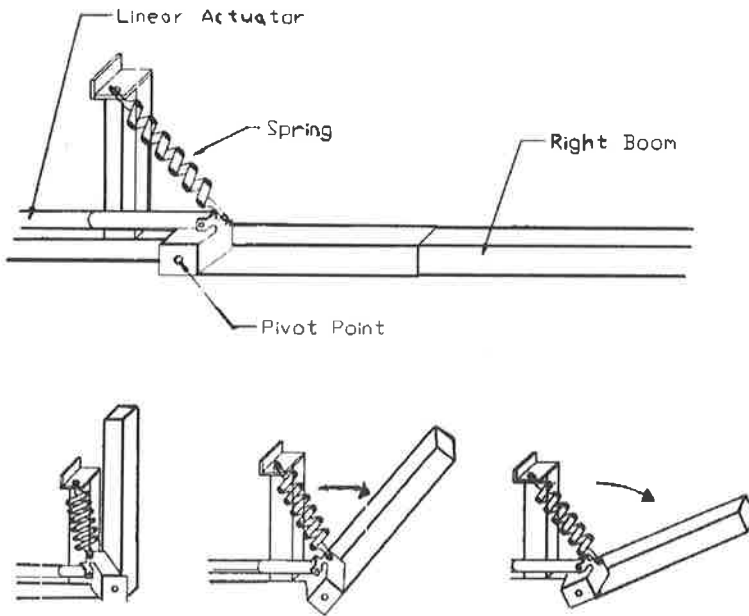


그림 4-19. Folding-up mechanism of the boom.

적정 스프링 상수와 스프링의 길이를 구하기 위하여 구입 가능한 전동실린더를 기준으로 기구학적 분석과 기계역학적 분석을 수행하였다. 붐의 경사조절용으로 선정된 실린더(동진유압, 모델 : DC 12-500-200)는 최대 신장시 양단간의 거리가 410mm, 최소 수축시 양단간의 거리가 310mm이며, DC12V의 전원에 의해 구동되고 최대 부하하중은 460Kg, 작동속도 14mm/sec였다.

기구학적 분석과 기계역학적 분석은 Working Model 2D 프로그램(MSC. Software co.)을 이용하였다. 스프링의 길이는 초기장력을 갖는 것으로 정하였으며 스프링의 초기길이를 212mm로 정하고 붐의 무게는 10kg으로 전길이 3225mm에 걸쳐 균등분포하중으로 가정하였다.

그림 4-20은 스프링 상수값(K)을 달리하면서 전동실린더를 이용하여 붐의 접을 때 Actuator와 스프링에 미치는 힘을 분석한 결과이다. 단 여기서 붐의 진동은 고려되지 않았다. 그림에서 각도는 붐거치대로부터 붐이 이루는 각도로서 90°란 완전히 수평을 이루는 경우를 뜻한다. 분석한 결과에 의하면 스프링 상수가 1.13kgf/mm인 경우가 전동실린더에 작용하는 힘이 최소가 되므로 본 연구에서는 스프링상수가 K=1.13kgf/mm인 인장스프링을 선정하였다. 실린더에 작용하는 최대 하중은 200kgf로서 실린더의 부하하중 460kgf의 43.5%로서 적정하게 선정된 것으로 판단된다.

그림 4-21은 스프링 상수를 변화시키면서 스프링에 작용하는 힘을 구한 것으로 선정된 스프링에 작용하는 최대 인장력은 110kgf였다.

붐의 높이를 최소로 한 상태에서 붐은 접었을 때 높이는 2m로 낮았으므로 수도 작용 붐방제기와 달리 대부분의 창고에 붐을 장착한 상태로 보관이 가능하였다.

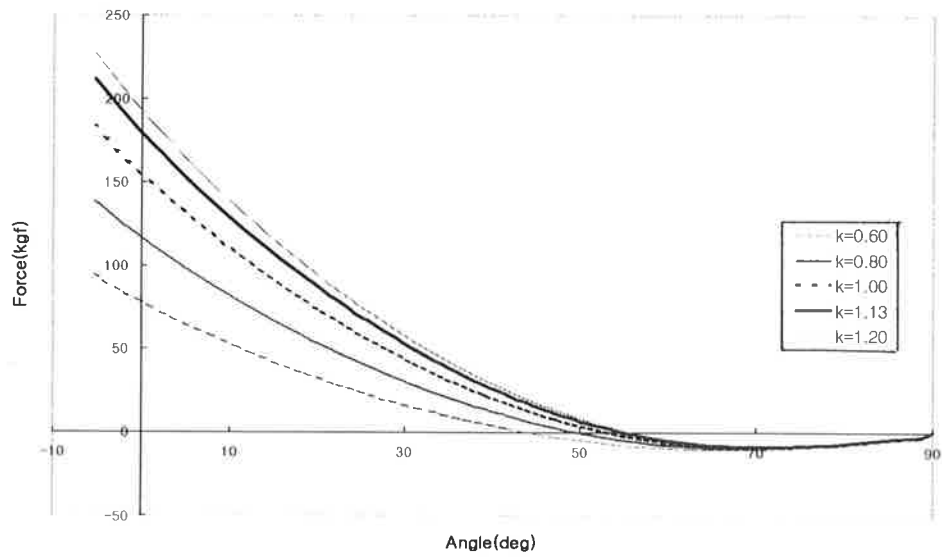


그림 4-20. The relationship between actuator force and angle.

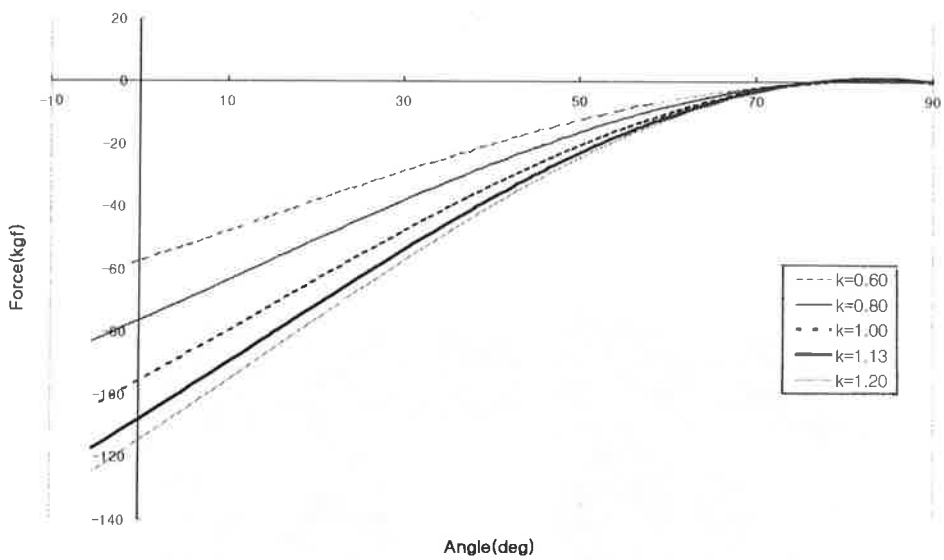


그림 4-21. The relationship between spring force and angle.

바. 신축봄의 구동 시스템

밭의 형상이 직사각형이 아니거나 포장의 폭이 분무 작업폭 8m의 배수가 아닌 경우 분무폭을 조절할 수 있도록 신축봄을 설계하였다.

1차년('98.6~'99.5)에는 신축봄의 구조가 그림 4-22에서 보는 바와 같이 측면 봄을 이루고 있는 사각관 내부 양끝에 폴리를 설치하고 타이밍 벨트를 대차에 연결하여 봄이 신축할 수 있도록 제작하였다. 중앙봄에 접한 폴리는 DC12V 모터 축으로 하여 체결하였고, 30mm/sec의 작동속도를 갖도록 감속비 1/180의 감속기어를 함께 부착하였다. 타이밍벨트는 오래 사용할 수 있으며 견고한 우레탄으로 제작하였다. 또한 타이밍 벨트의 느슨함을 방지하고자 좌·우 봄의 끝부분에 폴리부를 잡아당겨 팽팽하게 장력을 줄 수 있는 장력 조절 장치를 설치하였다.

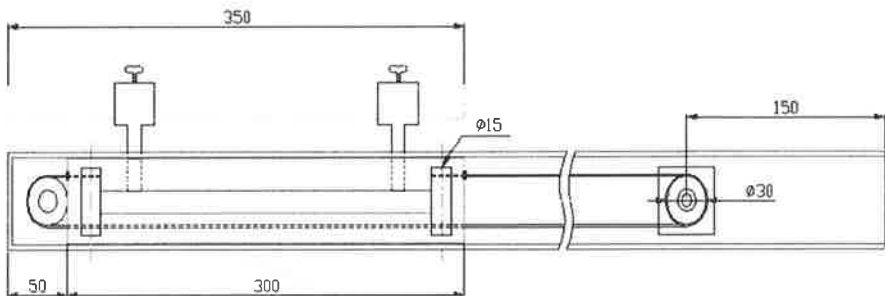


그림 4-22. Structure of extendible boom.('98. 6.~'99. 5.)

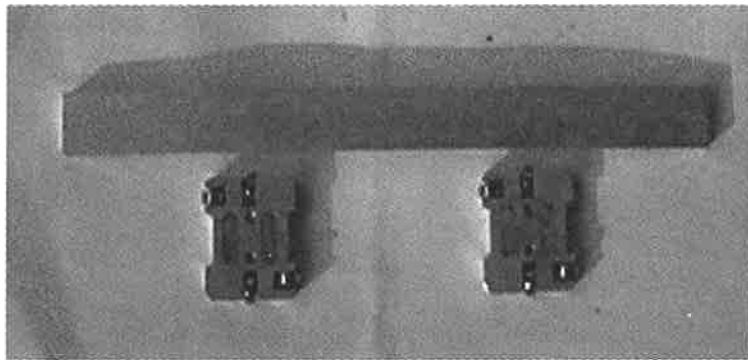


그림 4-23. Parts of carriage.('98. 6.~'99. 5.)

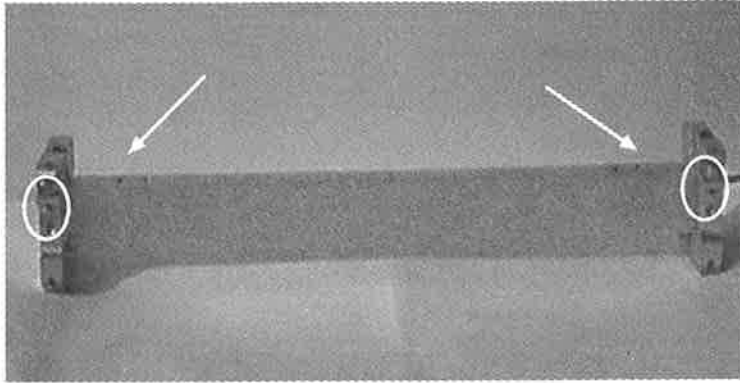


그림 4-24. View of carriage assembly.('98. 6.~'99. 5.)

대차는 경량인 알루미늄으로 제작하였으며 원으로 표시한 부분이 타이밍 벨트를 연결하는 곳이며, 화살표로 표시한 부분은 신축봄을 잡아주는 클램프 고정부이다. 대차는 사각관 안에서 부드럽게 작동하도록 총 8개의 베어링으로 안내하도록 제작하였다. 또한 타이밍 벨트를 사용함으로써 미끄럼으로 인해 동력이 전달되지 않는 것을 방지하였고 원하는 만큼의 길이를 조절할 수 있게 하였다.

2차년도('99. 6.~'00. 5.)에는 신축봄의 구조는 그림 4-25에서 보는 바와 같이 새로 보완 제작하였다. 새로 제작한 슬라이더는 측면 봄을 이루고 있는 사각관 위로 움직일 수 있도록 하여 봄이 신축할 수 있도록 제작하였다. 슬라이더는 두 개의 바퀴와 모터 부착판, 물리축 고정판, 모터 부착판 가이드, 가이드덮개, 가변봄대 클램프, 노즐밸브 잠금돌기 등으로 구성되었다. 두 바퀴중 하나는 구동륜으로 우레탄 재질로 제작하여 작동시 사각관과의 미끄럼을 방지하였고, 또한 가이드덮개에 사각관과 구동륜과의 밀착을 조절할 수 있도록 조절장치를 부착하였다. 구동륜은 DC12V 모터에 체결하였고, 50mm/sec의 작동속도를 갖도록 감속비 1/90의 감속기어를 함께 부착하였다. 또한 가변봄대의 처짐을 방지하고자 와이어로프를 연결할 수 있는 가변봄 진동보강판도 부착하였다.

사. 노즐 조합

1차년도 노즐부는 wet boom와 dry boom을 결합한 형태로 사용하였다. 중앙붐과 좌·우붐의 일부분 형태가 dry boom인 곳에 맞게 노즐부를 제작하였고, 좌·우 신축붐인 곳에는 wet boom에 적합한 노즐부를 제작하였다. 노즐부는 상·하 플랜지, 노즐몸체, 스트레이너, 체크밸브, 노즐 팁, 윈터치 캡으로 구성하였고, 신축붐이 수축시 중복살포를 방지하고자 좌·우붐의 노즐부에는 상·하 플랜지 사이에 잠금장치로 사용할 스펴을 끼워 넣었다. 캡은 결합이 쉽도록 윈터치형을 제작하였다. 저압살포방식으로 낮은 소요동력을 사용하며 각 노즐에 체크밸브를 내장하여 흘림을 방지하게 제작하였다. 각각의 붐의 형태에 맞게 3종류의 노즐부를 제작하였고, 그림 4-27은 중앙붐, 좌·우붐, 신축부에 사용하기 위하여 제작한 노즐이다.

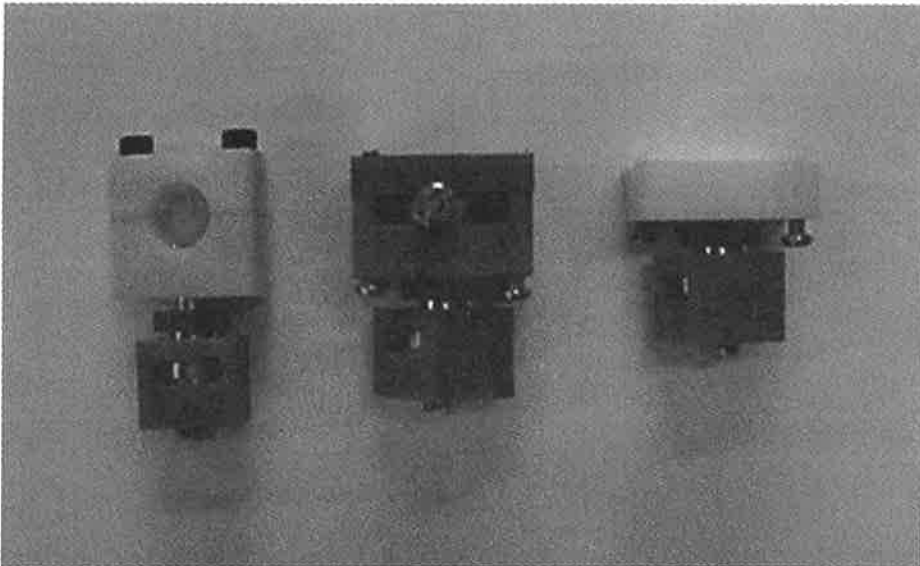


그림 4-27. Nozzle assembly for extendible boom, right/left boom and central boom (from left to right).('98. 6.~'99. 5.)

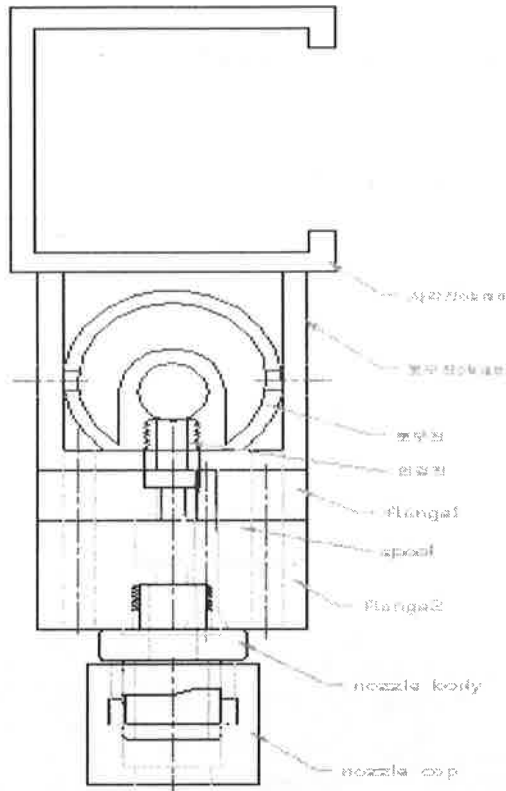


그림 4-28. Section view of nozzle assemble
attached to boom.('98. 6. ~'99. 5.)

1차년에 제작한 노즐부는 강한 힘으로 상·하 플랜지를 밀착하여야만 분무가 가능하였으며 이로 인해서 spool을 작동하는데는 큰 힘이 필요하였다. 노즐부의 느슨한 결합은 플랜지 사이로 약액이 세는 문제가 발생하여 새로운 노즐부 제작이 필요하였다.

2차년에는 이런 문제점을 보완하였으며, 1차년과 같이 노즐부는 중앙봄과 좌·우봄을 dry boom의 형태로 제작하였고, 좌·우 신축봄은 wet boom 형태의 노즐부를 제작하였다. 좌·우봄 노즐부는 밸브body, 밸브spool, spool핸들, 잠금나사, 스트

레이너, 체크밸브, 노즐 팁, 노즐 캡으로 구성하였고, 신축붐 노즐부는 상·하 플랜지, 노즐body, 스트레이너, 체크밸브, 노즐 팁, 노즐 캡으로 구성하였다. 신축붐이 수축시 슬라이더에 장착한 돌기가 좌·우붐 노즐부의 밸브spool를 잠기게 하여 중복살포를 방지가 가능하도록 하였다. 기부 살포시에 사용할 수 있도록 노즐 body 연결봉, Y형 노즐body, 스트레이너, 체크밸브, 노즐 팁, 노즐 캡으로 구성된 노즐부도 제작하였다. 캡은 연결 캡, 막힘 캡, 노즐 캡 3종류로 제작하였고 결합이 쉽도록 나사산이 적은 나사형으로 제작하였다. 각각의 붐의 형태에 맞게 3종류의 노즐부를 제작하였고, 그림 4-29는 중앙붐, 좌·우붐, 신축부에 사용하기 위하여 제작한 노즐이다.

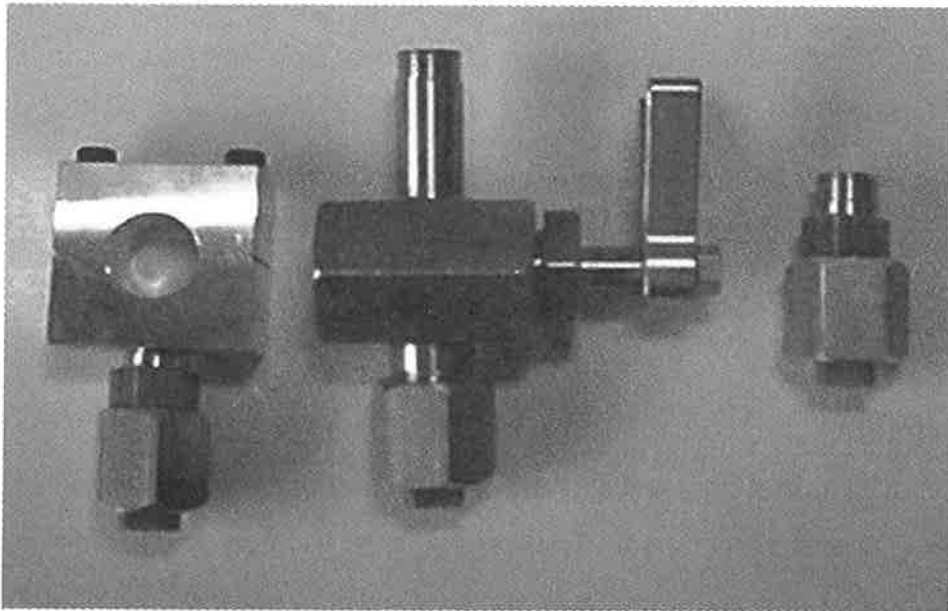


그림 4-29. Nozzle assembly for extendible boom, right/left boom and central boom (from left to right).('99. 6.~'00. 5.)

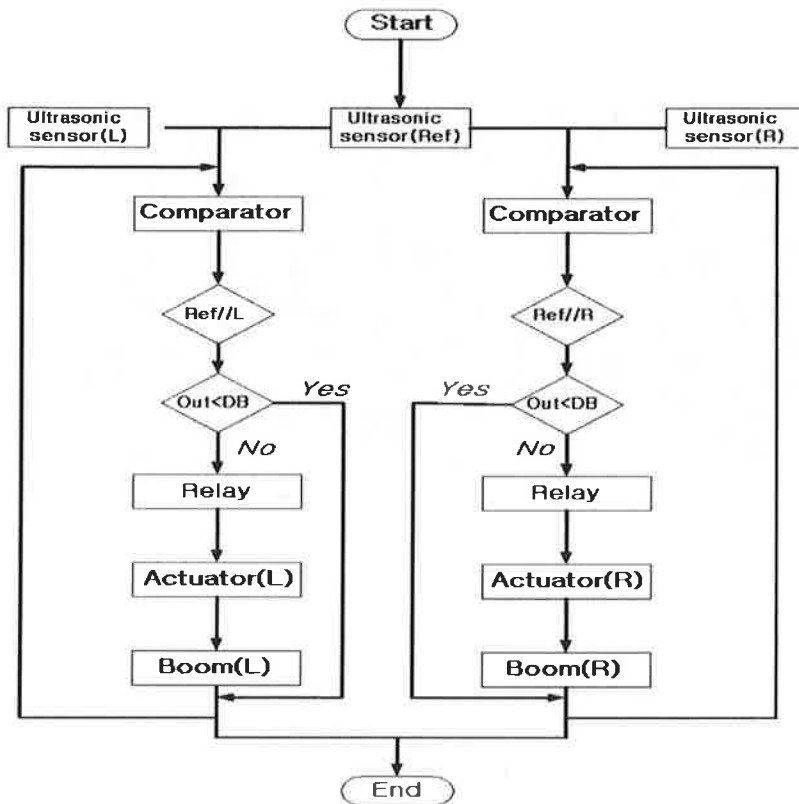


그림 4-31. Flowchart of boom position control.

그림 4-32는 그림 4-31의 제어원리에 의하여 실제로 제작된 제어부의 모습을 나타낸 것이다. 이 제어장치는 수동제어장치와 병렬로 연결되어 하나의 제어박스로 통합되었다.

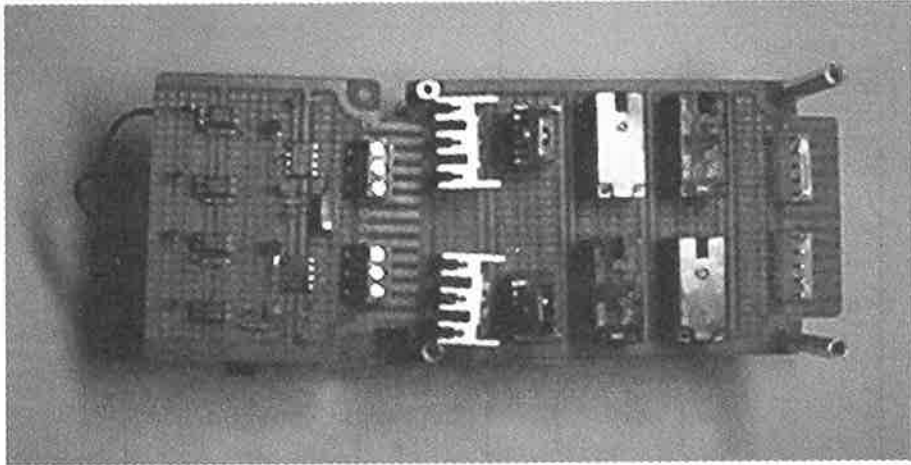


그림 4-32. The prototype of automatic boom angle controller.

그림 4-33은 자동 붐각도 제어부의 회로도를 나타낸 것이다. 주요 구성부품은 Comparator(OP-AMP), FET, Relay, photo coupler, LED 였다. 3개의 초음파 센서의 출력 전압값을 받아 이 중에서 중앙붐의 신호를 기준으로 하고 중앙붐 초음파 센서의 전압을 일정비율로 감소시키는 직렬 저항회로를 부착하여 또 다른 기준 신호를 만들었다. 2개의 기준 전압과 좌·우붐 센서의 전압을 Comparator를 통하여 비교하였다. 중앙붐 센서의 전압으로부터 또 다른 기준전압을 얻기 위한 가변저항은 붐의 각도를 제어하는데 있어 불감대(Dead Band)를 형성하는 효과를 갖고 있다. Comparator의 출력값은 Photo-Coupler를 작동시키고 이 출력값을 다시 FET에 신호를 주어서 대전류를 흐르게 하여 릴레이를 구동하였다. 릴레이는 회전방향 결정용과 전류의 ON-OFF 제어용이 있어 모두 4개가 사용되었다. 신호에 따라 Actuator의 정·역회전의 방향 전환을 통해서 붐을 올리고 내림의 제어가 가능하게 구성하였다.

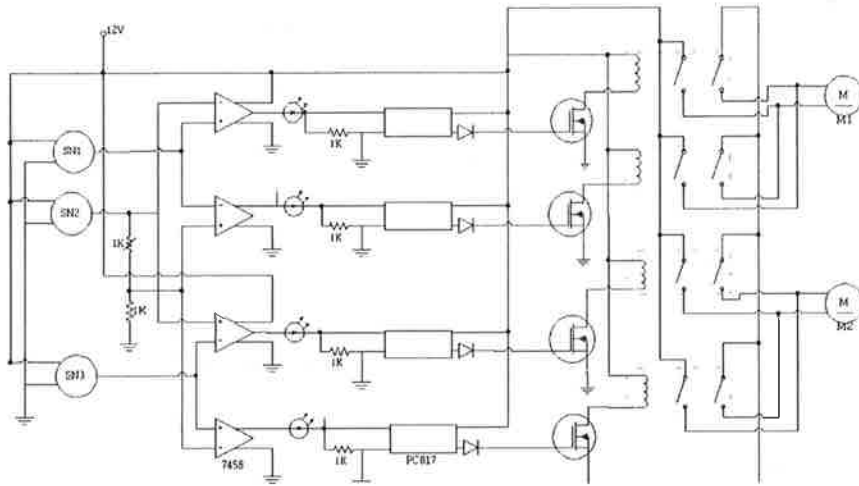


그림 4-33. The circuit diagram of actuator drive relay.

3. 초음파 센서

초음파 센서의 반사면의 종류에 따른 거리검출 특성을 알아보고자 대리석, 토양, 모래, 잔디, 아스팔트 표면 위에서 센서와 표면간의 거리별로 초음파 센서의 출력전압을 측정하였다. 그림 4-34에서 그림 4-38은 각 반사면에서 센서까지 거리와 출력전압을 나타낸 것으로 어느 경우에도 고도의 직선을 보여주고 있으며 비례상수도 거의 일정하였다.

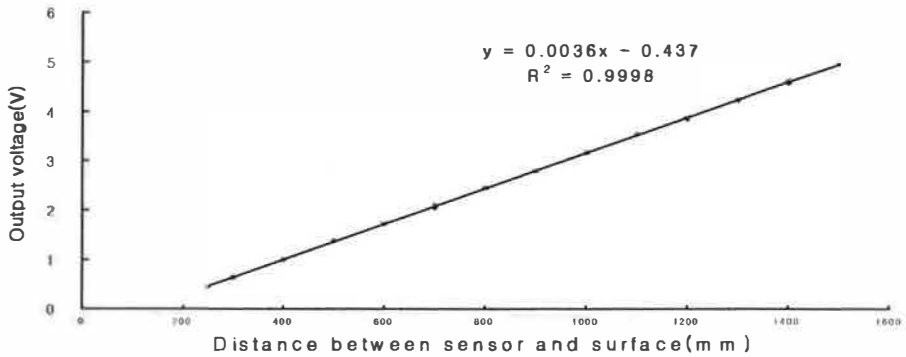


그림 4-34. The relationship between output voltage of ultrasonic sensor and distance between the sensor and marble surface.

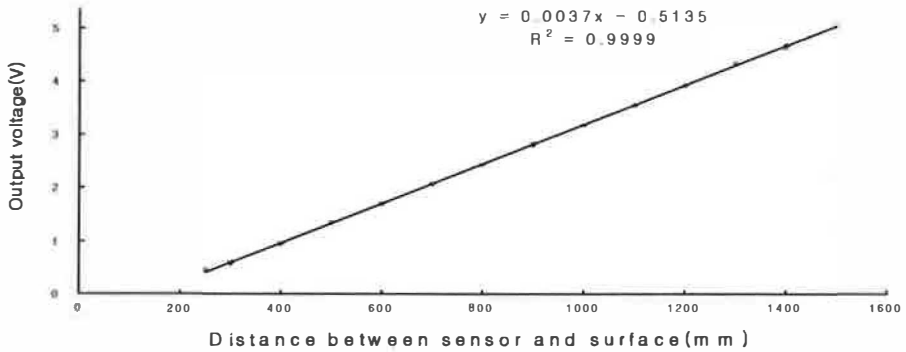


그림 4-35. The relationship between output voltage of ultrasonic sensor and distance between the sensor and soil surface.

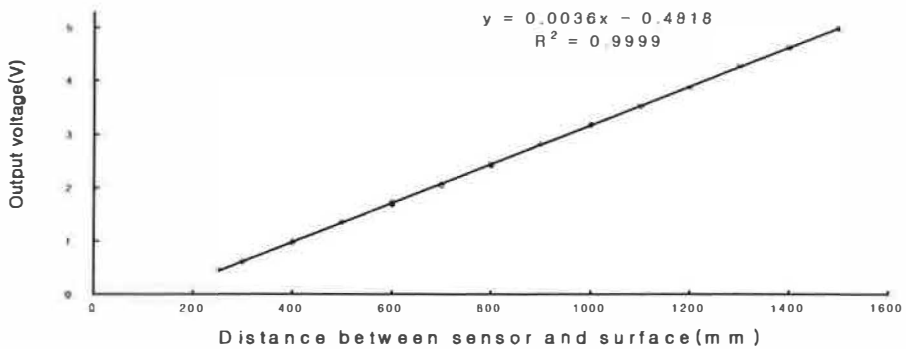


그림 4-36. The relationship between output voltage of ultrasonic sensor and distance between the sensor and sand surface.

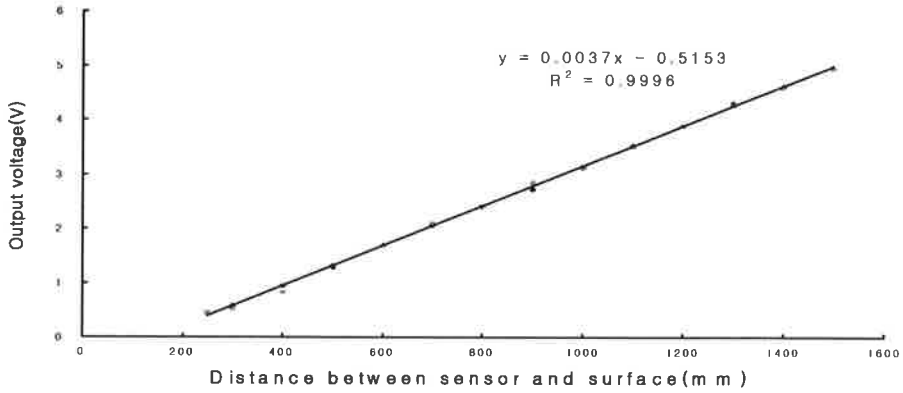


그림 4-37. The relationship between output voltage of ultrasonic sensor and distance between the sensor and lawn surface.

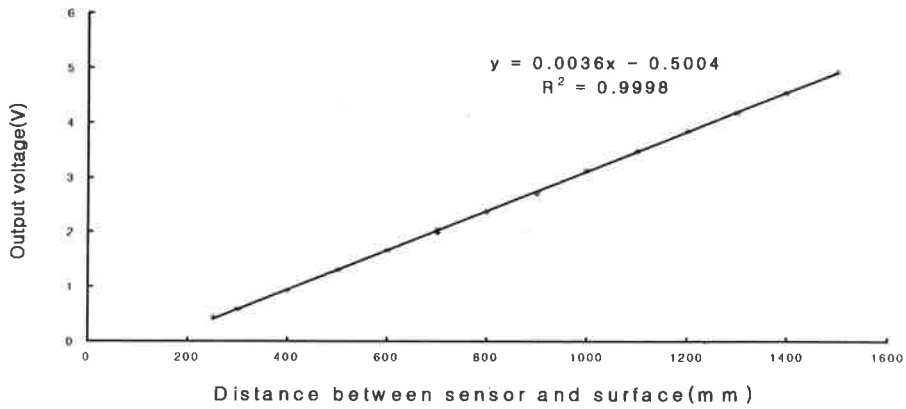


그림 4-38. The relationship between output voltage of ultrasonic sensor and distance between the sensor and asphalt surface.

그림 4-39는 여러 가지 반사면에서 거리에 따른 초음파 센서의 출력값을 비교한 것으로 반사면의 종류에 상관없이 전반적으로 오차의 크기가 적었고 비례상수도 거의 일정하였다.

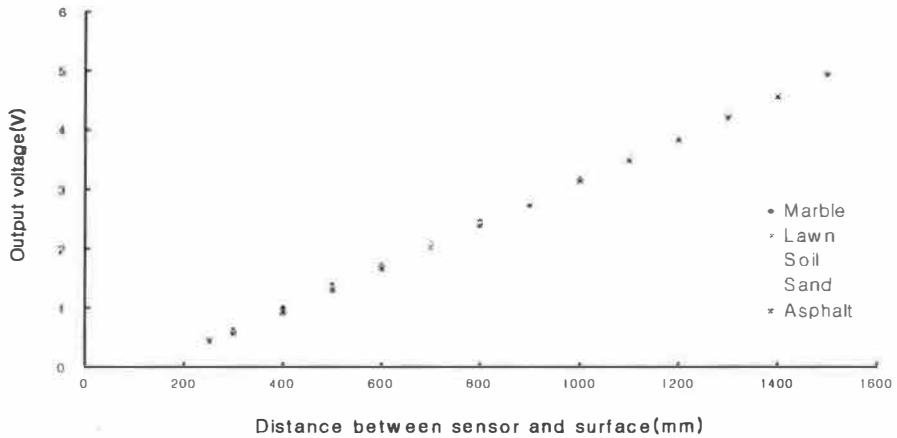


그림 4-39. The relationship between output voltage of ultrasonic sensor and various surface.

본 연구에서는 초음파의 반사 특성이 좋은 대리석을 기준 반사면으로 하여 검출 높이와 전압과의 회귀식을 구하였다.

$$Y = 0.0036X - 0.437 \quad (\text{Eq. 4})$$

Y: 센서의 출력(V)

X: 센서의 높이(mm)

대리석의 출력이 가장 정확하다고 판단할 때 대해서 최대 오차는 잔디의 경우였다. 이는 비교된 반사면 중에서 잔디밭은 초음파의 반사율이 작았기 때문에 판단된다. 잔디에서의 최대 오차 값은 0.17V로 거리로 환산하면 대리석 표면에서 측정한 경우에 비해 47mm의 오차가 발생하였다.

실제 작물에서도 센서의 출력값 특성이 검출높이에 대해서 출력전압이 직선적으로 나타나는지 상추, 고추, 콩, 배추 등에서 출력값을 측정하였다.

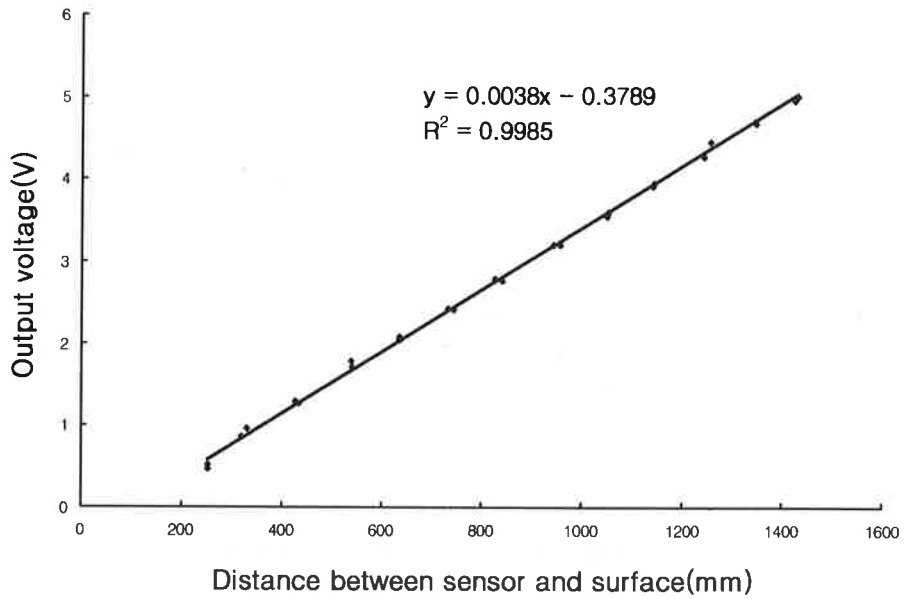


그림 4-40. The relationship between output voltage of ultrasonic sensor and distance between the sensor and lettuce leaf surface.

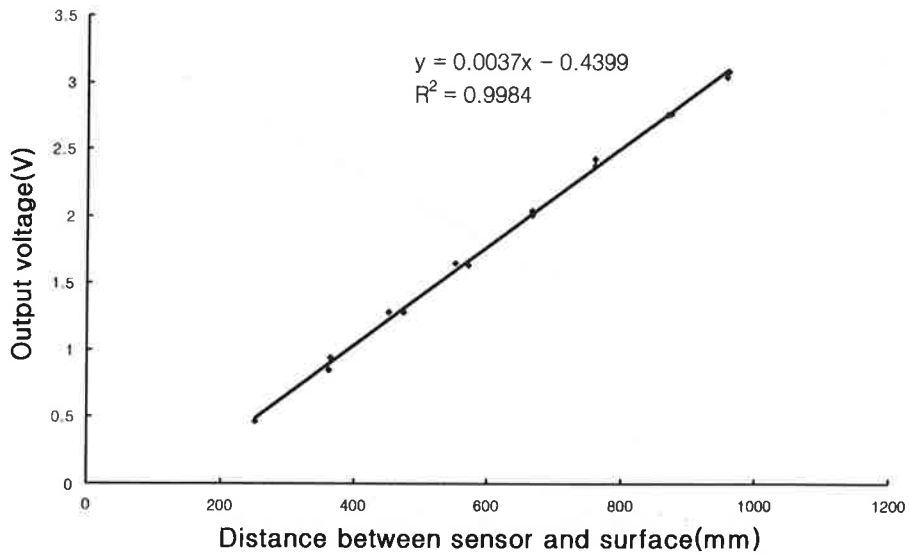


그림 4-41. The relationship between output voltage of ultrasonic sensor and distance between the sensor and red pepper leaf surface.

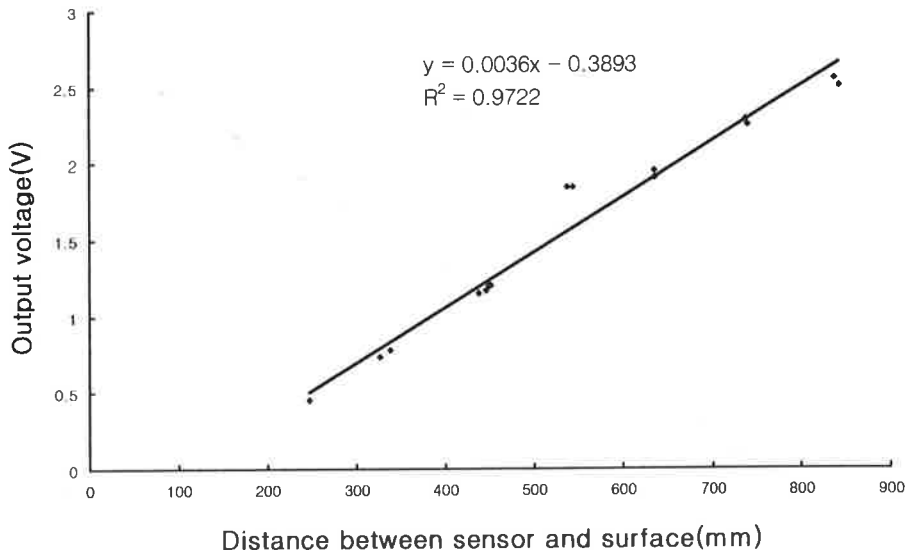


그림 4-42. The relationship between output voltage of ultrasonic sensor and distance between the sensor and bean leaf surface.

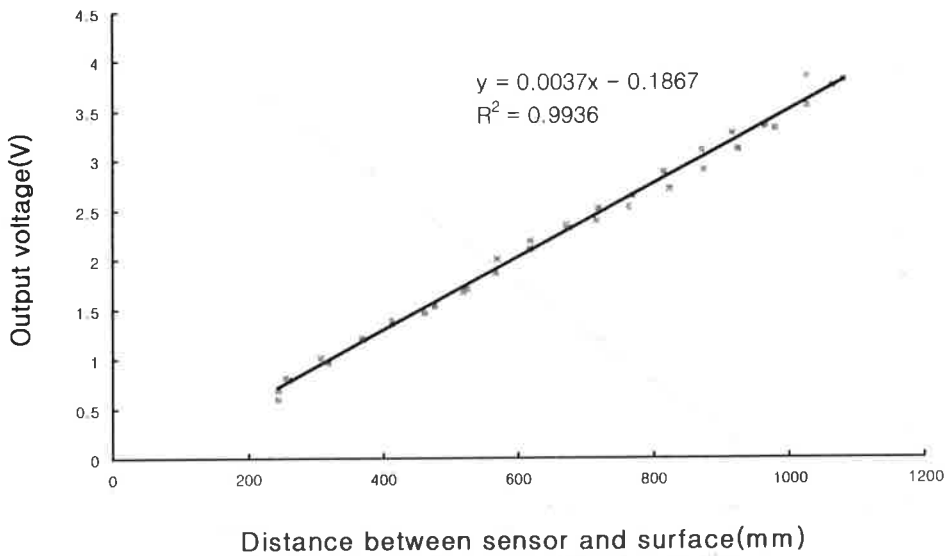


그림 4-43. The relationship between output voltage of ultrasonic sensor and distance between the sensor and chinese cabbage leaf surface.

그림 4-40에서 4-43은 작물체 표면에서 측정된 초음파 센서의 출력전압과 실제 높이와의 관계를 나타낸 것이다. 작물이 심어진 표면에서도 거리와 출력 전압과의 관계는 직선적이었으며, 대리석에서 구한 회귀식과 비교하면 직선의 기울기값과 절편값에 약간의 차이를 보였다. 그러나 앞에서 설명하였듯이 본 연구에서는 좌·우분의 센서 출력값과 중앙분의 출력값의 차이를 이용하여 제어하기 때문에 표면의 반사 특성에 따른 오차의 크기와 관계없이 초음파 센서로 분무높이를 측정할 수 있다.

초음파 센서의 응답속도는 제어시스템의 응답속도를 결정짓는 중요한 인자이다. 초음파 센서의 응답시간을 알기 위하여 그림 4-44와 같이 지지대 위에 평판을 경사지게 유지하고 있다가 지지대를 제거하여 순간적으로 수평이 되도록 하였다. 초음파 센서로부터의 출력신호는 A/D Board에서 2000Hz로 샘플링 하였으며 측정결과를 그림 4-45에 나타냈다.

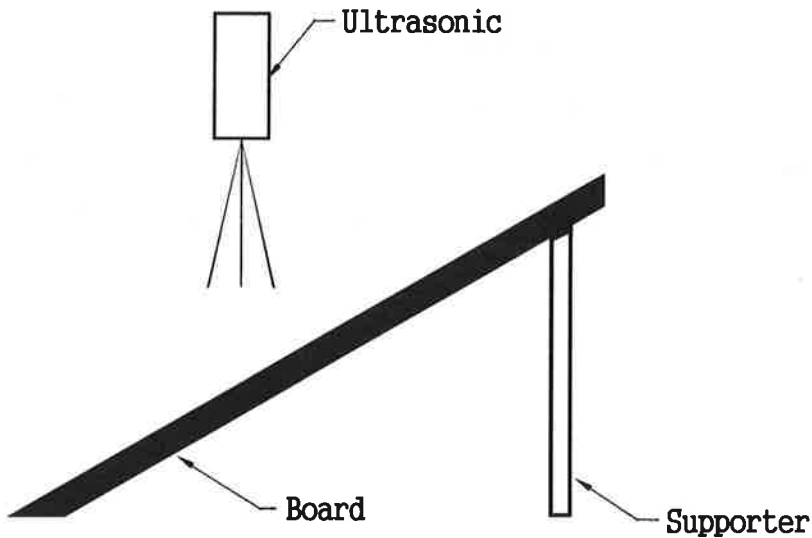


그림 4-44. Experimental set-up for measuring response time of ultrasonic sensor.

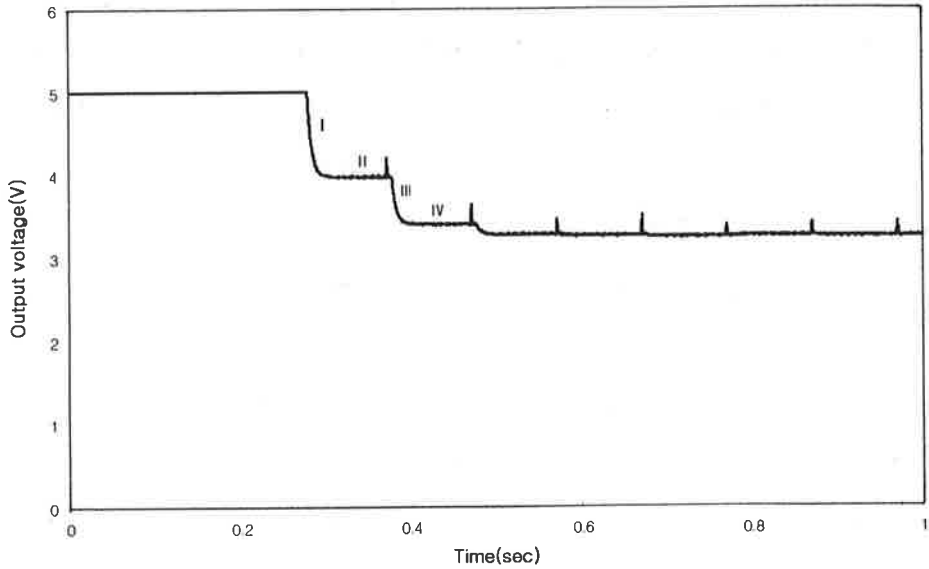


그림 4-45. Sampling time(2000Hz).

그림을 보면 출력전압이 변화되는 구간과 일정한 구간이 반복되고 있음을 알 수 있다. 이런 구간을 각각 I, II, III, IV로 표시하고 각 구간에서 소요 시간을 계산한 결과 각각 0.026, 0.073, 0.0235, 0.077sec 였다. 즉 움직이고 있는 평판에 대해서 센서가 감지하는 거리에서 다시 감지하는데 까지 걸리는 시간은 0.025초가 걸렸고, 0.075초 동안은 일정한 출력값을 유지하였다. 따라서 움직이는 평판을 감지하는데 걸리는 총 걸린 시간은 0.1초였다.

초음파 센서는 경사도가 20° 범위까지는 거리 검출이 가능하였으나 20° 이상의 경사도에서는 거리를 감지하지 못하였다

4. 성능실험

가. 원동기 정지 중 붐의 각도제어실험

승용 관리기를 정지한 상태에서 모의지면을 일정한 속도로 초음파 센서 A의 밑

으로 움직이면서 붐이 모의지면에 따라 각도를 제어하는 실험을 실시하였다. 탑재한 붐을 편 상태에서 좌·우붐에 장착한 초음파 센서 밑으로 모의지면을 통과시켜 높이 변화를 감지할 수 있도록 하였다.

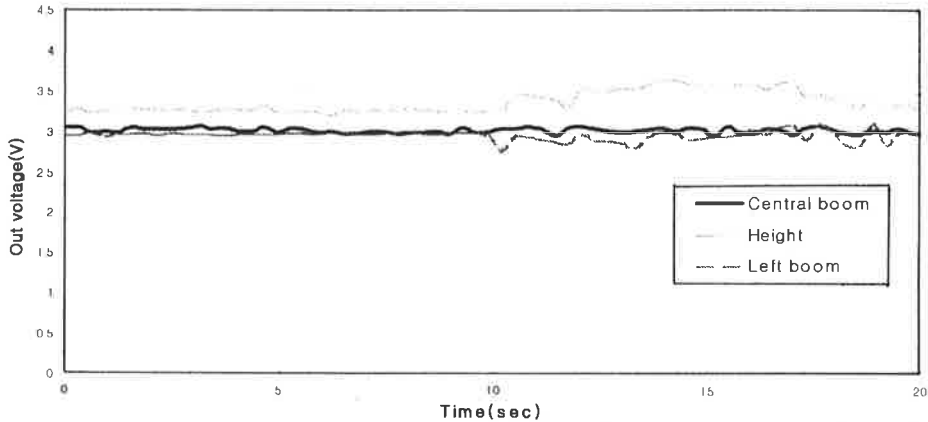


그림 4-46. Performance of the prototype boom angle control system when the artificial slope was manually moved at the preset deadband of 5cm.

그림 4-46과 4-47은 불감대의 폭을 5cm로 정하였을 때의 운전석에서 볼 때 좌측 붐과 우측 붐에 설치된 초음파 센서의 출력을 표시한 것이다. 이 출력은 앞의 식 4를 이용하면 높이로 환산된다. 그림에서 Height로 표시된 것은 그림 4-3에서 표시된 초음파 센서 B의 출력전압이다.

이상적인 경우 중앙붐과 좌·우측 붐의 출력전압은 같아야하나 그림에서 보듯이 중앙붐의 센서는 대략 일정한 전압을 유지함에 비하여 좌·우측 붐에서의 신호는 전압값이 변동되는 현상을 보이고 있다. 이는 제어시스템의 반응시간과 센서의 반응시간, 붐의 진동 등이 복합적으로 작용한 결과이다.

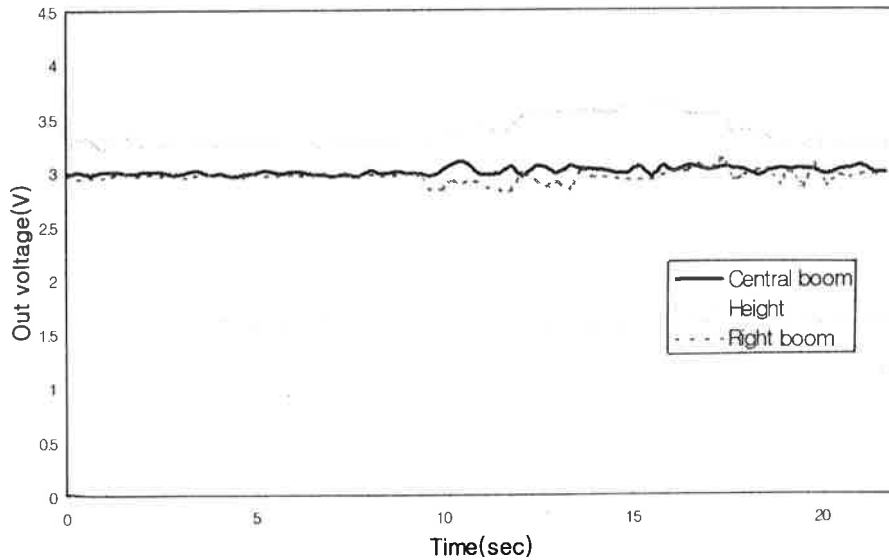


그림 4-47. Performance of the prototype boom angle control system when the artificial slope was manually moved at the preset dead band of 5cm.

두 그림에서 실제로 모의지면을 통과하는 10초에서 20초간에서 좌측과 우측에 설치된 초음파 센서 출력전압의 평균값을 구하면 각각 2.94, 2.95V로 나타났다. 이들 값을 정지 중 중앙붐 초음파 센서의 평균값 즉 0-10초 사이의 중앙붐 초음파 센서의 평균값 3.01V에 비하면 각각 0.07, 0.06V가 작게 나타난다. 이 차이를 높이로 환산하면 1.41, 1.38cm에 해당된다. 이런 차이가 발생하는 이유는 제어 시스템에 설정된 불감대 때문으로 판단된다. 그러나 좌측이나 우측에서 차이가 미미하므로 이후에는 우측 붐을 기준으로 제어시스템의 성능을 평가하였다.

한편 모의지면이 통과되는 동안에 중앙붐에 있는 초음파 센서의 출력신호가 변동하는 현상이 나타났는데 그 이유는 붐의 높이조절 링크와 붐을 설치하는 거치대의 고정부가 주로 핀 조인트의 유격으로 인하여 붐이 제어됨에 따라 관성력과 스프링 또는 전동실린더의 작용력 변화가 진동을 유발하기 때문이다.

모의지면을 통과한 좌·우붐의 출력값을 중앙붐의 출력값과 비교하였으며(기준

값-비교값=오차) 기준 출력값보다 낮게 나오는 부분에서의 최대 오차는 8.21cm였으며 기준값보다 높게 나오는 부분에서의 최대오차는 2.17cm가 나타났다. 한편 오차의 제곱근(RMS)을 구하면 그림 4-46과 그림 4-47에서 각각 0.083V와 0.092V를 나타낸다. 이 전압차를 높이로 환산하면 각각 2.5, 2.8cm로서 설정된 불감대의 폭 5cm에 비하여 작으므로 설정한 불감대는 정확하게 제어되고 있음을 알 수 있다.

불감대의 적정 크기를 찾기 위하여 제어시스템의 하한 기준높이를 결정하는 가변저항의 크기를 변화시키면서 실험한 결과를 요약하면 그림 4-35와 같다.

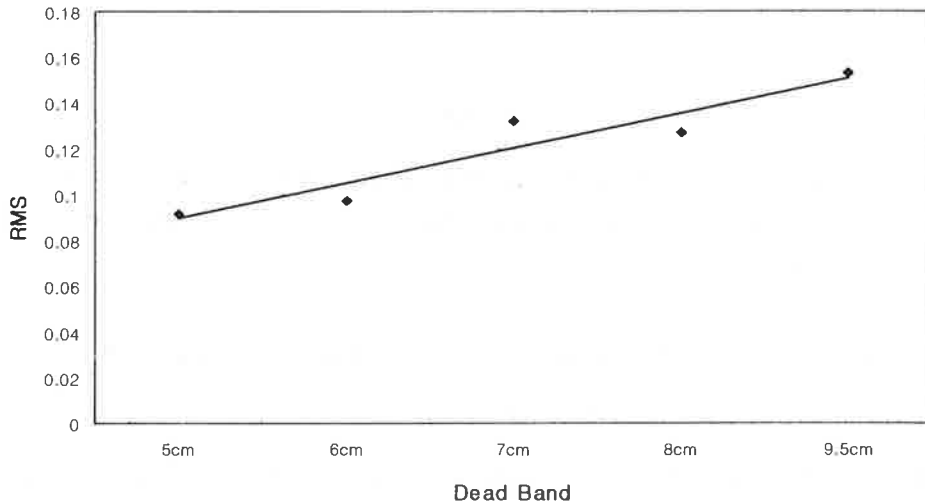


그림 4-48. The relationship between Dead Band and RMS.

그림 4-48에 의하면 불감대의 크기를 키움에 따라서 제어되는 불높이의 RMS값이 증가한다. 이 현상은 불감대의 크기조정에 따라 제어되는 정도가 달라진다는 당연한 결론이다. 그러나 불감대의 폭을 작게 하면 불의 각도제어장치의 작동빈도가 높아지는 문제가 발견되었다.

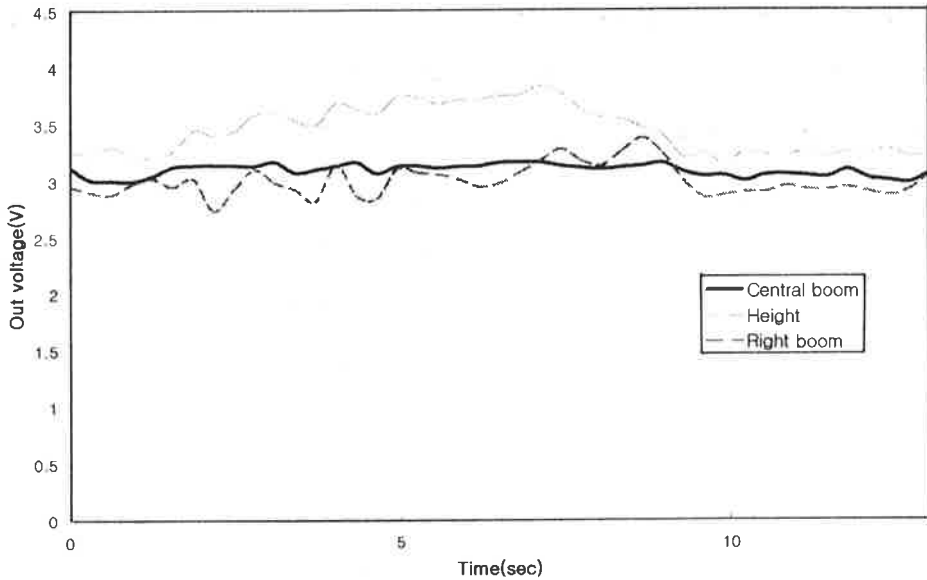


그림 4-49. Performance of the prototype boom angle control system when the artificial slope was manually moved at the preset deadband of 9.5cm.

그림 4-49는 불감대의 폭을 9.5cm로 하였을 때, 제어성능을 나타낸 것이다. 이 경우 최대오차는 -7.30~+12.01cm였다. 이 그림과 앞에서 불감대가 5cm인 경우의 그림을 비교해 보면 불감도의 폭이 커질수록 제어오차가 커지는 것 외에 붐의 제어 빈도가 작아진다는 것을 알 수 있다.

적정한 불감대의 설정기준을 제어장치의 작동빈도와 붐의 제어오차 두가지로 판단할 경우 불감대의 폭을 6cm 즉 가변저항의 크기를 75Ω 으로 한 경우가 가장 이상적이었다. 따라서 이후에 실시한 원동기 주행중 제어성능 실험에서는 불감대의 폭을 6cm로 고정하였다.

나. 원동기 주행 중 붐의 각도제어실험

아스팔트 노면 위에 고정된 모의지면과 우측 붐에 설치된 초음파 센서의 위치를 일치시킨 후 승용 관리기를 정속으로 운전하면서 붐의 각도제어실험을 수행하였다.

작업속도는 0.2m/s부터 0.9m/s까지 5수준이었으며 관리기의 가속시간을 고려하여 주행거리를 15m로 정하였다. 붐의 제어성능은 앞에서와 마찬가지로 설치된 3개의 초음파 센서의 출력전압을 sampling rate 1000Hz로 A/D Board를 사용하여 측정하였다.

그림 4-50은 불감대의 폭을 6cm로 정하고, 0.2m/s로 주행하는 경우에 제어성능을 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 중앙붐과 우측붐의 신호값의 평균치는 각각 3.11, 3.01V로서 전압차이를 높이로 환산하면 2.8cm로서 설정한 불감대의 폭 이내에 제어됨을 보이고 있다.

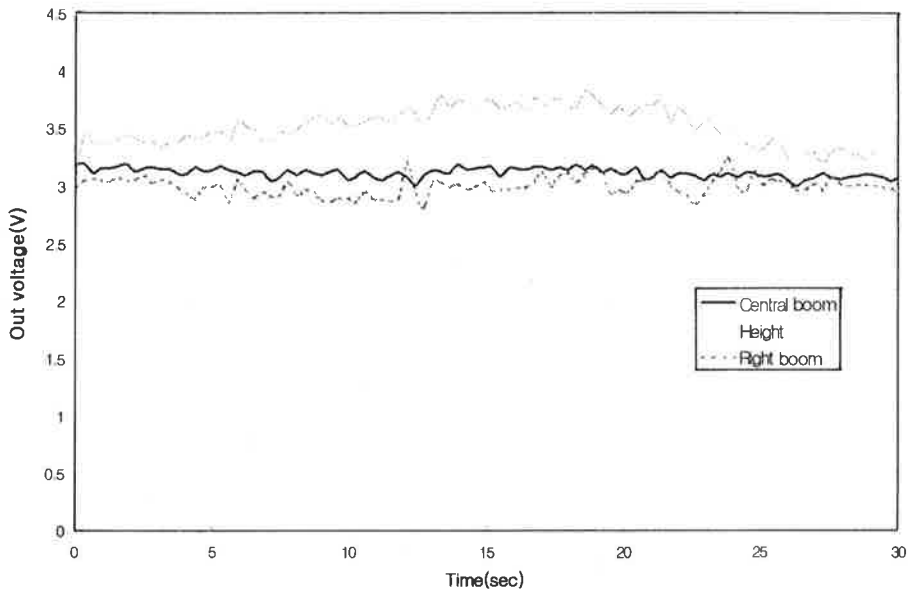


그림 4-50. Performance of the prototype boom angle control system when traveling at velocity of 0.2m/s over artificial slope.

그림 4-51은 주행속도를 바꾸어가며 실험한 결과를 전압신호의 RMS값으로 표시한 것이다. 그림에서 보듯이 속도가 빨라지면 제어성능의 정확도가 감소하고 있다. 특히 속도가 0.65m/s 이상에서는 오차가 커짐을 볼 수 있다. 주행속도가

0.45m/s의 속도에서 오차의 범위는 $-4.78 \sim +7.97\text{cm}$, 0.65m/s에서는 $-7.30 \sim +12.01\text{cm}$ 였다. 따라서 실제 작업속도가 될 것으로 예상되는 0.3~0.5m/s의 범위에서는 10cm의 오차범위를 가지고 제어가 가능함을 알 수 있다.

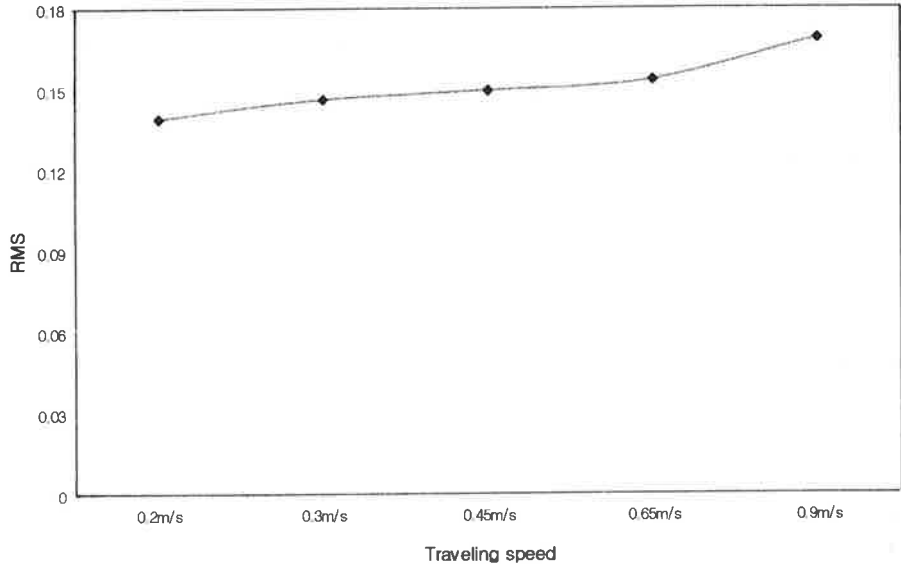


그림 4-51. Performances of boom angle control at various traveling velocities.

그림 4-52는 주행속도가 0.9m/s인 경우의 제어성능을 나타낸 것이다. 그림 4-50과 비교해보면 우측 붐에 설치된 센서의 전압의 변화폭이 크고 변화의 주기가 커짐을 볼 수 있다. 이 현상은 주행속도가 빨라지면서 고정된 모의지면을 통과하는 시간이 짧아진 대신에 붐의 진동은 더 커졌기 때문으로 판단된다. 비록 제어시스템이 작동되더라도 붐이 강체가 아닌 탄성체이기 때문에 붐의 각도제어시스템이 각도를 줄이는 방향으로 작동하더라도 실제 붐의 진동은 순간적으로 역행할 수 있다.

본 연구에서는 붐의 진동특성을 고려하지 못했지만 붐의 고유진동수와 지면의 표고차의 진동수 등이 공진되지 않도록 배려할 필요가 있으며, 붐을 작동시키는 핀 조인트의 유격을 줄여야 할 필요가 있음을 알 수 있다.

또한 주행 속도가 커질 때 오차가 커지는 현상은 현재 설치된 초음파 센서의 거

리 감지 방향이 수직면 아래이고 센서의 반응속도가 일정하므로 실험한 노면처럼 경사가 일정한 경우 속도가 빠를수록 처음 반응하는 순간에 높이차이가 클 수 밖에 없다. 이에 대한 해결책은 지면의 높이변화를 붐이 지나기 이전에 감지하게 하는 것이다. 그러나 공시초음파 센서는 반사면이 20° 이상 경사진 경우 출력 전압이 최대값으로 바뀌기 때문에 하향경사면에서는 정확도가 떨어지는 문제점이 있어 이 방법을 채택할 수는 없었다.

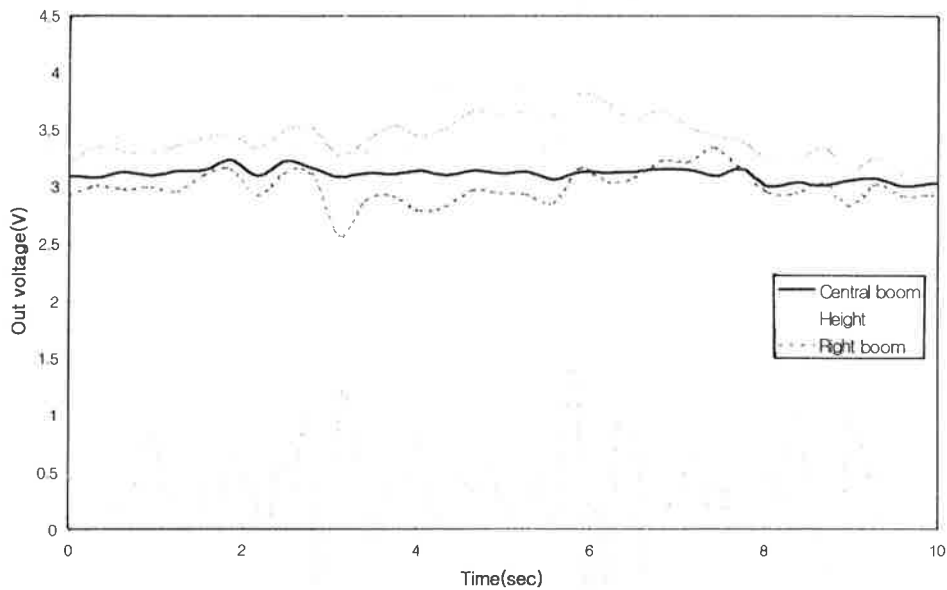


그림 4-52. Performance of the prototype boom angle control system when traveling at velocity of 0.9m/s over artificial slope.

5. 진동 분석

가. 조간거리 일정한 두둑 통과 시 진동 분석

그림 4-53과 4-54는 조간거리를 80cm, 100cm의 간격으로 두둑을 배치하여 방제기를 수직하게 통과하였을 때 붐대 끝부분의 움직임을 측정한 결과값이다. 방제기가 두둑을 처음 접하는 시점을 '0'이라 놓았으며 그래프에서는 X축을 시간, Y축은 진폭을 나타냈다. 굵은 선은 수도작용 방제기를 나타냈으며, 가는 선은 전작용

봄방제기의 진동을 측정 한 값을 표현하였다.

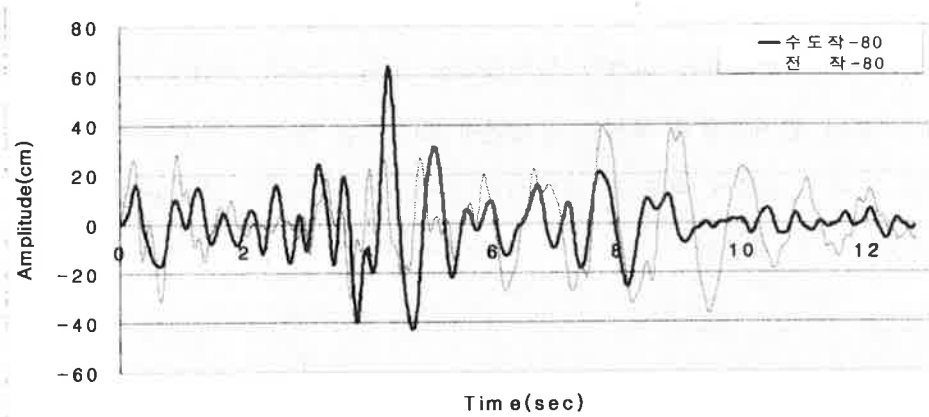


그림 4-53. Relation between amplitude and time of Experiment 1th with 80Cm.

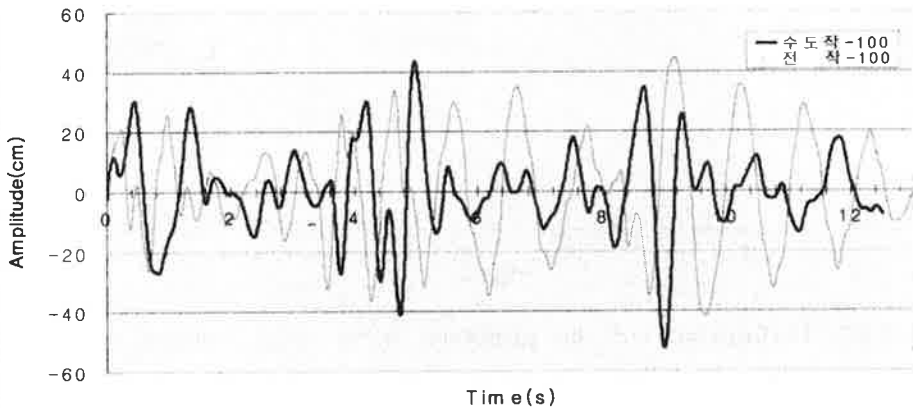


그림 4-54. Relation between amplitude and time of Experiment 1th with 100Cm.

봄의 수평상태를 기준으로 Y축의 진폭을 위로의 변화를 '+'로, 아래의 변화를 '-'로 하여 봄의 움직임을 나타냈다. 그림 4-53에서 보는 바와 같이 조간거리가 80cm 일 때 수도작용 봄방제기의 경우 최대 진폭은 +65~-42cm 였으며, 전작용 봄방제기의 경우는 +40~-35cm였다. 그림 4-54에서는 조간거리를 100cm일 때 수도작용은 +45~-50cm 였고, 전작용은 +46~-41cm였다. 이는 수도작용의 경우는 봄대의

길이가 길고 일체형으로 제작되어 두둑 통과시 붐의 진폭이 크게 나타남을 알 수 있었다.

일반적으로 진동 신호를 분석할 때는 시간 영역의 신호를 주파수 영역으로 변환하여 각 주파수의 진동원인을 구명하는 방법이 사용되고 있다. 시간 영역의 신호 $f(t)$ 를 주파수 영역의 신호 $f(w)$ 로 변환할 때 사용되는 푸리에 변환은 다음과 같이 정의된다.

$$f(w) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)e^{-iwt} dt \quad (\text{Eq. 5})$$

푸리에 변환은 시간 영역의 신호를 서로 다른 주파수를 갖는 사인 함수의 합으로써 나타낸다. 그러나 푸리에 변환은 시간 영역에서의 정보를 갖고 있지 않고 때문에 시간에 따라 크기와 주파수가 변환하는 신호를 분석하고자 할 때는 푸리에 변환과 더불어 시간 영역의 정보를 나타내기 위한 신호 분석 기법이 요구된다.

진동 신호를 분석하고자 가속계로 측정하여 구한 시간-진폭의 값을 FFT(Fast Fourier Transform)변환하여 Frequency-Db(amplitude)로 전환하여 고유진동수를 구하였다. 시간-진폭의 값을 Frequency-Db(amplitude)로 전환을 위해 fourier공식을 사용하였고, 상용프로그램인 Matlab을 사용하였다.

그림 4-55에서 그림 4-58은 조간거리가 80cm의 두둑을 통과시 수도작용과 전작용의 붐방제기의 frequency대역별로 나타나는 Db(amplitude)의 크기를 나타낸 것으로 X축은 frequency, Y축은 Db를 나타냈다. 각 붐의 진동신호를 분석하면 1Hz대역에서 최대 피크를 나타낸 것을 볼 수 있는데, 두 방제기의 두둑 통과시 고유진동수가 약 1Hz임을 알 수 있었다. 조간거리가 100cm의 두둑을 통과경우도 두 방제기의 고유진동수도 약 1Hz로 나타났다.

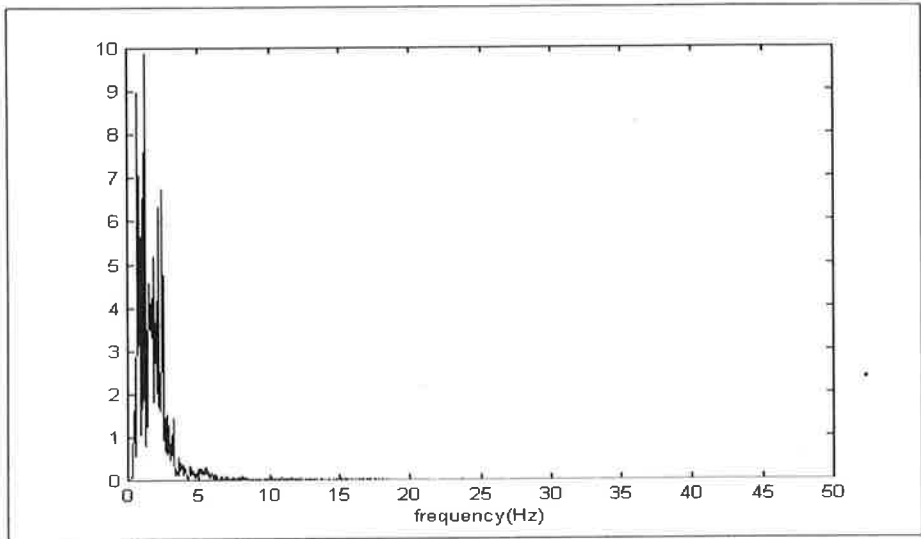


그림 4-55. Relation frequency and Db Experiment 1th with 80cm, paddy field (Db unit : cm).

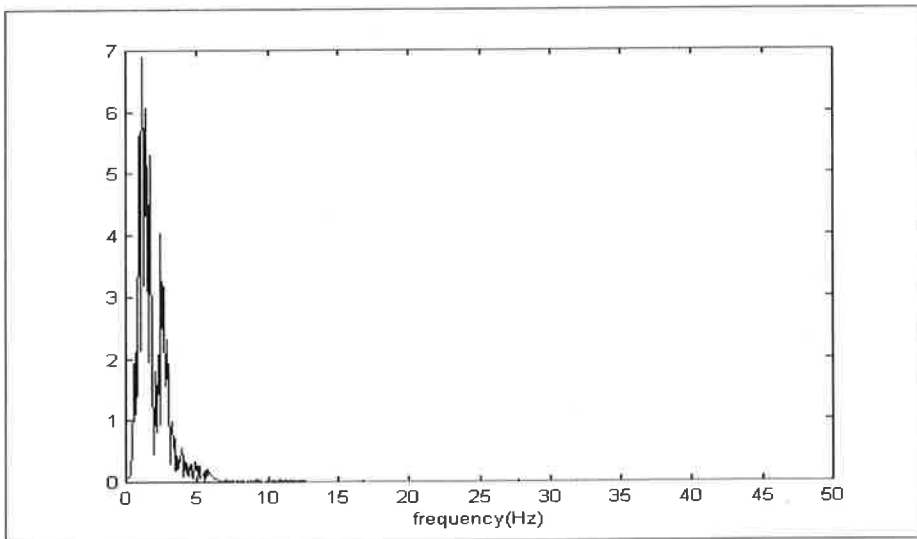


그림 4-56. Relation frequency and Db Experiment 1th with 80cm, dry field (Db unit of cm)

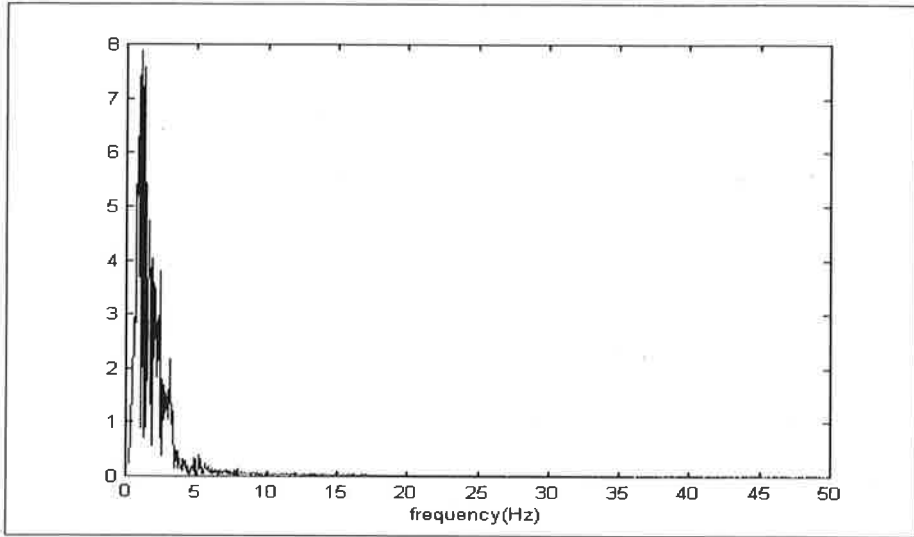


그림 4-57. Relation frequency and Db Experiment 1th with 100cm, paddy field (Db unit : cm).

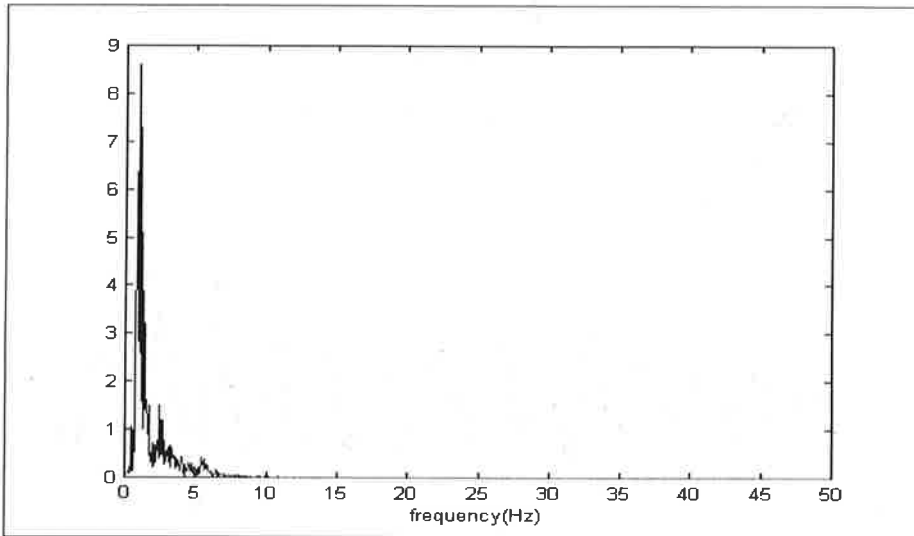


그림 4-58. Relation frequency and Db Experiment 1th with 100cm, dry field (Db unit of cm).

나. 진행방향의 45°로 두둑 통과시 진동 분석

그림 4-59와 4-60는 진행방향의 45°로 두둑을 통과시 결과이다. 그림 4-59에서 보는 바와 같이 조간거리가 80cm 경우 수도작용의 최대 진폭은 +100~-102cm였으며, 전작용은 +70~-60cm로 실험 2가 실험1보다 진폭 변화가 더 큼을 알 수 있었다. 이는 두둑 통과시 한쪽 바퀴는 두둑에 또 다른 바퀴는 바닥에 놓인 상태로 원동기 자체의 기울기가 발생함으로 진폭의 변화가 더 크게 나타난 것으로 판단된다. 그림 4-60에서 보는 바와 같이 조간거리가 100cm 일 때 수도작용의 최대 진폭은 +95~-82cm였으며, 전작용은 +50~-60cm였다. 이번 실험에서도 전작용의 붐방제가 수도작용의 붐방제기보다 붐의 진폭변화가 크기가 작음을 알 수 있었다.

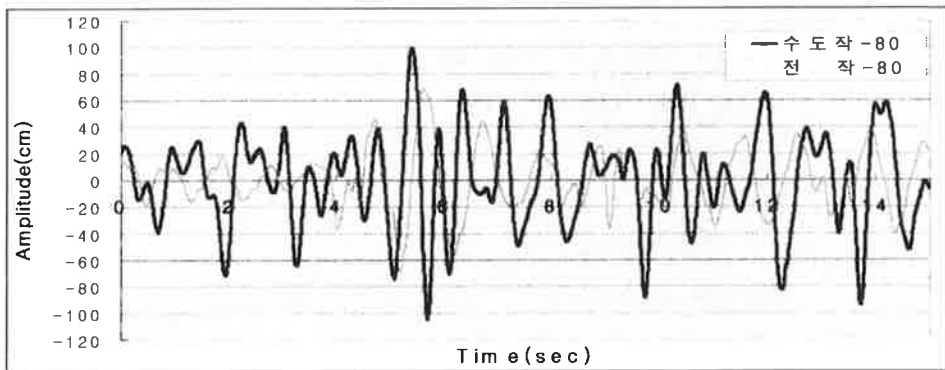


그림 4-59. Relation between amplitude and time of Experiment 2th with 80Cm.

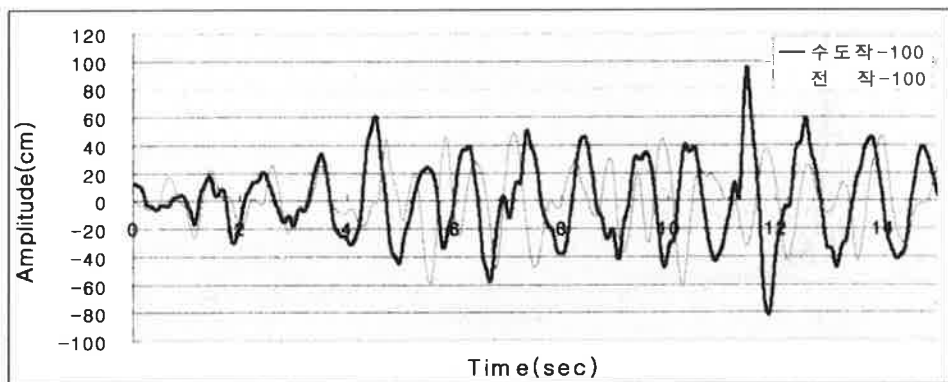


그림 4-60. Relation between amplitude and time of Experiment 2th with 100Cm.

그림 4-61과 4-62는 조건거리가 80cm의 두둑을 통과시 수도작용과 전작용의
 볏방제기의 볏의 진동신호를 분석하면 실험 1과 같이 1Hz대역에서 최대 피크를 나
 타낸 것을 볼 수 있는데 실험 2에서도 고유진동수가 약 1Hz으로 판단된다. 조건거
 리가 100cm의 실험 결과도 두 방제기의 고유진동수가 약 1Hz였다.

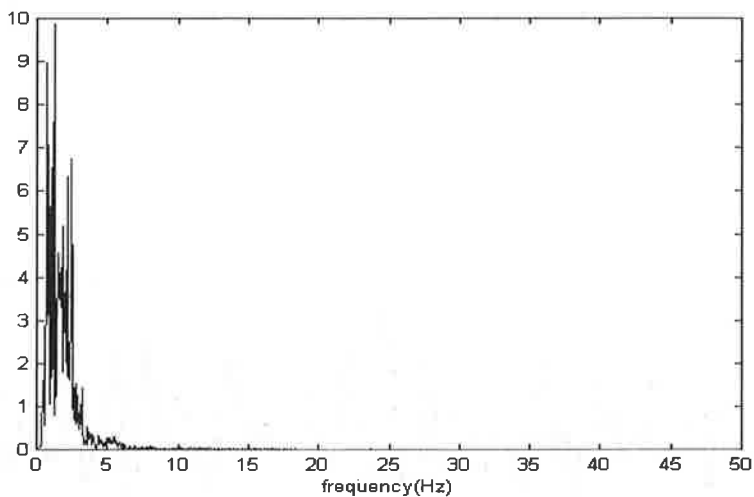


그림 4-61. Relation frequency and Db Experiment 2th with 80cm,
 paddy field (Db unit of cm).

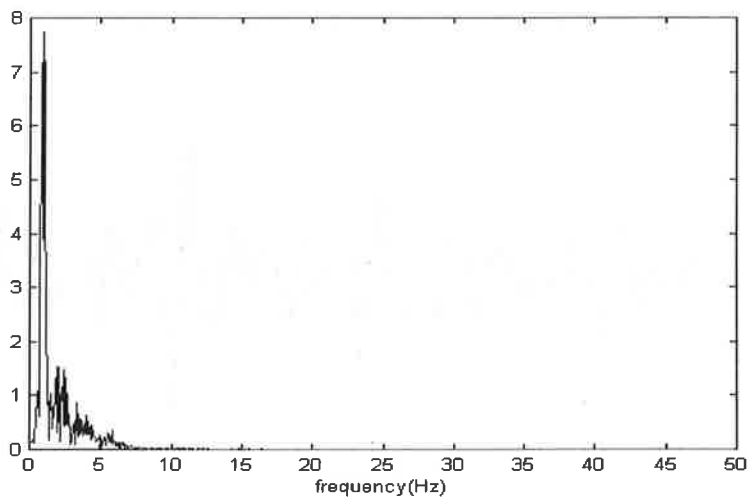


그림 4-62. Relation frequency and Db Experiment 2th with 80cm, dry
 field (Db unit of cm).

다. 오른쪽에만 두둑을 배치 통과시 진동 분석

한쪽에만 두둑을 연속하여 4개 설치하고 한쪽 바퀴만 통과할 때 생기는 진동을 측정하였다. 그림 4-63에서 보는 바와 같이 조간거리가 80cm 경우 수도작용의 최대 진폭은 +80~-70cm였으며, 전작용은 +70~-45cm로 수도작용보다 진폭변화가 작음을 알 수 있었다. 그림 4-64에서는 조간거리가 100cm 경우 수도작용의 최대 진폭은 +100~-100cm였으며, 전작용은 +55~-55cm로 수도작용보다 진폭변화가 작음을 알 수 있었다. 실험 3에서도 조간거리가 80cm, 100cm도 모두 고유진동수가 약 1Hz였다.

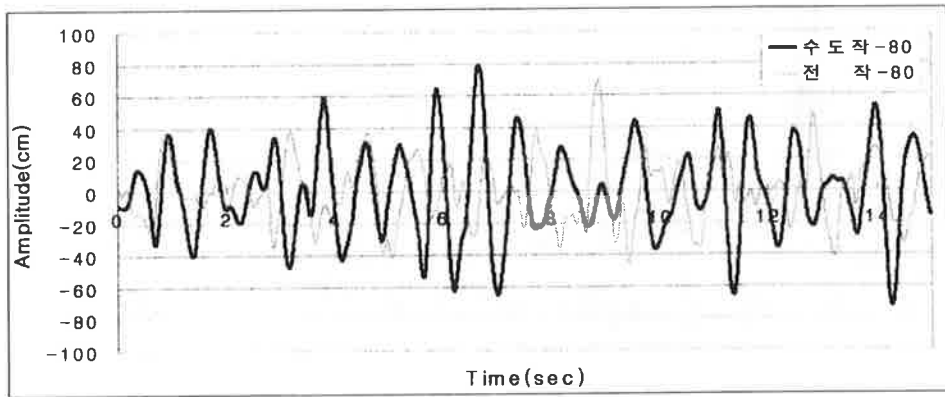


그림 4-63. Relation between amplitude and time of Experiment 3th with 80Cm.

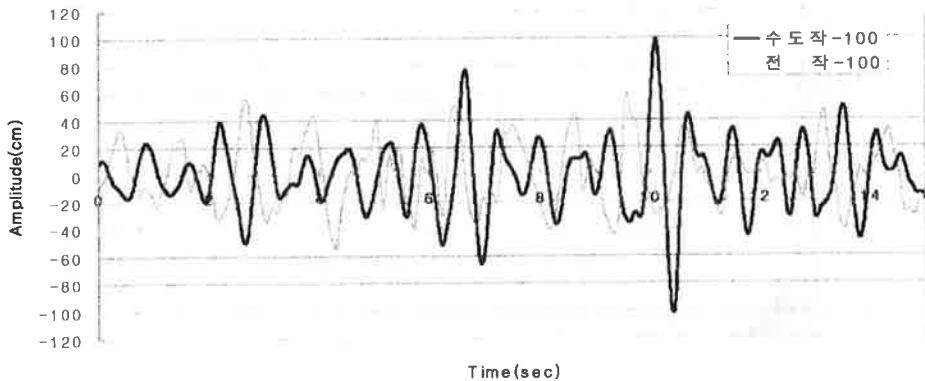


그림 4-64. Relation between amplitude and time of Experiment 3th with 100Cm.

라. 왼쪽에만 두둑을 배치 통과시 진동 분석

원동기 진행방향의 왼쪽에만 두둑을 연속하여 4개 설치하고 한쪽 바퀴만 통과할 때 생기는 진동을 측정하였다. 조간거리가 80cm 경우 수도작용의 최대 진폭은 +90~-70cm였으며, 전작용은 +55~-50cm로 실험 3과 같은 비슷한 유형의 진폭 변화를 보였다.

그림 4-65와 4-66은 조간거리가 80cm, 100cm 통과시 전작용 뽀방제기의 고유진동수로 약 1Hz였다. 수도작용 뽀방제기도 전작용의 같이 고유진동수가 약 1Hz가 나타냈다.

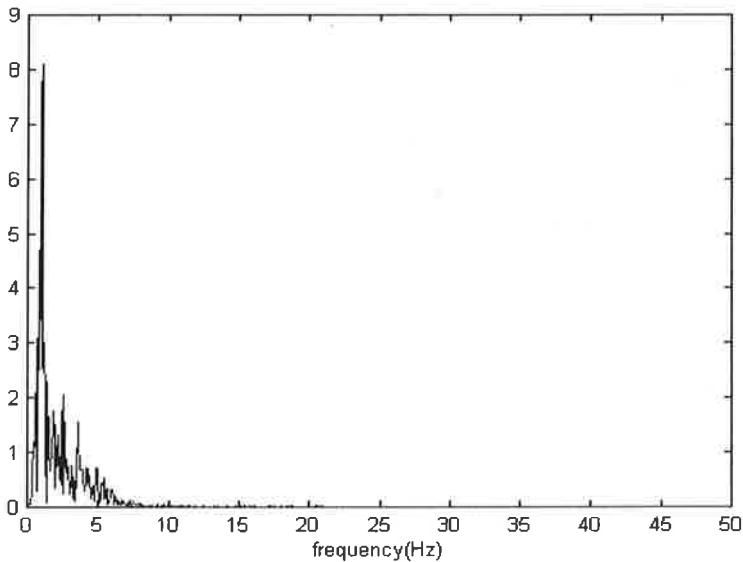


그림 4-65. Relation frequency and Db Experiment 4th with 80cm, dry field (Db unit of cm).

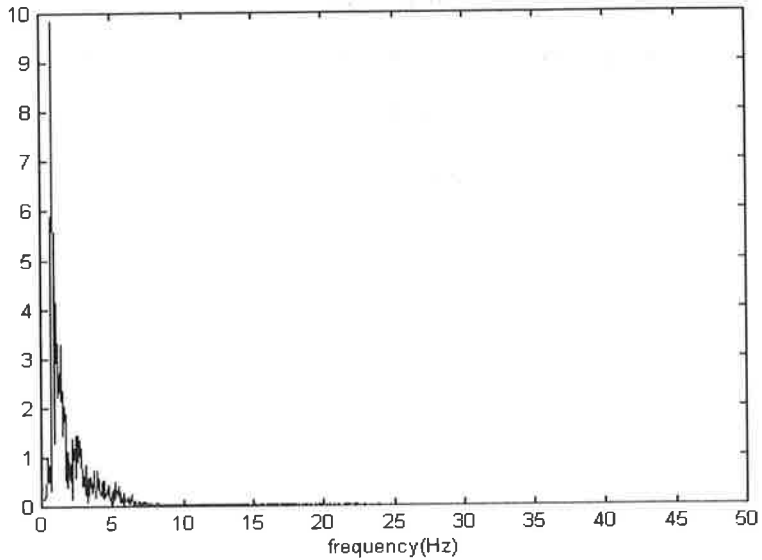


그림 4-66. Relation frequency and Db Experiment 4th with 100cm, dry field (Db unit of cm).

마. 지그재그로 두둑 통과시 진동 분석

조간거리는 80cm와 100cm로 하고 두둑을 지그재그로 배치하여 바퀴가 번갈아 한쪽씩만 두둑을 통과하도록 하여 붐의 거동을 측정하였다. 그림 4-67에서 보는 바와 같이 조간거리가 80cm 경우 수도작용의 최대 진폭은 +60~-50cm였으며, 전작용은 +25~-25cm로 전작용보다는 수도작용 붐방제기에서 진폭변화가 더 크게 나타남을 알 수 있었다. 그림 4-68에서는 조간거리를 100cm일 때 수도작용의 최대 진폭은 +43~-58cm였으며, 전작용은 +30~-41cm로 이 경우에도 수도작용 붐방제기에서 진폭변화가 더 크게 나타났다.

그림 4-69와 4-70은 조간거리가 80cm, 100cm 통과시 수도작용과 전작용 붐방제기의 고유진동수가 약 1Hz였다.

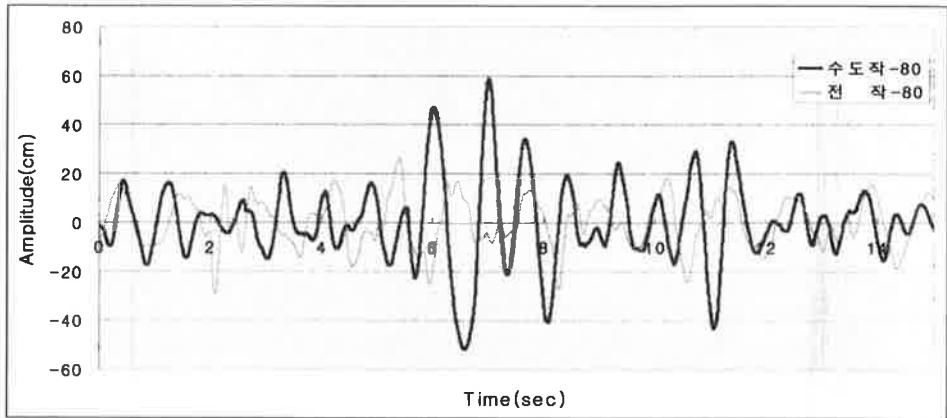


그림 4-67. Relation between amplitude and time of Experiment 5th with 80Cm.

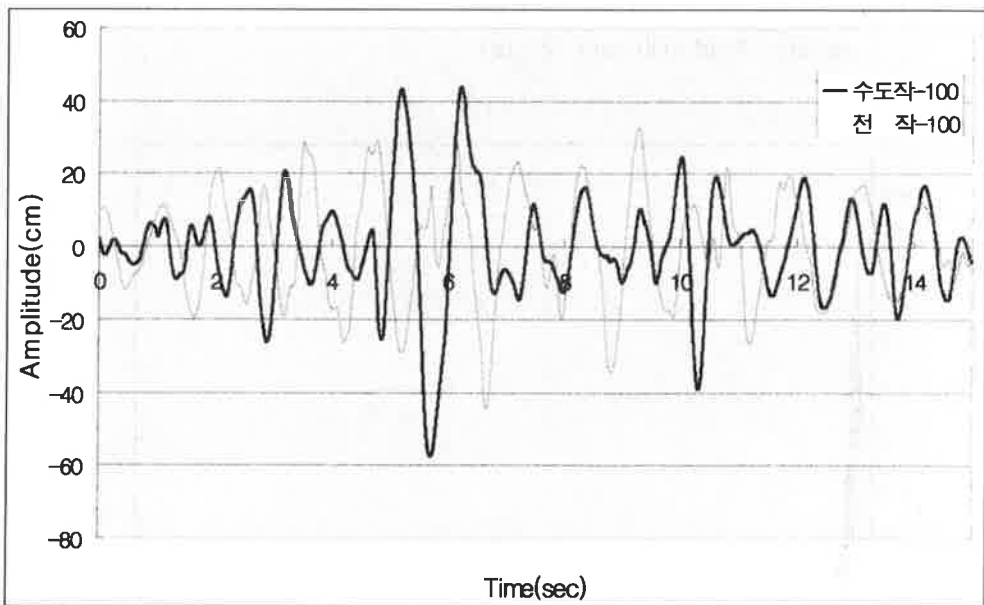


그림 4-68 Relation between amplitude and time of Experiment 5th with 100Cm.

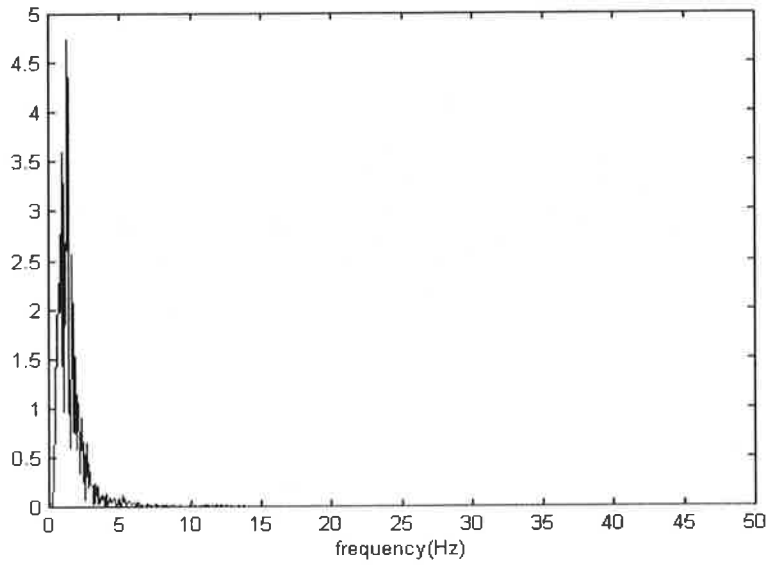


그림 4-69. Relation frequency and Db Experiment 5th with 80cm, paddy field (Db unit of cm).

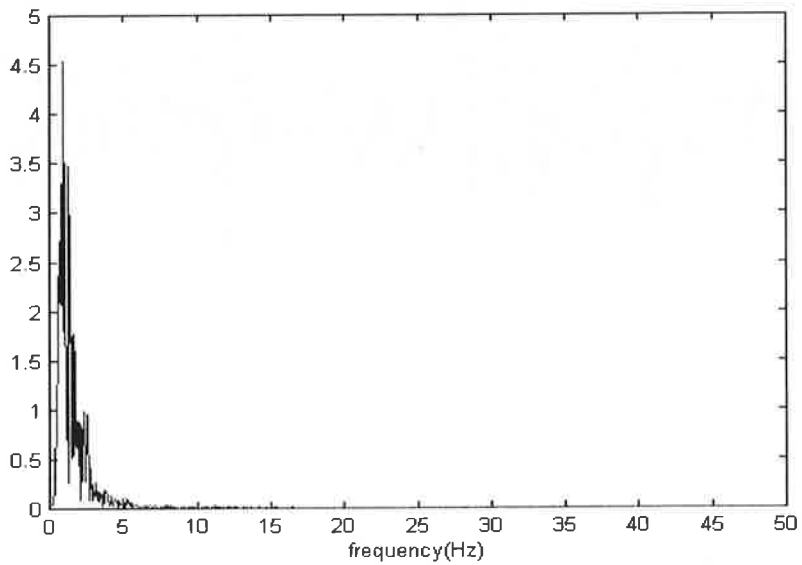


그림 4-70. Relation frequency and Db Experiment 5th with 100cm, paddy field (Db unit of cm).

6. 분무 및 피복특성 분석

가. 분무의 구간별 압력강하와 유량변동

디지털 압력계(Green Sensor. Co., 모델: P-155)의 출력은 전압값으로 출력되며 최대 출력전압은 5V이며 이에 상당한 압력은 100kgf/cm²로 출력전압과 압력과의 회귀식을 식 6과 같이 구하였다. 그림 4-71은 출력전압과 압력과의 관계를 나타낸 그래프이다.

$$P = 19.034V - 5.9213 \quad (\text{Eq. 6})$$

P : Pressure(kgf/cm²)

Y : Output voltage(V)

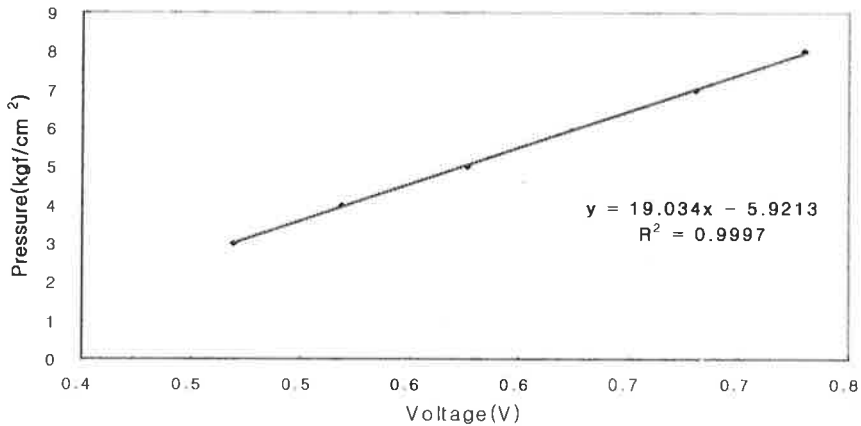


그림 4-71. Graphical relation between voltage and regulator pressure.

그림 4-72는 압력조절장치의 압력변화에 따른 각 분무 구간별 압력강하를 3반복 실험한 결과이다. 압력조절장치는 regulator, 중앙분은 c, 오른쪽 분은 r, 신축분은 er 로 표시하였으며, 압력조절장치의 압력을 기준값으로 할 때 우측분의 전압값의 차이가 가장 크게 나타났다. 압력조절장치가 압력이 커질수록 그 차는 더 컸으며, 압력조절장치의 압력이 8kgf/cm²일 때 우측분과의 최대 출력값의 차는 0.06V였으며, 압력으로 환산하면 1.18kgf/cm²였다.

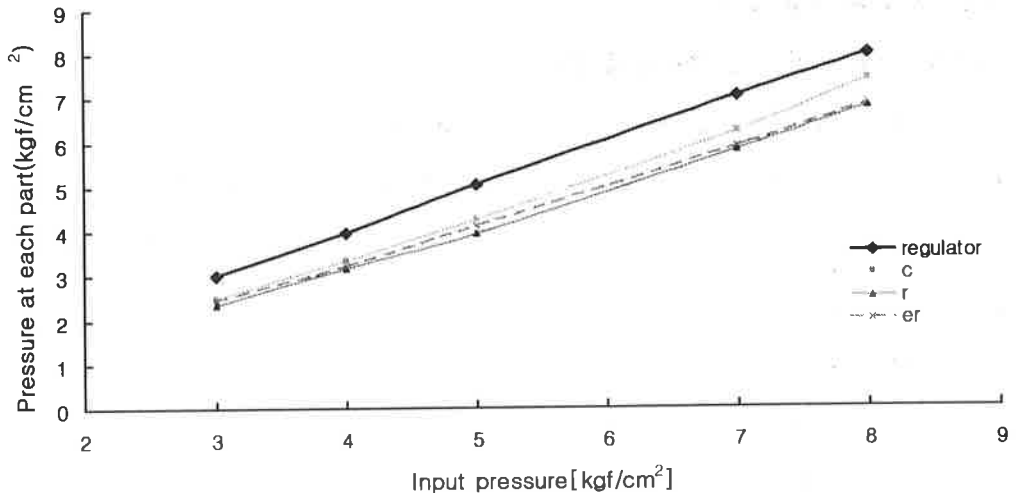


그림 4-72. Pressure drop of each part according to the applied pressures.

그림 4-73은 각 구간별 분대에 선형노즐(Spraying System. Co., 모델: TP9503)을 부착하여 압력변화에 따른 유량의 관계를 측정하였다. 압력변화에 따라 가장 분무량이 많은 분은 우측분였고, 중앙분의 분무량이 최소임을 알 수 있었다. 분무압력이 7kgf/cm²에서 우측분과 중앙분의 분무량의 차는 최대 0.42 l/min의 차이를 보였으며, 최소 차이는 3kgf/cm²에서 우측분과 신측분의 차이로 분무량은 0.02 l/min였다.

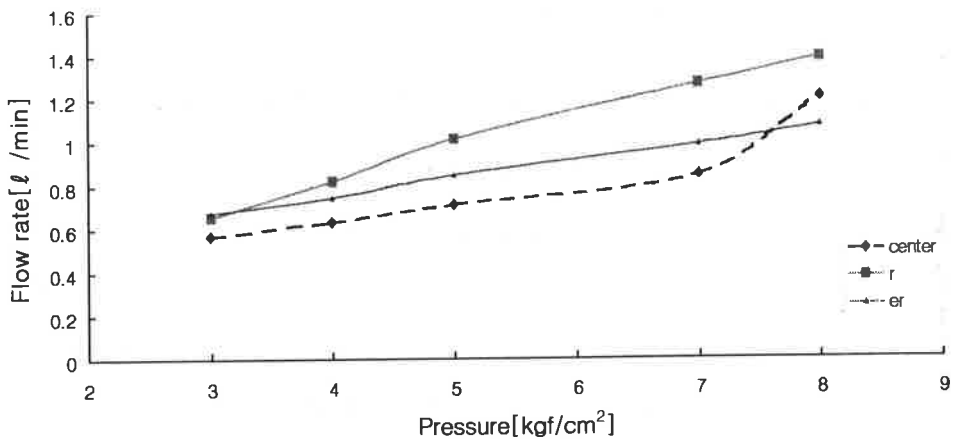


그림 4-73. Relation between pressure and flow rate at each part.

나. 기부 살포시 피복 특성 및 적정살포높이

기부 살포시 적정살포높이를 결정하기 위하여 모형 배추에 감수지(WSP)를 상, 중, 하 위치에 나누어 부착하여 실험하였다. 감수지는 4cm×5cm의 크기로 3반복 실험하였다. 지면으로부터 노즐까지를 살포 높이로 하고 45~75cm까지 10cm 간격으로 변경하며 측정하였으며 아래 그림들은 감수지에 부착된 약액의 피복 특성을 나타낸 것이다.

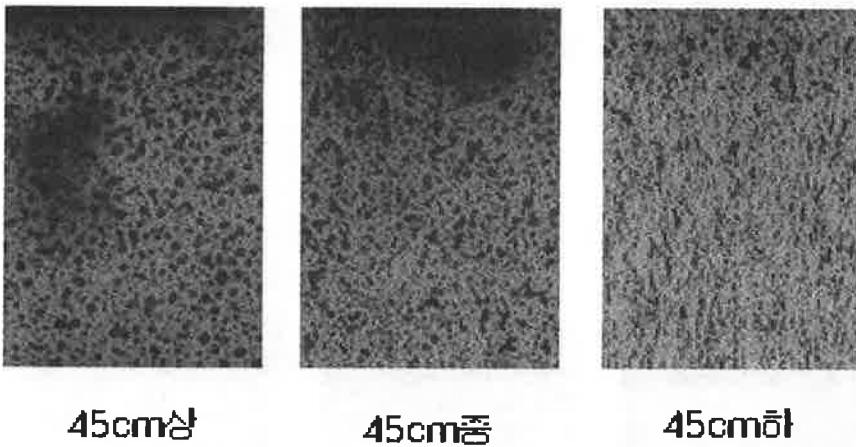


그림 4-74. Coverage appearance with 45cm by directed application.

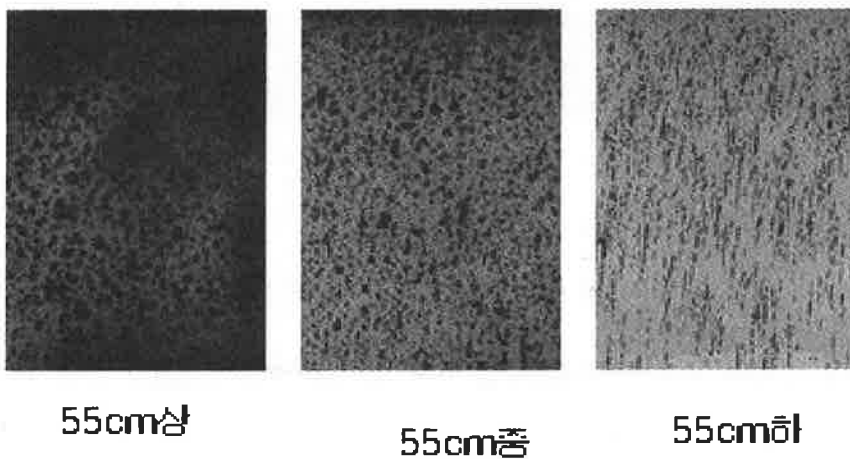
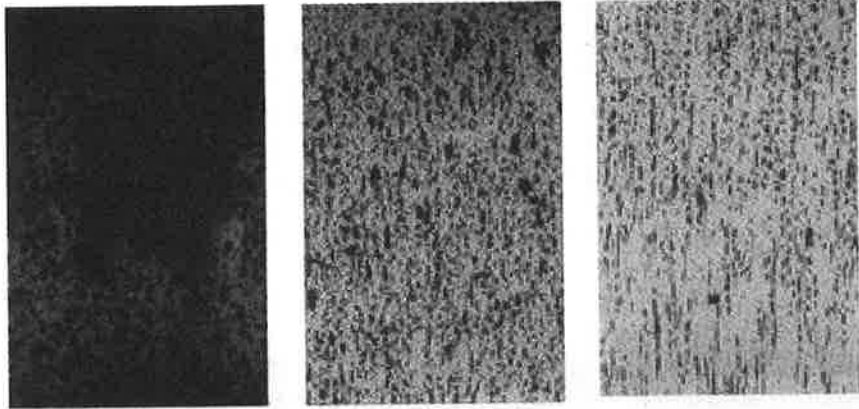


그림 4-75. Coverage appearance with 55cm by directed application.

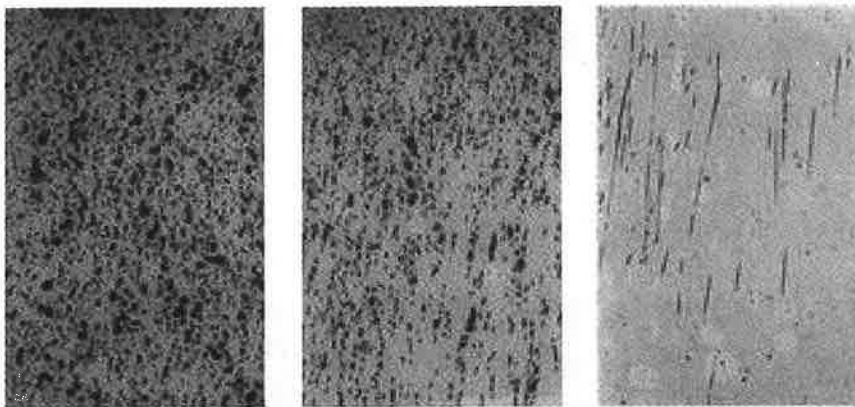


65cm상

65cm중

65cm하

그림 4-76. Coverage appearance with 65cm by directed application.



75cm상

75cm중

75cm하

그림 4-77. Coverage appearance with 75cm by directed application.

감수지에 부착된 약액의 피복특성을 보면 45cm의 살포높이에서 가장 균일하게 부착되어 있고 살포형태를 보였고, 살포높이 75cm에서는 밑부분(하)은 약액이 거의 부착되지 않음을 볼 수 있었다. 따라서 기부살포시 가장 효과적으로 균일하게 부착되는 적정 살포높이는 45~55cm로 판단된다. 또한 전면살포나 대상살포시 적정 살

포높이는 중첩률에 의해서 결정하였다. 중첩률이 80%이상인 높이를 적정살포높이로 정하였는데 이때의 살포높이는 50cm였다.

제 5 절 적 요

방제작업을 안전하고 효율적인 작업으로 바꾸기 위해서는 현재와 같은 동력분무기보다는 붐방제기를 이용할 필요가 있다. 국내에 개발된 붐방제기는 수도작용으로 경사지 적응성이 떨어지기 때문에 포장의 형상이나 부분적인 지면의 경사도 변화에 대응하기 힘들다.

본 연구는 전작용으로 사용 가능한 승용 관리기 탑재 신축 분무붐을 개발하기 위해 수행하였으며, 배추재배를 기준으로 설계되었다. 개발하고자 하는 붐은 분무폭을 작업중에 바꿀 수 있는 신축붐의 구조를 갖추고 포장내 부분적인 경사도의 변화에 대응할 수 있게 좌·우붐의 경사각을 각각 독립적으로 제어하는 것으로 붐의 구조개발과 위치제어장치의 개발, 성능평가 및 개선방향 도출이다. 또한 기존의 수도작용 붐방제기와 전작용으로 개발된 붐방제기에 대해서 붐의 진동 특성을 비교, 분석하였다. 작업폭이 8m인 붐대에서 압력강하와 이에 따른 유량과의 관계를 구명하였고, 기부 살포시 분무특성을 분석하여 적정 살포높이를 정하였다.

주요 연구 결과는 다음과 같다.

1. 붐높이를 측정하는 센서로 외부의 거친 환경에 적응성이 높은 초음파 센서를 선택하였으며 검출높이와 출력값과의 회귀식을 구하고 반사면의 특성에 따른 오차를 평가하였다. 초음파 센서의 응답시간은 0.1s에 작동함을 측정하였으며, 경사각이 20°범위까지는 높이를 검출이 가능하나 그 이상의 경사 범위에서는 검출하지 못하였다. 회귀식은 다음과 같으며 반사면에 따라 비례상수와 오차에 변화가 발생하는 것을 확인하였으나 본 연구에서는 센서의 측정 높이보다는 센서간 측정 높이의 차

이를 활용하여 제어함으로써 오차에 의한 제어의 오차를 차단할 수 있었다.

$$Y = 0.0036X - 0.437$$

Y:센서의 출력(V)

X:센서의 높이(mm)

2. 붐의 높이 조절폭이 700mm이고 최소분무높이와 최대 분무높이가 각각 390mm, 1240mm가 되도록 붐의 높이제어링크를 설계하였으며 좌우 붐을 연장할 수 있는 신축붐을 개발하였다.

3. 좌우붐의 경사도를 개별적으로 자동 제어할 수 있는 각도제어장치(ON/OFF 제어방식)를 개발하였으며 안정적인 제어가 가능하도록 붐 높이의 하한치를 정하는 가변저항의 값을 75Ω 으로 정하였다.

4. 작업속도별로 각도제어의 정확도를 평가한 결과 예상작업속도 범위인 0.3~0.5m/s 범위에서는 제어 목표로 정했던 $\pm 10\text{cm}$ 오차범위 내에서 제어가 가능함을 알 수 있었다.

5. 개발된 붐의 제어장치는 단순히 좌우붐의 높이와 중앙붐의 높이 차를 비교하는 것으로 붐의 동특성에 의한 위치변화를 고려하지 못하고 있다. 따라서 보다 실용적인 붐구조가 되기 위해서는 붐의 진동을 고려한 위치제어와 진동의 감쇄방안에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.

6. 조간거리별로 여러 형태의 두둑을 배치하여 수도작용 붐방제기와 전작용 붐방제기의 붐의 진동특성을 분석하였다. 수도작용 붐방제기에서 최대의 진폭변화를 보이는 두둑 형태는 조간거리가 80cm일 때 45° 로 두둑을 통과시 최대 진폭은 +100~-102cm를 보였고, 최소의 진폭변화는 조간거리가 100cm로 일정한 두둑 통과로 경우로 진폭은 +45~-50cm였다. 전작용 붐방제기에서 최대의 진폭변화는 조간거리가 80cm이고 45° 로 두둑을 통과할 때 최대 진폭은 +70~-60cm였고, 최소의 진폭변화는 조간거리가 80cm로 지그재그로 두둑을 통과할 때로 진폭은 +25~-25cm였다.

즉 전작용 분방제기의 두둑통과시 진폭변화는 수도작용에 비해 작게 나타났으며 주된 요인은 붐의 길이 감소로 판단된다.

7. 진동 신호를 분석하고자 FFT변환을 적용하여 고유진동수를 구하였다. 두 방제기 모두 두둑 통과시 고유진동수는 약 1Hz로 나타났다.

8. 각 구간별 붐대의 압력강하를 측정된 결과 압력조절장치의 압력을 기준값으로 할 때 중앙붐(c), 신축붐(er), 우측붐(r) 순으로 압력의 차이를 보였으며, 우측붐의 차이가 가장 크게 나타났다. 압력조절장치가 압력이 커질수록 그 차는 더 컸으며, 압력조절장치의 압력이 8kgf/cm^2 일 때 우측붐과의 최대 출력값의 차는 0.06V 였으며, 압력으로 환산하면 1.18kgf/cm^2 였다.

9. 압력조절장치에서 압력이 3kgf/cm^2 일 때 각 구간별에서 노즐 한 개당 분무량의 평균값은 신축붐에서 0.67 l/min , 우측붐에서 0.65 l/min , 중앙붐에서 0.57 l/min 로서 분무량은 우측붐의 분무량이 최대였고 중앙붐의 분무량이 최소였다. 분무상태는 1kgf/cm^2 에서도 가능하였다.

10. 전면살포시 적정 살포높이는 중첩률이 80%이상의 경우에 적정 살포높이로 정하였는데 이때의 살포높이는 배추 위에서부터 50cm 였다. 기부살포시 배추의 밑부분까지 약액의 부착이 가능한 살포높이를 측정하였는데 적정 살포높이는 $45\sim 55\text{cm}$ 로 판단되었다.

참고 문헌

1. 이종락, 1997, 초음파와 그 사용법, 세화.
2. 전재승, 1993, 센서 인터페이싱, 기전연구사.
3. 정창주, 1990, 農作業機械學, 서울대학교出版社.
4. 채영암, 1987, 基礎生物統計學, 鄉文社.
5. 김학진, 1995, 분방제기 살포장치의 설계요인 구명을 위한 실험적 연구, 서울대학교 대학원 석사학위 논문
6. 이강걸, 1996, 수도작용 분방제기의 피복특성에 관한 실험적 연구, 서울대학교 대학원 석사학위 논문
7. 노현권, 1997, 수도작용 분방제기의 수평제어장치 개발에 관한 연구, 서울대학교 대학원 석사학위 논문
8. O'Sullivan, J. A. 1986. Simulation of Behaviour of a Spray Boom with an Active and Passive Pendulum Suspension. *Journal of Agricultural Engineering Research* 35, 157-173
9. Marchant, J. A., Frost, A. R. 1989. Simulation of the Performance of state Feedback Controllers for an Active Spray Boom Suspension. *Journal of Agricultural Engineering Research* 43, 77-91.
10. Sinfort, C., Miralles, A., Sevilla, F. and Maniere, G. M.1994. Study Development of a Test Method for Spray Boom Suspension. *Journal of Agricultural Engineering Research* 59, 245-252
11. Langenkens, J. J., Ramon, H. and De Baerdemaeker, J. 1995. A Model for

Measuring the Effect of Tire Pressure and Driving Speed on Horizontal Sprayer Boom Movements and Spray Pattern. Transactions of the ASAE 38(1):65-72

12. Koo, Y. M., Kuhlman, D.K. 1993. A Variable Flow Nozzle with Consistent Spray Performance. Transactions of the ASAE 36(3):685-690
13. Tadatoshi SATOW, Keiji MIYAMOTO, Kiyooki MATSUDA. 1992. Control of Spraying Height with Ultrasonic Sensor for Boom Sprayer (part1). 農業機械學會誌 54(2), 31-39.
14. Tadatoshi SATOW, Keiji MIYAMOTO, Kiyooki MATSUDA. 1992. Control of Spraying Height with Ultrasonic Sensor for Boom Sprayer (part2). 農業機械學會誌 56(6), 59-67.
15. Wang, L., Zhang, N., Slocombe, J. W., Thierstein, G. E. and Kuhlman, D.K. 1995. Experimental Analysis of Spray Distribution Pattern Uniformity for Agricultural nozzle. Transactions of the ASAE 11(1):51-55
16. Leonard Meirovitch. 1986. Elements of vibration analysis. McGRAW-HILL international editions.

제 5 장 배추수확기 개발

SUMMARY

In this research, a Chinese cabbage(C-cabbage) harvester attachable to tractors has been developed in order to mechanize the harvesting of C-cabbages. The function and structural mechanism which is suitable to the cultivation environment in Korea were devised to realize the systematic interrelating mechanization through whole cultivation processes including post harvest treatment. First, physical properties of C-cabbage such as geometric(size, shape, weight, number of outer leaves) and mechanical properties(deformation, restoration) were investigated to determine primary design parameters. Systematic mechanical of harvesting processes were determined considering cultivation method of C-cabbage, conventional harvesting method, and processing after harvesting.

Based on the measured physical properties of C-cabbage, cutting, gripping, feeding, and handling mechanisms of harvester were designed and manufactured. The proposed mechanism was analyzed theoretically and prototypes were built and tested in field to verify and extract significant design factors. Pull-up forces of cabbages were measured at the time of harvest. A sequence of harvesting operations were determined to minimize the pull-up force of cabbage and to reduce the cabbage damage caused by handling such as grasping and feeding. Results of experiments were utilized to integrate the individual units such as soil surface tracking and guide, root cutting, cabbage gripping, conveying, piling into the mesh pallet, and unloading units. Field experiments were done with the developed integrated harvesting system. Main results were summarized as followings.

1. Proper size of C-cabbage cultivation bed for the mechanization was determined considering the efficiency and relevancy of between mechanized of each individual process. Round ridged bed with one row C-cabbage (60cm row space and 20cm less bed height) and no mulching was determined. The determined bed gave an advantage of easy separation between the harvested and non-harvested cabbages.

2. A sequence of mechanized harvesting was composed of tracing cabbage root, cutting of root, removing sagged leaves and root while conveying to the pallet container, piling cabbage to container, and unloading the filled container to the ground. Trimming and packaging processes which require delicate manual handling were not included. Those processes will be accomplished at the packing site.

3. Physical properties of six different varieties of cabbages such as size, shape, weight, number of leaves, and so on were measured for proper design of harvesting and handling units. Width and height of cabbage head and number of outer leaves affected on the cutting and grasp forces of the pull-up device and they were 190~240mm, 260~360mm, and 10 to 15 leaves respectively. To avoid damage of head part of cabbage the disk cutter should sever root and outer leaves by maintaining its proper cutting level beneath the soil surface such as 16 to 25mm deep under the soil surface. Since pull-up forces of different varieties of cabbages showed wide range from 92 to 214N, a root cutting process was done before by pull-up process at the harvest. Deformation of cabbage more than 30% in cabbage diameter caused by the grip force should be prevented to avoid severe damage to cabbage.

4. To adopt the various sizes of C-cabbages, U-type soft rubber band was attached to the chain conveyor with an angle. Theoretical speed ratio of the

tractor travel and feed of a chain conveyor was 1:1.2 with the attaching angle of 30 degree and 1:1.1 with the angle of 20 degree. Actual field experiment showed the speed ratio of 1:1.5 was the best because of the slip effect.

5. In order to make the disk cutter to trace the irregular soil surface, the soil surface tracking wheel was mounted underneath of the cutting disk. Due to the track wheel, the cutting height of the convex type disk was well adjusted to both flat and round beds. It took 1 to 1.4 seconds per cabbage and showed the continuous and precise cutting performance.

6. Amount of cabbage damage was measured according to the various heights of free falling and weights of cabbages. Weight of cabbages under 2kgf and 4kgf falling height less than 1m did not give any severe damage on the outer leaves. All of the cabbages having various weights did have little damage when they fell down at the height of 50cm.

7. To compromise system expenses with function, semi-automatic cabbage piling and pallet unloading mechanism operated by one labor was devised. The foldable mesh pallet with a size of 1,050mm × 1,050mm × 1,000mm and holding capacity of around 70 cabbages was utilized. The prototype for piling and unloading mechanism was composed of three parts such as feeding device, automatic piling device with retractable bellows, and pallet unloading device. The rapid slope chain feeding conveyor was built to reduce the occupied space. A series of cabbage holding plates were attached to the chain. Piling conveyor had two degrees of freedom, sliding and rotating. Piling conveyor was controlled with either main PLC or hand controller unit to change its end position sequentially each time cabbage

was collected. To reduce the cabbage damage from free-falling, extendable bellows were mounted to the end of piling conveyor and was operated manually. Though semi-automatic piling and loading/unloading system was designed and built trying to make size small and to keep the weight light, it was still too large in size to be transported to the field. Piling and feeding units were separated into two to meet the transportation regulation. Two units were assembled at the field. Since two units were connected with pin joints, it had a problem of the safety and job performance because of the irregular up-down ground conditions.

8. Free-fall piling to the mesh pallet was adopted to simplify the loading/unloading mechanism and to reduce the weight of the total implement and system expenses. Two assistants were required to clean the outer leaves of cabbages while cabbages being fed to the mesh pallet. Two assistants piled the cabbages in an order approximately and took the filled pallet to the ground and unfolded the empty folded pallet. Foot plate which fix the pallet was pressed to release the pallet. Then, the filled pallet was slid down along the guide roller to the ground.

9. Field test was performed with the integrated system which was composed of cutting disk, chain conveyor attached with U type pull-up rubber band, cabbage loading conveyor, and mesh pallet unloading device. Performance of the developed harvester was tested in the field. Field experiment showed the job performance of 2.5h/10a for two persons under tractor travel speed of 0.3m/sec. Damage rate of harvested cabbages was 0.2 to 0.3%. Direct cabbage loading device to the truck was also developed and tested to improve the utilization of the developed cabbage harvester. Cabbages harvested from the pull-up chain conveyor were directly fed to

the truck via extendable conveyor. Field performance showed 2h/10a per person and the status of harvested cabbages was good enough to shipping out. However, more field experiments would be required for the prototype to be commercialized and improved.

제 1 절 서언

배추는 발효식품인 김치의 주원료가 되는 중요한 채소로서 고추 다음으로 많이 재배되고 있는 농가소득 작목의 하나이다. 배추재배는 '99년 44,674ha로 총채소 재배면적의 약12%를 차지하고 있다. 재배작형도 80년대에는 특정한 시기에만 대량 소비되었던 종전의 소비패턴과 달리 소비가 1년 중 평준화되고 있다. 이에 따라 재배작형도 봄노지 및 시설배추, 여름배추(고랭지 배추), 가을 및 월동배추 등으로 재배시기와 출하시기를 조정하고 있어 계절에 관계없이 연중공급이 이루어지고 있다. 수확작업은 가장 많은 노력을 필요로 하여 전체노동투하시간의 16.1~19.4%를 점하고 있어 수확작업의 생력화를 위해 배추수확기 개발이 요구되고 있다. 그러나 수확작업에 대한 기계화 요구도가 높은 반면에 기계화하기 힘든 특성이 있다. 배추수확은 수분함량이 90% 이상에 달하고 경도가 낮아서 손상을 입기 쉽고 재배양식과 동일포장내에서도 작물크기 등의 속도차이로 기계수확에 상당한 어려움이 따른다.

결구엽채류 수확기 개발에 관한 연구는 가장 먼저 구미에서 1960년대부터 양배추, 양상추 등을 대상으로 연구되었으며, 주로 수확물의 품질을 보장하는 면에서는 다소 미흡하나 높은 작업능률을 갖는 일시 수확용 양배추 수확기, 양상추 수확기 등이 개발 실용화되어 이미 미국, 서독, 네덜란드 등에서 시판되고 있다.

일본의 경우는 양배추, 양상추, 배추 등의 결구엽채류 수확기 개발연구가 주로 수행되었으며, 양배추수확기 개발연구는 1971년부터 개발개량연구를 계속 실시해오다가 긴급개발사업으로 추진하여 1994년 자주형 양배추수확기를 개발 실용화하였다. 배추를 포함한 범용수확기 개발개량에 관한 연구는 농업연구센터에서 수행하였고, 배추수확기 개발은 생연기구에서 1978년부터 개발에 착수하여 배추의 물성 등 기초 실험, 보행형 및 트랙터용 수확기구개발, 배추수확기의 높이제어 등의 연구를 1989년까지 수행하였다. '95년부터는 긴급개발사업으로 시간당 2a 이상의 작업능률을 갖는 자주식 승용형 배추수확기를 1두둑 1줄 재배 배추를 대상으로 결구부 손상비율

5%이하가 되도록 개발중에 있다.

한편, 국내에서도 홍(1997)등은 배추물성, 실내요인시험 등 배추수확기 개발을 위한 기초연구를 수행한 바 있다. 현재까지 뿌리가 지상부에 노출되어 있고 작물의 경도가 배추에 비해 비교적 높은 양배추수확기 등은 실용화되었으나 배추는 재배양식이 다양하고, 배추의 물리적 특성상 많은 제약요인으로 말미암아 아직까지 국내 외를 막론하고 실용화에는 이르지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 우리실정에 알맞는 고능력 고정도의 트랙터 부착형 배추수확기 개발을 위해 다음과 같은 일련의 연구를 수행하였으며, 그 구체적인 내용은 다음과 같다.

배추의 재배 양식, 관행 수확 및 수확후 처리 실태를 고려하여 기계화 수확체계를 설정하였으며 배추의 물성 등 관련 기초조사를 하였다. 배추의 물성 값에 의거하여 배추수확장치 및 수집반출 장치의 기구부와 구동부에 대한 설계 제작을 수행하였다. 배추의 인발력을 최소화하고 수확 및 수집 반출시 생길 수 있는 배추의 손상을 최소화하기 위하여 핵심 기구장치의 이론적 해석을 수행하였고, 주요 설계인자를 도출하기 위하여 실내 및 포장요인시험을 실시하였다. 시험 결과를 토대로 배추의 뿌리절단, 이송, 수집 및 반출을 일관되게 작업할 수 있는 통합시스템을 제작하여 포장에서 성능시험을 실시하였다

제 2 절 배추수확기 개발을 위한 기초조사

1. 재료 및 방법

가. 배추수확 및 수확후처리 실태조사

배추수확기의 개발방향설정을 위한 객관적인 자료를 얻기 위하여 농가실태는 배추주산지의 현지농가를 직접 방문 조사하였으며, 배추수확 후 유통실태는 공영시장, 김치 및 절임 가공공장, 소매점을 대상으로 조사를 실시하였다. 배추를 재배하는 형태(작형)에는 크게 나누어 봄배추(봄 노지 및 봄 시설배추), 여름배추(고랭지배추), 가을배추 및 월동배추로 크게 나누고 있으나 본 연구에서는 기계의 진입이 곤란한 시설배추를 제외한 노지배추를 대상으로 하였다. 개발하고자 하는 배추수확기는 대규모 배추재배단지에서 이용될 것으로 전망되므로 강원, 전북, 전남지역의 배추주산지를 대상으로 재배양식, 수확 및 수확 후 작업체계, 배추작형별 정선정도 및 포장여부를 조사하였다. 또한 배추수확기에서의 수확시 배추정선정도 및 수집방법을 결정하기 위하여 유통주체별 요구정선정도 및 포장형태를 조사하였다.

나. 포장조건 및 배추의 물성 조사

1) 배추재배 포장조건

본 연구에 사용된 배추포장은 수확시기 배추의 물성을 조사한 지역과 동일하게 고랭지배추를 재배한 강원평창의 농가재배포장, 봄배추(내력)와 김장배추(장미, 셋노랑)를 재배한 농업기계화연구소 임북동 시험포장, 김장배추(알배기)를 재배한 원예연구소 시험포장, 월동배추(동풍)를 재배한 전남해남에 소재한 농가재배포장 등 5개지구 포장에서 각각 실시하였다.

각 배추포장의 토양실태를 조사하기 위하여 토양표본을 Core로서 채취하여 함수비는 110℃ 18시간 항온건조하는 Oven방법에 의하여 측정하고, 입도분석은 농업과학기술원 토양관리과 토양분석실험실에서 VSDA방법으로 실시하였으며, 관입깊이

별 토양경도측정은 배추포장내에서 임의 선택한 3개 지점에서 SR-2형 토양경도계를 이용하여 배추의 뿌리길이가 150~200mm임을 감안하여 관입깊이 5, 10, 15, 20cm 일때의 관입깊이별 측정값을 평균하여 산출하였다. 배추포장의 입도분석결과는 표 5-1에서 보는바와 같이 강원 평창지역은 사양토, 연구소시험포장은 양토와 미사질식양토였으며, 원예연구소포장은 사양토, 전남해남지역은 양토였다. 한편 재배양식은 월동배추를 제외하고는 조건거리 60cm, 주간거리 35~40cm, 수확시기 두둑높이 13cm내외의 둥근두둑 1줄로 무피복상태의 기계화 표준재배양식이었으며, 월동배추는 농가재배포장으로서 120cm이상의 평두둑에 2줄 피복재배되어 있어 비닐을 제거하고 1줄만 남겨 시험할 수 있도록 하였다.

표 5-1. 배추 재배포장의 토양조건

지역	토양함수율 (%, db)	입도분포(%)			토성	관입깊이별 토양경도(kg/cm ²)			
		sand	silt	clay		5	10	15	20cm
강원 평창	14.30	63.6	27.4	9	SL	2.36	2.83	4.66	9.33
경기 수원 (연구소 시험포장)	22.57	25.2	49.3	25.2	L	3.83	6.00	8.17	10.00
	24.41	11.2	55.9	32.9	SiCl	2.20	5.33	5.63	6.87
경기 수원 (원예연 시험포장)	16.26	64.6	28.1	7.3	SL	3.17	4.16	5.00	7.00
전남 해남	20.80	33.6	45.2	21.2	L	3.50	9.00	25.00	-

2) 배추의 물성 조사

배추수확기를 개발하는데 있어서 주요부 제원을 설정하기 위한 기초자료를 얻고자 배추작형 및 품종별로 수확시기에 배추포장에서 배추각부치수 및 무게, 인발력 등을 조사하였고, 배추 내·외엽의 평균압축강도, 결구배추의 압축비율별 최대 압축력 및 손상정도, 배추뿌리의 절단특성을 실내에서 조사하였다.

물성측정용 시료는 작형별로 품종을 선택하여 봄노지배추는 내력품종, 고랭지배추로는 고랭지품종, 김장배추로는 장미, 샛노랑, 알배기품종, 월동배추로는 동풍품종 등 작형별로 6개 품종을 공시품종으로 하였다. 표본의 선출은 수확적기에 동일포장 내에서 10포기를 임의 선택하여 측정하였다. 배추의 형상 및 각부 치수측정부위는 그림 5-3에 나타내었다. 조사항목은 생육상태에서 전체높이와 폭을 측정후에 배추품종별로 Digital force gage로 인발력을 측정하였다. 뽑힌 배추뿌리에 붙은 흙을 제거하고 총 무게를 측정한 후에 외엽의 가장 밑면에서 뿌리를 잘라 내었다. 뿌리부에서는 뿌리의 직경을 Vernier calipers로 측정하고, 외엽이 붙은 상태의 무게와 외엽 밑에서 움푹들어간 부위까지의 깊이를 측정하였다. 그 다음에 외엽을 모두 제거하여 배추밑면에서 결구부까지의 거리를 측정한 후에 외엽매수와 무게를 측정하였다. 결구부는 그 무게와 결구높이, 결구폭, 결구중심고를 측정하였다.

배추의 인발력 측정은 수확시기 생육상태의 배추를 수확시 배추작형 및 품종별로 순간최대 인발력의 범위를 알아보기 위하여 배추포기 밑면에 고리모양의 밴드를 설치하고 끈으로 Digital force gage(AMETEK.CO, 측정범위 10g~50kgf)에 연결하여 인발력을 측정하였다. 또한 굴취날에 의한 토양절삭여부에 따른 배추무게와 인발력과의 관계를 알아보기 위하여 공시배추는 장미배추로 하고 동일포장내에서 크기가 다른 배추 각 20포기씩을 임의 선택하여 인위적으로 배추밑면 15cm깊이의 토양을 수평절삭한 것과 미굴취상태에서 인발하는 것을 비교분석하였다.

배추의 압축강도측정은 Texture analyser(Model. TA-X2)를 이용하여 장미배추로 공시하여 배추외엽과 내엽의 압축강도를 측정하였다. 측정방법은 직경 5mm의 압축강도 시험용인 탐침으로 2.0mm/s의 속도로 관입하면서 5mm관입시 최대압축

력, 최대압축력도달거리, 허용응력을 조사하였다.

포기배추의 압축비율별 최대압축력 및 손상정도의 측정을 위해 Texture analyser에 이용한 probe는 이송벨트의 폭을 고려하여 50×100mm로 하고 probe밑면에는 연질고무를 부착하였으며, 측정방법은 T.P.A Calculation방법에 의해 압축비율을 배추포기 직경의 10, 20, 30, 40, 50%로 하고 압축속도는 2.0mm/s로 2회를 압축하여 1, 2차 최대압축력과 압축에 의한 손상정도를 측정하였다.

배추뿌리의 절단강도 실험에서는 역시 Texture analyser를 이용하였고, 부착절단날은 두께 3mm, 날폭 60mm, 칼날경사각 45°의 양날을 사용하였으며, 절단속도를 5mm/s, 10mm/s로 절단시 최대절단력, 최대절단력까지 도달거리, 절단에너지 등을 조사하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 배추재배양식

국내의 배추재배는 일반적으로 노지에서 행해지며 배추는 품종별로 내병성, 숙기, 입모형태, 추대성, 토양적응성 등이 매우 다르기 때문에 품종을 선택할 때에는 재배지역의 기후조건, 재배시기, 파종시기, 출하시기 등을 고려해야 한다. 따라서 국내에서 배추의 주년공급 체계를 갖추기 위해 작형을 구분하여 재배하는데 크게 봄배추, 여름배추, 가을배추 및 월동배추로 구분할 수 있다. 여기에서는 각 작형별로 재배양식을 조사한 결과 표 5-2와 같이 나타났다. 재배양식 중 이랑폭의 다양성과 비닐피복은 배추수확기계화에 장애요인이 되고 있다. 따라서 기계화 적용재배양식은 그림 5-1에서 보는 바와 같이 파종부터 수확까지 작업의 연계성과 수확시 작업정밀도 향상, 수확할 배추와 미수확된 배추의 분리가 용이한 조건 60cm, 주간 30~40cm, 두둑높이 20cm이하인 등근두둑 1줄 재배가 바람직할 것으로 판단되었다.

표 5-2. 배추 작형별 재배양식

작형별 관행재배양식			기계화 재배양식
봄배추	여름배추	가을배추	
평두둑 2줄 재배(피복)	등근두둑 1줄재배 (무피복)	평두둑 2줄재배(피복) 등근두둑 1줄재배 (피복, 무피복)	등근두둑 1줄재배 (무피복)

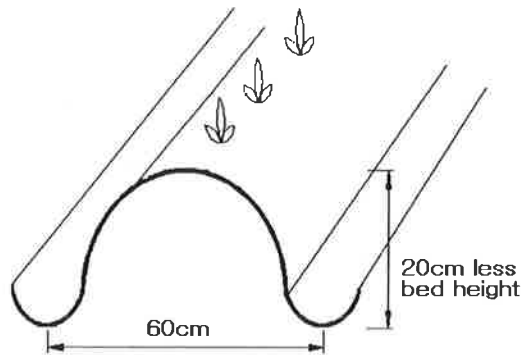


그림 5-1. 배추 기계화 재배양식

나. 배추수확 및 수확후 처리실태

배추의 관행 수확 및 수확후 처리작업순서는 수확, 정선, 포장, 운반, 트럭적재로 구분할 수 있는데, 전술한 바와 같이 작형에 따라 수확 및 수확 후 작업체계, 배추정선 정도 등이 약간 다르다. 배추작형별 수확 및 수확 후 작업체계는 그림 5-2와 같고, 정선정도 및 포장여부는 표 5-3에서 보는바와 같으며 봄배추의 경우 김치공장과 절임공장으로 출하되는 배추는 정선과정을 거쳐 2~7엽 정도를 제거하고 출하되고 있으며, 시장으로 출하되는 배추의 일부는 골판지 상자를 이용하여 포장출하하고 있었다. 여름배추의 경우 대부분 시장으로 출하되는데 수분증발방지를 위해

겉잎을 거의 제거하지 않고 신문지로 싼후 트럭에 적재하여 출하하고 있었다. 가을 배추의 경우에는 겉잎을 2~4엽정도 제거하여 대부분 시장으로 출하되고 일부는 저장하며, 저장하는 배추는 그물망에 포장하여 저장하고 있었다.

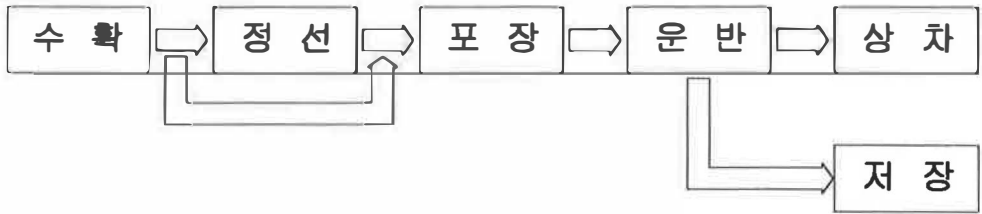


그림 5-2. 배추수확 및 수확후 작업체계

표 5-3. 배추 작형별 정선정도 및 포장여부

구 분	정선정도	포장여부
봄 배 추	2-7엽	일부포장(골판지 상자)
여름배추	0-2엽	무포장(신문지)
가을배추	2-4엽	일부포장(골판지 상자, 그물망)

표 5-3에서 보는바와 같이 유통되는 배추 중 봄배추와 가을배추의 일부만이 골판지 상자에 포장 출하하는데, 월동배추의 경우 '98년 가락동시장 반입 물량의 약 20%를 골판지 상자 또는 그물망에 출하하고 있는 것으로 나타났다. 포장화에 의한 고효율 저비용 유통체계 정립 및 채소쓰레기 발생억제를 위해 꾸준한 유도에도 불구하고 이와 같이 포장율이 낮은 이유는 유통주체별 포장형태 및 정선정도가 다르기 때문이라고 생각된다. 각 유통주체별 요구 정선정도 및 포장형태는 표 5-4와 같으며 소매점은 소비자가 구매하여 김치제조를 위해 바로절일수 있는 상태로 외엽(겉잎)을 거의 제거하고 포장형태는 소포장인 골판지상자, 그물망, 단류기 형태를 요구하고 있었으며, 공영시장의 중개인은 산물상태를 요구하고 있으며, 김치·절임

공장에서는 수확한 배추를 플라스틱상자나 메쉬팔레트 등 대형용기에 담아 수송하여 바로 하역과 동시에 절일수 있는 상태로 정선을 요구하고 있었다. 한편 현재 포장출하되고 있거나 시범사업으로 추진된 포장형태별 사양은 표 5-5와 같다.

표 5-4. 유통주체별 요구정선정도 및 포장형태

구 분	요구정선정도	포장형태
소 매 점	10-12엽 제거	골판지상자, 그물망, 단묵기
공영시장(중개인)	겉잎제거안함	산 물
김치·절임공장	8-10엽 제거	플라스틱상자, 메쉬팔레트

표 5-5. 포장형태별 사양표


포장재	무게(kg)	크기(L×W×H)	재질	적재량(포기)	비고
메쉬팔레트	20	1,050×880×930	철재	100	시범사업
골판지 상자	5	525×350×185	종이	3~4	
플라스틱상자	15	550×366×320	플라스틱	10~15	시범사업
그물망	-	-	나일론	3~4	
단묵기	-	-	비닐끈	2~4	

다. 채소수확기 구조 및 포장적응성 검토

덴마크의 ASA LIFT사에서 개발한 트랙터용 채소수확기의 구조를 조사하였다. 70ps급 이상 트랙터부착형 1조용 수확기이다. 적응가능한 조건은 60cm이상이고 무멀칭 재배용으로 주요 적용작물은 양배추, 양상치 등이나 최근 일본에서 결구배추

에 적응성을 검토하고 있다. 작동원리는 결구채소의 뿌리를 원판회전날로 절단하고 고무벨트로 후방으로 유도하여 컨베이어로 이송되어지고 후방의 횡이송 컨베이어를 통하여 적재함에 채소가 담겨지는 구조이다. 횡이송 컨베이어의 뒷면과 적재부에 2~3인의 보조작업자가 탑승하여 불량품을 제거하는 등의 작업을 할 수 있다. 수확기의 주요구조 및 사양은 표 5-6과 같다.

표 5-6. 채소수확기 구조 및 주요사양

구 조	주 요 사 양
	<ul style="list-style-type: none"> ○모델명 : SC50-K형 ○트랙터부착형 1조 ○기체크기 : 4,100×3,950×1,650mm ○무 계 : 1,100kg ○인발이송부 : 고무벨트협지 인발+체인 컨베이어이송 ○뿌리절단부 : 원판날(좌\varnothing460, 우\varnothing380mm) ○원판날 회전수 : 0~190rpm ○적재함 크기 : 1,100×3,170mm ○적용트랙터 : 70~80ps

채소수확기의 포장적용시험을 실시한 공시포장조건은 기계작업이 용이한 둥근두둑 1줄재배로서 조건 및 주간거리는 60×35cm로 재배된 토양함수율 22.57% d.b인 양토 포장이며, 배추물성은 평균 결구고 336mm, 결구폭 206mm, 무게 2.3kgf, 외엽매수가 11엽정도인 장미배추를 공시재료로 하였다.

채소수확기의 포장적용시험결과는 표 5-7과 같이 작업속도 0.3m/sec에서 뽑기율 100%로 양호하였으나, 뿌리절단정도는 적절 52%, 미절단 20%, 과절단(심절)28%로 절단정도가 고르지못한 이유는 평지재배를 고려한 뿌리절단 높이조절미륵의 고정형 구조로 두둑높이 80mm내외의 둥근두둑재배포장에서 지면요철에 따른 대응이 미흡하였으며, 과절단시 외엽뿐만아니라 결구부까지 절단되는 경우가 발생되었다. 또한 뿌리를 절단하여 연결고무벨트로 후방유도하여 경사체인컨베이어로 이송도중 마찰 및 구름현상에 의한 잎손상이 발생하는 것으로 나타났다.

표 5-7. 배추수확 포장적응시험.

작업속도 (m/sec)	배추 뽑기율 (%)	뿌리 절단상태(%)			배추잎 손상정도					
		미절단	적절	과절단 (심절)	평균 외엽수 (매)	뿌리절단정도별 손상엽수(매)				평균 손상율 (%)
						미절단	적절	과절단	평균	
0.3	100	20	52	28	11	4.3	4.0	13.4	6.7	61

라. 기계화수확체계 검토

표준재배양식에 맞고 전후작업체계를 연계한 기계화작업체계를 갖추어야만 생력화를 촉진시킬수 있다. 수확기 개발방향 설정을 위한 기계화 재배양식은 배추재배 전 공정의 작업연계성, 수확시 작업정밀도 향상, 수확한 배추와 미수확된 배추의 분리가 용이한 둥근두둑 1줄 무피복재배(조간 60cm, 두둑높이 20cm이하)가 요구되었으며, 수확방식은 둥근두둑 1줄에 심어진 배추를 일시에 수확하는 처리작업형태가 바람직할 것으로 판단된다. 현재 관행수확 및 수확후 처리작업 체계는 허리를 굽힌상태에서 이동하며 뿌리를 절단 수확하고 잎이 누르고 처져 상품성이 없는 겉잎을 제거한 후 인력으로 운반하여 트럭에 상차하거나 일부포장하여 상차하고 있는 실정이다. 따라서 수확기계화 체계는 배추뿌리 절단하여 수확하거나 수확 후 배추뿌리를 절단하여 가능하면 처진잎은 제거하고 콘테이너에 수집하여 일정한 장소에 반출하는 작업으로 생력화하고, 인력에 의존할 수밖에 없는 정밀정선작업(다듬기)과 포장작업은 실내 또는 이동식 패킹하우스에서 정치작업으로 하는 것이 합리적이라고 생각된다.

마. 배추의 물리적성질 조사

1) 배추의 형상 및 크기

배추작형 및 품종별 배추전체크기, 결구부크기, 무게, 외엽부 밑면 요철부 깊이, 인발력 등의 조사결과를 표 5-8에 나타내었다. 수확시기의 배추의 형상은 그림 5-3과 같이 외엽의 밑면을 지면에 밀착하고 있고, 외엽매수는 10~15매 정도이며,

외엽의 넓이를 나타내는 배추전체폭은 가을에 심은 배추를 겨울나기를 하기 위해 외엽을 묶어 결구폭과 큰차이가 나지않는 월동배추인 동풍품종을 제외하고 460~760mm, 전체높이는 330~440mm범위였으며, 연결고무벨트로 배추를 협지하여 이송하기 위해 필요한 결구부 폭 및 높이는 각각 190~240mm, 260~360mm정도 범위로서 배추작형 및 품종에 따라 차이가 있었다. 대체로 가을 및 월동배추가 봄노지 및 고랭지 재배 품종에 비해 크기가 큰 것으로 나타났다. 원판회전날로 결구부 손상없이 절단해야할 최적절단길이 범위를 결정하기 위하여 그림 5-3과 같이 외엽부 밀면 요철부 깊이를 측정결과 16~25mm범위였으며, 결구부만 남기고 외엽을 모두 제거한 후에 최초 외엽밀면까지의 거리는 25~40mm범위로서 가능하면 결구부를 손상시키지 않고 최종 소비자까지 가는 동안 감모를 고려하여 외엽부 밀면 요철부 깊이인 16~25mm범위내가 적당하다고 판단되었다. 결구잎을 5장이상 제거하면 잎의 색이 변하기 때문에 상품가치가 없다고 판단되었다.

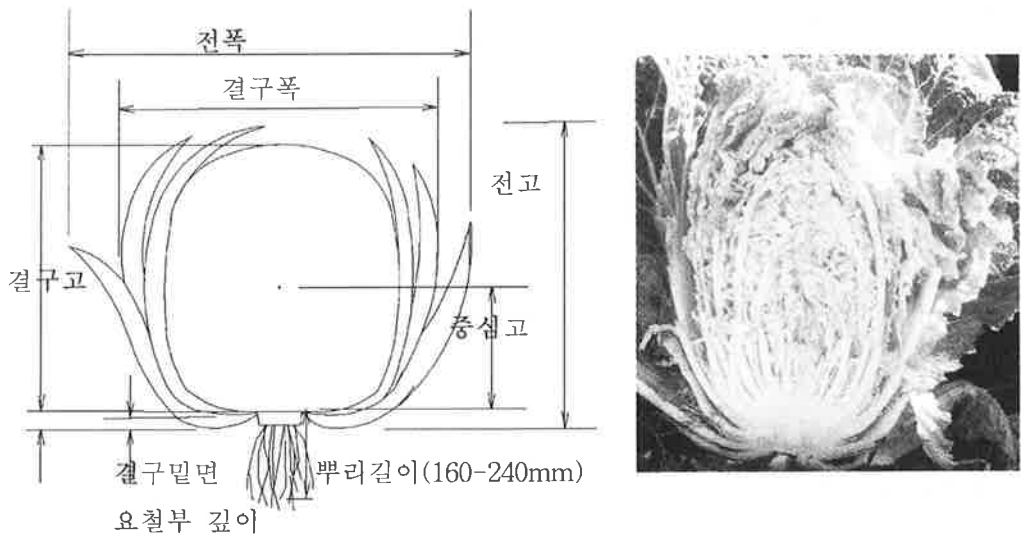


그림 5-3. 배추의 형상

표 5-8. 배추 품종별 물리성

품 종		배추크기(mm)		결구(mm)		외엽밀면 요철부 깊이 (mm)	무게(kgf)		뿌리 직경 (mm)	외엽 매수 (엽)	인발력 (N)
		전고	전폭	고	폭		외엽+ 결구	결구			
고 랭 지	Avg.	357	464	302	190	16	2.5	1.8	20	10	92
	Std.	36	73	19	13	2	0.3	0.2	2	2	13
장 미	Avg.	352	608	336	206	16	2.3	1.7	26	11	124
	Std.	45	96	30	25	4	0.3	0.3	3	3	20
알 배 기	Avg.	346	759	303	235	17	3.8	2.9	26	11	130
	Std.	20	55	10	12	6	0.2	0.1	2	2	21
셋 노 랑	Avg.	379	737	359	219	25	3.9	2.6	25	15	154
	Std.	30	107	23	15	5	0.3	0.6	5	2	31
동 풍	Avg.	395	273	356	220	19	3.7	3.1	33	8	199
	Std.	15	28	14	26	4	0.8	0.7	5	1	58
내 력	Avg.	325	556	259	185	17	3.8	2.8	31	13	214
	Std.	18	57	21	18	2	0.5	0.4	3	2	31

2) 배추의 인발력

배추품종별 인발력은 표 5-8과 같다. 표에서 나타난바와 같이 품종별 인발력 범위는 92~214N으로 차이가 큰 것으로 나타났는데, 이는 배추품종, 배추무게, 뿌리 발달상태, 토성, 토양함수비 및 토양경도 등 요인에 기인한 것으로 판단되었다. 굴취날에 의한 토양절삭여부에 따른 인발력을 비교한 결과는 표 5-9와 같다. 이 시험은 입북동 시험포장에서 공시배추는 장미배추를 대상으로 배추의 크기가 대, 중, 소로 구분하여 토양절삭여부에 따라 각 20포기씩 선정하여 배추밑면 15cm깊이의 토양을 수평절삭한 후 인발력과 미굴취상태의 인발력을 측정하여 비교한 결과이다. 표에서 나타난 바와 같이 굴취를 하지 않은 상태로 배추를 인발했을 때의 인발력은 평균 114.1N이었으나 배추밑면 토양을 삽으로 수평절삭한 후에 배추를 인발했을 때 인발력은 평균 89.9N으로 굴취날로 절삭 후 인발할 경우 미굴취에 비해 약 21%정도 인발력 감소를 보였다.

또한 굴취날에 의한 토양절삭여부에 따른 배추무게와 인발력과의 관계는 그림 5-4와 같은 직선회귀 방정식으로 나타낼 수 있었으며, 이때 미굴취상태에서 인발한 경우와 굴취한 후에 인발한 경우 배추무게와 인발력과의 상관계수는 각각 $R^2=0.7059$, $R^2=0.8457$ 로서 상관관계를 나타냈다. 따라서 배추를 효과적으로 수확하기 위해서는 인발력을 최소화 할 필요가 있으며, 인발력 최소화 하기위한 설계요인으로 배추밑면 토양을 굴취날로 파쇄한후 뽑거나 뿌리유도 또는 뿌리절단과 동시에 협지벨트로 잡고 뽑는방법등의 검토가 필요하다고 판단되었다.

표 5-9. 굴취날에 의한 토양절삭여부에 따른 인발력 비교

구 분	미굴취 인발		굴취날 절삭후 인발	
	배추무게(kgf)	인발력(N)	배추무게(kgf)	인발력(N)
평 균	3.59	114.1	3.37	89.9
표준편차	0.56	10.4	0.65	17.6

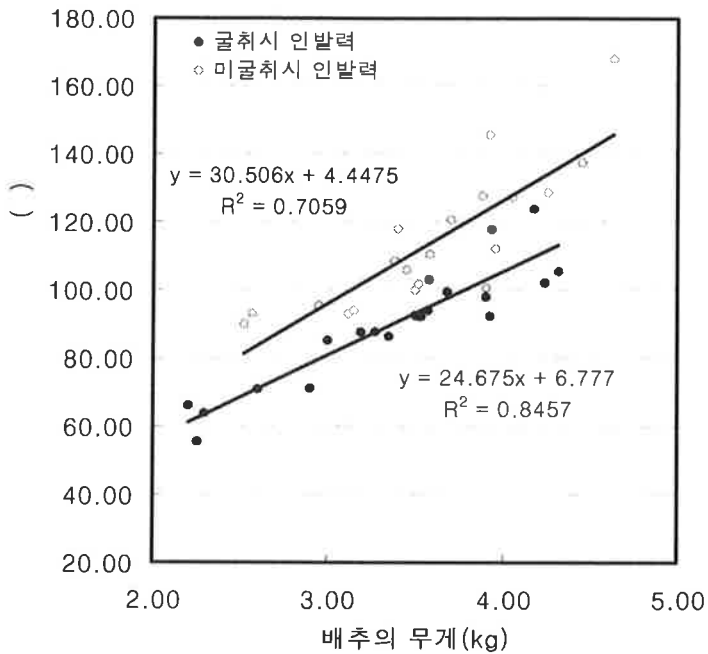


그림 5-4. 굴취여부에 따른 배추무게와 인발력과의 관계

3) 배추의 압축강도 및 압축비율별 손상정도

수확기계를 이용하여 배추를 수확할 때 배추가 압축되거나 충격에 의해 형상이 변하거나 손상되었다면 손실도 크며 상품성이 떨어질 것이다. 그러므로 배추의 압축강도를 정확히 파악하여 그것을 수확기 개발시 설계기초자료로 활용한다면 보다 효율적이고 고정도의 수확기 개발이 가능하다고 생각된다. 따라서 배추잎의 압축력 및 압축비율별 손상정도를 알아보기 위하여 헵지벨트에 접촉 될 것으로 예상되는 배추밀면에서 10cm되는 위치의 배추외엽과 결구부 내엽의 압축력 및 포기배추의 직경에 대한 압축비율별 손상정도를 Texture analyser를 이용하여 측정하였다.

표 5-10은 배추의 외엽과 내엽의 잎두께, 최대압축력, 최대압축력까지의 도달거리, 허용응력의 평균값과 표준편차를 나타내었다. 표에 나타난 바와 같이 외엽과 내엽의 최대압축력 도달거리는 비슷하였으나 평균압축강도는 각각 27.78N, 25.72N으로 배추외엽이 내엽보다 압축강도가 다소 큰 것으로 나타났으며 역시 외엽과 내엽의 평균허용응력도

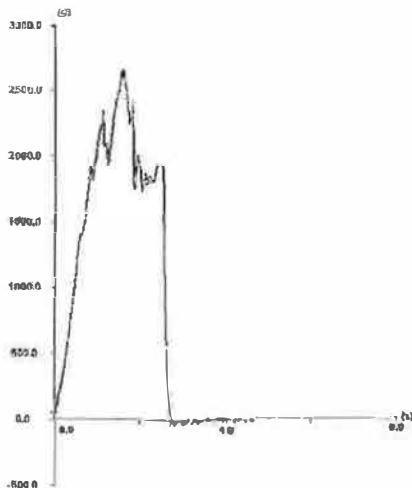
각각 1.41N/mm², 1.3N/mm²으로 같은 경향을 보였다. 따라서 배추외엽을 모두 제거하는 것보다 처진잎 정도만 제거 수확하여야만 수확후 처리과정에서 감모를 최대한 줄일수 있을 것으로 판단된다. 그림 5-5는 배추외엽과 내엽의 압축력 선도를 나타내고 있다.

표 5-10. 배추 외엽과 내엽의 평균압축강도와 표준편차

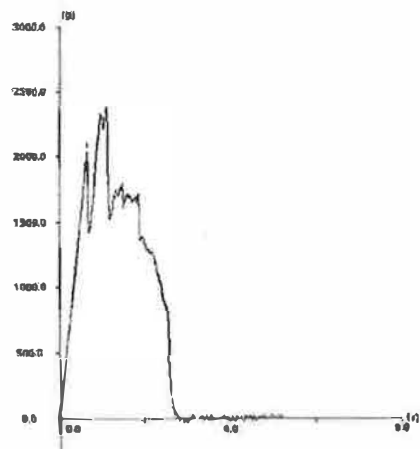
구 분		잎두께 (mm)	최대압축력 (N)	최대압축력 도달거리 (mm)	허용응력 (N/mm ²)
외 엽	평 균	6.07	27.78	2.86	1.41
	표준편차	0.34	2.83	0.66	0.14
내 엽	평 균	5.47	25.72	2.84	1.31
	표준편차	0.13	2.21	0.57	0.11

(주) ○ 이용 Prove : Ø5mm, 경도측정용.

○ 압축속도 : 2.0mm/sec.



(배추외엽)



(배추내엽)

그림 5-5. 배추 외엽과 내엽의 압축력 선도

한편, 결구배추를 연질고무벨트로 협지하여 이송할 경우 협지하여 이송하는 벨트의 배추폭을 수용할수 있는 설계기초자료를 얻고자 T.P.A Calculation방법에 의해 배추직경의 10, 20, 30, 40, 50%로 1차 압축후에 다시 2차압축시 압축력의 변화와 이때의 손상정도를 측정한 결과는 표 5-11, 그림 5-6에 나타난 바와 같이 압축비율별 손상율이 직경의 20% 압축까지는 손상발생이 없다가 30% 압축시 8.6%, 40% 압축시 11.5%, 50% 압축시 16.8%로 압축비율이 증가할수록 손상도 증가하는 경향을 보였다. 따라서 협지벨트로 이송시 배추직경의 30%이상 압축이 되지 않도록 폭 조절 및 협지벨트형상 등의 검토가 필요할 것으로 판단된다.

표 5-11. 배추 압축비율별 최대압축력 및 손상정도

압축비율(%)	배추직경(mm)		배추무게 (kgf)	최대압축력(N)		손상율(%)
	X	Y		1차	2차	
10	160	140	1.74	11.2	10.5	0
20	175	140	2.13	71.8	34.6	0
30	195	145	2.18	198.1	188.4	8.6
40	190	160	2.36	505.9	472.3	11.5
50	165	140	1.87	628.4	573.7	16.8

(주) ○ 측정방법 : T.P.A Calculation

○ 압축속도 : 2.0mm/sec

○ 이용 Probe : 50×100mm

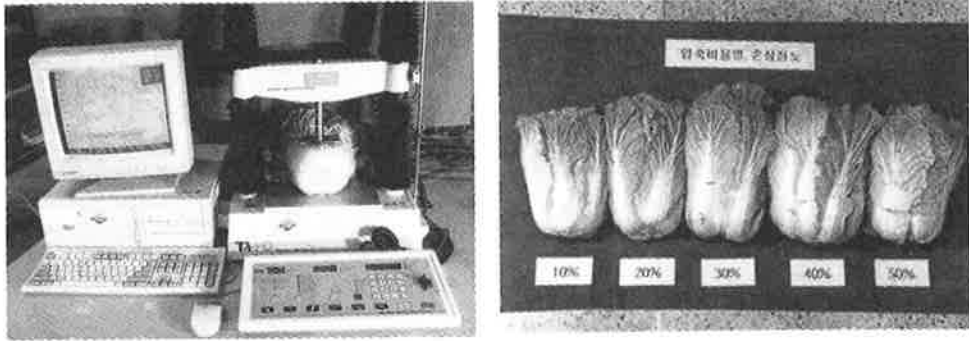


그림 5-6. 압축비율별 압축력측정 광경 및 손상상태

4) 배추뿌리의 구조와 절단강도

식물체의 뿌리는 보통 특수한 세포로 이루어지며 그 역학적 성질이 크게 다르다. 배추뿌리의 절단은 기계적 파괴를 일으키는 과정이므로 뿌리의 구조, 강도에 관한 사항이 필요하다. 배추뿌리의 절단면은 속이차 있고, 배추뿌리의 직경은 품종 및 동일포장내에서도 속기의 차이에 따라 차이가 있어 표 5-8에서와 같이 20~33mm 범위인 것으로 나타났다.

배추수확기 설계에 있어서 절단메카니즘에는 크게 2가지가 있다고 생각된다. 굴취날 등에 의해 배추뿌리가 토양과 분리되기 직전에 벨트로 협지한 상태에서 절단날로 뿌리를 절단하는 경우의 뿌리절단은 양단지지라 할 수 있으며, 반면 배추뿌리가 토양과 분리된 후에 벨트로 협지한 상태에서 뿌리를 절단하거나 배추가 포장내에서 세워진 상태에서 뿌리절단과 동시에 벨트로 협지이송하는 경우를 일단지지라 할 수 있다. 그러나 실제 수확기에 적용시에는 여러가지 복합요인에 의해 전술한 2가지 방법을 조합한 메카니즘이 될것으로 생각된다. 따라서 절단강도 측정시 일단 지지한 상태에서 절단날은 두께 3mm, 날폭 60mm, 절단각 45° 양날을 사용하여 절단속도별로 시험한 결과는 표 5-12와 같다. 표에서 보는바와 같이 절단속도 5mm/sec에서 최대절단력 370.31N, 절단에너지 476.01N·mm이었고, 절단속도 10mm/sec의 경우 최대절단력 340.46N, 절단에너지는 444.98N·mm으로 절단속도

가 빠른경우에 절단력도 감소하였고, 절단에너지가 보다 적게 소비되는 것은 절단 초기에 절단칼날과 배추뿌리의 접촉시에 충격에 의해 1차 절단이 발생하고 이에 의해 에너지 소비가 감소되는 것으로 판단된다. 그림 5-7에서는 칼날의 속도를 10mm/sec로 하고 일단지지상태에서 배추뿌리가 칼날에 의해 절단될 때의 절단거리와 절단력과의 관계곡선으로서 최초 약 10mm정도까지는 날끝의 힘이 충분하지 못하여 압축만 일으키는 경우이고 그 다음부터 뿌리의 초기파괴가 일어난 다음에 부분적으로는 압축이 계속되고 절단이 일어나면서 약 15.5mm정도에서 최대절단력까지 도달하였다가 그 다음부터는 충분히 압축되고 절단이 계속되어 날끝이 뿌리를 절단함에 따라 힘이 급격히 떨어지는 경우를 나타내 주고 있다.

표 5-12. 배추뿌리의 절단특성

절단속도		최대직경 (mm)	최대절단력 (N)	최대절단력 도달거리 (mm)	절단에너지 (N · mm)
5mm/sec	평균	21.07	370.31	15.62	476.01
	표준편차	2.02	41.6	3.67	88.14
10mm/sec	평균	22.02	340.46	15.47	444.98
	표준편차	1.15	50.22	2.73	74.58

(주) 공시절단날 : 두께 3mm 양날, 날폭 60mm, 절단각 45°

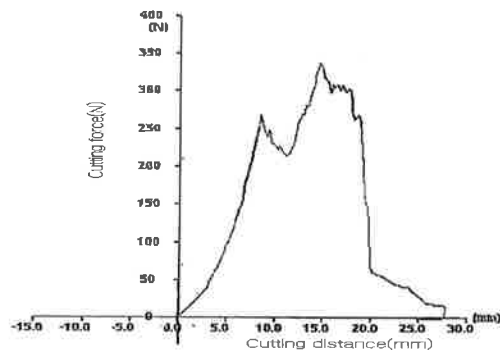


그림 5- 7. 절단거리와 절단력과의 관계.

제 3 절 배추수확 설계요인시험

1.1차 수확시험장치 제작 및 요인시험

가. 재료 및 방법

1) 1차 수확시험장치 설계제작

(가) 설계조건

수확시험장치는 배추수확기 개발에 앞서 최적의 수확메커니즘을 구명하기 위하여 트랙터 부착형으로 ① 수확시 손상을 최소화할 수 있을 것 ② 배추를 뽑아 이송하는 자세가 일정할 것 ③ 작업기의 직진성이 있을 것 ④ 각부의 속도 및 각도 등을 쉽게 가변할 수 있으며 조작성 용이하도록 시험장치를 구성하였다.

(나) 수확방식별 포장요인시험장치

(1) 구조 및 제원

1차 설계제작한 수확방식별 포장요인시험장치는 기초조사에서 얻어진 결과를 토대로 적정수확메커니즘을 구명하기 위하여 그림 5-8과 같이 트랙터 부착형으로 제작하였다. 좌우대칭의 연결고무돌기부착 이송벨트가 슬립이 일어나지 않도록 attachment chain에 연결고무돌기(높이 100, 피치 175mm, 재질 : 리나텍스, 고무경도 45~50)를 부착하여 배추크기별 적응성 및 배추손상을 줄이도록 하였고, 배추를 뽑아 이송하는 자세가 일정하게 되는 이송장치의 선정을 위해 연결고무돌기 부착각도가 이송방향에 직각인 돌기와 경사진 돌기(지면에 직각인 돌기)부착이송체인을 교환 부착토록 하였다. 인발력을 최소로 하여 효과적으로 수확하기 위하여 수확방식을 달리하였다. 포장요인시험장치에 적용한 수확방식은 표 5-13과 같이 ① 진동굴취날로 토양을 파쇄한후 연결고무돌기부착 이송장치로 뽑는 방법 ② 원판뿌리절단날로 지면을 스치듯 배추뿌리를 절단과 동시에 연결고무돌기부착 이송장치로 이송하는 방법 ③ 원판뿌리유도날로 배추의 뿌리를 유도하여 이송장치로 이송하는 3가지방법으로 교환이 가능한 착탈식 구조로 하였으며, 굴취 및 원판날의 전후길이가 조정되고, 원판날의 선단각도는 0~12°

로 조절이 가능하나 예비실험결과 6°로 하였다. 유압실린더와 미륵조정에 의해 상하 높이가 조절이 가능하며, 연결고무돌기부착 이송장치의 각도는 실내시험에서는 35°가 양호한 것으로 나타났으나 연결고무돌기부착 이송장치의 비작용영역감소 및 인발력 감소를 위한 수확보조장치와 연결고무돌기와의 간섭이 없도록 하기 위해 30°로 하여 시험장치를 설계 제작하였다.

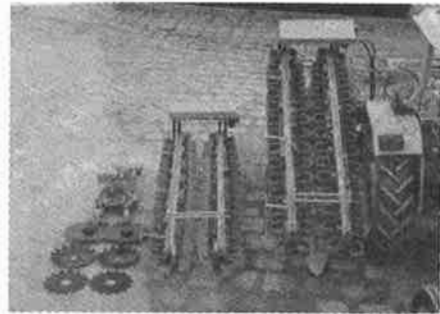
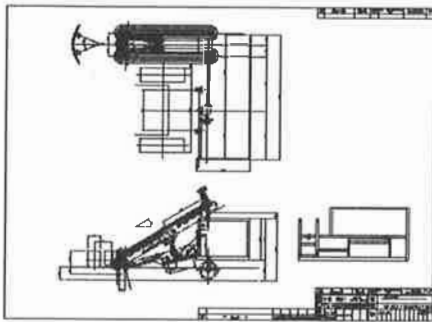
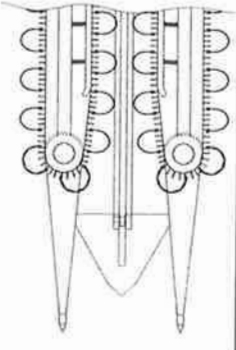
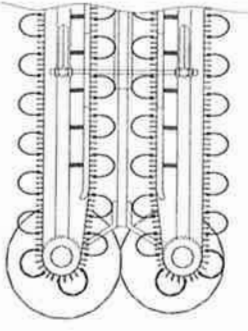
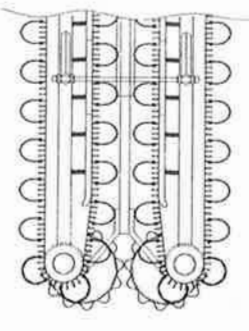


그림 5-8. 배추수확방식별 포장요인시험장치

표 5-13. 배추수확방식별 시험장치구조 및 제원

수확방식	진동굴취날+이송장치	원판뿌리절단날+이송장치	원판뿌리유도날+이송장치
구조			
제원	<ul style="list-style-type: none"> ○ 날 진동수: 360cpm ○ 날 진폭: 16mm ○ 굴취날 각도: 20° 내외 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 원판날 직경: Ø480mm ○ 절단방식: 좌우날 회전차 ○ 날회전수 조절: 0~220rpm ○ 날전후선단 각도조절: 6° 내외(최대°) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 원판유도날 직경: Ø420mm ○ 날회전수 조절: 0~220rpm ○ 유도돌기 치수: 높이 35mm 갯수 15개 ○ 날전후선단 각도조절: 6° 내외(최대12°)

시험장치의 적정설계를 위하여 이송장치의 경사각에 따른 주행속도와 이송장치의 연질고무돌기 선단속도와의 관계를 구명하기 위하여 이론분석을 하였다.

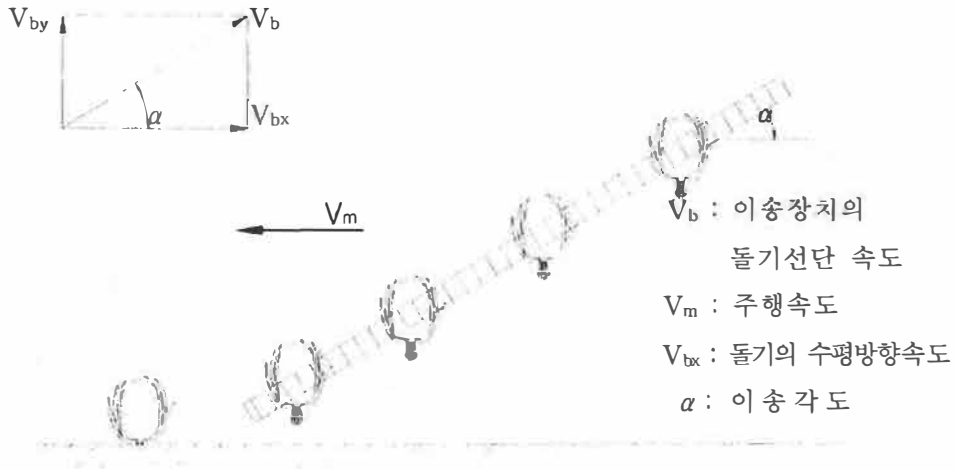


그림 5-9. 주행속도와 배추이송장치의 돌기 선단속도와의 관계

그림 5-9에서와 같이 이송장치의 경사각 α 가 주어지면 이송장치의 연질고무돌기의 수평방향속도 $V_{bx}(m/s)$ 및 수직방향의 속도 $V_{by}(m/s)$ 는 각각 다음의 식과 같이 된다.

$$V_{bx} = V_b \cos \alpha_a \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$V_{by} = V_b \sin \alpha_a \quad \dots \dots \dots (2)$$

여기서, α_a : 이송장치의 경사각(rad)

V_b : 이송장치의 돌기선단속도(m/sec)

여기서 이송장치의 연질고무돌기의 선단속도 V_b 는 (1)식에서 연질고무돌기의 슬립이 전혀 발생되지 않는다고 보고 돌기의 수평방향속도 V_{bx} 와 기계속도 V_m 을 동

일한 속도로 한다고 가정하면

$$V_b = \frac{V_{bx}}{\cos \alpha_a} = \frac{V_m}{\cos \alpha_a} \dots\dots\dots (3)$$

이 성립된다.

식(3)에서 이송장치의 경사각 α 를 30° 로 하면 주행속도가 0.2m/sec일 때 이송장치의 돌기선단속도는 0.231m/sec가 되고, 주행속도가 0.3m/sec일 때 돌기선단속도는 0.346m/sec가 되어 이론속도비는 1:1.15가 되며, 이송장치의 경사각 α 를 20° 로 하면 주행속도가 0.2m/sec일 때 돌기선단속도는 0.213m/sec, 주행속도 0.3m/sec일 때 돌기선단속도는 0.319m/sec가 되어 주행속도와 배추이송장치의 돌기선단속도의 이론속도비는 1:1.07정도인 것으로 나타났다.

(2) 동력전달 유압시스템

진동굴취날과 유압구동 동력은 트랙터의 PTO 동력을 이용하고, 연질고무돌기부착 이송체인과 원판 회전날 또는 원판 유도날의 구동, 굴취 및 인발부의 위치제어동력은 시험장치의 자체유압장치를 설치하여 유량조절밸브를 이용하여 각부의 속도 및 위치를 제어하도록 설계 제작하였다.

시험장치에 적용된 유압 및 유압전기 회로도는 그림 5-10에 나타냈으며 트랙터의 PTO동력을 증속하여 유압펌프를 구동하고 DC 12V용 솔레노이드밸브를 이용하여 3개의 유압모터와 2개의 유압실린더를 제어하되 시스템의 각 라인마다 유량제어밸브를 설치하여 각각의 속도를 제어할 수 있도록 하고 유압오일 탱크는 유압오일의 온도상승을 감안하여 120 l로 설계 제작하였다.

모든 유압을 구동하는 소요동력은 아래식에 의거 산출한 결과 13.151kw (9.799 ps)로 나타났다.

$$L_i = \frac{2\pi NT}{6,120}$$

여기서,

$$T = \frac{P \cdot Q_o}{2\pi} \cdot \frac{1}{\eta}$$

$$Q_o = \frac{43,000 \text{ cc/min}}{540 \times 3} = 26.543 \text{ cc/rev} = 0.0265 \text{ l/rev}$$

L_i : 소요동력(kW)

T : 입력축 토크(kg · m)

P : 펌프 토출측 최고압력 : 150kg/cm²

Q_o : 펌프 1회전당 이론토출량

N : 펌프회전수

η : 기계효율 : 80%

또한 시험장치의 운전조작을 용이하게 하기 위하여 유압조절레버를 자석부착식으로 제작하여 트랙터의 운전석 옆에 착탈이 가능하도록 하였으며, 시험자가 배추가 뽑혀지는 과정을 보면서 인발부와 굴취부의 위치를 유압조절레버를 작동하므로써 동시 또는 개별 위치제어가 가능하도록 설계 · 제작하였다.

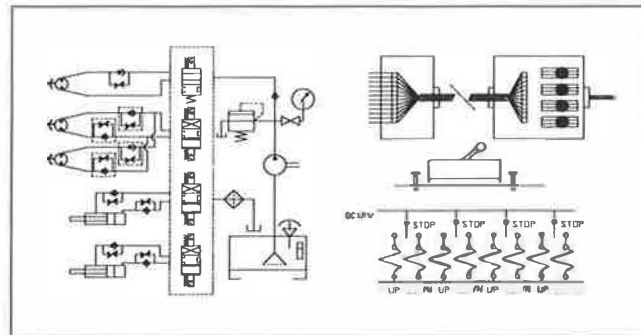


그림 5-10. 유압회로도 및 유압전기회로도

2) 공시포장 및 작물조건

수확방식별 포장요인시험을 실시한 공시포장조건은 표 5-1에서 기계작업이 용이하도록 조간 60cm, 주간 35cm 둥근두둑 1열 무피복재배한 우리연구소 입북동 시험포장으로 토양함수율 24.41%_{d.b}, 배추뿌리길이가 150~200mm정도임을 감안하여 15~

20cm 관입깊이에서의 토양경도 5.63~6.87kgf/cm²정도인 미사질식양토였다. 공시배추는 평균결구고 359mm, 결구폭 219mm, 결구무게 2.6kgf, 결구+외엽무게 3.9kgf, 외엽매수가 15매, 평균인발력 154N정도인 표 5-6의 셋노랑 배추를 공시재료로 하였다.

3) 시험방법

배추수확 요인시험은 셋노랑배추로서 기계수확이 용이하도록 조간 60cm, 주간 35cm 등근두둑 1열의 무피복재배한 농업기계화연구소 시험포장에서 연질고무돌기부착 이송체인 종류, 수확방식, 주행속도 및 연질고무돌기부착 이송체인 속도별 작동상태와 작업정도를 조사분석하였다. 작업정도는 연질고무돌기부착 이송체인 종류와 수확방식별 뽑기율과 앞손상정도에 관해서 처리당 50포기를 조사하였다. 배추수확 방식 중에서 원판회전날로 배추뿌리절단과 동시에 연질고무돌기부착 이송체인으로 뽑아이송하는 방식의 경우에는 뿌리절단정도의 기준으로 뿌리미절단은 재다듬기가 필요한 상태이고, 적절은 출하가능상태(남은 뿌리길이 5mm이내), 과절단은 외엽 뿐만 아니라 결구부까지 절단되어 손실이 큰 상태로 3단계 분류하여 조사하였다.

나. 결과 및 고찰

1) 연질고무돌기부착 이송장치 종류 및 수확방식별 작업정도

배추크기별 적응성 및 배추를 손상없이 수확하여 일정한자세로 이송하기 위한 적정수확방법 구명을 위하여 시험기준은 주행속도 0.3m/sec로 하고, 주행속도와 뽑기벨트 속도비는 1:1.5로 하였다. 배추이송장치는 실내요인시험에서 좌우대칭인 연질고무돌기부착 이송벨트가 슬립이 되는 것을 방지하고자 attachment chain에 연질고무돌기(높이 100mm, 피치 175mm)를 부착구조로 개선하였으며, 부착각도가 이송방향에 직각인 돌기와 경사진 돌기(지면에 직각인 돌기)부착형태의 2종류로 하고, 수확방식은 진동굴취날로 토양을 파쇄한 후 연질고무돌기부착 이송장치로 뽑는 방법, 원판뿌리절단날로 지면을 스치듯 배추뿌리를 절단과 동시에 연질고무돌기부착 이송장치로 이송하는 방법, 원판뿌리유도날로 배추뿌리를 유도하여 이송장치로 이송하는 3가지 방법으로 시험

한 결과 작업정도는 표 5-14와 같이 나타났다. 표에 나타난 바와 같이 연질고무돌기부착 각도가 이송방향에 직각돌기보다 이송방향에 경사진 돌기(지면에 수직인 돌기)부착 이송장치의 경우 뽑기율도 높고, 외염손상도 적은 것으로 나타났는데 이는 이송방향에 경사진돌기(지면에 수직)부착한 좌우대칭의 연질고무돌기가 포장에 수직으로 서있는 배추자세를 흐트리지 않고 험지하여 이송이 가능하기 때문인 것으로 판단되었다. 따라서 이송방향에 경사진 연질고무돌기부착 이송장치를 이용하여 수확방식별 뽑기율은 원판회전형 뿌리절단날+이송장치 100%, 진동굴취날+이송장치 88%, 원판뿌리유도날+이송장치 44%순으로 나타났다. 이것은 다른 방법에 비하여 원판회전형 뿌리절단날로 뿌리를 절단하여 인발력을 배추 자체무게로 최소화시킨 상태에서 좌우대칭의 연질고무돌기부착 이송장치로 험지하여 이송하기 때문인 것으로 판단되었다. 수확방식별 평균 손상엽수는 원판회전형 뿌리절단날+이송장치 4.1매, 진동굴취날+이송장치 4.9매, 원판 유도날+이송장치 6.7매 순으로 뽑기율이 가장 양호했던 원판회전형 뿌리절단날+이송장치의 수확방식이 엽손상이 비교적 적게 나타났으나 배추의 평균외염매수 10~15매인 것을 감안할 때 10매 이상의 과절단 비율은 6%로 다른방식에 비하여 3~4% 높게 나타났는데 이것은 등근두둑의 지면요철대응이 미흡한 원인으로 생각된다. 따라서 지면 추종장치를 보완하여 잎손상을 줄일 수 있다면 가장 적절한 수확방식이라고 판단된다.

표 5-14. 이송장치 종류 및 수확방식별 작업정도

이송장치 종류	수확방식	뽑기율(%)	외엽손상분포(%)			평균손상엽수 (매)
			1-5	6-9	10이상	
이송방향에 직각고무돌기	진동굴취날+이송장치	86	60	32	8	5.5
부착 이송체인	원판유도날+이송장치	32	32	62	6	6.3
	원판절단날+이송장치	74	8	76	16	8.4
이송방향에 경사고무돌기	진동굴취날+이송장치	88	85	12	3	4.9
부착 이송체인	원판유도날+이송장치	44	20	78	2	6.7
	원판절단날+이송장치	100	92	2	6	4.1

2) 주행속도 및 이송장치속도별 작업정도

주행속도와 이송장치속도와의 적정속도비를 알아보고자 앞에서 선정된 원판회전 날로 뿌리절단과 동시에 경사진 연질고무돌기부착 이송장치로 배추를 헐지하여 이송하는 방식으로 하고 주행속도 0.3m/sec, 0.4m/sec 2수준으로 하였으며, 이송장치의 속도를 0.46m/sec, 0.6m/sec의 2수준으로 하여 작업정도를 조사한 결과는 표 5-15와 같이 나타났다. 주행속도와 뽑기벨트의 이론속도비는 뽑기벨트경사각 30° 인 경우 1:1.2인 것으로 나타났으나 실제포장에서는 배추와 이송장치의 슬립으로 인하여 속도비가 1:1.5 정도인 주행속도 0.3m/sec, 이송장치속도 0.46m/sec에서 뽑기율 100%, 외엽손상 5매 미만 분포가 92%로 대체로 양호하였다. 그러나 뿌리절단 정도는 미절단 38%, 적절 54%, 과절단 8%로 지면요철에 따른 원판날에 의한 절단위치가 적절하지 않고 절단면이 깨끗하지 못하여 개선이 요구되었다.

표 5-15. 주행속도 및 이송장치속도별 작업정도

주행속도 (m/sec)	이송장치 속도 (m/sec)	주행속도와 이송장치 속도비	뽑기율 (%)	뿌리절단정도(%)			외업손상분포(%)			평균 손상엽 수(매)
				미절단	적 절	과절단	1~5	6~9	10이상	
0.3	0.46	1:1.5	100	38	54	8	92	2	6	4.1
0.3	0.60	1:2.0	98	44	46	10	74	16	10	4.7
0.4	0.60	1:1.5	84	88	12	-	78	22	-	4.2



그림 5-11. 배추수확시험광경 및 작업정도(수확방식 : 원판절단날 + 경사벨트)

2. 2차 수확시험장치 제작 및 요인시험

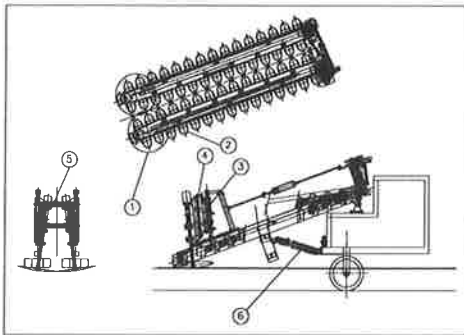
가. 재료 및 방법

1) 2차 수확시험장치 설계제작

배추수확시험장치의 구조는 그림 5-12와 같이 배추협지이송부, 뿌리절단부, 유압부 등으로 구성되어 있고 횡이송하여 컨테이너에 수집·반출하는 장치구성은 제외한 상태이다. 수확작업은 기초조사와 설계요인시험을 토대로 한쌍의 회전원판날의 좌우원판날 회전차에 의해 뿌리절단과 동시에 attachment chain에 반원형의 연결고무돌기를 이송방향에 경사지게 부착한 이송장치로 배추를 협지하여 이송하는 방법을 구명하였지만 배추수확부의 수확정밀도 향상이 요구되었다. 따라서 수확작업정밀도 향상을 위해

표 5-16과 같이 원판회전날과 협지이송장치 분리형구조를 일체형구조로 함에 따라 협지이송장치의 각도를 30° 에서 20° 로 줄였고, 연결고무돌기의 두께 및 높이를 달리하였으며, 뿌리절단용 원판날의 형상을 평판형날에서 볼록원판형날(곡률반경 700mm)로 하고, 날의 전후선단각도 및 측면각도를 0~12° 까지 조절가능하여 배추밀면 손상감소 및 날중첩에 의한 깨끗한 절단면이 되도록 하였다. 또한 배추크기별 적응성을 높이기 위해 협지이송장치 프레임 간격조절 및 수확부가 지면요철에 대응 가능하도록 상하작동되는 구조로 설계제작하였다.

한편 등근두둑에서 뿌리절단날이 지면요철에 대응하도록 뿌리절단날 밀면에 뿌리절단날의 회전과 무관하게 작동할 수 있도록 축에 베어링으로 연결된 지면추종륜 구조는 그림 5-12와 같이 착탈식 구조로 제작하였다.



1. 회전원판날
2. 연결고무경사벨트
3. 원판날 상하작동 스프링
4. 원판날 전후각도조절장치
5. 원판날 측방각도 및 배추협지폭 조절장치
6. 위치제어 유압실린더

그림 5-12. 2차 배추수확시험장치 구조

표 5-16. 2차 배추수확시험장치 제원.

구 분		형식 및 규격
형 식		트랙터부착용 1조식
기체크기(L×W×H)		3,100×2,800×1,550mm
배추협지 이송장치	형식	연질고무돌기부착 체인
	이송각도	20°
	러그높이×두께(mm)	80×6, 100×9.5
	러그피치(mm)	175
	배추협지폭조절(mm)	250~300(체인간격조절)
뿌리절단장치	형식	원판회전날식
	원판날직경(mm)	∅480
	곡률반경(mm)	700
	좌우날 회전차	1 : 1.2
	날회전수조절(rpm)	0 ~ 500
	날전후선단각도	0~12°
	날측면각도	0~12°
동력전달방식		유압구동식

2) 공시포장 및 작물조건

배추수확 포장적응성 검토를 실시한 공시포장은 표 5-1에 나타난 바와 같이 월동 배추와 봄노지배추 포장이었다. 월동배추는 전남해남의 농가포장으로서 평두둑 2줄 피복재배한 포장에서 기계작업이 가능하도록 비닐을 제거한 후 1줄만 배추를 남긴상태로서 평두둑의 두둑높이 10cm내외로 두둑면이 고르고 동계기간이므로 토양경도가 비교적 높은 양토포장이었으며, 봄노지배추 재배포장은 우리연구소 입북동시험포장으로 기계작업이 용이하도록 조간 60cm, 주간 35cm 둥근두둑 1줄 무피복재배한 미사질 식양토 포장이었다. 둥근두둑조성은 최초 두둑성형기를 이용하여 두둑폭 40cm, 두둑높이 20cm로 성형하였으나 강우, 관수 등으로 인하여 침하되어 수확시기에는 두둑높이가

13cm내외(11~14cm)로 두둑의 지면요철이 있었다. 공시배추는 표 5-8에서와 같이 월동배추인 동풍배추품종의 경우 겨울을 나기위해 배추를 끈으로 묶은 상태로서 결구고 356mm, 결구폭 220mm, 결구무게3.1kgf, 외엽은 마른상태로 8매정도였고, 봄노지배추인 내력배추품종은 결구고 259mm, 결구폭185mm, 결구무게 2.8kgf, 외엽매수 13매로 다른품종에 비해 결구고 및 폭이 상대적으로 적어 기계화에는 다소 미흡한 것으로 나타났다.

3) 시험방법

배추수확작업정도 향상을 위한 적정작업조건 구명을 위하여 배추품종, 배추협지이송장치의 연결고무돌기 두께 및 높이별, 주행속도 및 배추협지이송장치속도별, 등근두둑의 경우 뿌리절단원판날 밑면에 그림 5-14와 같이 지면추종류부착과 미부착상태에서 작업정도를 조사분석하였다. 작업정도는 뽑기율, 뿌리절단정도와 외엽손상정도에 대하여 시험전에 결구가 안된 배추는 미리 제거한 후에 처리당 50포기를 조사하였다. 뿌리절단정도의 기준으로 뿌리미절단은 뿌리가 길어 채다듬기가 필요한 상태이고, 출하가능상태중 남은 뿌리길이가 5mm이내, 5mm이상, 과절단은 외엽 뿐만 아니라 결구부까지 절단되어 손실이 큰상태로 4단계로 분류하였다. 외엽손상분포는 농가에서 관행수확작업시 일반적으로 제거하고 있는 5엽이내, 6~9엽, 결구부까지 절단되는 10엽이상으로 3단계로 분류하여 조사하였다.

나. 결과 및 고찰

1) 배추품종, 연결고무돌기부착 협지이송장치 종류, 주행 및 이송장치속도별 작업정도.

수확작업정도 향상을 위한 적정작업조건구명을 위하여 시험조건은 수확시험장치의 위치제어 유압레버를 조작하지 않고도 평탄지에서 뿌리절단용 원판회전날이 땅속으로 파고들지 않고 지면을 스치듯 지면요철에 대응이 가능한 날전후경사각 6° , 날 중첩에 의한 깨끗한 절단면이 되는 좌우날 측면경사각 8~12° 로 맞추고, 배추의 크기별 적응성을 고려하여 연결고무돌기부착 좌우협지이송장치의 체인간격

을 290mm로 하여 체인 텐션스프로킷의 장력이 아닌 연질고무돌기만으로 배추를 협지이송하도록 조정하였다.

연질고무돌기부착 협지이송장치는 수확방식별포장요인시험에서 선정된 연질고무돌기부착각도가 이송방향에 경사진 돌기(지면에 직각인 돌기)이면서 배추크기별 적용성 및 배추손상감소가 기대되는 이송장치 선정을 위해 연질고무돌기 높이 및 두께를 80×6mm, 100×9.5mm의 2종류로 하였다. 월동배추포장에서 연질고무돌기 높이와 두께가 80×6mm이송장치로 하고 주행속도 0.2m/sec, 0.3m/sec, 0.4m/sec의 3수준으로 하고, 이송장치의 속도는 주행속도에 비례하여 1:1.1, 1:1.5로 하여 시험한 결과 0.3m/sec까지 작업정도가 양호하게 나타났다. 따라서 이송장치종류별로 주행속도 0.3m/sec로 하고 이송장치의 속도를 0.33m/sec, 0.45m/sec로 하여 시험한 결과 표 5-17에서와 같이 연질고무돌기 높이×두께가 80×6mm인 경우가 100×9.5mm에 비해 뿌리절단시 과절단이 없고 외엽손상이 매우적게 나타났으며 주행속도와 이송장치 속도비는 1:1.5가 역시 양호한 것으로 나타났다. 이것은 월동배추의 경우 묽음배추로서 협지이송이 쉽고 평두둑이며 동계기간으로 지면이 고르고 단단한 상태에서 뿌리절단용 원판날이 지면을 스치듯 일정한 위치에서 뿌리절단과 동시에 연질고무돌기 두께가 얇은 이송장치의 경우 배추자세를 흐트리지 않고 협지이송이 가능하기 때문인 것으로 판단되었다. 그러나 동일한 이송장치와 주행속도, 이송장치속도를 가지고 둥근두둑 1줄 무피복재배한 봄노지배추포장에서는 볼록형의 뿌리절단용 원판날이 평판형 날보다는 덜하나 지면요철이 있는 둥근두둑에서는 땅속으로 파고들어가 지면요철대응이 미흡하여 운전자가 위치제어유압레바를 수시로 작동해야 하는 어려움이 있어 뽑기율은 높으나 뿌리절단정도가 미흡하고 결구부손상 비율도 4~6%로 나타났다. 한편 결구부손상요인에는 지면요철 뿐만 아니라 배추정식시 두둑중앙부에 심어진 경우는 영향이 적으나 두둑측방에 심어 배추자세가 기울어진 경우에는 그림 5-13과 같이 과절단 발생의 요인이 되므로 정식시는 두둑중앙에 심어질수 있도록 해야할 것으로 판단되었다.



두둑 측면 기운자세 배추수확 (손상)

두둑중앙 직립 배추수확 (정상)

그림 5-13. 배추 수확시 손상발생 원인

표 5-17. 배추품종, 연질고무돌기부착 협지이송장치종류별, 주행 및 협지이송장치속도별 수확작업정도

배추품종	연질고무돌기부착 이송장치종류(mm) (돌기높이×벨트두께)	주행 및 협지이송 장치속도(m/sec)		뽑기율 (%)	뿌리절단정도 (%)			외엽손상분포 (%)		
		주행	이송		5m/m 미만	5m/m 이상	과절단	1~5엽	6~9	10이상
동풍배추 (월동배추)	80×6	0.2	0.22	100	80	16	4	96	4	-
		0.2	0.3	100	88	12	-	100	-	-
		0.3	0.33	100	68	32	-	100	-	-
		0.3	0.45	100	72	28	-	100	-	-
		0.4	0.44	96	70	26	4	88	8	4
	0.4	0.60	100	72	24	4	96	-	4	
	100×9.5	0.3	0.33	96	32	52	16	72	12	16
내력배추 (봄노지)	80×6	0.3	0.33	100	60	30	10	90	4	6
		0.3	0.45	100	64	32	4	92	4	4

(주) ○ 원판회전날 : 날좌우경사각 8~12° , 전후경사각 6°

○ 협지이송장치의 체인간격 : 290mm

2) 뿌리절단원판날의 두둑요철지면 추종효과

등근두둑 1줄 무피복재배한 봄노지배추포장에서 지면요철대응이 가능할 것으로 예상되었던 날전후절단각도 6° , 곡률반경 700mm인 볼록형 뿌리절단회전원판날도 등근두둑높이 11~14cm의 지면요철이 있는 상태에서는 날끝이 땅속으로 파고들어 운전자가 위치제어 유압레버를 이용하여 작업기를 수시로 들어주어야 하는 번거로움이 발생되었다. 따라서 이를 줄이고 작업정밀도 향상을 위해 뿌리절단용 회전원판날 밑면에 지면추종륜부착 유무별로 시험조건은 앞서 구명된 주행속도 0.3m/sec, 연질고무돌기부착 협지이송장치속도 0.45m/sec로 하여 시험한 결과 표 5-18, 그림 5-14에 나타난 바와 같이 뿌리절단용 회전원판날만 이용한 것에 비해 뿌리절단용 회전원판날 밑면에 원판날 회전과 무관하여 두둑양쪽을 따라 진행하도록 지면추종륜을 부착했을 때 운전자가 별도로 위치제어유압레버를 작동시키지 않아도 두둑면을 따라 0.3m/sec의 주행속도로 진행이 되어 배추주간 30~40cm기준시 배추수확을 1~1.4초/주 속도로 연속작업이 가능하였다. 작업정도에 있어서도 지면추종륜을 부착한 경우 뿌리절단 정밀도 향상에 의한 결구손상 2%정도로 지면추종륜 부착효과가 있는 것으로 나타났다. 그림 5-19는 뿌리절단용 회전원판날 밑면에 지면추종륜을 부착했을 때 두둑면을 따라 일정한 위치에서 뿌리를 절단하는 광경을 보여주고 있다. 그러나 금후 실용화를 위해서는 기초연구결과를 토대로 뿌리절단과 동시에 연질고무돌기 부착 협지이송장치로 이송된 배추의 수집·반출을 포함한 통합시스템 구축과 포장성능확대시험을 실시하여 도출된 문제점의 개선보완이 필요할 것으로 판단된다.

표 5-18. 지면추종륜 부착유무별 수확작업정도.

지면추종륜 부착유무	주행 및 이송장치 속도(m/sec)		뽑기율 (%)	뿌리절단정도(%)			외엽손상분포(%)		
	주행	이송		5m/m 미만	5m/m 이상	과절단	1~5엽	6~9	10엽 이상
부착	0.3	0.45	100	72	24	4	90	8	2
미부착	0.3	0.45	100	62	34	4	92	4	4



그림 5-14. 지면요철 추종광경

제 4 절 배추 수집 반출 요인시험 및 정렬적재용 시스템 개발

1. 정렬적재용 수집 반출시스템 제작

가. 수집 반출 장치 구성 및 기능설정

개발 시스템은 크게 수확한 배추를 이송하는 배추 이송부, 이송배추를 적재하는 적재부, 적재한 팔레트를 배출하는 배출부 그리고 각 단위 장치를 원활하게 구동시키는 시스템 제어부의 4부분으로 구성하였다. 횡 이송장치의 크기는 2012mm×520mm×1630mm으로 118kgf, 적재장치의 크기는 1025mm×450mm×1187mm으로 82kgf, 배출 장치의 크기는 1150mm×600mm×100mm에 35kgf로 전체 시스템은 3940mm×520mm×1630mm의 크기와 235kgf의 중량을 갖고 있다.

각 부의 기능을 다음과 같이 설정하였다.

1) 수확장치(Pull-up Belt)에서 적재부로의 이송

- 배추의 이송자세 유지
- 수확장치로부터 팔레트 적재 반출시의 높이와 이송길이
- 이송에 의한 손상 최소화
- 이송부로부터 적재반출부로 배출시 손상을 최소화하는 배출속도 및 자세

2) 순차 적재 기능

- 무인 또는 1인 보조 작업에 의한 적재
- 팔레트내 적재를 위한 설정위치 선정 및 적재부 선단장치의 순차적 자동 구동
- 운전 이상 발생시 비상정지 및 수동 조작
- 적재시 배출부와 팔레트에 적재부와 팔레트내 적재 배추와의 높이 차에 의한 손상 최소화
- 반자동 적재
- 관행 작업에서의 인력적재와 동등한 적재능력

3) 적재 팔렛의 배출기능 및 빈 팔렛 설치 기능

- 트랙터 주행 중 배출 및 접이식 팔렛 설치

그림 5-15는 제작한 1차 시작기를 보여주며 그림 5-16은 제작한 시작기의 대략적인 구성도이다. 그림 5-17은 사용한 팔렛의 접혀진 상태와 편 상태를 보여준다.

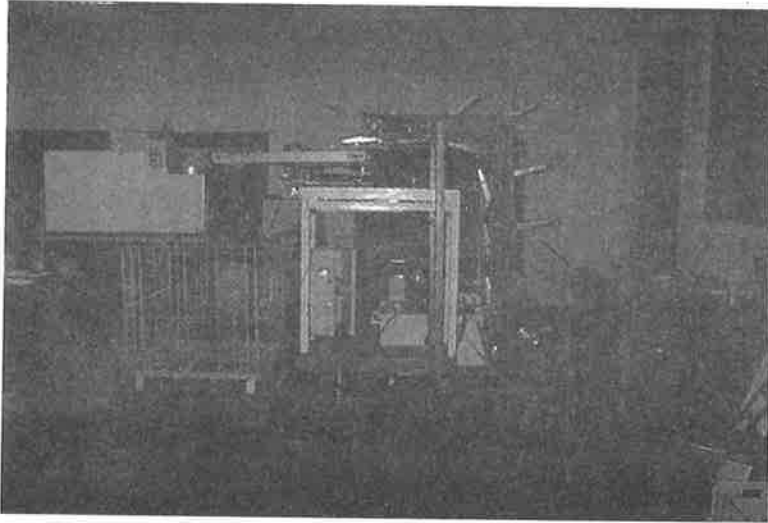
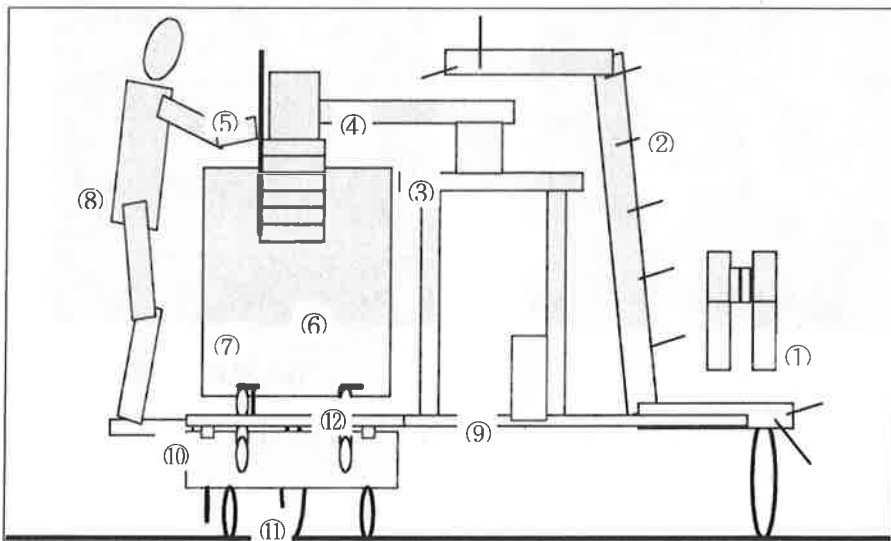


그림 5-15. 정렬 적재용 수집반출 시작 시스템.

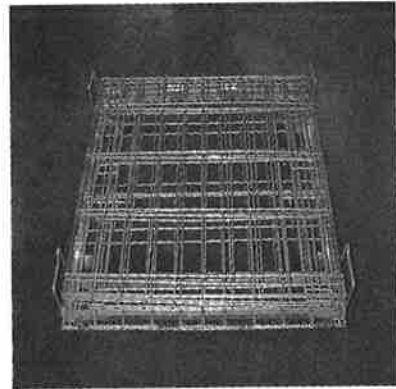


- ① 배추 뽑기 및 절단 이송장치
- ② 경사 이송 컨베이어
- ③ 적재 컨베이어 r- θ 위치 조절장치
- ④ 적재 이송 컨베이어
- ⑤ 소형 제어기 부착 손잡이
- ⑥ 수축/이완 벨로즈
- ⑦ 매쉬형 팔렛
- ⑧ 작업자
- ⑨ 시스템 주 제어기
- ⑩ 팔렛 고정장치 및 페달
- ⑪ 탈착형 팔렛배출장치
- ⑫ 팔렛 구름가이드

그림 5-16. 시작시스템의 전체적 개요 그림.



(a) 편 상태



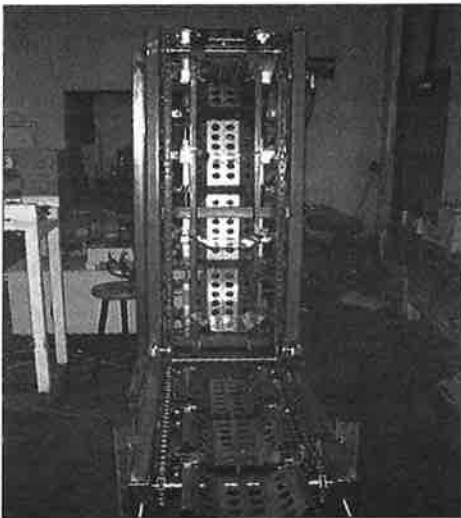
(b) 접은 상태

그림 5-17. 시작 시스템에 적용한 팔렛.

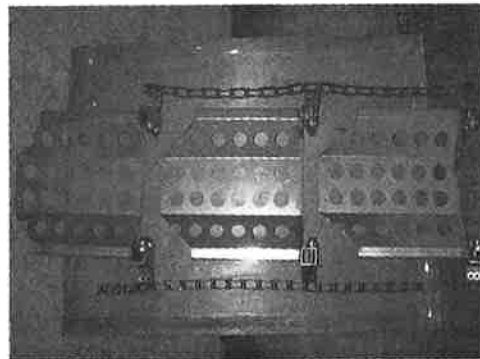
나. 이송 장치부

트랙터에 장착되어 배추를 수확하는 수확기의 수확물 배출구는 지면에서 500mm,

탑재된 대차로부터 600mm의 간격을 두고 제작되었다. 따라서 지면에서부터의 배출구 높이는 1100mm이나 실제로 자체높이가 1050mm의 팔렛이 대차 위에 놓이게 되면 수확물을 직접 팔렛에 적재할 수 없으므로 수확기와 적재기의 연계를 위해 이송장치를 필요로 한다. 전체 적재 시스템의 폭으로 인하여 이송장치는 거의 수직으로 수확물을 이송하도록 설계되어져야하고 원활한 동작을 위하여 각 부분은 단일 프레임으로 구성되도록 하였고 부분적인 장치의 기능에 있어서 수확물을 받아들이는 하단 수평 이송장치와 수직방향으로의 이송을 고려한 수직 이송장치 그리고 적재기로 배출하는 상단 수평 이송장치가 필요하다. 횡 이송장치(그림 5-18)는 하단 수평 이송장치와 수직 이송장치 그리고 상단 수평 이송장치로 구분되어 일체형으로 제작되었다. 그리고 횡 이송장치를 구동하는 유압모터는 분당 유량 15 ℓ/min의 50 cc/rev×300rpm를 사용하였다.



(a) 전체 모습



(b) 배추 받이판

그림 5-18. 횡 이송 컨베이어.

1) 하단 수평 이송장치

수평 이송 컨베이어장치는 수확기에서 수집되는 수확물의 크기와 수확기의 배출 장치 형태를 고려하여 설계하였으며 수확물을 수직 이송장치로 자세의 변형없이 이송하는 기능과 적재기에서 배추의 뿌리부분이 아래를 향할 수 있도록 수집되는 수확물의 안착 위치와 이송 방향을 제어할 수 있도록 하였으며, 수확물을 받치고 올라가는 배추 받이 플레이트가 컨베이어의 양끝에서 발생시킬 수 있는 다른 장치와의 간섭을 최소화하도록 제작하였다.

2) 수직 이송장치

수확물이 적재되는 팔렛의 높이가 수확기에서 배추가 배출되는 위치보다 높기 때문에 수평 이송만이 아닌 수직 이송이 필요하다. 수직 이송장치는 수확물을 직각에 가까운 85° 의 각도를 갖고 이송시키게 된다. 수평 이송장치와 수직 이송장치를 구분하여 각 부분을 개별 구동시킬 경우 장치가 복잡해지게 되므로 수직 이송 컨베이어는 하단 수평 이송 컨베이어 및 상단 수평 이송 컨베이어와 일체형으로 수확물의 손상을 최소화하는 구조로 설계되어야 하며 배추 받이는 연속으로 배출되는 수확물을 수집할 수 있도록 하였다. 배추 받이를 연결하는 체인이 수확물의 하중 등으로 처지는 것을 방지하기 위하여 수평 이송장치에서 수직 이송장치로 각이 전환되는 부분을 비롯한 구동 각이 변하는 위치마다, 텐션의 역할을 하는 한 쌍의 롤러를 부착하였다. 또 수확물의 하중에 의한 회전에 있어서의 체인 이탈과 고속 구동에 의한 스플라킷에서의 체인 이탈을 방지하기 위하여 레일을 설치하였다.

3) 상단 수평 이송장치

이송의 역할만 수행하는 수직 컨베이어에서 수확물을 직접 팔렛트에 적재할 경우 위치에 따른 순차 정렬 적재에 문제가 발생된다. 따라서 수직 이송 장치로부터 적재 컨베이어로 수확물을 이송시키는 상단 수평이송 장치가 필요하며 상단 수평 이송장치는 수직 이송장치로부터 이송된 배추의 자세와 위치가 전체 시스템의 진동이나 이송 장치 자체의 기구적인 문제로 인하여 변하지 않도록 설계 및 제작하였다.

다. 벨로우즈 장착 적재 장치부

벨로우즈를 장착한 적재 컨베이어 구동 방식은 팔렛의 전체 면적에 벨로우즈가 수확물을 일정한 자세와 원하는 방향으로 안착시킬 수 있도록 좌우 회전과 전후 직진을 자동으로 할 수 있게 하고 전자동 방식과 시스템의 이상 작동에 대비한 수동 방식의 두 가지 모드를 설정하여 작업의 효율을 높일 수 있게 하였다. 또 적재기의 배출구는 벨로우즈 형식을 채택하여 배추의 위치와 낙하 형태를 일정하도록 설계 제작하였다. 그림 5-19는 1차 시작기의 적재기와 팔렛 배출부의 모습이다.

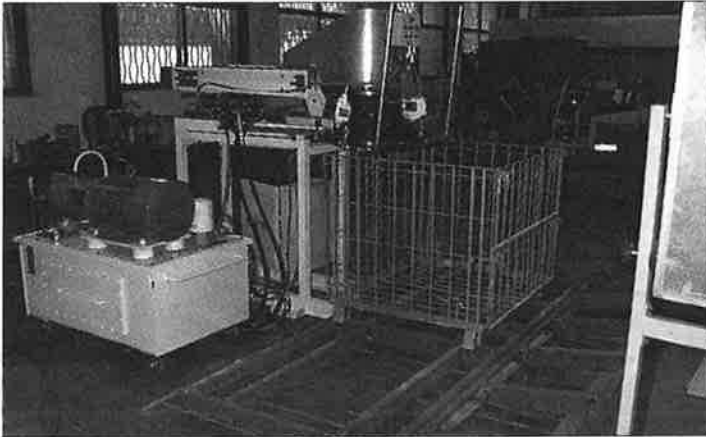


그림 5-19. 벨로우즈 장착 적재 시스템.

적재장치의 컨베이어(그림 5-20)는 수확물이 낙하하여 적재될 경우 한 곳으로 집중되어 적재되는 것을 방지하고 최 하단 배추의 충격 손상을 줄이기 위하여 적재 위치를 자동으로 변환시킬 수 있게 하였다. $25\phi \times 300\text{mm}$ 의 실린더를 제작하여 2중 슬라이드 구조로 제작한 직진장치(그림 5-21)는 하단 300mm, 상단 300mm를 움직일 수 있도록 하였고 $25\phi \times 150\text{mm}$ 의 실린더를 이용하여 좌, 우 회전을 할 수 있는 회전 장치(그림 5-22)는 좌측 15° , 우측 15° 를 움직여 총 30° 의 각을 회전할 수 있도록 제작하였다.

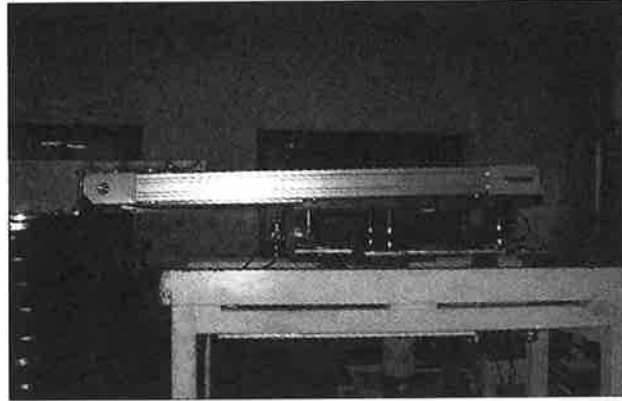
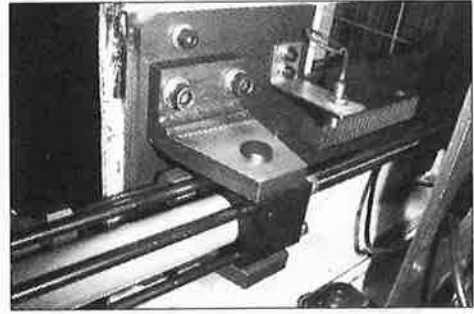


그림 5-20. 적재장치의 측면부.

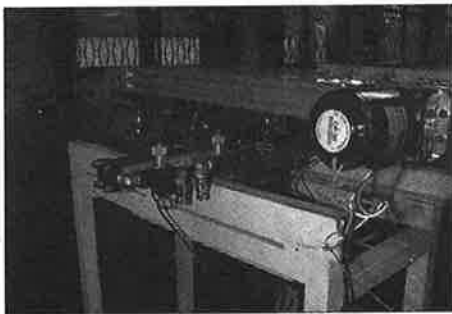


(a) 이중 직진장치

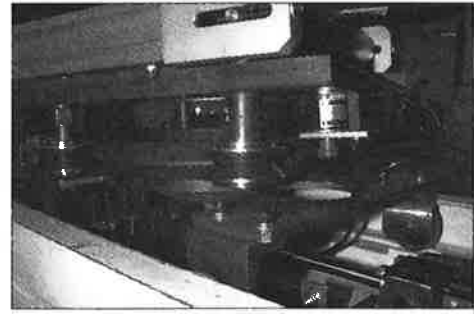


(b) 선형 실린더

그림 5-21. 적재 컨베이어의 전후진 구동장치.



(a) 컨베이어 회전용 실린더



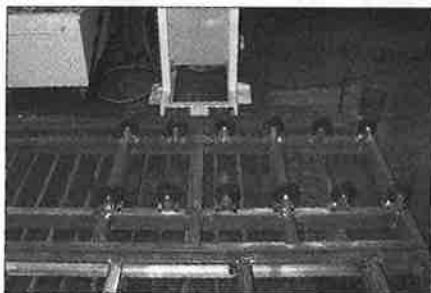
(b) 인코더 부착 디스크 가이드와 롤러

그림 5-22. 적재 컨베이어의 회전장치.

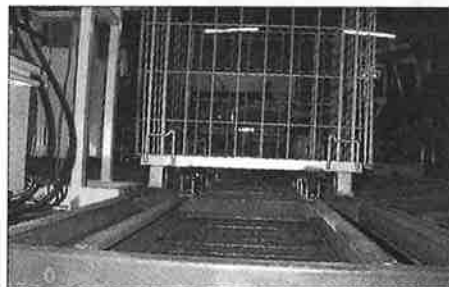
전, 후 직진장치와 좌, 우 회전장치는 엔코더의 신호에 의하여 작동되며 팔렛의 적재되는 한 면을 하나의 작업 평면으로 보았을 때 각 장치의 움직임은 직진 장치를 4단, 회전 장치 3단으로 하여 각 위치에 배추가 낙하하도록 하였고 낙하하는 배추의 자세를 유지하고 낙하 후 적재 형태를 조정하기 위해 벨로우즈를 설치하였다. 벨로우즈는 최대 1,300mm와 최소 250mm의 신축성과 안지름 300mm 바깥지름 340mm으로 제작되었으며 보조인력으로 벨로우즈의 신축을 위치에 따라 조절 할 수 있도록 850mm의 손잡이를 장착하였다.

라. 배출 장치부

적재되어진 팔렛의 배출은 작업자 1인이 밀어서 배출이 가능하도록 적재된 수확물의 하중에 따른 마찰력이 적어야 하므로 배출장치는 팔렛의 움직임이 용이하도록 캐스터를 부착하였다. 또한 트랙터에 장착되는 대차의 높이가 지면으로부터 500mm이므로 팔렛 배출시 팔렛의 한 면이 지면에 닿으면서 넘어지거나 기울임으로 인하여 적재된 수확물이 쏟아지지 않도록 완만한 경사를 주었고 이것은 노면의 상태에 따라 Hinge 부분으로부터 경사각이 스스로 조정되도록 설계하였으며 경사각이 조정되는 Hinge부분은 장, 탈착 형식으로 구성하여 배출 작업이 아닌 다른 작업을 할 경우 분리할 수 있게 하였다. 그림 5-23은 각각 팔렛이 놓이는 배출 장치와 팔렛이 놓인 상태에서의 배출장치를 보여준다.



(a) 캐스터



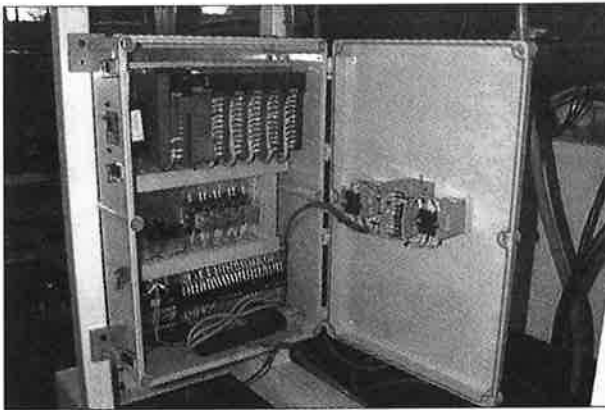
(b) 팔렛 가이드

그림 5-23. 팔렛 배출 장치.

마. 시스템 제어부

직진 컨베이어의 상시 구동을 제외한 횡 이송 컨베이어의 이송체인 회전을 위한 모터와 적재 컨베이어의 좌우 회전 및 전, 후진 직진 구동장치는 전기유압시스템으로서 유압모터와 유압 실린더를 사용하여 구동을 제어하도록 하였다. 실제 필드에서 작업을 하는 작업기의 조건을 고려하여 안정적이며 트랙터에 장착된 유압장치를 확장시켜 장착할 수 있도록 하였다. 유압모터를 구동시키는 전원은 트랙터가 작업 중이거나 공 회전 중에도 충전이 가능하므로 700W의 인버터를 사용하였다.

사용된 시퀀스 제어회로는 LG산전(주)의 MASTER-K50 프로그래머블 제어기를 이용하여 구현하였다. 시스템에 사용된 PLC는 내부에 CPU 메모리 유닛(1.5K)를 가지고 있으며 컴퓨터의 직렬포트에 접속하여 컴퓨터에서 작성한 시퀀스제어 프로그램을 로딩 받을 수 있다. PLC제어기는 MASTER-K50 PLC본체, 전원 공급부(AC 220V), 전원 변압부(DC 24V), 정류기, 외부릴레이 및 터미널로 구성된다. 그림 5-24는 제작된 주 PLC 제어기와 핸드 제어기를 보여준다.



(a) 주제어기



(b) 간이 조절장치

그림 5-24. 시스템 주 제어기와 간이형 조절장치.

프로그램 작성은 KGL for Windows 그래픽 소프트웨어를 사용하여 작성하였다. 프로그램은 레더와 니모닉 방식으로 작성 가능하며 작성된 프로그램은 컴퓨터의 직

렬 포트를 통해 PLC 메모리에 저장된다. 부록Ⅲ-1은 작성한 PLC프로그램의 접점 기호와 작용을 나타낸다.

트랙터 부착 배추 수확기용 자동수집, 적재, 배출 시스템의 작동은 크게 횡 이송 컨베이어를 구동하는데 사용되는 유압모터와 적재 컨베이어를 회전하고 직진시키는데 필요한 유압실린더 그리고 적재 컨베이어의 벨트를 상시 구동하는 전기모터로 구분된다. 적재 컨베이어의 각 구간별 회전각이나 전, 후진에서의 거리는 리미트 센서를 이용하여 작동시키며 각 작업에서의 릴레이에 의한 시퀀스 제어회로와 기능을 설명하면 다음과 같다.

시스템은 자동운전을 우선적으로 하며 적재 작업 상태에 따라서 임의로 수동운전을 할 수 있도록 하였다. 수동운전은 적재기에 부착된 소형 컨트롤러의 스위치로 동작이 된다. 부록Ⅲ-2는 래더 방식으로 작성된 PLC프로그램의 수동운전 시퀀스 회로도도를 보여주고 있다.

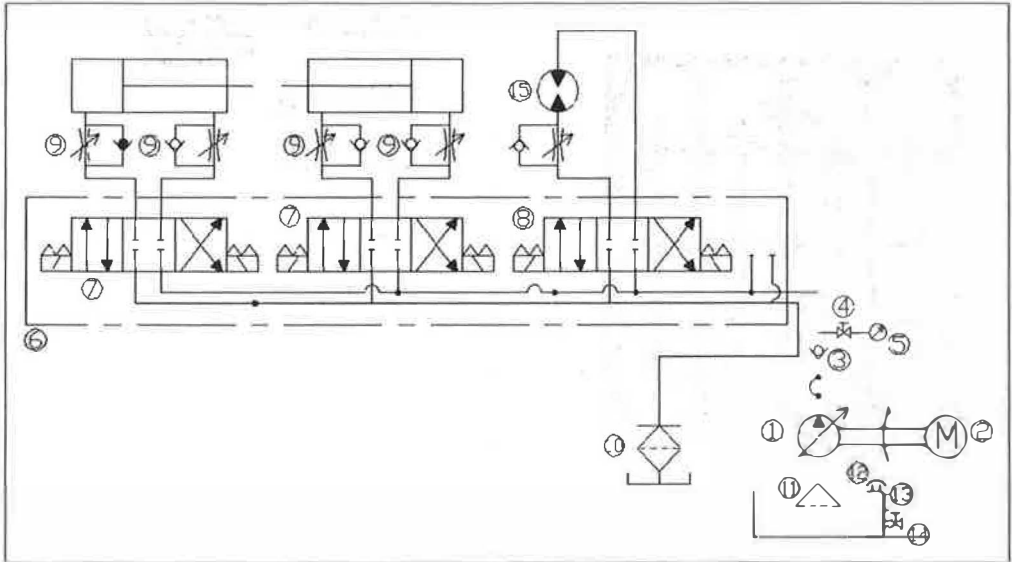
자동 운전제어는 주 제어기의 스위치가 ON상태가 되고 적재 컨베이어의 스위치가 ON이 되면서 적재기의 버튼 패널의 수동과 자동운전 중 자동운전 모드를 작업자가 선택하게되면 시스템이 준비 상태에 들어간다. 만약 적재컨베이어의 최초 위치가 원점에 있지 않을 경우 '원점복귀' 버튼을 사용하여 시스템이 작업을 할 수 있는 준비가 되도록 하면 된다. 부록Ⅲ-3은 작업초기화를 나타내는 래더 다이어그램이다.

적재기는 수확물을 낙하시키는 역할뿐만 아니라 낙하하는 위치를 자동으로 조절해야 한다. 따라서 팔렛의 폭과 길이 방향으로 적재 컨베이어는 배추가 낙하한 후 이동하여야 하므로 두 개의 실린더를 사용하여 전, 후의 직진과 좌우로 회전을 하도록 하였으며 내부 기억에 의해 저장된 펄스로 역 방향 운전을 순방향 운전에서와 동일한 회전각과 전, 후진 동작을 할 수 있도록 하였다. 회전각은 좌측 15°, 우측 15° 로 양방향 최대 30° 이며 각 방향의 회전각도 내에서의 움직임은 설치되어진 엔코더의 펄스를 카운트하여 조정이 가능하다. 전, 후 직진의 최대 길이는 2중 슬라이드 방식을 채택하여 하부와 상부 각각 250mm로 총 500mm의 거리를 움직일 수 있

으며 회전장치와 같이 엔코더의 펄스를 사용하여 최대 500mm 내에서 움직이는 간격을 조절할 수 있다. 팔렛 내에서의 단계별 회전각도와 전, 후 직진은 각 실린더의 구동부에 장치된 엔코더에서 발생하는 펄스를 이용하여 회전부는 1펄스에 1°, 직진부는 1펄스에 1mm씩 움직이도록 구성하였고 한 번 움직이는 실린더의 거리를 재설정할 수 있도록 하였다. 따라서 계절별 수확물의 크기에 따라 설정 조건을 변화시킬 수 있어서 작물 조건에 따른 구속을 받지 않도록 하였다. 부록Ⅲ-4는 자동운전에서 연속 작업을 위한 카운터 제어를 나타낸 것이며, 부록Ⅲ-5는 자동운전에서 실린더 구동을 래더 다이어그램으로 나타낸 것이다.

적재 컨베이어 초기 시작점에서 회전 실린더와 직진 실린더의 기능을 사용하여 순방향 적재를 하면 작업자 방향으로 적재기가 구동하게 된다. 작업자 쪽 모서리 면의 적재가 끝난 후 원점으로 돌아가 다시 적재작업을 시작하게 되면 작업 효율이 떨어지고 배추 이송의 시차 간격에 동기화가 어렵다. 따라서, 1단의 적재가 끝나면 진행되어진 순방향을 역으로 하여 적재를 하도록 구성하였다. 역 방향 적재는 실린더가 순방향과 같은 각도와 길이로 방향만 바꾸어 적재를 하는 것으로 PLC 제어는 부록Ⅲ-6로 이루어진다.

그림 5-25는 적재기 선단의 구동 작업순서도와 벨로즈를 이용한 작업 개념도를 보여준다. 기구부 장치의 구동원으로 그림 5-26의 유압시스템을 구성하였다. 설치되어진 유압시스템 회로구성은 그림 5-27과 같으며 그림 5-28은 유압시스템의 전기회로도이다.



1. Variable Piston Pump	V38A-3RX
2. Electric Motor	11KW-4P-220/380
3. Line Check Valve	1"
4. Stop Valve	¼"
5. Pressure Guage	Φ63 × 150kgf/cm ²
6. Manifold Block	03-4연
7. Solenoid Valve	WE43-GO3-C2-A200
8. Solenoid Valve	WE43-GO3-C2-A200
9. Throttle & Check Valve	HF600
10. Return Filter	1½"
11. Suction Filter	1¼"
12. Air Breather	중
13. Level Gauge	127
14. Drain Valve	½"
15. Oil Hydraulic Motor	2HP

그림 5-27. 유압시스템 장치 구성 및 회로도.

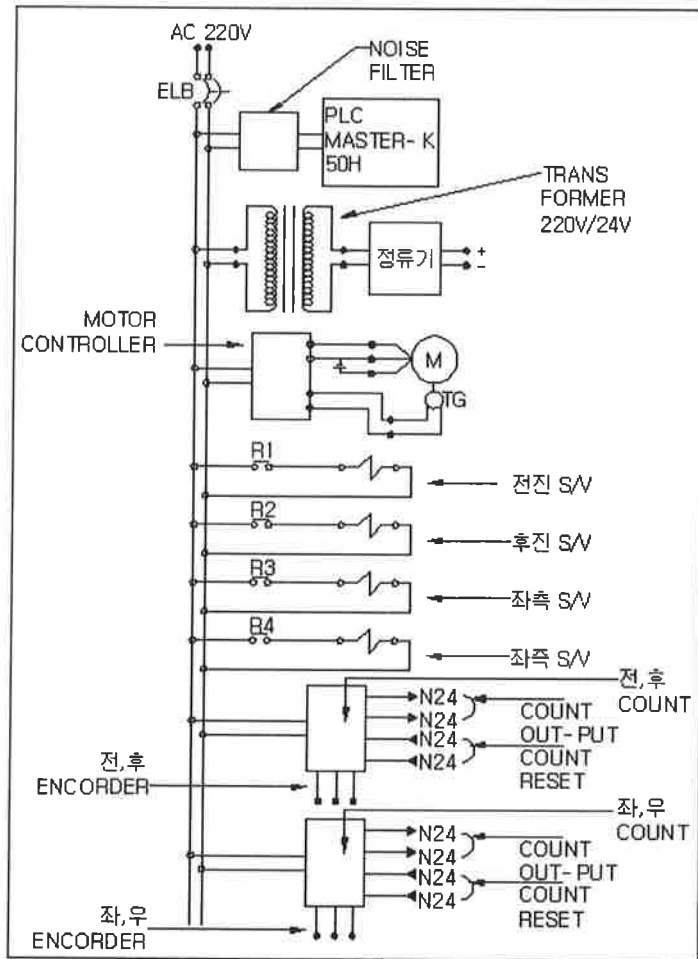


그림 5-28. 유압시스템 전기회로도.

2. 배추수집 반출 요인시험 및 경렬적재용 배추수집 반출시스템 성능시험

시스템의 성능 검증을 위해서 수확물의 손상시험과 트랙터에 장착하지 않은 상태에서의 시험과 트랙터에 장착하여 실제 노지에서의 작업시험을 수행하였다. 수확물의 손상시험은 자유 낙하로 인하여 발생할 수 있는 손상정도 시험과 팔렛 적재에서 생길 수 있는 높이별 손상정도를 시험하였다. 트랙터에 장착하지 않은 상태에서의 시험에서는 시스템의 각 부분 구동에 있어서의 기구별 성능을 시험하였고, 각 장치를 통과하면서 발생할 수 있는 마찰이나 간섭에 의한 손상정도를 측정하였다. 적재기 전체 시스템을 동시 구동하여 적재성능을 평가하였으며 수집, 이송, 적재, 반출기능을 시험하였다.

트랙터에 장착하여 수확기와 연계한 시험은 노지에서 수확기로부터 받아들여지는 수집장치의 평가 및 작업 진행 상황에서의 이송장치 평가와 반자동 방식의 적재기 성능 평가 및 평탄하지 못한 노면에서의 원활한 배출 기능에 관한 성능 평가를 수행하였다.

가. 수확물의 손상 시험

일반 공용 소비자도매 시장에서 판매되어지는 배추는 겉잎이 제거된 상태로 출하되어 실제 작업기의 성능 평가와 파손정도 시험에는 적합하지 않았다. 따라서 시험에서는 경기도 화성군 태안읍 안녕 4리에서 재배된 배추 10포기(겉잎 존재)와 가락동 농수산물 시장에서 판매되어지는 출하용 배추 10포기(겉잎 제거)를 사용하였다. 그림 5-29는 시험에 사용한 배추를 보여준다.



그림 5-29. 시험에 사용된 배추.

수확물의 손상은 품질의 차이를 결정하는 중요한 요소이다. 배추수확의 기계화 작업에 있어서 손상정도는 수확시 수확기의 절단 날에 의한 손상과 각 장치를 통해 이송되는 과정에서의 손상 그리고 장치와 장치로 옮겨질 때 발생하는 낙하시의 손상, 팔렛에 적재되면서 상부의 수확물 하중에 의한 압축손상 등으로 나누어진다. 이러한 손상은 대부분 걸잎에 가장 많은 손상이 가해지게 되는데 이미 수확 작업에서 절단 날의 충격이나 수확 후 횡 이송컨베이어로 이동시 수확물을 파지하는 고무 벨트에 의해 걸잎이 바깥쪽으로 젖혀지거나 찢개지는 손상이 발생되어진다. 그러나 공용시장에 출하되는 시점에서는 걸잎이 제거되므로 내부에 손상이 발생하지 않으면 크게 문제가 되지 않는다.

따라서 수확되어진 배추의 자유 낙하에 따른 걸잎에 발생하는 손상정도를 시험에서 측정된 손상정도는 수확물이 적재되어지는 팔렛과 노지를 기준으로 하였다. 노지를 기준으로 한 손상시험에서는 평탄한 노지위에 팔렛에 놓여지는 1mm 고무판 한 장을 깔고 실험하였다. 팔렛은 전체가 5 ϕ 내외의 선으로 되어있으며 첫 번째 단이 적재되어지는 최 하단은 1mm 고무판을 넣어 상단에 적재되는 수확물의 하중과 하단의 팔렛 선에 의한 손상을 최소화하도록 하였다.

표 5-19는 각각 수확물이 완충 장치 혹은 장애물이 없는 공간에서 자유 낙하될 때 그로 인하여 발생하는 높이별 손상정도(걸밋기준)와 수확물 적재시 높이에 따른 배추의 무게별 손상정도를 나타낸 것이다. 배추의 손상정도 측정 시험은 시각적 손상정도 측정과 무게 차이에 따른 손상정도 측정의 두 가지 방법으로 나누어 실험하였다.

일반적으로 관행작업에서 수확된 배추는 걸밋을 제거한 상태로 출하되거나 대단위 공용 도매시장에서 경매 후 걸밋의 제거 작업을 하게 된다. 따라서 시각적 손상정도 측정의 경우는 걸밋을 중심으로 하였으며 측정 기준은 명든 수준의 손상을 제외한 걸밋이 분리된 상태, 조직파손으로 잎이 꺾이는 상태, 찢어짐에 의한 누액현상 상태 등을 제거해야할 기준으로 하였다. 또한 무게 차이에 따른 손상정도 측정은 시험 전 무게와 실험 후 무게를 각각 비교하는 것으로 시험 후 무게 측정은 파손된 걸밋을 제거한 상태로 측정하였다.

나. 정렬적재용 배추수집 반출시스템의 적재성능

적재기를 이용한 수확물 적재 시험결과를 작업자가 직접 적재한 결과와 비교하였다. 인력에 의한 적재는 배추와 배추를 지그재그 형식으로 적재하지 않고 수확물의 바로 위에 적재시키는 층별 적재와 1단의 수확물이 적재되면 2단의 적재는 수확물과 수확물 사이에 적재하고 3단은 다시 1단과 같은 형태로 적재되는 지그재그 형식의 두 가지 방식을 시험하였다. 표 5-20과 5-21는 각각 관행 인력작업에 있어서 층별 적재와 지그재그 적재에 의한 적재량을 나타낸 것이다.

인력 적재의 경우 지그재그방식의 적재가 층별 적재보다 더 많이 적재할 수 있었다. 층별 적재의 경우 배추와 배추의 높이로 인하여 5단까지 적재가 가능하였으나 지그재그 적재의 경우는 골 사이로 적재가 가능하여 층별 적재보다 공극이 작아져서 6단까지 적재가 가능하였다. 그림 5-30는 지그재그형식으로 재된 배추의 사진이다.

표 5-19. 배추의 무게 및 자유낙하 높이에 따른 손상

(단위 kgf)

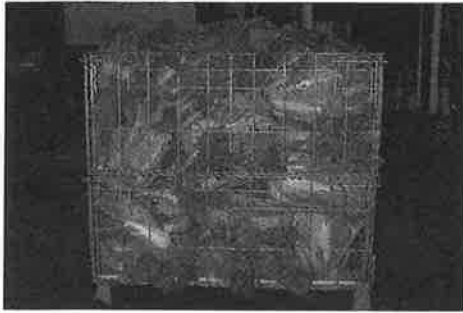
구 분		1300mm		1000mm		500mm	
		실험전	실험후	실험전	실험후	실험전	실험후
3~4kg	1회	3.45	2.9	3.5	3	3.5	3.5
			6장 제거		6장 제거		0장
	2회	3.5	2.9	3.3	2.8	3.35	3.2
			6장 제거		4장 제거		1장 제거
	3회	3.375	3	3.6	3.3	3.65	3.65
8장 제거			5장 제거		0장		
4회	3.1	2.9	3.1	2.75	3.25	3.075	
		4장 제거		6장 제거		4장 제거	
5회	3.35	3.15	3.2	2.75	3.4	3.2	
		6장 제거		5장 제거		4장 제거	
2.5~3kg	1회	2.93	2.89	2.83	2.70	2.975	2.955
			1장 제거		2장 제거		0장
	2회	2.625	2.475	3.0	2.96	2.825	2.810
			2장 제거		0장		0장
	3회	2.79	2.524	2.375	2.30	2.775	2.768
3장 제거			1장 제거		0장		
4회	2.925	2.925	3.0	2.975	2.31	2.30	
		6장 제거		1장 제거		0장	
5회	2.825	2.775	2.975	2.95	2.44	2.40	
		2장 제거		0장		0장	
3~3.5kg	1회	3.175	3.02	3.1	3.06	3.08	3.05
			4장 제거		0장		0장
	2회	3.36	3.02	3.09	3.07	3.325	3.320
			4장 제거		0장		0장
	3회	3.08	2.98	3.18	3.13	3.425	3.40
2장 제거			1장 제거		0장		
4회	3.475	3.30	3.33	3.328	3.37	3.35	
		4장 제거		0장		0장	
5회	3.080	2.88	3.26	3.22	3.11	3.11	
		4장 제거		0장		0장	

표 5-20. 수작업 층별 적재시 적재 배추 수량

구 분	관행작업의 인력 적재	
	적 재 개 수	
1단	10 개	
	자투리적재	2 개
2단	10 개	
	자투리적재	2 개
3단	9 개	
	자투리적재	1 개
4단	8 개	
	자투리적재	2 개
5단	9 개	
	자투리적재	1 개
6단	0 개	
합계	54 개	

표 5-21. 수작업에 의한 지그재그 적재시 적재 배추 수량

구 분	관행작업의 인력 적재	
	적 재 개 수	
1단	10 개	
	자투리적재	2 개
2단	8 개	
	자투리적재	3 개
3단	10 개	
	자투리적재	2 개
4단	8 개	
	자투리적재	2 개
5단	9 개	
	자투리적재	1 개
6단	(상단 자투리공간의 적재) 8개	
합계	63 개	



(a) 전면 모습



(b) 위에서 본 모습

그림 5-30. 수작업에 의한 지그재그 적재.

적재장치를 이용한 적재는 벨로우즈를 설치한 상태에서의 적재와 벨로우즈를 설치하지 않은 상태에서 적재시험을 수행하였다.

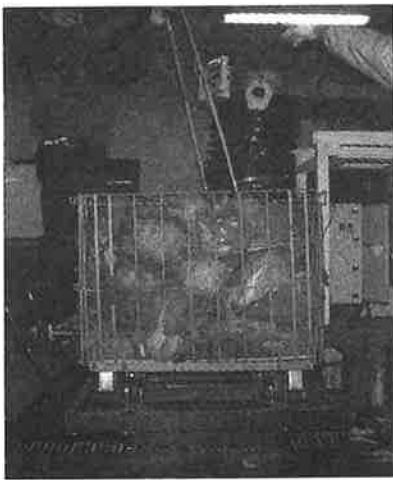
표 5-22와 5-23은 벨로우즈를 장착한 경우와 설치하지 않은 상태에서 적재한 성능 시험결과이다. 그림 5-31과 5-32은 벨로우즈를 이용한 적재작업 모습과 벨로우즈를 이용하지 않은 적재작업 모습 및 적재상태를 보여준다.

표 5-22. 벨로우즈를 이용한 자동적재(2~4kgf)

구분	적 재											
	1회		2회		3회		4회		5회		평균	
	개수	상태	개수	상태	개수	상태	개수	상태	개수	상태	개수	상태
1단	15	우수	14	우수	15	우수	12	양호	15	우수	14.2	우수
2단	12	양호	12	양호	11	양호	13	양호	11	양호	11.8	양호
3단	8	불량	7	불량	7	불량	6	불량	9	불량	7.4	불량
4단	7	불량	8	불량	7	불량	6	불량	6	불량	6.8	불량
5단	4	불량	3	불량	3	불량	4	불량	5	불량	3.8	불량
합계	46	불량	44	불량	43	불량	41	불량	46	불량	44	불량

표 5-23. 벨로우즈를 탈착한 상태에서의 자동적재(2~4kgf)

구분	적 재											
	1회		2회		3회		4회		5회		평균	
	개수	상태	개수	상태	개수	상태	개수	상태	개수	상태	개수	상태
1단	9	불량	13	양호	10	불량	10	불량	12	양호	10.8	양호
2단	10	불량	12	양호	14	우수	11	양호	10	양호	11.4	양호
3단	16	우수	12	양호	12	양호	15	우수	13	양호	13.6	양호
4단	12	양호	13	양호	13	양호	14	우수	13	양호	13	양호
5단	10	양호	11	양호	12	양호	12	양호	12	양호	11.4	양호
합계	57	양호	61	양호	61	양호	62	양호	60	양호	60.2	양호



(a) 벨로우즈 장착시 적재



(b) 적재된 모습

그림 5-31. 벨로우즈를 이용한 자동 적재.

적재기를 사용한 적재는 적재되어지는 형태에 있어서 인력에 의한 적재보다 균일

하지는 않았다. 주름 벨로우즈를 이용한 적재는 초기 첫 번째 단과 두 번째 단은 벨로우즈의 위치를 잡아주는 기능으로 인하여 인력에 의한 적재의 개수와 비교적 일치하였다. 그러나 단수가 높아지면서 작업자의 벨로우즈 조정이 어려워지고 벨로우즈를 통과하는 배추가 협소한 공간에서 벨로우즈 안에 걸리는 현상이 발생을 하였고 4단과 5단에 수확물을 적재할 수 없는 결과를 초래했다.



(a) 벨로우즈를 탈착한 상태에서 적재



(b) 위에서 본 적재상태

그림 5-32. 벨로우즈를 장착하지 않은 상태에서의 적재.

벨로우즈를 사용하지 않은 상태에서 구동되는 적재기의 회전과 직진만으로 자유낙하 방식의 적재는 초기 첫 단의 적재 형태와 적재 개수는 인력에 의한 적재와 벨로우즈를 사용한 적재에 비하여 현저히 떨어지나 자유낙하에 의한 배추의 진동과 구름작용에 의하여 자리를 찾아가는 현상을 보였다. 따라서 단이 높아질수록 인력에 의한 적재보다 공극이 작아져 적재 개수에 있어서는 적재율이 높았다.

또 일반 관행작업에서 이루어지는 적재작업과 적재장치를 이용한 적재성능 평가를 비교한 결과 벨로우즈를 장착하지 않은 상태에서의 적재 성능과 일반적인 지그재그 형식의 적재 성능에 큰 차이가 없었고, 다만 적재 장치를 이용한 적재의 경우 일반 인력 적재보다 외관상의 차이와 첫 번째 단의 적재의 경우 기존의 적재작업보다 수확물 손상에 있어서 차이를 보였다. 또 벨로우즈의 수축된 길이가 수확물의 적재를 방해하여 적재율이 저조한 것으로 분석되었다. 그러나 길이를 줄인 벨로우

즈를 사용하여 1, 2단의 적재시 자유 낙하적재로 인한 손상을 완화시키고 3단 이상의 적재에서는 벨로우즈를 작업부에서 이탈시켜 자유 낙하에 의한 불안정한 적재위치 확보기능을 보완하는 것이 바람직하였다. 그림 5-33은 적재기의 횡 이송 컨베이어와 적재 컨베이어의 구동에 의한 적재모습을 보여준다.

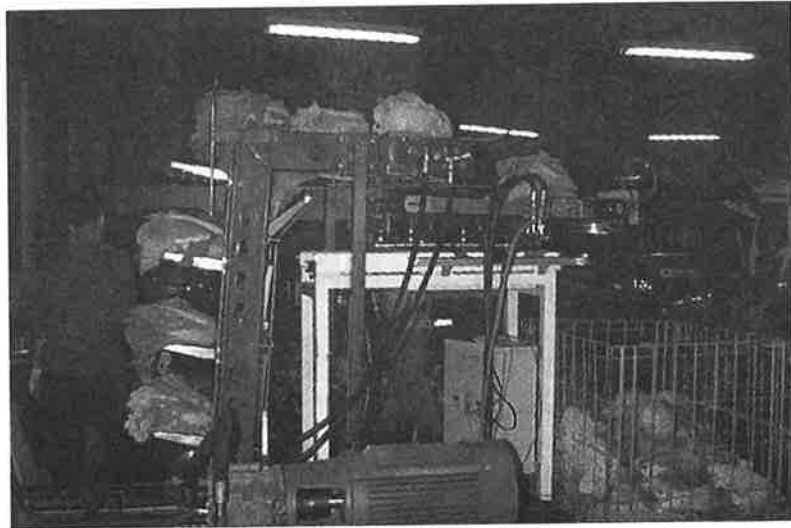


그림 5-33. 횡 이송장치와 적재 컨베이어를 이용한 수집 적재 작업.

다. 성능 평가

유압모터에 의하여 구동되는 횡 이송 컨베이어와 전기모터에 의하여 구동되는 적재 컨베이어의 속도는 표 5-24, 5-25와 같다.

표 5-24. 횡 이송 컨베이어의 이송 속도

횡 이송 컨베이어의 속도(전체길이 : 6650mm)									
단	5단	6단	7단	8단	9단	10단	11단	12단	13단
속도 m/s	0.185	0.214	0.234	0.260	0.282	0.306	0.340	0.360	0.385

표 5-25. 적재 컨베이어의 이송속도

적재 컨베이어의 속도(전체 길이: 1975mm)									
단	2단	3단	4단	5단	6단	7단	8단	9단	10단
속도 m/s	-	0.39	0.91	1.39	2.00	2.38	3.33	3.33	-

횡 이송 컨베이어의 속도는 횡 이송 장치만 구동할 경우 5단 ~ 12단까지의 속도가 가장 안정적이며 적재기를 포함한 적재기 전체 시스템의 구동에서는 8단 ~ 11단까지의 속도가 수확물이 이동로를 이탈하지 않고 장치 구성에 간섭을 받지 않으며 진행할 수 있는 최적의 속도로 나타났다.

적재 컨베이어를 구동하는 전기모터는 컨베이어 벨트의 특성으로 인하여 10단 이상에서는 슬립이 발생하였고 9단 이상의 속도에서는 수확물의 무게와 횡 이송장치에서 낙하하는 수확물로 인한 충격 그리고 수확물의 자세를 잡아주기 위한 가이드로 인하여 길이 410mm 지름 270mm이상의 수확물이 이송되는 경우 벨트의 슬립이 생기게 되고 자세 교정 가이드와 적재 컨베이어 벨트 사이에 수확물이 끼는 현상이 발생되기도 했다. 적재기만을 구동하였을 경우 3단~4단의 속도가 가장 적정하였으며 벨로우즈를 장착한 경우에 벨로우즈 프레임과의 충돌로 인한 손상이 가장 적은 것으로 나타났다. 그러나 횡 이송장치를 비롯한 적재 시스템 전체의 속도를 고려할 때 횡 이송 컨베이어에서 이송되어지는 수확물의 뿌리부분을 작업자 방향으로 향하도록 하기 위해서는 적재장치만을 구동시킬 때 보다 더 빠른 속도로 진행되어야만 한다. 벨로우즈를 장착한 경우 횡 이송장치와 연계된 속도는 4단 ~ 6단에 해당하는 속도가 최적이었으며 벨로우즈를 장치하지 않은 상황에서의 적재에서는 6단 ~ 7단의 속도가 가장 바람직하였다.

적재를 위한 이송장치인 횡 이송 컨베이어와 적재 컨베이어를 성능을 평가한 결과 수확물의 길이와 지름에 영향을 받는 것으로 나타났다. 이것은 첫 번째 횡 이송 컨베이어의 폭보다 적재 컨베이어의 폭이 좁고 둘째 횡 이송장치의 끝단에서 배

추 받이가 회전각으로 인해 수확물을 던지는 효과를 방지하기 위하여 설치된 가이드 때문이라는 결론을 내리게 되었다. 수확시 결구된 상태에서의 수확물을 적재하는 경우 그 영향은 더 커질 것으로 보인다.

표 5-26은 배추 크기에 의한 이송장치의 성능평가 결과를 보여준다. 수확물의 길이와 지름에 따른 이송장치의 성능은 A형의 경우 자세를 유지 시켜주는 가이드를 피해서 가는 작은 형상으로 이런 경우 뿌리 부분을 아래로 서서 진행을 하는 상태로 이송이 된다. 그러므로 횡 이송 장치에서 낙하시 튀어 오르며 이동경로가 아닌 외부로 낙하하는 경우가 생겼다. B형은 이동에 있어서 가장 이상적인 상태의 크기이며 C형은 좌우로 적재 컨베이어가 회전할 경우 회전각에 의해 좁아지기 때문에 좁아지는 폭보다 접지 면적이 넓어야 하는데 낙하하는 배추가 컨베이어 위에서 자세를 취하기 전에 이동경로를 이탈하는 경우가 생기기도 했다. D형의 경우에는 수확물의 크기가 매우 큰 상태로 자세를 유지 시켜주는 가이드와 적재 컨베이어의 사이에 끼게 되는 현상을 보이고 이것은 빠른 속도로 회전하는 컨베이어벨트를 정지시키는 결과를 초래하였다. 회전하지 못한 수확물은 회전되고 있는 배추 받이에 눌러 횡 이송 컨베이어까지 강제로 멈추게 하는 현상을 보이기도 했다. 따라서 배추 회전 방지용 가이드를 계절별 배추 크기에 위치와 형상을 조절할 수 있도록 보완하였다.

표 5-26. 횡 이송 컨베이어의 이송 성능평가

크기 \ 회수			진행 상태									
			가이드설치 전					가이드 설치 후				
			1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회
A	L	280mm 이하	서서 진행	서서 진행	외부 낙하	서서 진행	외부 낙하	양호	서서 진행	서서 진행	양호	양호
	D	220mm 이하										
B	L	280~380mm	양호	불량	불량	불량	불량	양호	양호	불량	양호	양호
	D	220~250mm										
C	L	380~410mm	양호	양호	외부 낙하	양호	불량	양호	양호	정지	양호	양호
	D	250~270mm										
D	L	410mm 이상	불량	정지	불량	양호	정지	외부 낙하	양호	정지	불량	불량
	D	270mm 이상										

라. 노지 성능시험

정렬 적재를 위한 1차 시작기는 트럭 운송 법규를 만족하도록 운송시에는 두 개 시스템으로 분리하여 운송하였고 노지작업시 재결합시키는 형태로 구축하였으나 포장의 불균일성으로 인하여 시작 시스템의 연결부 안정성이 크게 떨어져 작업성이 현저하게 감소되었다. 따라서 정렬 적재용 1차시작기의 수확기 장착 인터페이스는 일단 보류하였고 대형 트랙터를 대상으로 하여 설계 보완 및 단위 장치의 보완 작업을 수행하였다.

제 5 절 배추수확 통합시스템 구성 및 성능시험

1. 1차 배추수확 통합시스템 구성 및 성능시험

가. 1차 배추수확 통합시스템 구조 및 제원

1.2차년도 설계요인구명결과를 토대로 제작된 배추수확장치(배추뿌리절단·이송장치)와 수집·반출시스템의 통합시스템 구성은 각 장치간 동력전달, 작업의 연계성 등을 검토함으로써 문제점을 조기에 도출하여 개선보완 하고자 시작기 제작에 앞서 구성하였다.

통합시스템의 구조 및 제원은 그림 5-34 및 표 5-27과 같다. 통합시스템의 구성은 뿌리절단부, 이송부, 수집부, 상자에 수집된 배추를 기체 밖으로 미끄럼배출시키는 반출부, 유압식 동력전달부 등으로 구성되어 있다. 작동은 원판회전날로 뿌리절단과 동시에 연질고무돌기부착 협지이송장치로 협지이송하여 횡이송 컨베이어로 이송된 배추를 상자에 수집하고, 상자에 배추가 가득차면 푸트레버 작동으로 미끄럼 반출되도록 한 구조이다. 유압동력원은 PTO에서 취출하였고, 각 장치의 구동 및 위치제어동력은 그림 5-38과 같이 자체유압을 이용하였다.

1차 통합시스템을 구성 월동배추에 적용 작동시험결과 유압용량 부족 및 협지이송벨트와 횡이송 컨베이어 사이의 배추연계가 원활하지 못하여 개선하였고, 이어서 봄노지배추에 적용 시험결과 각부에서 미비점의 개선할 사항이 나타나 보완하였다. 따라서 통합장치구성에 따른 각부의 구조와 미비점 개선보완 사항을 상세히 설명하면 다음과 같다.

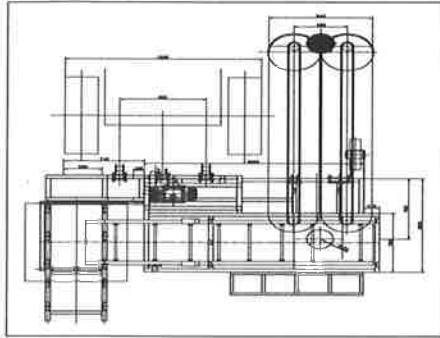


그림 5-34. 1차 배추수확 통합시스템의 구조

표 5-27. 1차 배추 수확 통합시스템 제원

구 분		형식 및 규격
형 식 기체크기(mm) 중량 (kg)		트랙터부착용 1조식 3,330×3,003×1,850 (접철사 3,330×2,510×1,850) 1,250
뿌리절단부	절단방식 원판날직경(mm) 곡률반경(mm) 날회전수조절(rpm) 날전후 및 측면 각도조절 지면추종방식	원판회전날식 Ø480→Ø440 700 0~500 0~12° 원판날 밑면 지면추종륜 부착(등근두둑)
협지이송부	이송방식 이송각도 러그높이×두께(mm) 러그피치(mm) 협지폭조절(mm)	연질고무돌기부착 체인식 20° 80×6 175 250~300
수집·반출부	횡이송방식 이송각도 벨트깊이×간격(mm) 수집방식 반출방식	러그벨트식 컨베이어 38° 120×350 상자수집 롤러 미끄럼 반출식
동력전달방식		유압구동식

1) 배추 수확부 (뿌리절단 · 이송)

배추크기, 두둑요철에 대한 적응성이 높고, 일정한 위치에서 뿌리를 절단하여 손상 없이 이송하기 위한 뿌리절단 · 이송부는 회전원판날로 뿌리절단과 동시에 attachment chain에 반원형의 연결고무돌기를 이송방향에 경사지게 부착한 이송장치로 배추를 협지하여 이송하는 구조로 그림 5-35와 같다. 뿌리절단용 원판날의 형상은 블록원판형날(곡률반경 700mm)로 하고, 날의 직경은 최초 480mm하였으나 봄노지배추적용 작동시험결과 배추가 두둑의 측면에 심겨진 경우 배추손상의 우려가 있어 이를 줄이기 위해 440mm로 직경을 줄였다. 날의 각도조절은 날이 땅속으로 파고들지 않고 일정위치에서 뿌리를 절단하도록 날의 전 · 후선단각도조절($0\sim 12^\circ$), 날의 중첩에 의한 깨끗한 절단면이 되도록 좌 · 우날의 측면각도조절($0\sim 12^\circ$)이 가능하도록 하였다. 뿌리절단정도 향상을 위해 등근두둑에서 뿌리절단날이 지면요철에 대응하도록 뿌리절단날 밑면에 뿌리절단날의 회전과 무관하게 작동할 수 있도록 축에 베어링으로 연결된 지면추종륜부착과 일체형 구조의 뿌리절단 · 이송부 상하작동용 유압 실린더상부에 탄발적으로 지지되도록 압축스프링을 설치하여 지면추종이 되도록 하였다. 원판회전날과 협지이송장치 분리형구조를 일체형구조로 함에 따라 협지 이송장치의 각도를 20° 로 하였고, 또한 배추크기별 적응성을 높이기 위해 협지이송장치 프레임의 간격을 250~300mm조절 가능한 구조로 제작하였다.

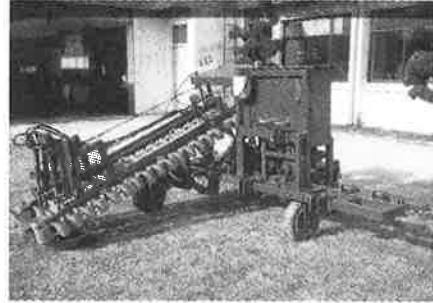
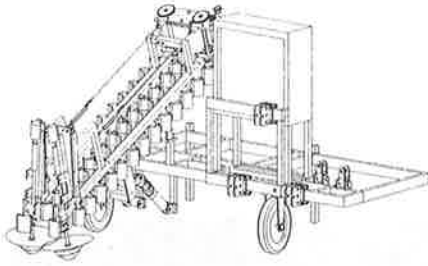


그림 5-35. 배추수확장치(뿌리절단 · 이송부)

2) 수집 · 반출부

수집 · 반출시스템은 배추수확장치에 의해 뿌리절단과 동시에 벨트로 협지이송하여 횡이송 컨베이어로 이송된 배추를 상자에 수집하고, 상자에 배추가 가득차면 푸트레버 작동으로 미끄럼 반출되도록 한 구조이다. 수집 · 반출시스템의 형식은 그림 5-36, 5-37과 같이 2형식이 있다. 팔렛 정렬적재용 배추수집 · 반출시스템은 그림 5-36과 같이 배추를 상자에 가지런하게 담기 위해 횡이송 체인컨베이어에 의해 이송된 배추를 정렬하여 적재가 되도록 PLC제어에 의해 순차적으로 벨로우즈(주름관)를 통해 상자에 적재되며, 상자에 가득 차면 배출토록된 시스템으로 중량이 300kg으로 무겁고, 가격이 고가로 중간 현장평가결과 경제성을 고려한 수집 · 반출시스템이 되도록 요구되었다. 따라서 경제성을 고려한 단순기능의 팔렛 비정렬적재용 배추수집 · 반출시스템은 그림 5-37과 같이 횡이송 러그벨트식 컨베이어에 의해 이송된 배추를 상자에 한사람의 보조작업자가 탑승하여 바로 적재하는 형식으로 하였다. 메시팔레트(1,050×880×930mm)에 적재높이를 고려하여 횡이송 컨베이어각도를 38°로 하고, 컨베이어 두께 450mm, 벨트깊이 및 간격은 100×350mm로 하였으나 월동배추적용 작동시험결과 협지이송벨트와 횡이송컨베이어 사이의 배추연계가 원활하지 못하여 컨베이어의 두께를 450→320mm, 벨트깊이를 100→150mm로 개선하였다. 개선하여 봄노지배추적용 작동시험결과 직경이 적은 배추의

경우 횡이송벨트의 홈에 끼어 상자에 배출이 안되는 경우가 발생되어 횡이송컨베이어의 벨트깊이를 150→120mm로 하였고, 상자(메시팔레트)에 가득찬 배추의 반출이 원활히 되도록 반출장치의 고무롤러부위 개선과 절접부위의 돌출체인을 낮게 개선하였다.

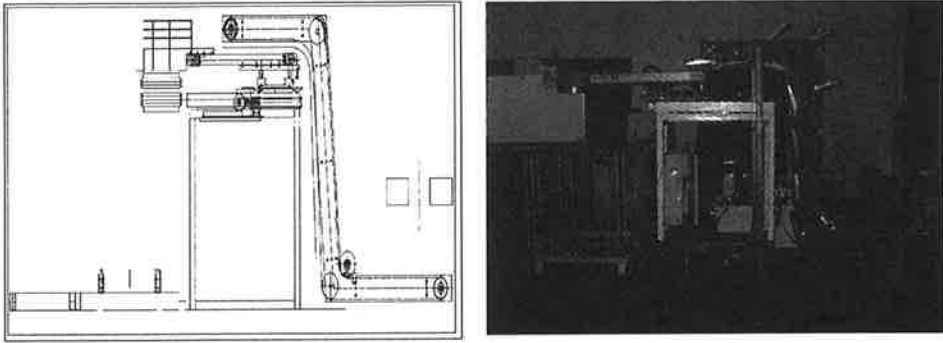


그림 5-36. 팔렛 정렬적재용 배추수집·반출장치

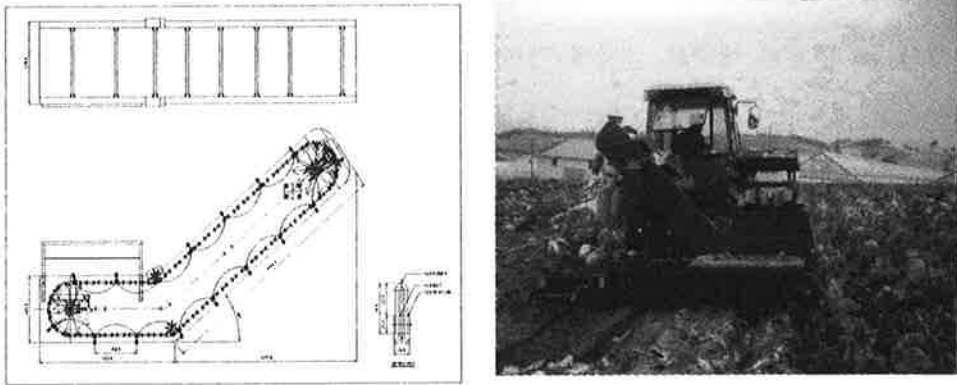


그림 5-37. 팔렛 비정렬 적재용 배추수집·반출장치

3) 동력전달부

동력전달장치의 유압구동동력은 PTO에서 취출하였고, 뿌리절단·이송부 및 수집·반출부의 구동, 뿌리절단·이송부의 위치제어 동력은 뿌리절단·이송장치에 자

체 유압장치를 설치하여 유량조절 밸브를 이용하여 각 부의 속도 및 위치를 제어하도록 설계제작하였다.

뿌리절단·이송장치와 수집·반출시스템의 각 장치간 동력전달을 고려하여 설계 제작된 동력전달유압시스템에 적용된 유압 및 유압전기 회로도는 그림 5-38에 나타내었다. 트랙터의 PTO동력을 증속하여 유압펌프를 구동하고 DC 12V용 솔레노이드밸브를 이용하여 좌·우 원판회전날(2), 연질고무돌기부착 협지이송부(1), 수집·반출시스템(1)을 구동하는 유압모터 4개와 뿌리절단·이송부의 위치제어용 유압실린더 1개를 제어하고, 유압 시스템의 각 라인마다 유량제어 밸브를 설치하여 각각의 속도를 제어할 수 있도록 하였다.

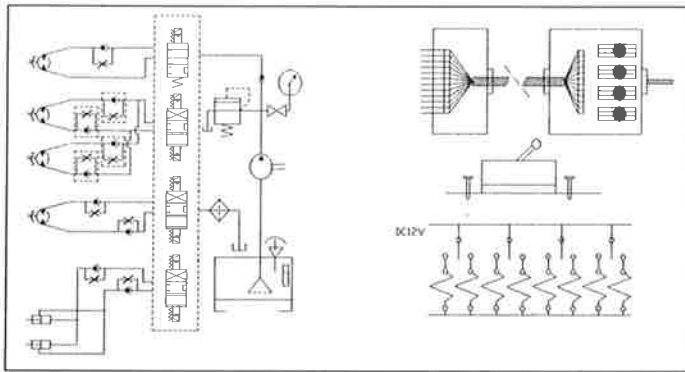


그림 5-38. 동력전달 유압 및 유압전기회로도

1차 통합시스템을 구성 월동배추에 적용 작동시험결과 통합장치 구성에 따른 유압용량 부족으로 각부의 원활한 작동이 되지 못하여 운전자가 유압레버를 수동조작시 배추의 손상이 발생하는 문제점이 발생되었다. 이는 당초 유압회로의 제어방식이 각부 개별제어를 위해 유량제어방식으로 하였으나 과부하 발생시 각부의 원활한 작동이 안되었다. 따라서 이를 개선하고자 설계요인구명결과를 토대로 각부를 일괄제어 함으로서 부하를 받아도 각부작동을 확실히 하고, 유압의 안정과 기구의

단순화(솔레노이드 4→2, 유량제어밸브제거)를 도모할 수 있도록 하기 위해 개선한 유압회로는 그림 5-39와 같다.

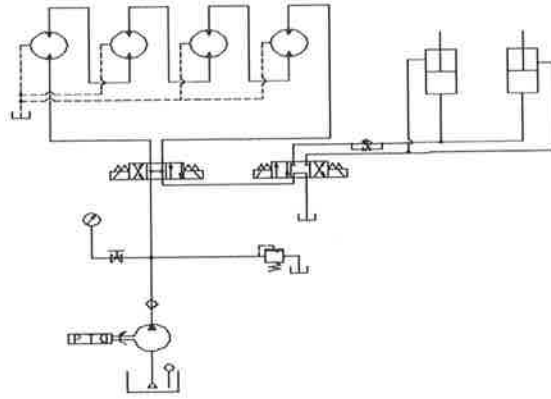


그림 5-39. 개선한 동력전달 유압회로도

나. 배추 수확성능시험

1) 봄노지배추 수확시험

공시포장은 원예연구소 구내포장으로 조간60cm, 주간35cm, 등근두둑 1줄 무피복 재배한 사양토 포장이었다. 공시배추는 셋노랑배추로서 평균결구고 307mm, 결구폭 173mm, 결구무게 1.43kg, 외엽매수 12.7매로 배추크기가 가을배추에 비해 작았다.

통합시스템구축에 따른 각부작동이 원활히 되도록 유압회로를 유량제어방식에서 설계요인 구명결과를 토대로 각부가 일괄제어 되는 압력제어방식으로 수정보완하여 유압안정 및 기구의 단순화를 꾀했고, 협지이송벨트와 횡이송 컨베이어 사이의 배추 연계가 원활하도록 컨베이어의 두께축소(450→320mm)와 횡이송시 굴러 떨어지는 배추가 없도록 벨트의 반원홈의 깊이를 100mm에서 150mm로 개선하여 봄노지 배추 수확시험을 실시하였다. 주행속도 0.20m/sec, 0.3m/sec로 하고 이송장치의 속도는 주행속도에 비례하여 1:1.5로 하여 시험한 결과 표 5-28에서와 같이 주행속도 0.2m/sec, 0.30m/sec에서 뽑기율 100%, 결구부손상 3%이내로 양호한 것으로 나타

났다. 한편, 월동배추적용 작동시험결과 나타난 문제점 해결을 위해 유압회로를 수정정보완한 결과 각부가 원활히 작동되었으며, 횡이송 컨베이어의 개선결과는 협지이송벨트와 횡이송 컨베이어 사이의 배추 연계는 원활하였으나 직경이 적은 배추의 경우 반원형의 횡이송벨트홈(150mm)에 끼어 메시팔레트로 배출이 안되는 경우가 발생되어 벨트홈 깊이를 120mm로 개선하였다. 봄노지배추 수확시험결과 나타난 미비점 보완사항으로는배추가 두둑측면에 심겨진 경우 원판회전날에 의해 배추손상이 발생될 우려가 있어 원판회전날의 직경축소검토가 필요하였고, 메시팔레트에 수집된 배추상자의 반출이 원활하도록 개선이 요구되었다.

표 5-28. 봄노지배추 수확작업정도

주행 및 이송장치 속도 (m/sec)		뽑기율 (%)	뿌리절단 정도 (%)			손상율 (%)	수 집 (포기/상자)
주행	이송		5mm 미만	5mm 이상	심절		
0.2	0.30	100	76	18	6	3	50~60
0.3	0.45	100	80	16	4	0	

2) 고랭지배추 수확시험

공시포장은 고랭지시험장 포장으로 조간 60cm, 주간 35cm, 등근두둑 1줄 피복과 무피복재배한 사양토 포장이었다. 공시배추는 고랭지 여름배추로서 평균결구고 270mm, 결구폭 145mm, 결구무게 1.5kg, 외엽매수 10매로 배추결구정도가 미흡하였다.

봄노지배추 수확시험결과 나타난 미비점 보완사항인 두둑측면에 심겨진 배추손상방지 우려가 있어 원판회전날직경을 축소(480→440mm)하였고, 메시팔레트에 수집된 배추상자의 반출이 원활하도록 반출용 고무롤러와 프레임 절접부위 돌출체인을 개선하였으며, 배추결구상태가 미흡하여 협지벨트간격을 250mm로 최대한 축소

하여 시험한 결과 결구폭 120mm이상된 배추는 모두 뿌리 절단과 동시에 벨트로 협지 이송하여 메시팔레트(50~60포기적재)에 담겨지고, 용기에 가득차면 푸트레버 작동으로 슬라이딩 배출이 잘 되었다. 비닐피복 유무별 시험결과 표 5-29와같이 비닐피복유무에 관계없이 0.3m/s 주행속도로 작업이 가능하였으며, 주행속도별 예비 시험결과 0.3~0.5m/s까지도 작업은 가능하였으나 작업상태, 보조자의 후처리작업 등을 고려하여 0.3m/s로 한 경우 작업능률은 2.5시간/10a인 것으로 나타났다. 한편, 기중연시광경을 지켜본 농업인의 의견으로 현재 수행하고있는 상자수집방법과 병행하여 농가보유하고 있는 농업용 운반차(세레스)에 수확기로 수확한 배추를 바로 담도록 하는 방법도 필요하다는 의견이 있었다.

표 5-29. 고랭지배추 수확시험

구분	주행속도 (m/sec)	작업능률(분/10a)				작업정도			비 고
		주행	선회	상자 교환	계	뽑기율 (%)	손상률 (%)	비닐감 감부	
무피복	0.3	91.7	26.1	29.5	147.3	100	3	-	o상자내 결구배추 수집개수:50~60개
피복	0.3					100	2	없음	

(주) o 뽑기벨트간격 : 250mm(배추결구상태가 미흡하여 최대한 간격축소)

o 원판날직경 축소 : 480→440mm(미수확 배추 손상감소 고려)

원판날 각도 : 전후경사 8° , 좌우경사 14°



그림 5-40. 배추 수확시험광경(상자수집형, 비닐피복 유무별)

2. 2차 배추수확 통합시스템 구성 및 성능시험

가. 2차 배추수확 통합시스템 구조 및 제원

운반차에 직접적재방식의 2차통합시스템의 구조 및 제원은 그림 5-41 및 표 5-30과 같다. 통합시스템의 구성은 뿌리절단부, 이송부, 횡이송하여 운반차에 배추를 직접 배출시키는 반출부, 유압식 동력전달부, 각부 작동레바 등으로 구성되어 있다. 작동은 원판회전날로 뿌리절단과 동시에 연결고무들기부착 협지이송장치로 협지이송하여 횡이송 컨베이어로 이송된 배추를 수확기의 측방 및 후방에 따라오는 운반차에 직접 반출되도록 한 구조이다. 운반차에 반출을 위해 횡이송 컨베이어의 측방·후방으로 90° 선회 및 상하로 최대 42° 까지 조절이 가능하도록 제작하였다. 유압동력원은 PTO에서 취출하였고, 각 장치의 구동 및 위치제어동력은 그림 5-43과 같이 자체유압을 이용하였다.

2차 통합시스템을 구성 월동배추에 적용시험결과 나타난 미비점 보완을 위해 협지이송벨트와 횡이송컨베이어 사이의 배추연계성을 높이고자 벨트의 개선 (리그높이 140mm, 각은 90°), 유도가이드 부착과 배추의 배출이 원활하도록 배출장치 길이조정(90cm→90~150cm)이 되며, 손상을 줄이고자 충격완화 및 안내겸용 보호카바를 부착하였다.

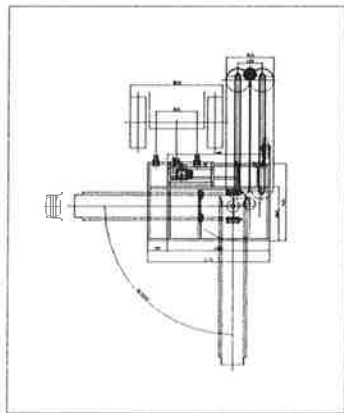
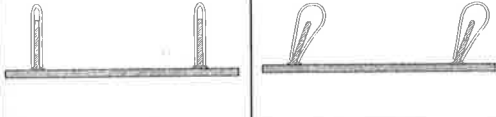


그림 5-41. 2차 배추수확 통합시스템의 구조

표 5-30. 2차 배추 수확 통합시스템 제원

구 분		형식 및 규격		
형 식 기체크기(mm) 중량 (kg)		트랙터부착용 1조식 3,500×2,385×2,652(접철시) 1,250		
뿌리절단부	절단방식 원판날직경(mm) 곡률반경(mm) 날회전수조절(rpm) 날전후 및 측면 각도조절 지면추종방식	원판회전날식 Ø440 700 0~500 0~12° 원판날 밀면 지면추종륜 부착(둥근두둑)		
	이송방식 이송각도 러그높이×두께(mm) 러그피치(mm) 협지폭조절(mm)	연질고무롤기부착 체인식 20° 80×6 175 250~300		
횡이송 컨베이어	이송방식 컨베이어 조절 선회각도 조절 상하 이송각도 조절	러그부착 벨트컨베이어 절접식(이동시), 최대 4,000mm(작업시) 90° (횡·후방선회) 최대 42° (한계이송각 38°)		
	벨트	벨트형상		
		메인벨트	크기(W×L) 재 질	400×8,000mm PVC벨트(3t)
		러그	러그높이×각도 러그폭×간격 재질	140×90° 250×350mm 프로파일+리나텍스 120×60° 250×350mm 프로파일+리나텍스
반출부	수집방식 반출방식	운반차 직접수집 안내가이드 반출식 (가이드 길이조절 : 90~150cm)		
동력전달방식		유압구동식		

1) 배추 수확부 (뿌리절단 · 이송)

배추 수확부는 1차 통합시스템 구성과 동일한 배추크기, 두둑요철에 대한 적응성이 높고, 일정한 위치에서 뿌리를 절단하여 손상없이 이송하기 위한 뿌리절단 · 이송부는 회전원판날로 뿌리절단과 동시에 attachment chain에 반원형의 연질고무돌기를 이송 방향에 경사지게 부착한 이송장치로 배추를 협지하여 이송하는 구조로 그림 5-35와 같다. 뿌리절단정도 향상을 위해 원판날의 형상은 볼록원판형날(곡률반경 700mm, 직경 440mm)이며,날의 각도조절은 전 · 후선단각도($0\sim 12^\circ$), 좌 · 우날의 측면각도($0\sim 12^\circ$) 조절이 가능하며, 등근두둑에서 뿌리절단날이 지면요철에 대응하도록 뿌리절단날 밑면에 뿌리절단날의 회전과 무관하게 작동할 수 있도록 축에 베어링으로 연결된 지면추종륜 부착과 일체형 구조의 뿌리절단 · 이송부 상하작동용 유압실린더 상부에 탄발적으로 지지되도록 압축스프링을 설치하여 지면추종이 되도록 하였다. 또한 배추크기별 적응성을 높이기 위해 협지이송장치 프레임의 간격을 250~300mm조절 가능한 구조로 제작하였다.

2) 횡이송컨베이어 및 반출부

뿌리절단과 동시에 협지이송하여 횡이송 컨베이어로 이송된 배추를 수확기의 측방 및 후방에 따라오는 운반차에 직접 반출되도록 하기 위해 횡이송 컨베이어의 측방 · 후방으로 90° 선회 및 상하로 최대 42° 까지 조절이 가능하도록 제작하였다. 또한 횡이송 컨베이어는 절첩식 구조로 이동중에는 컨베이어를 반으로 접어서 도로 주행이 가능하며, 작업시는 유압실린더 작동으로 4,000mm까지 펼쳐 작업이 가능토록 하였다. 횡이송 컨베이어로 이송된 배추를 운반차에 직접 배출하기 위하여 배출부는 배출안내가이드 길이를 90~150cm로 조절가능하며, 배출된 배추의 낙하시 걸림 손상을 줄이기 위해 벨트식 충격완화장치를 부착한 구조로 그림 5-42와 같다.



이동시 황이송컨베이어 접침



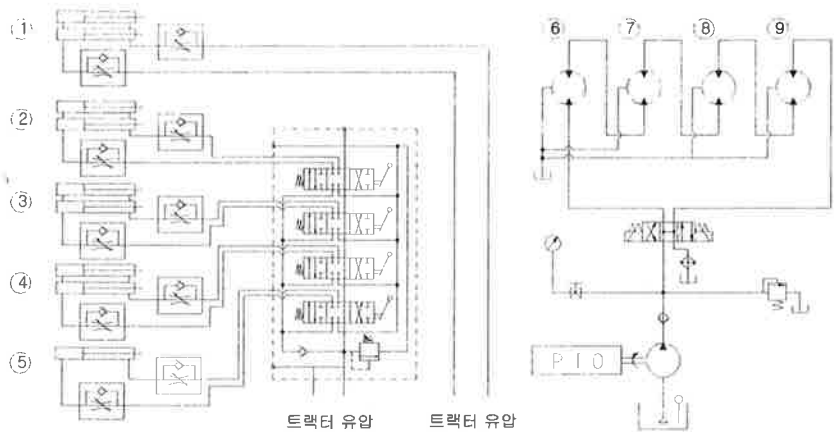
작업시 황이송컨베이어 펼침

그림 5-42. 배추 황이송 반출부

3) 동력전달부

동력전달장치의 유압구동동력은 PTO에서 취출하였고, 뿌리절단·이송부·황이송 컨베이어의 구동, 뿌리절단·이송부의 위치제어와 황이송 컨베이어의 위치제어, 컨베이어 접침, 벨트텐션을 위해 작업기에 자체 유압장치를 설치하여 유량조절 밸브를 이용하여 각 부의 속도 및 위치를 제어하도록 설계제작하였다.

뿌리절단·이송장치와 반출시스템의 각 장치간 동력전달을 고려하여 설계제작된 동력전달유압시스템에 적용된 유압회로도(그림 5-43)에 나타내었다. 트랙터의 PTO동력을 증속하여 유압펌프를 구동하고 DC 12V용 솔레노이드밸브를 이용하여 좌·우 원판회전날(2), 연질고무돌기부착 협지이송부(1), 황이송컨베이어(1)을 구동하는 유압모터 4개를 일괄제어하고, 작업중에는 사용하지 않고 정지한 상태에서만 사용하는 협지이송부의 인발각도조절(1), 황이송 컨베이어(벨트텐션 조절 1, 컨베이어 접침 1, 이송각도 및 회전 2)의 위치제어 동력은 트랙터의 자체유압을 이용하였다.



- | | | |
|---------------|----------|----------|
| ①인발각도 조절 | ②벨트텐션 조절 | ③컨베이어 접철 |
| ④컨베이어 이송각도 조절 | ⑤컨베이어 회전 | ⑥절단날 구동 |
| ⑦절단날 구동 | ⑧인발벨트 구동 | ⑨컨베이어 구동 |

그림 5-43. 동력전달 유압회로도

나. 배추 수확성능시험

공시포장은 전남해남의 월동배추 농가재배포장으로 평두둑 2줄 피복재배하여 시험을 위해 2줄중 1줄을 인력으로 제거하였다. 공시배추는 동백배추로서 평균결구고 393mm, 결구폭 233mm, 결구무게 3.0kg, 외엽매수 5.9매로 배추결구정도가 양호하였다. 회전원판날로 배추뿌리 절단한 배추를 연결고무돌기부착 벨트로 협지 이송하여 횡이송컨베이어에 의해 수확기의 측방 또는 후방에서 따라오는 운반차(세레스, 300~350포기)에 적재시키는 구조로 평두둑에서 작업을 위해 등근두둑재배에 사용하는 지면추종륜을 제거한 상태에서 주행속도별로 시험한 결과 0.2~0.3m/sec까지 작업이 가능하였으나 작업상태, 보조자의 후처리작업 등을 고려하여 0.3m/s로 한 경우 작업능률은 2.0시간/10a인 것으로 나타났다. 걸이이 마른 월동배추를 수확하였기 때문에 수확상태도 대체로 양호하였다. 실용화촉진을 위하여 계속 포장확대 시험을 통한 개선보완이 필요한 것으로 판단되었다.

표 5-31. 주행속도별 수확작업정도

주행속도 (m/sec)	뽑기벨트 속도(m/sec)	뽑기율 (%)	뿌리절단 정도	배추이송 연계성		운반차 수집상태 (개/대)	비 고
				측방향	후방향		
0.2	0.4	100	양호	○	△	300~350	○배추 배출시 손상발생
0.3	0.5	100	양호	○	△		

(주) 뽑기벨트간격 : 275mm, 배추 이송한계각도 : 38°

표 5-32. 배추 수확성능시험

주행속도 (m/sec)	작업능률(분/10a)			작업정도			비 고
	주행	선회	계	뽑기율 (%)	손상률 (%)	뿌리절 단정도	
0.3	91.7	26.1	117.8	100	2	양호	○운반차 수집개수 : 300~350개



그림 5-44. 배추 수확시험광경(운반차 수집형)

제 6 절 적 요

본 연구에서는 배추 수확 작업의 일관 기계화를 목적으로 국내의 영농 실정에 적합한 트랙터 부착용 배추 수확기를 개발하였다. 배추의 재배 양식, 관행 수확 및 수확후 처리 실태를 고려하여 기계화 수확체계를 설정하였으며 배추의 물성을 조사분석 하였다. 배추의 물성 값에 의거하여 배추수확장치 및 수집반출 장치의 기구부와 구동부에 대한 설계 제작을 수행하였다. 배추의 인발력을 최소화하고 수확 및 수집 반출시 생길 수 있는 배추의 손상을 최소화하기 위하여 핵심 기구장치의 주요 설계 인자를 도출하기 위하여 실내 및 포장시험을 실시하였다. 시험 결과를 토대로 배추의 뿌리절단, 이송, 수집 및 반출을 일관되게 작업할 수 있는 통합시스템을 제작하여 포장에서 성능시험을 실시하였다. 이들 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 작업의 일관기계화를 위한 배추의 재배 양식은 재배 전 공정의 작업연계성을 고려하여 선정하였다. 수확시 작업정밀도를 향상시킬 수 있고 수확된 배추와 미수확된 배추의 분리가 용이한 등근두둑 1줄 무피복 재배(조건 60mm, 두둑높이 20cm 이하)가 바람직하였다.

2. 수확작업을 위한 기계화 체계는 뿌리절단, 협지 벨트이송, 컨베이어 이송, 컨테이너 적재 및 반출공정으로 구성하였다. 세심한 작업을 요하는 정선작업(다듬기)과 포장작업은 실내 또는 이동식 패키징하우스에서 정치작업으로 수행하도록 하였다.

3. 배추의 물성조사를 위해 6개 품종을 선정하여 형상과 크기를 조사하였다. 배추를 잡아서 이송하는데 필요한 결구폭은 190~240mm, 결구높이는 260~360mm였으며, 외엽의 매수는 10~15매이었다. 수확시 결구부가 절단되지 않게 하기 위해서는 외엽부 밑면 요철부 깊이 16~25mm의 범위에서 일정한 위치로 뿌리와 외엽을 절

단하는 것이 바람직하였다. 배추 품종별 인발력은 92~214N정도였으며 배추 직경 대비 30%이내의 압축변형은 배추에 손상을 주지 않았다.

4. 배추수확 요인시험결과배추의 다양한 크기와 형상에 적응하면서 최소의 인발력으로 배추에 손상을 주지 않고 효과적으로 수확하기 위해 좌우 원판 날을 이용하여 배추의 뿌리를 절단하고 연질의 고무돌기를 경사지게 체인에 부착한 이송장치로 잡아서 일정한 자세로 이송하는 방식으로 하였다. 주행속도와 연질 고무돌기 부착체인 이송장치의 이론 속도비는 경사각 30° 인 경우 1:1.2, 20° 인 경우 1:1.1이었으나 실제 포장시험 결과는 1:1.5정도가 적합한 것으로 나타났는데 이는 슬립현상에 따른 것으로 판단되었다.

5. 뿌리절단용 회전원판날의 두둑요철지면 추종효과는 지면이 고른 평두둑에서는 불록형 뿌리절단 원판날만으로 지면추종이 가능하나 두둑면의 요철이 심한 둥근두둑에서는 뿌리절단 원판날이 땅속으로 파고 들어가는 현상이 발생되었다. 따라서 지면 상태에 따라 둥근 원판날의 절단위치를 조절할 수 있도록 회전 원판날 밑면에 지면 추종륜을 부착하였다. 두둑면의 요철이 심한 둥근 두둑에서의 지면 추종시험 결과 지면을 따라 성공적으로 추종하였으며 1~1.4초/주 속도로 연속작업이 가능하였다.

6. 배추를 컨테이너에 적재할 경우의 손상정도를 배추의 무게와 낙하높이 그리고 적재 단별로 나누어 측정하였다. 배추무게는 3kg이내, 낙하높이 1m이내 에서는 겉잎 손상이 적게 나타났으며, 50cm 정도의 낙하 높이는 배추의 무게에 상관없이 손상정도가 미흡하였다.

7. 배추 정렬 적재용 수집·반출시스템은 배추를 이송하는 이송부, 이송배추를 순차적으로 상자에 적재하는 적재부, 적재한 팔렛을 배출하는 배출부와 각부를 구동

하는 동력전달 및 시스템 제어부로 구성하였다. 이송부는 트랙터 부착시스템에서 허용하는 공간을 최대한으로 활용하기 위해서 배추 받이판을 체인에 부착한 급경사 체인 컨베이어로 구축하였다. 적재 이송컨베이어는 $r-\theta$ 방향으로 순차적으로 구동하여 배추의 적재위치를 바꾸면서 단별로 정렬적재가 가능하도록 하였다. 하단 적재시 배추의 자유낙하에 따른 손상을 최소화하기 위해 적재 이송컨베이어의 선단부에 벨로우즈를 장착하여 자유낙하에 의한 충격을 감소시켰다.

8. 설계 제작한 정렬 적재형 수집 반출장치의 수집 적재 성능시험 결과, 그물형 팔렛(1m x 1m x 1m)컨테이너의 적재가능 단수는 가지런하게 적재시 5단, 지그재그 적재시 6단으로 적재가 되었다. 벨로우즈 장착시와 탈착시의 적재성능 시험결과를 비교한 결과 벨로우즈를 장착한 경우 초기 적재정도는 양호하나 단수가 높아지면서 벨로우즈의 상하 조정이 곤란하여 적재효과가 저하되었다. 하지만, 벨로우즈 길이를 짧게하고 1~2단 적재시는 벨로우즈를 이용한 낙하적재로 배추의 충격손상을 줄이고 3단부터는 벨로우즈를 탈착하여 적재하여 배추의 손상을 최소화하고 적재량을 최대화할 수 있었다. 그러나 기능의 단순화를 통한 시스템의 소형화 및 비용절감 그리고 작업의 안전성을 고려하여 단순 낙하적재 기능을 갖는 비정렬형의 배추수집·반출시스템을 설계 제작하였다. 비정렬 적재용 배추 수집·반출시스템은 수확되어 이송된 배추를 보조 작업자가 탑승하여 처진 잎 제거 등의 간단한 정선작업을 거쳐 팔렛에 낙하되는 배추를 대략적으로 정렬 수집하고, 적재가 완료된 팔렛은 발판 레버 작동으로 팔렛 고정장치를 해제시킨 후 경사판에 부착한 톨리에 의해 반출하도록 하였다.

9. 배추의 수확, 수집·반출 통합시스템 구성은 배추의 뿌리절단과 동시에 연결 고무판 체인이송 장치로 이송하여 팔렛에 적재·반출할 수 있도록 구축하였다. 성능시험 결과에 의하면 작업상태, 보조자의 후처리작업을 고려하여 트랙터 운전속도를 0.3m/s로 해서 작업한 경우, 작업능률은 2.5시간/10a로 관행에 비해 3배 능률적

이였으며, 작업정도는 손상을 2~3%로 양호한 것으로 나타났다. 또한, 배추 수확기의 이용효율을 높이기 위해 뿌리절단과 동시에 이송된 배추를 곧바로 트럭에 적재하는 방식으로 통합시스템을 재구성하였다. 포장에서의 성능시험 결과 작업능률은 2.0시간/10a로 관행에 비해 3배 능률적이었고, 수확상태도 대체로 양호하였으나 실용화 촉진을 위해서 지속적인 포장적용시험이 필요한 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

1. 강수기, 박완수, 최태동 : 1997, 김치, 수지맞은 사업추진과 경영, 농민신문사.
2. 농촌진흥청 : 1998, 채소·절화, '99새해.
3. 농업기계화 연구소 : 1997, 원예농업의 기계화기술과제와 발전방향, '97심포지엄 발표문.
4. 농촌진흥청 : 1998, 작목별 작업단계별 노동력 투하시간, pp.27-30.
5. 농림부 : 1999, '98 채소생산실적.
6. 박운문, 이승구 : 1997, 원예생산물 저장, 수확 후 관리기술의 실제, 농민신문사.
7. 송춘중 외 5인 : 1993, 채소수확 후 기계화 유형개발, 농촌진흥청 연구보고서.
8. 이징구 : 1994, 알고 싶은 유압(실제편, 응용편, 기초편), 기전연구소.
9. 정창주 : 1992, 농작업 기계의 분석과 설계, 서울대학교 출판부.
10. 조영환 외 6인 : 1995, 무·배추 경쟁력 있는 기술과 경영, 농민신문사.
11. 주경노 외 3인 : 1998, 원예작물 기계화를 위한 재배양식 표준화연구, 농촌진흥청 대형과제 연구보고서
12. 한국농업기계협동조합 : 1998, 농업기계연감.
13. 한국농업기계학회 편 : 1998, 농업기계핸드북, 문운당.
14. 홍종태 외 4인 : 1997, 배추수확기 개발, 농업기계화시험연구보고서, pp.199-218.
15. B. A. Stout, F. W. Bakker-Arkema, S. K. Ries : 1966, Developing a mechanical Cabbage Harvester, Transaction of the ASAE, 9(6), pp.860-861.
16. B. L. Harriott, K. K. Barnes : 1964, Mechanical Selection of Crisphead Lettuce for Harvest, Transaction of the ASAE, 7(3), pp.195-196.
17. D. H. Lenker : 1983, Factors Limiting the Harvest Mechanization of some Major Vegetable Crops in U.S.A, ASAE Publication 5-84, pp.29-33.
18. D. H. Lenker, P. A. Adrian : 1980, Field Model of a X-Ray System for

- Selecting Mature Heads of Crisphead Lettuce, Transaction of the ASAE, 23(1), pp.14-19.
19. D. H. Lenker, P. A. Adrian, G. W. French, M. Zahara : 1973, Selective Mechanical Lettuce Harvesting System, Transaction of the ASAE, 16(6), p.858-861, pp.866.
 20. H. P. Smith, L. H. Wilkes : 1978, Farm Machinery and Equipment, 6th ed. Mc Graw Hill Book Co. pp.180-219.
 21. P. A. Adrian, M. Zahara, D. H. Lenker, W. B. Goddard, G. W. French : 1973, A Comparative Study of Selectors for Maturity of Crisphead Lettuce, Transaction of the ASAE, 16(3), pp.253-257.
 22. R. A. Kepner, Roy Bainer, E. L. Barger : 1978, Principles of Farm Machinery, AVI Publishing Co. pp.493-504.
 23. R. E. Garrett, W. K. Tallay : 1970, Use of Gamma Ray Transmission in Selecting Lettuce for Harvest, Transaction of the ASAE, 13(6), pp.820-823.
 24. 愛知農総試基礎研究部農業機械研究室 : 1979, キャベツ栽培の機械化試験収穫調製機械化試験, 昭和53年度農業機械開発改良試験研究打合せ会議資料No.4, 野菜・特作関係成績概要, 農業機械化研究所, pp.45-46.
 25. 江奇春雄 : 1986, 穀類収穫機, 株式会社イセブ発行, pp.177-234.
 26. 今園支和, 我妻幸雄, 矢治幸夫, 雁野勝宣, 1979, 根菜類の収穫機構に関する研究, 日本農事試験場研究報告, 29, pp.95-130.
 27. 後藤美明, 山本健司, 金光幹雄 : 1976, キャベツ収穫の機械化に関する研究, 日本農業機械学会誌, 38(2), pp.286-287.
 28. 古谷 正 : 1978, 根菜の引抜力に関する研究(第1報) -引抜力測定法-, 日本農業機械学会誌, 40(1), pp.47-52.
 29. 古谷 正 : 1978, 根菜の引抜力に関する研究(第2報) -土壌の引抜抵抗力-, 日本農業機械学会誌, 40(2), pp.195-200.

30. 古谷 正 : 1979, 根菜の引抜力に関する研究(第4報) -根菜の引抜抵抗力を支配する要因の解析-, 日本農業機械学会誌, 41(1), pp.61-67.
31. 市戸万丈, 人江道男 : 1979, ハクサイ収穫作業機械化のための基礎的研究, 中国農業試験場報告 A 第26号, pp.51-66.
32. 金光幹雄, 山本健司, 芸野保徳, 後藤美明, 鈴木光雄 : 1993, ハクサイ収穫機の開発研究(第1報), 日本農業機械学会誌, 55(5), pp.133-140.
33. 金光幹雄, 山本健司, 芸野保徳, 後藤美明, 鈴木光雄 : 1993, ハクサイ収穫機の開発研究(第2報), 日本農業機械学会誌, 55(6), pp.121-128.
34. 金光幹雄, 山本健司, 芸野保徳 : 1993, ハクサイ収穫機の高ち制御について, 第52回農業機械学会年次大会講演要旨, pp.258-260.
35. 金光幹雄, 山本健司, 芸野保徳, 金子一也, 村田公夫 : 1994, ハクサイ収穫機の開発研究(第3報), 日本農業機械学会誌, 56(2), pp.127-133.
36. 金光幹雄, 山本健司 : 1994, ハクサイ収穫機の開発研究, 日本農業機械化 研究所 研究報告, 第28号, pp.1-51.
37. 金光幹雄 : 1996, レタス収穫機構の研究, 第55回農業機械学会年次大会講演要旨, pp.80-90.
38. 金光幹雄, 藤岡 修 : 1999, 野菜作用機械, 機械化農業, 6月号, pp.173-175.
39. 海外における農業機械・施設の有意製品(No.2) : 1976, 農業機械化研究所, pp.69.
40. 海外における農業機械・施設の有意製品(No.4) : 1977, 農業機械化研究所, pp.78-80.
41. 日本農業機械学会 : 1991, 革新技術による農業機械化システム, 調査報告, No.1, pp.181-187.
42. 日本農業機械学会 : 1993, 革新技術による農業機械化システム, 調査報告, No.8, pp.79-92.
43. 日本農業機械学会編 : 1996, 生物生産機械ハンドブック, ユロナ社.
44. 西里明彦 他 5名 : 1996, 葉茎菜類の機械収穫, 第55回農業機械学会年次大会講演要旨, pp.87-88.
45. 農林水産技術会議事務局研究結果131 : 1980, 野菜・畑作物の生産流通技術に関する総合研究, 農林水産技術会議事務局, pp.43-63.
46. 小川茂男 : 1996, 省力機器による野菜生産技術, 農耕と園芸編集部.
47. 大塚実治, 杉本光穂, 村上則幸 : 1996, 露地野菜汎用収穫機の試作, 第55回農業機

- 械学会年次大会講演要旨, pp.91-92.
48. 紫田洋一, 後藤美明, 正尻 勉, 田坂幸平, 雁野勝宣 : 1987, レタス収穫機 の試作, 第46回農機学会年次大会講演要旨, pp.87.
 49. 王木哲夫 : 1994, 葉茎菜類収穫機の開発(特集), 機械化農業, 10月号, pp.14-16.
 50. 唐橋 需, 井上喬郎, 沢村宣志 : 1976, 結球野菜収穫に関する研究, 日本農業機械学会誌, 38(2), pp.284.
 51. 唐橋 需 他 3名 : 1977, 結球野菜収穫機の開発研究, -収穫機構の開発-, 日本農業機械学会誌, 39(2), pp.163-170.
 52. 唐橋 需, 井上喬二郎, 沢村宣志 : 1981, 結球野菜収穫機の開発研究, 農事試験場報告 33, pp.19-56.
 53. 唐橋 需, 伊藤茂昭 : 1983, 結球野菜収穫機の開発研究, 日本農業機械学会誌, 45(1), pp.71-77.
 54. 中国農試作物部機械化研究室 : 1988, 域内市場に向けての高収益出荷技術の開発, -適熟野菜の収穫技術開発-, 農業研究センター, pp.112.
 55. 山本健司 : 1986, 結球葉菜類収穫の開発研究, 昭和60年度研究報告会資料, 農業機械化研究所, pp.53-76.
 56. 山本健司 : 1997, キャベツ収穫機, 日本農業機械学会誌, 59(3), pp.147-149.
 57. 野菜試験場栽培部機械化栽培研究室 : 1978, 葉菜収穫作業技術の改良に関する試験, 昭和52年度農業機械総括検討会議成績概要集, 農事試験場, pp.97.
 58. 山下勝男 : 1976, キャベツ収穫の機械化に関する研究 (第1報), 滋賀県農業試験場報告第18号, pp.17-27.
 59. 山下勝男 : 1976, キャベツ収穫の機械化に関する研究, 日本農業機械学会誌, 38(2), pp.286-287.
 60. 山下勝男 : 1977, キャベツ収穫の機械化に関する研究 (第3報), 滋賀県農業試験場報告第19号, pp.54-58.
 61. 行技 豪 : 1981, 結球野菜の選択収穫 (1) -選択収穫機の試作-, 第40回農機学会年次大会講演要旨, pp.185.

제 6 장 배추 운반적재기개발

SUMMARY

Chinese cabbage(C-cabbage) is one of the most important vegetables in Korea. Most C-cabbage production processes were based on arduous human labor. A comprehensive research for substituting the human work with machines has been performed at present.

In general, C-cabbage is cultivated on hillside in Korea. The harvested C-cabbage in a field and carrying it to a vehicle for transportation are very laborious work. Hand labor in C-cabbage transportation to the market damages the quality of C-cabbage and is also a cause to increase the cost of C-cabbage production. This study was to design and evaluate a prototype C-cabbage loader for deserving efficient and safe transportation of C-cabbage.

The developed C-cabbage loader was a semi-tracked vehicle operated by a hydraulic system, allowing the safe transporting and the loading of C-cabbage in a steep field. The maximum loading capacity of the loader was 1.0 ton. By using safety devices attached to the loader, the static slopes were 34.0% and 37.4% for the left and the rear roll-over, respectively. The maximum field speed was about 6km/hr with two C-cabbage pallets of 750kg at a 25% inclined field. The field capacity was about 35 pallets/hr in case of picking up, carrying and unloading two C-cabbage pallets. The field efficiency of the loader was analyzed to be more than 8 times in comparison of the conventional human labor.

The developed loader would be applied for loading and carrying the other vegetables due to the similarity of operations. The study suggested a standard approach to the design of field machines operated in a steep field.

제1절 서 언

배추는 고추, 무, 마늘, 양파 등과 함께 우리나라에서는 매우 중요한 국가 기간 채소로서 전체 채소류 재배면적의 약 12%를 점하고 있다. 그러나 농촌임금의 상승 등으로 배추농사의 수익성이 나빠지고 식부면적이 점차 줄어들고 있어 배추재배의 경쟁력 강화를 위해서는 노동시간과 비용절감이 필수적이다.

배추 운반 및 적재 작업의 경우, 인력에 의존하며 많은 노동력을 필요로 하여 배추 수확시기에 농촌 인력난을 야기하고 있으며 작업자가 작업을 기피하는 실정이다. 아울러 작업의 집중도가 떨어져 운반 및 적재작업 과정에서 발생하는 수확량의 손실도 심각한 수준에 이르고 있다.

본 연구에서는 관행의 배추 운반 및 적재작업체계를 바탕으로 경사지에서도 안전하게 작업을 수행하며 작업효율이 높은 배추 운반적재기를 개발하고자 하였으며, 개념설계와 역학 및 기구학적 분석을 바탕으로 시작기를 설계·제작하고 성능을 시험하였다.

제2절 재료 및 방법

1. 운반적재기 개념설계

대관령 고랭지 배추밭을 기준할 때, 관행 작업체계는 배추 수확후 18kg 용량(6 포기)의 플라스틱 상자를 이용하여 수확 장소에 세워둔 농용 트럭까지 배추를 운반한다. 다음으로 농용 트럭을 이용하여 도로에 세워둔 대형트럭(주로 5t)까지 배추를 운반하고 배추는 한 포기씩 인력에 의해 적재된다. 관행 작업체계에서의 문제점은 경사지 운행시의 운행 안전도, 높은 인력 의존도, 운반과 적재 작업의 분리에 따른 낮은 작업효율과 배추손상 등으로 분석되었다.

관행 작업체계의 문제점 분석을 바탕으로 배추의 운반적재는 배추 팔레트를 이용하는 것이 작업효율을 높이고 배추 손상을 최소화할 수 있는 것으로 판단되었다. 따라서 본 연구는 배추 팔레트의 사용을 기본으로 하는 운반적재기를 개발하고자

하였다.

배추 운반적재기의 작업단계는 크게 배추 팔레트의 적재, 운송트럭까지의 운반, 트럭적재로 나눌 수 있으며 부가적으로 포장에 빈 팔레트를 운반하는 작업으로 나눌 수 있다. 따라서 배추 운반적재기의 개념설계는 주행부, 운전부, 배추 팔레트의 취급을 위한 기구부, 기구부의 구동부로 나누어 수행하였다.

일반적으로 배추 운송에는 5ton 트럭이 사용되며, 적재함의 크기와 적재높이를 고려하여 배추 팔레트는 최대 $1.1\text{m} \times 1.1\text{m} \times 1.1\text{m}$ 크기로서 8개 2단으로 트럭에 적재되도록 설정하였다. 고랭지 배추의 크기를 기준으로 한 팔레트에 대략 300kg(100개)의 배추가 적재되는 것으로 가정하였으며, 본 연구에서 실험 제작된 팔레트의 크기는 $0.95\text{m} \times 0.95\text{m} \times 1.1\text{m}$ 로서 자체의 무게는 28kg이었다. 따라서 배추가 채워졌을 때 한 팔레트의 총 무게는 최대 350kg이며 동시에 두 개의 팔레트를 적재할 경우를 고려하여 운반적재기의 배추 적재용량은 최소 700kg보다 커야한다. 또한 운반적재기의 기구부의 자체무게는 대략 500 kg이상으로 생각되어 운반적재기의 최대 적재량은 1.3t이상으로 결정하였다.

운반적재기가 포장에서 미끄러지지 않도록 주행부로 무한궤도형을 채택하였고, 원활한 운반적재를 위해 전, 후 주행이 가능하도록 설계하였다. 기구부 설계에는 팔레트의 상하 이동, 운반적재기의 적재함에 안착을 위한 팔레트의 전후이동, 운반시 안정성을 위한 팔레트의 기울임, 경사지 주행시 팔레트의 측면 미끄러짐 방지 등을 고려하였다. 또한 기구부의 운동은 취급 적재물이 비교적 무겁기 때문에 높은 하중에 적합한 유압장치를 통하여 구동되도록 하였다.

운반적재기의 작업체계를 설정하기 위해 각 작업단계에 대하여 3D 애니메이션을 수행하였으며 그림 6-1과 그림 6-2는 배추 팔레트 운반과 운송트럭 적재작업의 애니메이션 단계를 보여주고 있다.

2. 운반적재기의 설계 및 제작

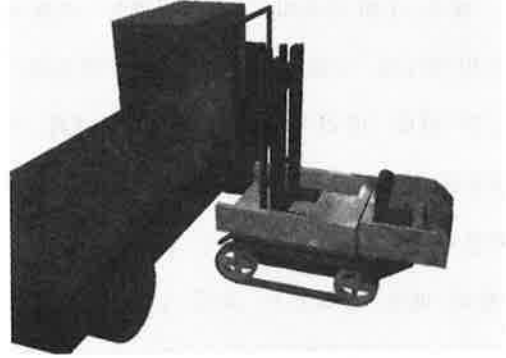
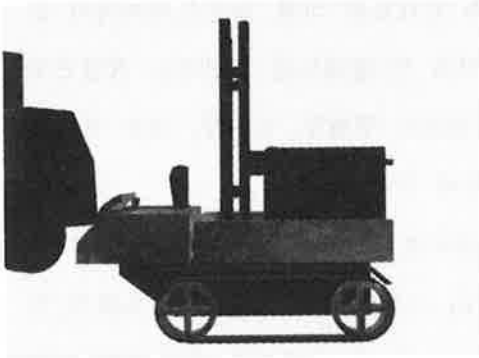


그림 6-1. 운반적재기의 팔레트 운반. 그림 6-2. 운반적재기의 팔레트 트럭적재.

배추 운반적재기는 한성에코넷이 제작한 궤도형 운반차 SS-500 CTLD을 기본으로 설계하였다. 이 차량은 개념설계에 부합되어 무한궤도형이며, 최대 적재량은 1.3t이상으로 18PS의 가솔린 엔진을 장착하고 900kg의 적재시 최대 등판각은 35°로 배추포장의 경사에 적응성이 우수한 것으로 판단되었다.

그림 6-3은 배추 운반적재기의 개념설계도를 보여주고 있다.

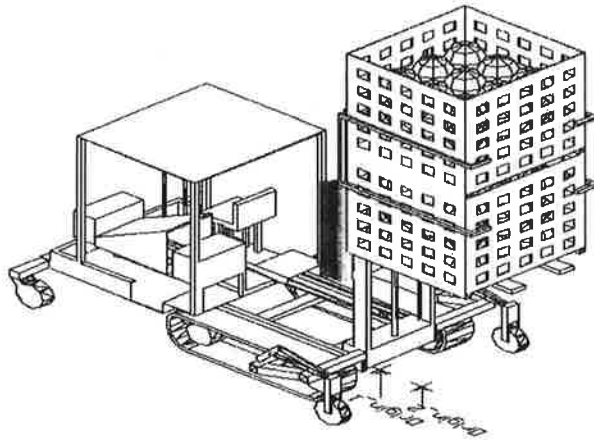


그림 6-3. 배추 운반적재기의 개념설계도.

표 6-1. 배추 운반적재기 유압실린더 사양.

실린더 기능	조수	갯수	길이 (mm)	스트로크 (mm)	외경 (mm)	내경 (mm)	비고
기구부 전후이동	1	1	1,170	1,100	85	47	
기구부 상하이동	1	1	1,600	1,250	75	47	총 행정 2,500mm
측면 고정장치 (회전이동)	1	2	170	120	45	15	총 90° 회전
측면 고정장치 (직선이동)	1	2	355	300	45	20	
전방 안전장치 (직선이동)	1	2	300	250	45	20	측면확장
후방 안전장치 (회전이동)	1	2	230	135	55	30	후방확장
기구부 기울임	1	2	110	70	60	25	

운반적재기의 기구부 적재능력은 두 개의 팔레트를 동시에 처리할 때를 기준으로 700kg이 요구되었으나 안전도를 고려하여 1ton으로 설정하였다. 또한 팔레트의 최대 적재 높이는 트럭의 상차높이 약 1.2m, 팔레트 높이 1.1m 외에 작업시야 0.2m를 고려하여 2.5m로 선정하였다. 적재함에 팔레트를 안착하기 위한 전후운동의 폭은 1.1m의 팔레트 폭에 기구부의 운동여유를 고려하여 1.3m로 설계하였다.

팔레트의 경사지 운반시 측면 미끄러짐 방지를 위해 팔레트 측면 고정장치를 설계하였다. 측면 고정장치는 90° 회전과 0.6m 직선 확장/수축의 조합으로 작동하도록 하였다. 팔레트를 고정할 때는 하향 회전 후 직선 수축을 하게 되며 팔레트의 측면 고정을 풀 때는 직선 확장을 한 후 상향 회전을 함으로써 운송트럭 적재시 인접 팔레트의 간섭을 피할 수 있다. 고정장치의 팔 길이는 1.1m의 팔레트 크기와 여유 등을 고려하여 1.2m로 선정하였으며 두 개의 팔레트를 취급하기 위해 두 개를 1조로 설계하였다. 또한 측면 고정장치는 작업에 따라 용이하게 분리, 조립하도록 하였다.



그림 6-4. 배추 운반적재기.



그림 6-5. 배추 운반적재기의 경사지 적응실험.

운반적재기는 운반적재를 원활히 하기 위해 운전부는 작업상태에 따라 전후 양방향 조정이 가능하도록 180° 회전을 고려하였다. 또한 작업자의 안전을 위해 운전부에 안전캡을 설치하였다.

팔레트 적재 및 경사지 주행시 무게 중심의 이동을 분석한 결과 무게중심이 적재기의 후방에 위치하는 것으로 나타나 경사지 측방향과 후방향 전도를 방지하기 위한 안전장치를 부착하였다. 안전장치는 운반적재기의 전후에 2조를 설치하였으며 전방에 부착된 안전장치는 경사지 주행시 측면으로 안전바퀴를 25cm 넓힘으로써 측면전도를 방지하고, 후방에 부착된 안전장치는 안전바퀴를 후방으로 회전 확장시킴으로써 적재기의 전장이 길어져 후방전도를 방지하도록 설계하였다. 운반적재기의 전폭, 전장 및 전고는 각각 1.2m, 2.6m, 2.1m로 설계하였으며, 특히 전폭과 전장은 운반적재기의 원거리 포장 이동시 농촌에서 쉽게 이용할 수 있는 1ton 트럭에 상차할 수 있도록 설정되었다.

운반적재기의 기구부와 안전장치는 유압으로 작동하도록 설계하였으며 9cc/rev 용량의 1개의 유압펌프와 30ℓ 크기의 유압탱크, 4개의 유량제어밸브, 12개의 유압실린더로 구성하였다. 유압실린더는 기구부의 전후운동, 상하운동, 기울임 운동, 측면 고정장치의 회전 및 직선운동, 안전장치를 구동하며 총 5개의 유압레버에 의해

독립적으로 작동되도록 하였다. 측면고정장치의 회전 및 직선운동의 조합은 유량제어밸브로서 조정하였다. 배추 운반적재기에 사용된 유압 실린더의 사양은 표 6-1과 같다. 운반적재기의 상세 설계사양은 부록에 첨부하였다.

제3절 결과 및 고찰

그림 6-4는 제작된 배추 운반적재기를 보여주고 있다. 평지 실험결과 시작기의 각 주요부는 원활하게 작동하는 것으로 나타났다. 특히 기구부는 1.3ton의 적재하중에도 견딜 수 있었으며 시작기의 회전성과 운전성은 매우 우수한 것으로 나타났다.

시작기의 전도각은 배추를 적재하지 않은 상태에서 횡전도각 52° , 후방전도각 68° , 전방전도각 66° 로 나타났으며 두 개의 팔레트를 적재하고 안전장치를 사용하지 않은 정지상태에서 횡전도각 37° , 후방전도각 41° , 전방전도각 55° 로 나타나 안전장치를 고려할 때 경사지 운반작업의 안정성은 뛰어난 것으로 평가되었다.

그러나 운반작업과 달리 두 개의 배추 팔레트(약 700kg)를 적재, 하역하는 경우 대부분의 무게는 운반적재기의 후방으로 치우치게 되어 앞바퀴가 약간 들리는 경향을 보였다. 이는 운반적재기의 자체 하중을 줄이기 위해 전면에 균형무게를 장착하지 않을 경우에 발생하는 것으로 약 100kg의 균형무게를 장착하거나 후방 안전장치를 작동하였을 때 그 경향은 없어졌다. 따라서 작업의 종류에 따라 작동 조건을 달리 하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

그림 6-5는 운반적재기의 경사지 적응실험을 보여주고 있다. 경사지 실험결과 대략 25%의 경사지에서도 시작기의 등판능력은 양호하였으며 안전장치의 작동과 더불어 최대 35%의 경사지에서도 안전작업이 가능할 것으로 판단되었다. 약 25%의 경사지에서 최대 등판속도는 25km/hr 정도로 작업능률이 양호하였으며 측면 고정장치를 사용함으로써 적재된 팔레트의 측면 미끄러짐과 운반시 요동은 없는 것으로 관찰되었다.

운반적재기의 작업성능은 배추 포장과 운송트럭간 운반거리를 10° 경사, 50m로

가정하고 팔레트의 수집, 운반, 트럭적재, 다음 팔레트 수집장소로의 이동을 한 사이클로 할 때 시간당 18사이클(약 10.8톤)의 운반적재 능력을 보였으나 그 성능은 작업자의 숙련도에 영향을 받는 것으로 생각되었다. 현재까지의 성능분석 결과에 따르면 수작업을 통한 운반적재에 비하여 매우 능률적인 것으로 판단되었으나 작업의 숙련도를 향상시킬 경우 보다 효율적인 작업이 가능하다고 생각되었다.

현재 개발된 배추 운반적재기는 기타 발작물예의 응용가능성이 매우 높은 것으로 판단되어 타작물 응용 타당성을 분석 중에 있으며 운반적재기의 보다 능률적인 운영을 위해 운반적재 작업체계를 연구 중에 있다.

제4절 적 요

본 연구에서는 관행의 배추 운반 및 적재작업체계를 바탕으로 경사지에서도 안전하게 작업을 수행하며 작업효율이 높은 배추 운반적재기를 개발하고자 개념설계와 역학 및 기구학적 분석을 바탕으로 시작기를 설계·제작하고 성능을 검증하였다.

본 연구에서 개발된 배추 운반적재기는 무한궤도형, 유압작동식으로 최대 적재하중은 1.3ton이었으며 운전성은 매우 우수한 것으로 나타났다. 또한 운반적재기의 전도각은 두 개의 팔레트를 적재한 정지상태에서 횡전도각 37°, 후방전도각 41°, 전방전도각 55°로 나타나 경사지 작업에 안정한 것으로 평가되었다.

운반적재기는 약 25%의 경사지에서 최대 등판속도는 25km/hr로 나타났으며, 작업성능은 배추 포장과 운송트럭간 운반거리를 10° 경사, 50m로 가정하고 팔레트의 수집, 운반, 트럭적재, 다음 팔레트 수집장소로의 이동을 한 사이클로 할 때 시간당 18사이클(약 10.8톤)의 운반적재 능력을 보여 수작업을 통한 운반적재에 비하여 매우 능률적인 것으로 판단되었다.

현재 개발된 배추 운반적재기는 기타 발작물예의 응용가능성이 매우 높은 것으로 판단되어 타작물 응용 타당성을 분석 중에 있으며 운반적재기의 보다 능률적인

운영을 위해 윤반적재 작업체계를 연구 중에 있다.

참고문헌

1. 농업기계연감. 1998. 한국농업기계학회.
2. 조영환, 유근창, 성진근, 전병문, 남상현, 김해동, 리왕영. 1995. 무·배추 경쟁력 있는 기술과 경영, 농민신문사
3. Esposito, A. 1997. Fluid Power with Application. Prentice Hall
4. Gillespie, T. D.. 1992. Fundamentals of Vehicle Dynamics. SAE.
5. Waldron, K. J.. 1997. Kinematics Dynamics and Design of Machinery H/C. Wiley
6. Wong, J. Y.. 1989. Terramechanics and Off-Road Vehicles. Elsevier Science Publishers
7. Wong, J. Y.. 1978. Theory of Ground Vehicle. John Willy Sons

제 7 장 배추재배 일관기계화 작업체계 확립

SUMMARY

Six machines developed for mechanization of Chinese cabbage (C - cabbage) cultivation were evaluated to investigate economical feasibility, performance, parameters for mechanized cultivation, and adaptation to standard cultivation method. Six machines were: a back furrow making machine, a vegetable transplanter for C - cabbage, a cultivating implement for C - cabbage, a boom sprayer for C - cabbage, a C - cabbage harvester, and a C - cabbage loader. Evaluation results are as followings :

1. Optimum growing conditions for the mechanization were 20days of nursing period, 15cm of bank height, and 35~40cm of furrow width.
2. Performances of the machines were 0.44hrs/10a for the back furrow making machine, 1.0hrs/10a for the vegetable transplanter for C - cabbage, 0.8hrs/10a for the cultivating implement for C - cabbage, 0.2hrs/10a for the boom sprayer for C - cabbage, 2.5hrs/10a for the C - cabbage harvester, and 2.0hrs/10a for the C - cabbage loader.
3. Arable land area under burden of the machines were 15.4ha for the back furrow making machine, 14.6ha for the vegetable transplanter for C - cabbage, 13.9ha for the cultivating implement for C - cabbage, 19.7ha for the boom sprayer for C - cabbage, 12.6ha for the C - cabbage harvester, and 15.7ha for the C - cabbage loader. The break-even points of the machines were 2.6ha for the back furrow making machine, 2.6ha for the vegetable transplanter for C - cabbage, 2.7ha for the cultivating implement for C - cabbage, 2.8ha for the boom sprayer for C - cabbage, 7.4ha for the C - cabbage harvester, and 5.2ha for the

C - cabbage loader.

4. To cut down the working cost for the mechanized cultivation practice, the cultivation area for growing C - cabbage for a year was required over 3.5ha. From 13ha for Arable land area under burden of the machines for growing C - cabbage, the mechanized cultivation practice required 2,097,000Won/ha and 53% of cost of conventional cultivation method.

제 1 절 서 언

'99년 배추재배면적은 45천ha로 우리나라 채소재배면적의 12%를 점유하고 있으며 우리 식생활에서 중요한 위치를 차지하고 있다. 최근 배추소비형태는 식생활패턴 변화에 따라 외식소비와 여성의 사회활동 증가, 가공원료용 수요 및 김치수출 증가 등으로 신선배추수요가 연중 평준화되어 안정적이고 지속적인 공급을 필요로 하고 있다.

'98년의 배추재배 노동투하시간은 10a당 106시간으로 경운정지, 비닐피복 및 방제작업을 제외하고는 기계화가 미흡하여 대부분의 작업을 인력에 의존하고 있으며 노동생산성 저하 및 생산비 증가의 원인이 되고 있다. 특히, 전체 노동투하시간의 43%를 차지하고 있는 정식, 수확 및 제조작업 등 인력의존도가 높은 작업에 대한 기계화가 시급한 실정이다.

이 시험은 배추재배 일관기계화 작업을 위하여 개발된 두둑성형기, 배추정식기, 중경제초기, 배추방제기, 배추수확기, 운반적재기 6개 개발기종에 대한 기계적 측면과 재배적 측면에서 기계화 재배조건을 구명하기 위한 것으로서 농업기계화연구소, 원예연구소, 고령지농업시험장(위탁과제수행기관), 서울대, 아세아종합기계, 중앙공업이 공동으로 참여하여 포장작업시험에 의한 개발기종의 적응성, 작업공정간의 연계성, 작업성능 등에 대한 시험을 수행하였다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 배추재배 기계화실태조사

배추재배 일관기계화 작업체계를 확립하는데 필요한 기초자료를 수집하기 위하여 배추 주산단지를 중심으로 작형별 재배양식과 작업공정별 작업수단 및 방법에 관하여 조사분석하였다. 조사지역은 표 7-1에서와 같이 고랭지배추의 경우에는 주산지인 강원도 평창·정선·태백, 가을배추 및 월동배추는 전남 나주·영암·해남, 봄배추는 강원도 횡성·영월군 및 충북 충주 등 3개도 9개 시군 90농가로 하였다. 주요 조사내용은 작형별 재배양식, 포장준비~수확·출하 등의 작업공정별 투입기종·작업수단·작업내용으로 설문과 현지 청취방법으로 조사하였다.

표 7-1. 배추 작형별 조사지역

구 분	고랭지배추	봄배추	가을배추	월동배추
시군명	평창, 정선, 태백	횡성, 영월, 충주	나주, 영암	해남

2. 배추기계화 재배양식 및 작업체계 설정

가. 기계화 재배양식 설정

배추재배 일관기계화를 위해서는 작업단계별 재배양식의 표준화가 요구된다. 표준재배양식은 '97년 농업기계화연구소의 '원예작물 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구'에 의해 제시된 '배추재배기계화 표준재배양식'을 적용하였다.

배추기계화 표준재배양식은 표 7-2와 같이 1줄과 2줄 재배의 2개 유형이 제시되었으나 이 시험에서는 배추정식기, 중경제초기, 배추수확기의 포장적용성과 작업효율을 고려하여 1줄 재배양식을 채택하였다. 표준재배양식에서 제시된 두둑높이와 주간 재식거리는 배추기계화 재배조건 구명시험을 통하여 확정하였다.

표 7-2. 배추기계화 표준재배양식

구 분	기계화 표준재배양식 (cm)			
	이랑폭	두둑높이	조 간	주 간
1줄 재배	60	0~20	-	30~40
2줄 재배	120	0~25	50~60	30~40

자료 : '97 농업기계화연구소

나. 기계화 작업체계 설정

기계화작업체계는 재배양식 표준화와 함께 실용성있는 기계화 일관작업 기계 및 재배기술 개발 방향과 목표를 나타내는 이정표로서 기술 개발자는 이를 기준하여 연구의 효율성을 높일 수 있게 된다.

따라서, 배추재배 기계화실태조사에 의해 얻어진 관행의 배추재배 작업체계 분석 결과를 토대로 하여 새로 개발될 배추재배 일관기계화시스템이 높은 효율성과 경제성을 가질 수 있도록 단위작업공정의 부대작업을 통합하고 작업공정간의 연계성을 제고하여 기계화 작업체계를 설정하였다. 기계화 작업체계에 투입되는 동력원은 경운 정지와 배추 수확작업의 경우에는 큰 힘을 필요로 함에 따라 트랙터로 하였으며 중 경제초·시비, 방제작업의 경우에는 배추가 재배되고 있는 포장 내에서 기종이 작업을 수행하여야 하므로 승용관리기로 하였다.

3. 배추재배 기계화 일관작업체계 시험

배추재배 일관기계화 작업체계시험은 원예연구소 시험포장과 고령지농업시험장 시험포장 및 인근농가 포장에서 5회 실시하였다. 시험에 투입된 기종은 배추재배기계화 일관시스템 개발과제 수행에 의하여 개발된 두둑성형기, 배추정식기, 중경제초기, 배추방제기, 배추수확기, 배추운반적재기 6기종으로 기계화재배조건 구명, 개발기종의 기계화 재배양식 적응성과 작업성능 검증 및 기계화 재배의 수확량 등에 관한 시험을 실시하였다.

가. 시험포장 조성

배추재배 일관기계화 작업체계시험에 공시한 재배작형은 고랭지배추, 봄배추, 가을배추로 하였으며 공시포장의 토성은 표 7-3과 같이 사질양토와 사양토이다. 재배품종은 고랭지여름배추, 조생가락배추, 노랑봄배추이며 포장경사도는 0~6° 이다.

표 7-3. 작형별 공시 시험포장 특성

작 형	시 험 장 소	포장면적 (평)	토 성	품종	경사도 (°)
고랭지배추	고령지농업시험장 (농가포장입차)	440	사질양토	고랭지 여름배추	3~6
가을배추	원예연구소 시험포장	480	"	조생 가락배추	0
봄배추	고령지농업시험장 (농가포장입차)	400	사양토	노랑 봄배추	0
	원예연구소 시험포장	480	사질양토	"	0
고랭지배추	고령지농업시험장 시험포장	1,330	사양토	고랭지 여름배추	3~6

나. 기계화 재배조건 구명

배추재배 기계화 재배조건을 구명하기 위하여 표 7-4에서와 같이 육묘일수별, 두둑 높이별, 재식거리별, 비닐멀칭 유무별 배추의 생육과 수량 등에 관한 시험을 실시하였다. 1차 시험은 1999년 7월 20일부터 5일 간격으로 3차에 걸쳐 200공 플러그 트레이에 파종하였으며 8월 14일에 본포에 정식하여 10월 11일에 수확하였다.

1차 시험은 육묘일수가 15, 20, 25일인 묘를, 높이 10, 15, 20cm인 두둑에, 조건 60cm, 주간 30, 35, 40cm로 심어 분할집구 2반복으로 하였다. 2차 시험은 1999년 9월 6일에 24일 묘를 조건 60cm, 주간 30, 35, 40cm, 두둑의 높이 15cm로 정식하여 실시하였다. 3차 시험에서는 2000년 3월 7일부터 5일 간격으로 5차에 걸쳐 파종하고, 4월 12일에 일괄적으로 정식하여 6월 14일에 수확하였으며, 시험구는 육묘일수가 15, 20, 25, 30, 35일인 묘를 높이 10, 15, 20cm인 두둑에 심어 관행과 기계화 재배기준간의 생육특성을 비교하는 3가지 시험을 각각 난괴법 3반복으로 배치하였다. 4차 시험은 2000년 5월 10일에 27일묘를 조건 60cm, 주간 35cm, 두둑 높이 15cm에 정식하였다. 5차 시험은 2000년 7월 8일부터 200공 기계정식용 트레이에 파종하고, 7월 28일에 기계 및 인력 정식하여 10월 4일에 수확하였으며, 시험구는 1차와 3차시험에 준하여 배치하였다.

비료는 농촌진흥청 표준시비량에 준하여 시비하였으며, 퇴비와 석회는 정식 20일 전에 전량 기비로, 무기질 비료중 인산 및 붕소 전량과 질소, 칼륨 40%는 배추 정식 5일 전에 기비로 시용하였으며 나머지는 정식후 15일 간격으로 3회 걸쳐 분시하였다. 관수는 스프링클러를 이용하였으며 기타 재배방법은 농촌진흥청 표준영농기준에 따랐다.

표 7-4. 작업공정별 공시포장의 재배양식 및 시험시기

작형	시험장소	주간 거리 (cm)	두둑 높이 (cm)	멀칭 유무	육묘 일수 (일)	시험시기(월, 일)	
						정 식	수 확
고랭지 배추	고령지시험장 시험포장	30, 35, 40	10, 15, 20	무	15, 20, 25	8. 14	10. 11
가을 배추	원예연구소 시험포장	"	15	무	24	9. 6	12. 23
봄배추	고령지시험장 시험포장	"	10, 15, 20	무	15, 20, 25, 30, 35	4. 12	6. 14
	원예연구소 시험포장	35	15	무	27	5. 10	6. 28
고랭지 배추	고령지시험장 시험포장	35	15	유, 무	20	7. 28	10. 4

다. 개발기종의 포장작업 적응성 검정시험

제 1차로 1999년 7월, 해발 750m에 위치한 평창군 도암면 차항리 농가포장을 임차하여 기계화 재배양식으로 배추를 재배하였으며 배추재배 기계화일관시스템 개발 과제에서 개발된 두둑성형기, 운반적재기를 투입하여 적응성을 확인하였다. 제 2, 3차 시험에서는 두둑성형기, 중경제초기, 배추수확기, 운반적재기를 투입하여 기계화 재배양식 적응성과 개선요인 및 후속작업과의 연계성을 분석하였다.

라. 개발기종의 작업성능시험

새로 개발된 두둑성형기, 정식기, 중경제초기, 배추방제기, 수확기, 운반적재기 등 6기종을 대상으로 1~3차 시험에서 제기된 개선점을 보완한 후 기종별 개발자가 제시한 작업단수와 속도에서의 작업성능을 조사하였다.

마. 수확량조사

배추재배 일관기계화 작업체계를 적용할 경우와 관행으로 재배할 경우로 구분하여 두둑높이, 재식거리, 멀칭유무 등에 따른 배추 수확량을 농사시험 조사기준(농촌진흥청, 1999)에 따라 조사비교하였다.

4. 경제성분석

개발기종에 대한 경제성은 배추재배 적기작업일수, 작업 가능한 부담면적, 기계작업의 손익분기면적, 관행작업에 대한 개발기종의 노력 및 비용절감 수준 등을 시산하여 분석하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 배추재배 기계화실태조사

가. 재배양식

일관기계화 작업체계를 설정하는데 필요한 기초자료를 얻기 위하여 지역, 작형, 재배양식 및 작업공정별로 작업수단과 방법 등을 조사하였다. 조사결과 고랭지배추는 표 7-5에서와 같이 모두 둥근두둑에 한 줄씩 재배되고 있으며, 이랑너비는 60cm, 두둑폭 30cm, 고랑폭 30cm, 두둑높이 10~30cm, 포기사이의 거리는 35~45cm인 것으로 나타났다. 그러나 대부분 경사도가 0~45° 인 경사지에 재배되고 있어 기계적용이 어려울 것으로 판단된다.

가을배추와 월동배추는 재배시기만 다를 뿐 재배양식은 동일하며 두둑폭 110cm, 고랑 30cm, 이랑너비 140cm인 둥근두둑에 2줄 재배하고 있는 것으로 나타났다. 두둑높이는 10~25cm, 포기사이의 거리는 30~35cm이며 대부분 경사도가 5° 이내인 평지에 재배되고 있는 것으로 나타났다.

표 7-5. 작형별 재배양식

작 형		재 배 양 식				
		두둑형상	이랑너비	두둑높이	주 간	포장경사
고랭지 배추	여름 배추	둥근두둑 한줄재배	60cm (두둑 30, 고랑 30)	10~30cm	35~45cm	5~45°
	봄 배추	둥근두둑 한줄재배	60cm (두둑30, 고랑 30)	10~30cm	35~45cm	0~40° 내외
가을배추		평두둑 두줄재배	140cm (두둑110, 고랑 30)	10~25cm	30~35cm	5° 내외
월동배추		평두둑 두줄재배	140cm (두둑110, 고랑 30)	10~25cm	30~35cm	5° 내외

나. 작업공정별 작업수단 및 작업방법

고랭지배추의 작업공정별 작업수단과 작업방법은 표 7-6에서와 같이 파종 및 육묘는 대부분 자가육묘로 5월 중순~6월초 사이에 이루어지며 128공 플러그 트레이를 이용하는 것으로 나타났다.

경운정지작업은 대부분 트랙터를 이용하였으나 경사가 급한 포장에서는 소를 이용하는 농가도 있는 것으로 나타났다. 트랙터의 작업능률은 20분/10a 내외이며, 우경은 55분/10a으로 트랙터 작업능률의 1/3 수준인 것으로 조사되었다.

정식은 100% 인력작업으로 6월 초~6월 중순 사이에 이루어지며 하루에 정식을 마칠 수 있도록 많은 인력을 투입하고 있는 것으로 나타났다. 중경제조에서는 동력분무기를 이용하여 2~3회 제조제를 살포하고 1회 정도 호미로 제조를 하고 있으며, 병해충 방제작업은 동력분무기를 이용해 재배기간 동안 8~10회 실시하는 것으로 나타났다.

수확작업은 재배농가의 90% 이상이 포전거래 되고 있음에 따라 중간상인에 의하여 정식후 55~70일이 지난 8월말~9월초에 이루어지는 것으로 나타났다. 배추수확 및 적재작업은 일반적으로 7명(남자 5명, 여자 2명) 1개조로 작업하게 되는데, 여자 1명은 포장에서 배추뿌리를 절단하고, 남자 4인이 지게로 운반하여 상차하면 여자 1명이 차량 위에서 신문지로 포장하여 남자 1인에게 넘겨주어 적재하는 체계로 작업이 이루어지고 있다. 이때 작업소요시간은 5톤차 1대(300평분)적재시 2.5시간 정도인 것으로 나타났다.

가을배추와 월동배추의 작업공정별 작업수단과 시기는 표 7-7에서와 같다. 가을배추와 월동배추는 대부분의 작업공정과 작업수단이 비슷한 것으로 나타났다. 다만, 작업시기에 있어서 가을배추는 정식시기가 9월 상순~9월 중순이고, 월동배추는 이보다 20~30일 정도 늦은 9월 하순~10월 초순이며 파종과 정식시기가 늦은 월동배추의 경우에는 잡초와 병해충 발생이 적어 제조와 방제횟수가 가을배추보다 적은 것으로 나타났다.

표 7-6. 고랭지배추 작업공정별 작업수단 및 작업방법

구 분	작업수단	작업방법	작업시기
육묘	인력(자가육묘)	128공 또는 200공 포트육묘	5중~6초
경운정지	트랙터, 경운기 또는 우경	우경능률 : 55분/10a	5중~5하
두둑성형	배토기 또는 쟁기	"	"
정식	인력		6초~6중
추비	인력	1~3회 실시	6하, 7중
중경제초	동력분무기(제초제살포)	1~2회 인력(호미)	6하~(2~3회)
병해충방제	동력분무기	4~10회	수시
수확	인력	정식후 55~70일	8말~9초
적재 및 운반	인력적재 + 트럭	"	"

표 7-7. 가을배추와 월동배추의 작업공정별 작업수단 및 시기

구 분	작업수단	작업시기	
		가을배추	월동배추
육묘	인력	8상~8중	8하~9상
경운정지	트랙터	8중~9초	9상~9하
두둑성형	배토기, 관리기	"	"
정식	인력	9상~9중	9하~10초
추비	인력	9하~10하	10중~11중
중경제초	동력분무기(제초제살포)	9하~(2~3회)	10중~(1~2회)
병해충방제	동력분무기	시기별 (2~3회)	시기별(1~3회)
관수	관수파이프, 스프링클러	가뭄시	가뭄시
수확	인력	11하~12하	1~2월
적재 및 운반	인력적재 + 경운기(트럭) 운반	"	"

2. 일관기계화 작업체계 설정

배추재배 일관기계화를 위한 작업체계는 표 7-8에서와 같이 경운 및 정지작업의 경우 현재 많이 보급되고 있는 트랙터를 이용하는 것으로 설정하였으며, 두둑성형 작업에서는 현재 관리기 또는 트랙터 부착형 배토기가 이용되고 있으나 두둑성형의 규격과 다음 작업과의 연계성을 고려하여 새로 개발된 승용관리기 부착형 두둑성형기를 이용하는 것으로 하였다. 또한, 배추재배에서 가장 많은 인력이 요구되는 정식 작업 또한 자동식 정식이 요구되어 승용관리기 부착형으로 개발된 정식기를 이용하는 것으로 하였다.

추비 및 중경제초작업에서는 지금까지 인력으로 작업을 하였으나 제초작업과 동시에 시비작업을 할 수 있는 승용관리기 부착형 중경제초기가 개발됨에 따라 별도의 추비작업이 필요없게 되고 관행의 화학적 방식을 기계적 제초방식으로 바꾸어 토양의 물리성 개선뿐 아니라 환경오염 방지, 안전농산물 생산 등 다목적인 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대되어 새로 개발된 중경제초기를 작업체계 설정 기종에 반영하였다.

현재 병해충 방제작업에 이용되고 있는 동력분무기는 1~2명의 보조인력이 요구되며, 정밀살포가 어렵고 작업자가 농약에 중독될 우려가 높다. 따라서, 운전자 1인이 보조인력 없이 살포폭과 높이를 조절하면서 방제작업을 할 수 있는 승용관리기 부착형 분방제기가 개발됨에 따라 이를 작업체계에 반영하였다. 관수는 현재 사용 중인 스프링클러 또는 튜브를 이용한 고랑관수로 하였다.

배추수확 및 운반적재작업에서는 현재 인력중심으로 많은 노동력이 투입되어 배추 뿌리를 잘라 상자에 담거나 트럭에 날개로 싣는 트랙터부착형 배추수확기와 수확한 배추를 상자에 담아 운반차에 옮겨 싣는 자주형 운반적재기가 개발되어 2기종을 작업체계에 반영하였다.

표 7-8. 기계화작업체계 설정

작업공정	현 재	기계화작업체계
경운정지	트랙터	트랙터
두둑성형	배토기(관리기 또는 트랙터용)	두둑성형기(승용관리기용)
정 식	인 력	정식기
추 비	인 력	제조 동시 시비기
중경제조	동력분부기(제조제살포)	중경제조기(승용관리기용)
병해충방제	동력분무기	분방제기(승용관리기용)
관 수	스프링클러 또는 튜브파이프	스프링클러 또는 튜브파이프
수 확	인 력	배추수확기
적재 및 운반	인력적재 + 경운기(트럭) 운반	운반적재기 + 트럭

3. 배추재배 일관기계화 작업체계 시험

가. 기계화 재배조건 구명

1) 적정 육묘조건

육묘일수에 따른 묘의 생육상태는 표 7-9와 그림 7-1에서와 같이 육묘일수가 짧을수록 엽장, 엽폭, 엽수, 엽면적, 생체중 등 생육이 떨어지는 경향으로 나타났다. 특히 15일 묘의 경우에는 엽수, 생체중 등이 매우 떨어지고, 뿌리부분의 성형이 불안정하여 배추정식기를 이용한 정식작업에 부적합한 것으로 나타났다.

200공 플러그 트레이에서 25일 이상 육묘할 경우에는 뿌리에 비해 지상부가 웃자라 T/R율이 높아지고, 정식 후 활착하는데 많은 시간이 소요되며, 생육이 늦어지는

경향이 있고 정식기에서 묘를 취출할 때 잎에 상처를 주거나 옆의 묘와 잎이 겹쳐져 2포기가 함께 뽑혀나오는 경우가 발생하여 기계정식 작업에 어려움이 있는 것으로 나타났다.

표 7-9. 육묘일수별 묘의 생육상태

육묘일수 (일)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수 (매)	엽면적 (cm ² /1주)	생체중 (g/1주)	T/R율 (%)
15	3.8	2.0	2.3	8.7	0.6	3.8
20	5.4	2.8	3.1	16.1	0.9	4.3
25	8.9	3.4	5.1	45.4	2.3	7.8
30	7.5	3.5	5.9	46.9	2.4	7.2
35	6.6	3.6	7.3	55.0	2.4	8.8
LSD 0.05	0.9	0.5	0.2	4.9	0.3	1.8

주) T/R율 = 지상부의 무게 / 뿌리무게 × 100



그림 7-1. 육묘일수별 묘 생육상태

육묘일수에 따른 수확량은 표 7-10에서와 같이 20일 묘가 7,584kg/10a로 가장 높게 나타났으나 통계적 유의성은 없으며, 15일 묘의 경우에는 수확시 결구율이 떨어지는 경향을 보였다. 이는 정식할 때 좋지 않았던 묘의 생육상태가 정식 후에도 영향을 미친 것으로 판단된다.

표 7-10. 육묘일수별 배추의 생육 및 수량

육묘일수 (일)	1주중 (g)	구 고 (cm)	구 폭 (cm)	1구중 (g)	수 량 (kg/10a)	결구율 (%)
15	2,471	22.0	16.0	1,541	7,243	78.3
20	2,565	22.1	16.0	1,614	7,584	91.7
25	2,606	22.5	15.0	1,534	7,209	93.3
30	2,452	21.9	15.1	1,526	7,171	93.3
35	2,525	22.3	14.9	1,479	6,950	90.0
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS	13.5

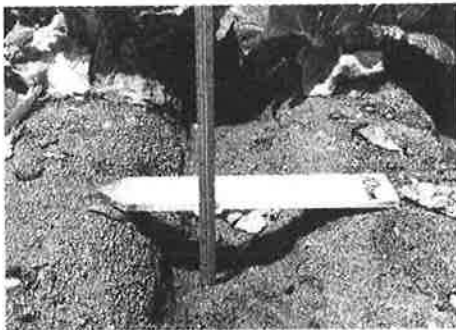
이상의 결과를 종합하여 볼 때 15일 묘는 생육이 너무 떨어지고, 25일 이상의 묘는 200공 플러그 트레이를 이용할 때 생육관리를 위한 액비시용 등에 의해 지상부가 웃자라고 지하부의 생육이 노화되어 기계정식작업을 어렵게 할 수 있다. 따라서 배추 일관기계화에 적합한 적정 육묘일수는 200공 플러그 트레이를 이용할 때 20일 내외가 적합한 것으로 판단된다.

2) 적정 두둑높이

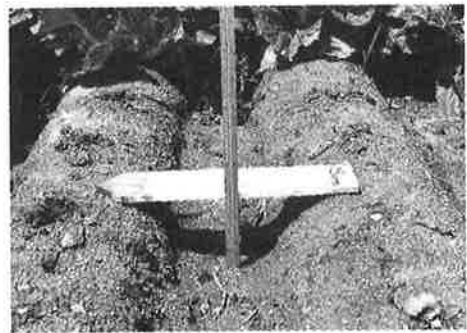
두둑높이에 따른 두둑의 성형상태는 표 7-11에서와 같이 두둑높이가 15cm 이상 되면 두둑이 무너지는 경향이 있으나 길이방향으로 갈라지는 현상은 없는 것으로 나타났다. 다만, 배추수확시기에 두둑이 갈라지는 현상이 5~20% 발생하는데 그림 7-2 (a), (b), (c)에서와 같이 두둑의 높이에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다.

표 7-11. 두둑높이별 두둑의 성형상태

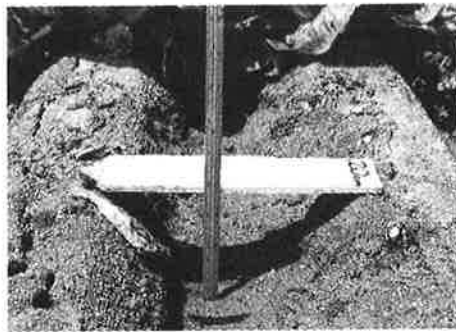
두둑 높이 (cm)	무너진 두둑길이 (cm/m)	두둑 갈라짐 정도 (cm)
10	0	0
15	5	0.3
20	20	1.2
LSD 0.05	7.5	0.15



(a) 두둑높이 10cm의 경우



(b) 두둑높이 15cm의 경우



(c) 두둑높이 20cm의 경우

그림 7-2. 수확시기의 두둑 갈라짐 정도

두둑 높이별 수확량은 표 7-12에서와 같이 15cm 높이에서 7,625kg/10a으로 가장 높고, 두둑 높이가 10cm 및 20cm일 때는 다소 낮게 나타났다. 이는 20cm 높이에서는 가뭄 때 피해를 입게되고 10cm 이하에서는 장마철에 습해를 입기 때문인 것으로 판단된다. 따라서, 두둑 높이는 배추 기계화표준재배양식에서 제시하고 있는 15cm 내외가 알맞은 것으로 판단된다.

표 7-12. 두둑높이별 배추의 생육 및 수량

두둑높이 (cm)	1구중 (g)	구 고 (cm)	구 폭 (cm)	1구중 (g)	수 량 (kg/10a)
10	2,432	23.8	15.0	1,454	6,837
15	2,662	22.6	15.9	1,620	7,625
20	2,569	23.1	15.2	1,505	7,073
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS

3) 적정 재식거리 구명

재식거리별 배추의 생육상태와 수확량은 표 7-13에서와 같이 주간이 40cm일 때 주중과 구중이 높고 전체수량에 있어서는 주간이 35cm일 때 가장 높게 나타났다. 주간이 30cm와 40cm일 때는 다소 낮게 나타났으나 통계적인 유의성은 없다. 재식거리가 너무 좁아지면 재식주수는 증가되지만 1구중의 무게가 작아 단위 면적당 수량이 낮게 될 뿐만 아니라 밀식에 의한 각종 병해충 발생이 증가될 수 있고, 기계정식 작업의 효율을 저하시키며 육묘비용이 증가된다. 따라서, 35 ~ 40cm 내외의 주간거리가 적당한 것으로 판단된다.

표 7-13. 재식거리별 배추의 생육 및 수량

주 간 (cm)	1주중 (g)	구 고 (cm)	구 폭 (cm)	1구중 (g)	수 량 (kg/10a)
30	1,902	24.8	14.3	1,634	8,214
35	2,253	26.7	15.0	1,813	8,520
40	2,681	27.2	15.9	1,897	7,776
LSD 0.05	715	1.2	NS	NS	NS

4) 비닐멀칭 효과 구명

비닐멀칭 유무별 배추의 생육과 수확량을 표 7-14에서와 같이 흑색비닐멀칭 한 경우와 멀칭을 하지 않은 두 가지경우로 구분하여 조사하였다. 흑색비닐멀칭을 한 경우에는 주중, 구중, 수량이 높고 중경제초작업이 필요 없어 재배관리에서도 인력을 절감할 수 있으며 수확작업에도 지장을 주지 않는 것으로 나타났다. 따라서, 비닐피복과 동시에 정식하는 작업기술이 필요할 것으로 판단된다.

표 7-14. 비닐멀칭 유무별 배추의 생육 및 수량

구 분	1주중 (g)	구 고 (cm)	구 폭 (cm)	1구중 (g)	수 량 (kg/10a)
흑색멀칭	2,824	26.9	14.7	1,996	9,383
무멀칭	2,282	26.3	15.8	1,568	7,369
LSD 0.05	340	NS	NS	306	1,434

나. 개발기종의 포장작업 적응성검정 시험

지금까지 개발된 두둑성형기, 배추정식기, 중경제초기, 배추방제기, 배추수확기, 배추운반적재기 등 6기종을 배추재배시험에 적용하여 작업공정별로 포장작업적응성, 작업의 연계성 등을 조사하였다.

1) 두둑성형기

승용관리기 부착형 4조식 두둑성형기에 대한 포장작업 성능시험은 고령지농업시험장 시험포장에서 실시되었다. 포장조건은 사양토로서 객토를 실시한 포장이며, 토양수분함량이 매우 낮아 두둑성형작업 후 그림 7-3에서와 같이 두둑이 쉽게 무너지는 현상이 발생하였다.



그림 7-3.
두둑성형 작업직후 두둑이
무너진 모습

이러한 문제점을 해결하기 위하여 성형판의 누름압력을 증가시킨 결과 두둑성형 상태는 좋아졌으나 흙이 물리거나 돌이 있는 경우 두둑성형판이 변형되어 0.5mm 두께의 스테인레스 두둑성형판을 0.8mm 두께로 보강하였다. 보강된 두둑성형판을 이용하여 원예연구소 시험포장에서 포장작업을 실시하였으며 그 결과는 그림 7-4에서와 같이 두둑성형판의 변형 없이 두둑성형상태가 우수하게 나타났다.



그림 7-4.
개선한 두둑성형기를 이용
하여 두둑성형을 하는 모습

또한, 두둑성형작업은 정식, 방제, 중경제초 등 후속작업과 관련되므로 두둑을 크게 만들 수 있는 기술이 필요한 것으로 나타났다. 즉, 두둑이 곧지 않거나 4줄마다 간격이 일정하지 않은 경우에는 배추정식기, 봄방제기, 중경제초기 등으로 작업할 때 승용관리기 좌우 바퀴간격과 고랑간격이 맞지 않아 배추가 손상을 입거나 두둑이 파손될 수 있기 때문이다.

2) 배추정식기

승용관리기 부착형 전자동 2조식 배추정식기의 포장작업시험은 원예연구소 시험포장과 고령지농업시험장 시험포장에서 실시하였다(그림 7-5). 배추정식기에 사용된 육묘트레이는 현재 보급중인 128공과 200공의 규격을 구멍크기나 구멍수 변경없이 일부 형태만 바꾸어 배추뿐만 아니라 양배추, 양상추, 상추 등 엽채류 정식에도 사용할 수 있도록 제작되었다.

정식작업은 후속작업인 중경제초, 방제, 수확 작업에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 배추 묘가 두둑의 중심에서 벗어나 측면에 심겨질 경우 승용관리기의 바퀴나 중경제초기의 배토기에 의하여 배추가 손상되기 쉽고 상처난 배추는 바이러스에 감염될 우려가 높기 때문이다. 특히, 수확작업시 측면에 심겨진 배추는 뿌리 부위를 정확하게 절단할 수 없어 상품성을 잃을 우려가 높음에 따라 배추묘가 두둑의 중앙에 심겨질 수 있도록 세심한 주의가 요구된다.



그림 7-5.
배추정식기의 정식작업 모습

3) 중경제초기(시비겸용)

승용관리기 부착형 3조식 중경제초기(시비겸용형)의 포장작업시험은 정식 후 20일 전후에 실시되었다. 배토기는 두둑의 윗 부분까지 복토할 수 있도록 2단계의 벚이 부착되어 있으나 중경제초작업시 그림 7-6과 7-7에서와 같이 배추가 손상됨에 따라 제 2의 벚을 제거한 후 작업한 결과 배추의 손상은 발생하지 않았다.



그림 7-6. 작업전 배토기 날의 모습



그림 7-7. 배토기 날에 의해 손상된 모습

중경제초와 추비살포를 동시에 실시할 경우 비료는 작업직전에 비료통에 넣거나 작업후는 남아있는 비료를 모두 꺼낸 후 깨끗하게 청소를 해야하는 것으로 나타났다. 비료통에 장시간 비료를 채워놓을 경우 햇볕 또는 수분 등에 의하여 비료가 녹아내려 배출구가 막힘에 따라 그림 7-8에서와 같이 비료가 동일 포장 내에서도 고루 살포되지 않아 작물이 불균일하게 자라기 때문이다.

또한, 그림 7-9와 같이 중경제초기의 로터리날 뒤쪽커버에 고정된 비료배출 유도관이 두둑과 접촉하여 막히는 현상이 발생됨에 따라 유도관을 로터리날 커버의 안쪽 또는 위쪽으로 이동하는 방안을 강구하였다.

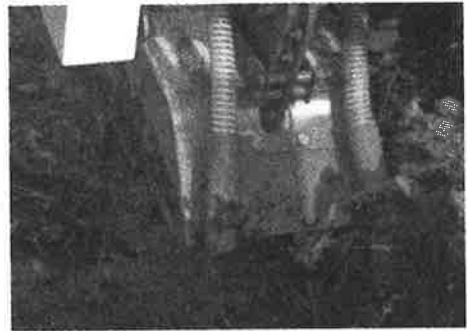
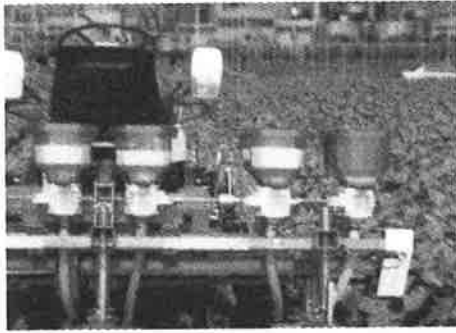


그림 7-8. 비료통의 잔량이 불균일한 모습 그림 7-9. 유도고정관이 두둑에 의해 간섭을 받음

중경제초기의 중경제초 및 시비작업의 효율을 높이기 위해서는 포장작업조건을 정할 필요가 있는 것으로 나타났다. 즉, 작업적기를 놓쳐 잡초가 무성하게 되면 잡초의 뿌리와 줄기가 깨끗이 제거되지 않으며, 그림 7-10에서와 같이 수분이 과다할 경우 로터리날 커버에 흙이 쌓여 정상적으로 작업할 수 없으므로 잡초의 크기와 관수량을 고려하여 작업시기를 결정하여야 할 것으로 판단된다.



그림 7-10.
중경제초기 로터리날 커버의
안쪽에 흙이 낀 모습

4) 배추방제기

승용관리기 부착형 배추방제기의 포장작업시험은 원예연구소 시험포장에서 실시되었다. 운전자 1인이 배추방제기의 운전석에 앉아 노즐을 배추에 접근시켜 살포함에 따라 동력분부기에 비하여 농약중독의 위험이 적고 효율적일 뿐만 아니라 투입

노력도 크게 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 또한, 그림 7-11, 7-12에서 보는 바와 같이 방제작업 중 포장의 형상에 따라 좌우 분무폭을 임의로 조절할 수 있고 좌우 붐의 경사각을 독립적으로 제어하여 포장의 크기와 경사지에 맞추어 작업할 수 있는 것으로 나타났다.



그림 7-11. 신축붐을 접은 모습(4m)

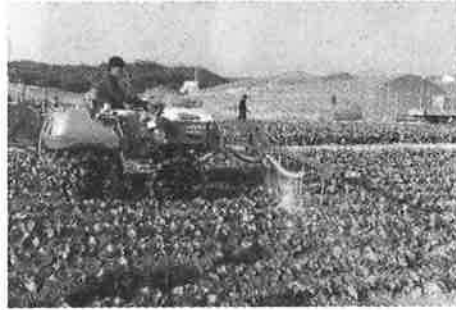


그림 7-12. 신축붐을 이용하여 작업 폭이 확대된 모습(살포폭 8m)

5) 배추수확기

원예연구소 시험포장에서 봄배추를 대상으로 실시된 수확작업 시험에서는 뿌리절단용 원판날에 의하여 인접 두둑의 배추가 일부 손상되었고, 횡이송 벨트의 홈이 깊어 배추가 배출되지 않는 경우가 발생되었다. 또한, 배추를 수집한 메시팔레트가 원활하게 반출되지 않아 연속작업에 지장이 초래되었다. 따라서, 배추수확기의 이송장치에 부착된 연질의 고무돌기 간격을 배추의 크기에 따라 조절할수 있도록 개선하는 등 1차시험에서 도출된 개선요인을 보완한 후 고랭지배추와 가을배추 포장에서 다시 포장시험을 실시한 결과 배추수확기의 배추뿌리절단, 배추이송, 수집반출 등의 성능이 매우 우수하게 나타났다. 그림 7-13, 7-14는 배추 뿌리절단 후 이송 벨트로 운반하여 메시팔레트 상자에 수집하는 모습을 나타낸 것이다.

뿌리절단 후 이송된 배추를 상자에 담지 않고 포기단위로 곧 바로 트럭에 적재할 수 있는 산물수집시스템도 개발되어 농가에 따라 선택적으로 사용할 수 있게 되어 있다.



그림 7-13. 뿌리절단 후 횡이송 벨트에 의해 배추가 이송되고 있는 모습



그림 7-14. 이송된 후 메시팔레트에 수집되는 모습

6) 운반적재기

배추운반적재기는 그림 7-15에서와 같이 배추가 담겨진 2개의 메시팔레트를 동시에 트럭에 적재하는 기계로서, 원예연구소와 고령지농업시험장의 시험포장에서 운반적재시험이 실시되었다. 시험결과 인력의존도가 높고 운반과 적재작업이 분리되어 작업효율이 낮으며 배추 손상이 많은 관행작업체계의 문제점이 크게 개선되었으며 노동력도 대폭 감소될 것으로 판단된다.

운반적재기는 무한궤도형 바퀴와 메시팔레트 이탈방지용 가이드를 장착하여 메시팔레트의 2단 적재상태에서 18° 경사지를 고속 1단, 고속 2단으로 올라가고 내려갈 수 있도록 제작되었다. 다만, 등고선 방향으로 고속 2단으로 주행할 경우 안전성이 떨어지는 것으로 나타났다(표 7-15).

표 7-15. 배추 운반적재기의 경사별 적응성

구 분		상하방향	등고선방향
10° 이하	1단 주행	◎	◎
	2단 주행	◎	◎
20~25°	1단 주행	◎	○
	2단 주행	◎	△

주) ◎ 양호, ○ 보통, △ 나쁨



그림 7-15.
메시팔레트에 수집된
배추를 운반적재기에
2단 적재한 모습

다. 개발기종의 포장작업 성능시험

1) 두둑성형기

승용관리기부착형 두둑성형기의 포장작업 성능시험은 표 7-16에서와 같은 포장 조건에서 장변 40m를 작업방향으로 하고 작업속도를 0.3m/s, 두둑높이를 15cm로 하여 3반복 3회 측정 한 후 평균치를 산출하는 방식으로 수행되었다.

성능시험 결과, 10a 작업에 두둑성형작업이 0.39시간, 개자리 선회가 0.05시간을 차지하여 총 0.44시간이 소요되는 것으로 나타났다(표 7-17).

표 7-16. 포장조건 및 작업방법

포장조건			작업방법			
토성	수분함량 (%)	쇄도율 (%)	작업인원 (명)	작업단수	작업속도 (m/sec)	두둑높이 (cm)
사질양토	13	100	1	저속 2단	0.3	15

표 7-17. 두둑성형기 작업능률

(시간/10a)

두둑성형	선회	계
0.39	0.05	0.44

2) 배추정식기

승용관리기 부착형 전자동 2조 배추정식기의 포장작업 성능시험은 표 7-18에서와 같이 트레이에 육묘한 가락배추를 정식한 원예연구소 시험포장에서 수행되었으며 그 결과는 표 7-19와 같다. 시험조건은 묘의 초장 7~7.5cm, 엽수 4~5매인 20일 묘, 운전자 1인이 묘운반 및 공급을 하고 작업속도 0.3~0.4m/s, 주간거리 35cm이다.

성능시험 결과에 의하면 10a 작업에 총 1.0시간이 소요되었으며, 이중 정식작업이 0.5시간, 개자리 선회 0.1시간, 묘공급 0.2시간, 기계조정이 0.2시간을 차지한 것으로 나타났다. 10a당 결주율은 3.5%이며, 이 가운데 육묘 트레이의 묘결함이 2.5%, 정식기 원인이 1.0%를 차지하였다. 식부자세는 연직을 기준으로 80~90°인 것으로 나타났다.

표 7-18. 묘소질 및 작업방법

묘 소 질				작 업 방 법			
품 종	육묘일수 (일)	초 장 (cm)	엽 수 (매)	작업인원 (명)	작업단수	작업속도 (m/s)	주 간 (cm)
조생 가락배추	20	7.0~7.5	4~5	1	저속 2단	0.3~0.4	35

표 7-19. 작업성능

작업능률(시간/10a)					작 업 정 도		
정식	선회	묘 공급	기계조정	계	결주율(%)		식부자세
					육묘트레이	정식기	
0.5	0.1	0.2	0.2	1.0	2.5	1.0	80~90°

3) 중경제초기

승용관리기 부착형 3조식 중경제초기(시비겸용형)의 포장작업 성능시험은 정식 후 20일 전후 원예연구소 시험포장에서 실시되었다. 시험포장에는 표 7-20에서와 같이 쇠비름, 방동사니 등의 잡초가 606개/m²의 밀도로 초장 2~12.5cm까지 자란 상태였으며 제초작업은 운전자 1인이 작업속도 0.2m/s, 경폭 22cm, 경심 7.5cm로 작업하였다.

시험결과에 의하면 10a 작업 소요시간은 표 7-21에서와 같이 총 0.8시간으로 이 중 제초 및 시비가 0.6시간, 개자리 선회가 0.1시간, 비료 보충이 0.1시간을 차지하는 것으로 나타났다. 또한 제초율이 95.4%로 양호하여 부녀자가 호미로 김매기하는 중노동으로부터 해방될 수 있고 제초와 시비를 동시에 수행할 수 있어 시비작업이 생략되는 장점이 있는 것으로 나타났다.

표 7-20. 포장 및 작업방법

포장 조건				작업 방법				
토성	잡초종류	잡초발생 정도 (개/m ²)	초장 (cm)	작업인원 (명)	작업 단수	작업속도 (m/s)	경폭 (cm)	경심 (cm)
사질 양토	쇠비름, 방동사니 등	606	2~12.5	1	저속2단	0.2	22	7.5

표 7-21. 작업성능 및 제초율

작업성능 (시간/10a)			제초율 (%)
제초 및 시비	비료보충	계	
0.7	0.1	0.8	95.4



그림 7-16. 중경제초 작업전 포장모습 그림 7-17. 중경제초 작업 후 포장모습

4) 배추방제기

배추방제기의 포장작업 성능시험은 운전자 1인이 작업속도 0.3m/sec, 살포높이 50cm, 최대작업폭 8m, 중첩률 80%이상의 조건에서 실시되었다. 시험결과 작업능률은 표 7-22에서와 같이 10a 1회 방제에 0.2시간 소요되었으며, 동력분무기를 이용

한 방제작업에 비하여 2~3배정도 빠르고, 분무상태도 매우 양호한 것으로 나타났다. 또한, 관행작업에서는 2인 이상이 소요되고 분무호스에 의하여 작물이 손상을 입으나 방제기를 이용한 작업에서는 1인 작업으로 노력이 덜 들고 분무호스가 필요 없어 작물이 손상되지 않는 것으로 나타났다.

표 7-22. 작업조건 및 작업능력

작업조건					작업능력 (시간/10a)
작업인원 (명)	작업속도 (m/sec)	최대작업폭 (m)	중첩률 (%)	살포높이 (cm)	
1	0.3	8	80	50	0.2

5) 배추수확기

트랙터 부착형 1조식 배추수확기의 포장작업 성능시험은 고령지농업시험장 시험 포장에서 고령지여름배추를 대상으로 실시되었다. 공시배추는 표 7-23에서와 같이 구고 22.6cm, 구폭 15.9cm, 1주중 2,662g이고, 작업인원은 운전자 1인, 집힌 메시팔레트를 펴서 공급하고 배추가 수집된 메시팔레트의 방출을 돕기 위한 작업자 1인, 배추수확기가 진입하고 선회하는 개자리의 배추수확작업을 위한 보조작업자 1인 총 3인이 하였으며, 주행속도 0.3m/s, 배추수집용 컨베이어속도 0.5m/s로 하여 작업하였다.

성능시험 결과 10a당 작업시간은 표 7-24와 같이 총 2.5시간이었으며, 이중 뿌리절단 및 수집 1.5시간, 선회 0.5시간, 메시팔레트 교환이 0.5시간을 차지한 것으로 나타났다. 원판 회전날의 뿌리절단 정밀도는 적정 길이인 5mm미만이 80%, 5mm이상이 다소 길게 남도록 절단된 것이 16%, 판매가 곤란할 정도로 손상을 입은 것이 3.0%로 나타났다.

표 7-23. 배추생육상태 및 작업방법

품 종	배추생육 상태				작업 방법			
	구고 (cm)	구폭 (cm)	1주중 (g)	1구중 (g)	작업인원 (명)	작업 단수	주행속도 (m/s)	이송장치 (m/s)
고랭지 여름배추	22.6	15.9	2,662	1,620	2	저속2단	0.3	0.5

표 7-24. 작업성능

작업 능률 (시간/10a)				작업 정도			
절단·수집	선 회	상자교환	계	뿌리절단정도(%)			손상률 (%)
				5mm미만	5mm이상	심절	
1.5	0.5	0.5	2.5	80.0	16.0	4.0	3.0

6) 운반적재기

메시팔레트에 담겨진 배추를 차량까지 운반하여 적재하는 작업은 표 7-25에서와 같이 포장에서 운반차량까지의 이동거리가 25m, 주행속도가 1.0m/sec일 때 당 2.0시간/10a 소요되는 것으로 나타났다. 세부 작업별로는 운반차에 메시팔레트를 2단 적재하는데 0.6시간, 적재 후 차량까지 이동하는데 0.4시간, 차량에 적재하는데 1.0시간이 소요되는 것으로 나타났다.

표 7-25. 배추 운반적재기의 작업능률

주행속도 (m/sec)	작업단계별 작업능률(시간/10a)				비 고
	운반차 적재(2단)	이 동 (포장~차량)	차량적재	계	
1.0	0.6	0.4	1.0	2.0	· 포장중심에서 차량까지 거리 : 25m

라. 수확량 조사

새로 개발된 두둑성형기, 정식기, 중경제초기, 방제기, 수확기, 운반적재기를 투입하여 일관기계화로 재배한 수확량과 관행 재배한 수확량을 조사한 결과는 표 7-26과 같다. 기계화 재배포장의 배추생육은 관행과 별다른 차이를 보이지 않았으며 수확량에 있어서도 통계적 유의성은 없으나 기계화작업체계의 경우 수확량은 6,915kg/10a으로 관행에 비하여 다소 높게 나타났다. 따라서 개발기종을 이용한 배추 일관기계화 작업체계는 노동력과 생산비를 절감할 수 있으며, 경영규모가 확대되면 저비용 고효율의 기계화 작업체계를 확립하는데 이바지 할 것으로 판단된다.

표 7-26. 기계화 및 관행 재배에 따른 배추수량

구 분	1주중 (g)	구 고 (cm)	구 폭 (cm)	1구중 (g)	수 량 (kg/10a)
기계화	2,026	25.7	14.8	1,471	6,708
관행	2,006	25.5	14.3	1,457	6,453
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS

주) 기계화 : 두둑성형기~수확기를 적용한 작업단계별 재배관리

4. 경제성 분석

경제성을 분석하기 위하여 먼저 새로 개발된 배추재배 일관기계화 기종의 적용가능한 작물과 작업기간 및 시기를 배추재배 기계화실태 조사지역을 대상으로 조사하였다. 표 7-27에서와 같이 배추재배는 시군에 따라 다소 차이는 있으나 일반적으로 2~3개 작형으로 재배되고 있으며, 개발기종 적용이 가능한 작물은 양배추, 무, 감자, 고구마, 고추 등으로 나타났다.

재배양식과 작물의 생육특성을 고려할 때 배추재배 이외에 적용가능 한 작물과

기종은 양배추에 배추정식기, 양배추와 무에 중경제초기와 방제기, 양배추, 무, 감자, 고구마, 고추 등에 두둑성형기와 운반적재기라고 할 수 있다. 작업시기와 기간에 있어서는 지역과 작형에 따라 차이가 있으나 배추와 양배추 정식은 20일, 수확은 20~40일, 무·감자·고구마·고추 등의 정식기간은 20~30일로 나타났다. 이러한 결과를 기초로 하여 정식기와 수확기의 배추재배 이용은 연간 2회 작업에 각각 40일 60일로 하고 양배추·무·감자·고구마·고추 등 다른 작물에서는 기종에 따라 일정비율로 이용할 수 있는 것으로 가정하였다. 따라서, 배추재배와 기타 작물에 이용되는 기종별 비율은 두둑성형기가 50:50, 배추정식기, 중경제초기, 방제기 및 운반적재기가 각각 70:30, 배추수확기가 100%인 것으로 가정하였다.

표 7-27. 개발기종의 작물별 적용기종 및 작업시기

작물명	재배지역		작업시기		이랑너비 (cm)	적용기종	
	강원 ¹⁾	전남 ²⁾	정식	수확			
배추	고랭지	○	×	6월초~6월중	8월말~9월초	60	두둑성형기, 배추정식기, 중경제초기, 배추방제기, 배추수확기, 운반적재기
	봄	○	○	4월상~5월중	5월하~6월하	60	
	가을	○	○	9월상~9월중	11월하~12월하	60, 140	
	월동	×	○	9월하~10월초	1월~2월	140	
양배추	봄	○	○	4월중~4월하	6월하~7월하	60~75	두둑성형기, 배추정식기, 중경제초기, 배추방제기, 운반적재기
	고랭지	○	×	6월하~7월상	8월하~9월중		
	가을	×	○	11월상~11월중	4월상~5월하	45~60	
무	가을	×	○	8월중~9월상	10월중~11월중	60~75	두둑성형기, 중경제초기, 배추방제기, 운반적재기
	고랭지	○	×	5월상~7월하	7월상~10월상	45~60	
감자	봄	×	○	3월상~3월중	6월하~7월중	60~70	두둑성형기, 운반적재기
	여름	○	×	4월하~5월중	8월중~9월중		
고구마	×	○	5월하~6월중	10월상~10월하	75~90	두둑성형기, 운반적재기	
고추	○	○	4월하~5월중	7월하~10월중	60~75	두둑성형기	

주) 1) 강원 : 평창, 정선, 태백, 횡성, 영월

2) 전남 : 나주, 영암, 해남

가. 부담면적

배추재배 일관기계화 작업체계 적용이 가능한 영농규모를 구명하기 위하여 기종별 부담면적을 표 7-28에서와 같이 산정하였다. 연간재배 횟수는 2회 재배하는 것으로 하였으며, 작업적기일수는 정식작업 40일, 수확작업 60일로 하였다. 다만, 작업적기라 하더라도 날씨 등에 따라 작업이 가능한 일수가 줄어들기 때문에 작업가능일수율을 적용하여 실제로 작업할 수 있는 일수만을 적용하였다. 작업공정별 연간작업횟수는 농가조사결과를 기초로 하여 배추재배 1회당 중경제초 2회, 병해충 방제 5회, 그 외 정식, 수확작업은 1회로 하였다.

새로 개발된 두둑성형기, 배추정식기, 배추방제기, 중경제초기의 동력원은 승용관리기로서 1대를 가지고 작업기를 교체 부착하는 것으로 하였다. 다만, 배추재배시 두둑성형기와 정식기는 같은 작업적기 내에서 1~2일 차이로 작업이 이루어지므로 승용관리기 이용이 경합된다. 따라서, 기종의 작업성능에 따라 작업적기일수 40일 내에서 정식기가 28일, 두둑성형기가 12일 작업할 수 있는 것으로 작업능률에 따라 배분하였다.

배추일관기계화 작업체계를 위한 신개발 기종의 부담면적은 두둑성형기 15.4ha, 배추정식기 14.6ha, 중경제초기 13.0ha, 배추방제기 19.7ha, 배추수확기 12.6ha, 운반적재기 15.7ha로서 12.6ha~19.7ha 범위인 것으로 분석되었다. 두둑성형기와 배추정식기의 부담면적은 동력원을 독립적으로 이용할 때는 각각 51.5ha, 21.0ha로 증가된다. 배추수확기의 부담면적은 메시팔레트를 이용할 때 12.6ha이나 수확과 동시에 운반용 트럭에 수집하는 산물 수집형을 적용할 경우는 15.7ha가 된다. 결과적으로, 농가에서 배추 일관기계화 개발기종을 모두 이용할 경우 영농가능규모는 13ha내외가 된다.

표 7-28. 개발기종의 배추재배 부담면적

구 격	두둑성형기	배추정식기	중경제초기	배추방제기	배추수확기	운반적재기
작업능률 (ha/h)	0.23	0.10	0.06	0.10	0.04 (0.05)	0.05
작업적기일수 (일/년)	12 (40)	28 (40)	40	40	60	60
1일작업시간 (시간/일)	8	8	8	8	8	8
작업가능 일수율 (%)	82	82	82	82	82	82
실작업률 (%)	85	80	85	75	80	80
부담면적 (ha/년)	15.4 (51.5)	14.6 (21.0)	13.9	19.7	12.6 (15.7)	15.7

- 주) ○ 두둑성형기와 배추정식기는 동력원의 이용시간이 경합됨에 따라 적기작업 일수를 작업능률에 따라 비례 배분하여 부담면적을 산출
- 두둑성형기 및 배추정식기의 ()는 동력원(승용관리기)을 독립적으로 이용할 경우 적기작업일수 및 부담면적
 - 배추수확기의 ()는 산물수집형 운반적재 시스템을 적용할 경우의 작업능률 및 부담면적

나. 손익분기규모

배추재배 일관기계화 작업체계 이용은 단순히 노동력이 경감되고 중노동으로부터 해방되는 것에 그치지 않고, 인력중심의 관행작업 비용을 대폭 줄일 수 있는 효과가 따라야 한다. 따라서, 관행작업비용과 기계화작업비용이 같은 손익분기규모를 기준으로 산출하였다. 기계구입가격은 작업공정별 투입기종의 구입가격과 동력원으로 이용되는 승용관리기 또는 트랙터의 분담액을 합하여 산출하였으며 분담액은 배추재배에 사용되는 부착작업기의 이용시간 비율에 따라 구하였다. ha당 임작업료 산출을 위해 두둑성형, 정식, 중경제초 및 시비, 수확 및 선별 등의 작업은 인력작업으로, 방제 및 운반작업은 경운기부착 동력분무기와 트레일러를 이용하는 것으로 하였다.

기종별 손익분기규모는 표 7-29에서와 같이 배추재배의 경우 두둑성형기 2.6ha, 배추정식기 2.6ha, 중경제초기 2.7ha, 배추방제기 2.8ha, 운반적재기 5.2ha, 배추수확기(산물수집형) 6.9ha, 배추수확기(팔레트수집형) 7.4ha로 기종에 따라 큰 차이가 나타났다. 운반적재기와 배추수확기의 손익분기규모는 승용관리기 부착형 개발기종에 비하여 2배 이상 크게 나타났다. 이는 기계가격이 승용관리기 부착형에 비해 고가이고 특히, 배추수확기는 동력원인 트랙터의 이용비용이 높고 배추 이외의 타작물에는 적용이 어려워 상대적으로 배추재배에 적용되는 고정비 비율이 높기 때문인 것으로 판단된다. 즉, 배추수확기는 적용범위를 배추뿐만 아니라 타작물에도 확대하여 손익분기규모를 줄여야 할 것으로 판단된다.

표 7-29. 개발기종의 손익분기규모 산정내역

구 분		두둑 성형기	배추 정식기	중경 제초기	배추 방제기	배추 수확기	운반 적재기
적용 가격 (천원)	동력원	638	1,401	2,126	1,876	12,360	-
	개발기종	1,250	4,550	2,450	3,150	15,000	8,400
	계	1,888	5,951	4,576	5,026	27,360	8,400
내용년수(년)		5	5	5	5	8	8
고정비 (천원)	감가상각비	359	1,131	869	955	3,249	998
	자본이자	40	125	96	106	575	176
	수리비	94	298	229	251	1,368	420
	계	493	1,553	1,194	1,312	5,192	1,594
유동비 (천원/ha)	유류비	15	35	56	49	95	40
	인건비	37	85	136	85	417	170
	계	52	120	192	134	512	210
ha당 임작업료 (천원)		239	727	638	596	1,210	515
손익분기규모 (ha)		2.6	2.6	2.7	2.8	7.4 (6.9)	5.2

주) ○ ()는 산물수집형 운반적재시스템을 적용할 경우의 손익분기규모 임.

○ 기종별 구입가격

- 동 력 원 : 트랙터(50ps) 20,600천원, 승용관리기 9,000천원
- 개발기종 : 두둑성형기 2,500천원, 배추정식기 6,500천원, 중경제초기 3,500천원, 배추방제기 3,150천원, 배추수확기 15,000천원, 운반적재기 12,000천원

○ 기종별 배추재배를 위한 구입가격 적용비율

- 승용관리기(배추재배이용 67.1%) : 두둑성형기 7.1%, 배추정식기 15.6%, 중경제초기 23.6%, 배추방제기 20.8%
- 트 랙 터 : 배추수확기부착 이용률 60%,
- 운반적재기 : 배추운반작업 이용률 70%

○ 비용산출기초

- 잔존가격 : 구입가격의 5%
- 수리비계수 : 구입가격의 5%
- 자본이자 : 4%
- 연료소모량 : 트랙터 7.6 l/h, 승용관리기 6.8 l/h
- 연료비 : 경유 441 원/l, 휘발유 445 원/l, 윤활유비 : 연료비의 15%
- 인건비 : 남 48,600 원/일, 여 32,500 원/일, 운전자인건비 : 남자인건비×1.4

다. 노동투하시간

배추재배의 주요 작업공정별 ha당 노동투하시간은 표 7-30에서와 같이 두둑성형 작업에 45시간, 정식작업에 158시간, 중경제초 및 시비작업에 133시간, 배추수확 및 운반작업에 312시간으로 총 722시간으로 나타났다. 이는 배추재배에 필요한 총 노동투하시간 1,056시간('98 농촌진흥청)의 68.4%를 차지한다. 기계화 일관작업체계를 도입할 경우 노동투하시간은 ha당 135.4시간으로 관행에 비하여 81.2%가 절감되는 것으로 나타났다.

작업공정별 노력절감효과는 두둑성형작업에서 90.2%, 배추정식작업에서 93.7%, 중경제초작업에서 88%, 방제작업에서 86.5%, 수확작업에서 70.2%, 운반 및 적재작업에서 66.7%인 것으로 나타났다.

표 7-30. 관행 및 기계화 작업체계의 노동투하시간 비교

구 분		두둑 성형	정식 작업	제초 시비	방제 작업	수확 작업	운반 적재	계
작업횟수(회/년)		1	1	2	5	1	1	-
기계화 작업체계	투입인원 (명/회)	1	1	1	1	3	1	-
	작업시간 (시간/ha)	4.4 (9.8)	10.0 (6.3)	16.0 (12.0)	10.0 (13.5)	75.0 (29.8)	20.0 (33.3)	135.4 (18.8)
관행	작업시간 (시간/ha)	45.0 (100)	158.0 (100)	133.0 (100)	74.0 (100)	252.0 (100)	60.0 (100)	722.0 (100)

주) ○ 배추수확기(산물수집형) 적용시 투입인원 및 노동투하시간

- 투입인원

- 배추수확기 : 운전자 1인, 개자리수확 1인
- 운반용 트럭(2대) : 운전자 2인, 보조자 1인

- 노동투하시간

- 수확작업 : 40시간/ha (관행작업시간 대비 15.9%)
- 운반작업 : 60시간/ha (관행작업시간과 동일)

라. 경제성분석

1) 기종별 경제성 분석

일관기계화 작업체계를 위하여 개발된 기종을 부담면적에 해당되는 규모로 사용할 경우 관행작업 대비 단위면적당 비용절감효과는 표 7-31에서와 같다. 즉, 두둑성형기의 경우 ha당 소요비용은 85천원으로서 관행작업의 35.7%, 배추정식기의 경우에는 226천원으로서 관행작업의 31.0% 수준으로 각각 64.3%, 69.0%의 비용절감효과를 나타냈다. 여기서 육묘트레이 구입비(200공 1판 170원), 노력비, 자재비는 관행정식작업에서 배추묘 구입비(200공 1판, 5,000원)와 동일한 것으로 간주하여 고려하지 않았다.

표 7-31. 두둑성형기 및 배추정식기의 경제성 분석

구 분		두둑성형작업			배추정식작업		
		기계화작업		관행	기계화작업		관행
		승용 관리기	두둑 성형기	인력	승용 관리기	배추 정식기	인력
구입가격(천원)		9,000	2,500	-	9,000	6,500	-
내구년한(년)		5	5	-	5	5	-
사용시간(시간/년)		944	134	-	944	210	-
고정비 (천원/년)	감가상각비	1,710	475	-	1,710	1,235	-
	수리비	450	125	-	450	325	-
	이 자	189	53	-	189	137	-
	소 계	2,349	653	-	2,349	1,697	-
시간당고정비 (천원/시간)		7.4		-	10.6		-
유동비 (천원/시간)	인건비	8.5		5.3	8.5		4.6
	유류비	3.5		-	3.5		-
	소 계	12.0		5.3	12.0		4.6
시간당비용(천원/시간)		19.4		5.3	22.6		4.6
작업성능(시간/ha)		4.4		45.0	10.0		158.0
소요비용(천원/ha)		85.2 (35.7)		239.0 (100)	225.7 (31.0)		727.0 (100)

중경제초기와 배추방제기의 경제성분석 결과는 표 7-32에서와 같이 중경제초기의 경우 ha당 소요비용은 278천원으로서 관행작업의 43.5% 수준, 배추방제기의 경우에는 187천원으로서 관행작업의 31.3% 수준으로 각각 56.5%, 68.7%의 비용절감효과가 있는 것으로 나타났다.

표 7-32. 중경제초기 및 배추방제기의 경제성 분석

구 분		중경제초작업			병해충방제작업		
		기계화작업		관행 인력	기계화작업		관행 경)동력 분무기
		승용 관리기	중경 제초기		승용 관리기	배추 방제기	
구입가격 (천원)		9,000	3,500	-	9,000	4,500	1,915
내구년한 (년)		5	5	-	5	5	6
사용시간 (시간/년)		944	319	-	944	281	190
고정비 (천원/년)	감가상각비	1,710	665	-	1,710	855	303
	수리비	450	175	-	450	225	96
	이 자	189	74	-	189	95	40
	소 계	2,349	914	-	2,349	1,175	439
시간당고정비 (천원/시간)		5.4		-	6.7		2.3
유동비 (천원/시간)	인건비	8.5		4.8	8.5		12.7
	유류비	3.5		-	3.5		1.1
	소 계	12.0		4.8	12.0		13.8
시간당비용(천원/시간)		17.4		4.8	18.7		16.1
작업성능(시간/ha)		16.0		133.0	10.0		37.0
소요비용(천원/ha)		278 (43.5)		638 (100)	187 (31.3)		596 (100)

주) ○ 작업성능 : 작업횟수는 중경제초 2회, 방제 5회 기준.

○ 관행방제 : 부부(남자 1명, 여자 1명)가 동력분무기로 방제

- 연료소모량 : 동력경운기 2.0 l/h

○ 경)동력분무기 : 경운기 부착형 동력분무기

수확과 동시에 배추를 메시팔레트에 수집하는 시스템에서는 표 7-33에서와 같이 ha당 925천원이 소요되어 관행작업의 76.4%, 운반적재기는 311천원이 소요되어 관행작업의 60.5% 수준으로 각각 23.6%, 39.5%의 비용절감효과가 있는 것으로 나타났다.

표 7-33. 배추수확기(팔레트수집형) 및 운반적재기의 경제성 분석

구 분	수확작업			운반작업		
	기계화작업		관행	기계화작업	관행	
	트랙터	배추수확기	인력	운반적재기	경)트레일러	
구입가격(천원)	20,600	15,000	-	12,000	2,365	
내구년한(년)	8	8	-	8	6	
사용시간(시간/년)	525	315	-	450	190	
고정비 (천원/년)	감가상각비	2,446	1,781	-	1,425	374
	수리비	1,030	750	-	600	118
	이 자	433	315	-	252	50
	소 계	3,909	2,846	-	2,277	542
시간당고정비 (천원/시간)	16.5		-	5.1	2.9	
유동비 (천원/시간)	인건비	16.7	4.8	8.5	13.2	
	유류비	3.8	-	2.0	1.1	
	소 계	20.5	4.8	10.5	14.3	
시간당비용(천원/시간)	37.0		4.8	15.6	17.2	
작업성능(시간/ha)	25.0		252.0	20.0	30.0	
소요비용(천원/ha)	925 (76.4)		1,210 (100)	311 (60.5)	515 (100)	

주) ○ 수확동시 메시팔레트 수집작업 : 운전자 1명(남), 보조자 2명(여)이 수확기계 진입로 수확 및 메시팔레트 교환

- 배추운반작업 : 운반적재기 운전자 1명(남)
- 관행 운반작업 : 운전자 1명(남), 보조자 1명(여)
- 경)트레일러 : 경운기용 트레일러

수확과 동시에 산물로 적재 운반하는 시스템은 수확한 배추를 컨베이어를 통하여 산물로 차량에 적재하는 체계로서 경제성분석결과는 표 7-34에서와 같다. 즉, ha당 수확·운반작업 총소요비용은 1,304천원으로서 관행작업의 75.6%이었으며 비용절감 효과는 메시팔레트 수집시스템 71.7%와 비슷한 수준인 것으로 나타났다.

표 7-34. 배추수확기(산물수집형)의 경제성 분석

구 분	기계화작업			관행작업		
	수확작업		운반작업	수확작업	운반작업	
	트랙터	배추수확기	트럭 (1ton, 2대)	인 력	경운기용 트레일러	
구입가격(천원)	20,600	15,000	20,636	-	2,365	
내구년한(년)	8	8	13	-	6	
사용시간(시간/년)	525	315	675	-	190	
고정비 (천원/년)	감가상각비	2,446	1,781	1,508	-	374
	수리비	1,030	750	1,032	-	118
	이 자	433	315	433	-	50
	소 계	3,909	2,846	2,973	-	542
시간당고정비 (천원/시간)	16.5		4.4	-	2.9	
유동비 (천원/시간)	인건비	13.3	20.4	4.8	13.2	
	유류비	3.8	6.8	-	1.1	
	소 계	17.1	27.2	4.8	14.3	
시간당비용(천원/시간)	33.6		31.6	4.8	17.2	
작업성능(시간/ha)	20.0		20.0	252.0	30.0	
소요비용(천원/ha)	672 (53.8)		632	1,250 (100)	515	
	1,304 (75.6)			1,724 (100)		

주) ○ 수확동시 운반차에 산물적재 작업 : 작업인원은 운전자 1명, 개자리 수확 1명

○ 기계화 운반작업 : 트럭 2대, 운전자 2명, 보조자 1명으로 함

- 트럭이용(675시간/년) : 운행거리 21,600km/년, 속도 60km/h운행 가정하여
타목적이용 연간 360시간, 배추 수확운반작업 315시간을 합산하여 적용.

- 연료소모량 : 1ton 트럭 13.6 ℓ/h

○ 관행수확 및 운반작업 : 표 7-33에 준함

2) 재배규모별 경제성 분석

배추재배 일관기계화 기종으로 개발된 기종을 모두 투입하여 배추를 재배할 경우, 관행작업 대비 규모별 소요비용은 그림 7-18에서와 같이 연간 재배면적이 3.5ha 이상 되어야 비용절감효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 연간 재배면적이 6.4ha 이하인 경우에는 산물수집형이 팔레트수집형에 비하여 관행작업 비용절감효과가 큰 것으로 나타났으며, 재배면적이 6.4ha 이상인 경우에는 그 반대로 나타났다. 이는 재배면적의 확대에 의하여 이용시간이 증가되어도 시간당 유동비는 변화 없이 일정한 반면 고정비는 운반적재기와 트럭이 차이가 크게 나기 때문이다.

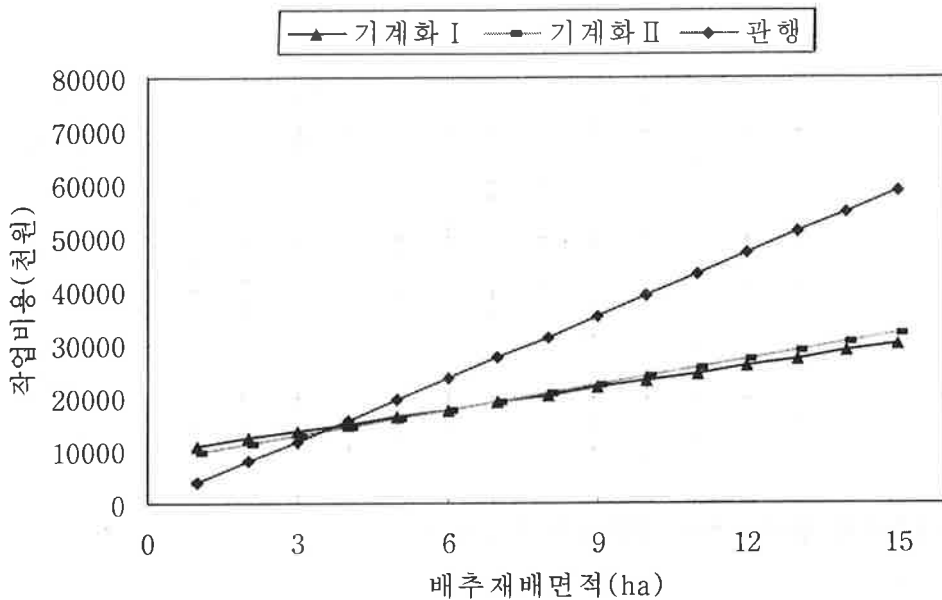


그림 7-18. 배추재배규모별 경제성 분석

주) 기계화 I : 팔레트수집형 배추수확기 이용체계

기계화 II : 산물수집형 배추수확기 이용체계

재배면적별 소요비용은 표 7-35에서와 같이 연간 재배면적이 3ha일 때는 관행작업에 비하여 9~16% 더 소요되나 일정규모 이상에서는 비용절감효과가 큰 것으로 나타났다. 즉, 5ha규모에서는 17~18%, 7ha규모에서는 30~31%, 9ha규모에서는 36~38%, 11ha규모에서는 41~43%, 13ha규모에서는 43~47%, 15ha규모에서는 46~49%으로 나타났다. 임작업 면적을 포함하여 배추재배 규모가 연간 3.5ha 이상인 농가에서 새로 개발된 기종을 이용하면 관행작업에 비하여 노동력과 소요비용을 크게 줄일 수 있는 것으로 나타났다.

표 7-35. 일관기계화 작업체계에 의한 배추재배 규모별 소요비용

(천원/ha)

구 분	배 추 재 배 규 모						
	3ha	5ha	7ha	9ha	11ha	13ha	15ha
기계화 I	4,544 (116)	3,272 (83)	2,726 (69)	2,423 (62)	2,231 (57)	2,097 (53)	1,999 (51)
기계화 II	4,269 (109)	3,204 (82)	2,747 (70)	2,494 (64)	2,332 (59)	2,221 (57)	2,139 (54)
관 행	3,924 (100)	3,924 (100)	3,924 (100)	3,924 (100)	3,924 (100)	3,924 (100)	3,924 (100)

5. 배추재배 일관기계화 작업체제 확립의 효과

배추재배 일관기계화 기종개발과 작업체제의 확립은 첫째, 노동력과 작업비용의 절감을 가져온다. 최근 농촌노동력 감소와 노임상승 등에 의하여 농작업 비용이 증가되고 있으나 새로 개발된 기종을 투입함으로써 생산비절감은 물론 적기작업 수행하는데 큰 도움이 될 것으로 판단된다. 특히, 전체 노동력의 45%가 집중적으로 투입되는 배추정식과 수확작업시기에는 노동력이 크게 부족하여 타 지역으로부터 인력을 조달하거나 많은 농가가 포전거래를 하고 있는 실정이다. 따라서, 배추일관기계화 기종 투입으로 노동력부족과 농작업 비용이 증가되는 문제점이 크게 개선될

것으로 전망된다.

둘째, 노동력 절감에 의한 경영규모 확대이다. 대부분 인력에 의존하고 있는 관행의 작업체계에서는 규모확대에 한계가 있으나 일관기계화체계에서는 적은 노력과 비용으로 연간 13ha 내외의 배추재배가 가능하다고 본다. 또한 최근 배추 소비형태의 변화, 가공원료용 수요 및 김치 수출 증가 등에 의하여 김장배추 중심의 계절수요에서 연중수요로 바뀔에 따라 지속적이고 안정적인 공급이 요구되고 있는 현실을 감안할 때 고품질 배추를 안정적으로 생산 공급할 수 있는 하여 농가소득 증대와 국제경쟁력 제고에 크게 기여할 수 있을 것으로 전망된다.

셋째, 밭작물의 기계화 촉진이다. 기계화율이 99%인 벼농사에 비하여 밭작물의 기계화율은 경운정지, 비닐피복, 방제작업을 제외하고는 극히 저조한 실정이다. 배추재배의 기계화율은 경운정지 89%, 비닐피복 45%, 방제 76% 수준이고 그 외 작업은 대부분 인력에 의존하고 있다. 이러한 여건에서 기종이 개발됨에 따라 배추재배 기계화율이 벼농사 수준에 접근할 것으로 전망된다. 더욱 중요한 것은 개발된 기종은 배추뿐만 아니라 다른 밭작물에도 부분적으로 이용될 수 있어 앞으로 이와 비슷한 밭작물의 기계화 기술개발이 촉진되고 그 효과가 밭작물 전체로 파급될 것으로 전망된다.

제 4 절 적 요

배추재배의 정식, 수확, 제초작업 등 대부분의 작업이 인력에 의존되어 있기 때문에 일관기계화 기술개발이 시급한 실정이다.

이 연구에서는 배추재배 일관기계화 기종으로 개발되는 두둑성형기, 배추정식기, 중경제초기, 배추방제기, 배추수확기, 운반적재기 등 6개 기종을 기계화 재배양식으로 조성된 배추재배포장에서 작업공정별, 작업공정간 기계 및 재배기술 적응성 등 일관기계화 작업체계시험을 실시하였다. 시험에서는 육묘일수, 재식거리, 두둑높이에 따른 적정 기계화 재배조건 구명과 개발기종의 작업성능 평가 등이 수행되었다. 아울러 개발기술의 효과분석을 위하여 일관기계화 재배가 가능한 면적, 노력 및 비용절감효과 등의 분석이 이루어 졌으며 그 주요결과는 다음과 같다.

1. 농가의 배추재배 실태조사결과 두둑높이는 10~30cm, 주간거리는 30~45cm로 이랑너비는 고랭지배추의 경우 둥근두둑 한줄 재배에서 60cm, 가을배추 및 월동배추의 경우 둥근두둑 두줄 재배에서 140cm인 것으로 나타났다. 경운정지, 방제, 운반작업에서는 경운기 또는 트랙터가 이용되고 있으나 많은 노동력이 소요되는 두둑성형, 정식, 수확 작업이 인력에 의존되고 있는 것으로 나타났다.
2. 기계화재배의 육묘일수가 20일, 두둑높이가 15cm, 주간거리가 35~40cm일 때 작업상태, 생육 및 수량이 가장 좋은 것으로 나타났다.
3. 10a당 수량은 관행 재배구의 경우 6,453kg, 기계화 재배구의 경우 6,708kg으로서 기계화 재배구의 수량이 다소 높게 나타났으나 통계적인 유의성은 없는 것으로 나타났다.
4. 개발기종의 10a당 작업능률은 두둑성형기 0.44시간, 배추정식기 1.0시간, 중경제초기 0.8시간, 배추방제기 0.2시간, 배추수확기 2.5시간, 운반적재기 2.0시간인 것으로 나타났다.
5. 개발기종의 부담면적은 두둑성형기 15.4ha, 배추정식기 14.6ha, 중경제초기

13.9ha, 배추방제기 19.7ha, 배추수확기 12.6ha, 운반적재기 15.7ha이며, 손익분기면적은 두둑성형기 2.6ha, 배추정식기 2.6ha, 중경제초기 2.7ha, 배추방제기 2.8ha, 배추수확기 7.4ha, 운반적재기 5.2ha로 나타났다.

6. 일관기계화 작업기종을 이용할 때의 노동투하시간은 10a당 13.5시간으로서 관행작업의 72.2시간에 비하여 81.2%의 노력절감효과가 있는 것으로 나타났으며 작업공정별 노력 절감률은 배추정식 93.7%, 두둑성형 90.2%, 중경제초 88%, 방제 87.5%, 수확 70.2%, 운반 및 적재작업 66.7%이었다.
7. 개발기종별 10a당 기계이용비용은 두둑성형기 8.5천원, 배추정식기 22.6천원, 중경제초기 27.8천원, 배추방제기 18.7천원, 배추수확기 92.5천원, 운반적재기 31.1천원이 소요되어 관행작업 대비 비용절감률이 두둑성형기 64.3%, 배추정식기 69.0%, 중경제초기 56.5%, 배추방제기 68.7%, 배추수확기 23.6%, 운반적재기 39.5%로 나타났다.
8. 일관기계화에 의한 배추재배 규모별 기계이용비용은 연간 재배규모가 3.5ha 이상될 때 관행작업 대비 비용절감효과가 있는 것으로 나타났다. 부담면적인 13ha를 재배할 때의 기계이용비용은 2,097천원/ha로서 관행작업의 3,924천원/ha에 비하여 47%의 절감효과가 있는 것으로 나타났다.

참고 문헌

1. 농림부 농업기계자재과. 2000. 업무자료
2. 농림부. 2000. 채소류 주산단지 지정고시현황.
3. 농업기계화연구소. 1991~2000. 농업기계 시험평가연보.
4. 농촌진흥청. 2000. '99 농축산물소득자료집.
5. 농촌진흥청. 1998. 원예작물 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구
6. 윤진하. 1997. 원예재배의 기계화현황과 발전방향. '97 농업기계화연구소 심포지엄 발표문.
7. 임용채, 안병진, 성래경. 1997. 실험계획법 · II. 한국방송대학출판부
8. 정창주, 김경욱. 1997. 농작업기계학원론. 서울대학교출판부
9. 한국농촌경제연구원. 2001. 농업전망 2001.
10. 全国農業協同組合連合会 農業機械部. 1991. 機械化計劃の手引
11. 全国農業協同組合連合会 農業機械部. 1991. 野菜作の機械化
12. 全農 農業機械部. 1976. 機械化一貫体系標準指標(北海道)
13. 日本農業機械学会. 1995. シンポジウム 露地野菜栽培の作業合理化への道 (Part 2)
-これから変わる野菜作の機械化技術-
14. 日本農業機械学会. 1995. シンポジウム 露地野菜栽培の作業合理化への道
-どの作業をどのように機械化すべきかを探る-
15. 岡村俊民. 1991. 農業機械化の基礎. 北海道大学図書刊行会
16. 農業技術協会. 1987. 農作業試験法
17. 農林省農林水産技術会議事務局. 1962. 機械化技術体系の研究手法試論

제 8 장 종합 결론

배추재배면적은 '99년 45천ha로 채소 재배면적의 약 12%로 2위를 차지하고 있는 주요 작물이나 경운, 정지, 방제작업을 제외하고는 대부분 인력에 의존하고 있다.

따라서, 이 연구에서는 배추재배의 일관기계화를 위하여 기계화에 적합한 표준재배양식을 설정하고, 작업단계별로 기계화할 수 있는 농업기계화 재배기술을 개발하여 배추재배 일관기계화작업체계 확립을 시도한 연구로서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 배추재배양식 표준화 규격 설정

배추재배 전작업공정을 일관기계화하기 위해 이랑폭(두둑폭+고랑폭)을 60cm, 두둑높이를 20cm이하로 하는 등근두둑에 무피복의 1줄 재배하는 양식을 표준규격으로 설정하였다.

2. 작업공정별 농기계 개발

가. 배추정식기는 승용관리기에 부착하여 2줄씩 심는 기종으로서 트레이에서 길러진 묘가 자동으로 공급·정식·복토되며 심는 깊이와 기계의 좌우 수평이 자동조절된다. 작업능률은 10a를 심는데 1시간이 소요되어 인력으로 심는 것보다 16배 성능이 높다. 정식에 사용되는 육묘용 플리그트레이는 현재 공급되고 있는 128공과 200공 트레이의 일부 규격을 변경한 것으로 기존생산시설로 제작할 수 있으며 정식기는 배추 외에 양상추, 상추 등 엽채류 정식작업에도 활용이 가능하다.

나. 두둑성형기는 승용관리기에 부착하여 4개의 등근두둑을 동시에 만드는 기종으로서 10a당 작업능률은 현재 공급되고 있는 보행형 관리기부착 두둑성형기의 4배인 26분이 된다. 아울러 두둑성형기는 이랑폭과 두둑높이를 조절할 수 있어 배추이

외의 작물에도 사용이 가능하다.

다. 중경제초기는 승용관리기에 부착하여 3줄을 동시에 작업하는 기종으로서 김매기, 시비, 배토 작업이 동시에 이루어지고 10a 작업에 46분이 소요된다. 시비작업은 추가시비 없이 1회로 마칠 수 있으며 제초제를 사용하지 않고 기계로 제초와 더불어 김매기를 할 수 있어 환경오염이 대폭 줄어들 뿐 아니라 토양의 물리성도 개선된다.

라. 배추방제기는 승용관리기 부착형으로 살포폭이 4~8m까지 조절되며, 10a를 방제하는데 12분이 소요되어 능률적이다. 현재 주로 사용되고 있는 동력분무기는 많은 보조인력이 필요하고 정밀방제가 어려운데 반해 배추방제기는 배추 등 작물의 잎 가까이서 소량의 농약으로 정밀 살포할 수 있어 방제효과가 크다.

마. 배추수확기는 트랙터에 부착하여 배추를 1줄씩 수확하는 기종으로서 뿌리질단과 동시에 이송하여 수집하게 된다. 배추수집은 배추를 메시팔레트에 수집하는 방식과 운반트럭에 산물상태로 이송하여 수집하는 2가지 형태로 개발하였다. 작업능률은 배추수집방식에 따라 다소 차이가 있어 10a의 배추를 수확하여 메시팔레트에 수집하여 포장에 내려놓은 방식은 2.5시간, 배추수확기와 나란히 주행하는 트럭에 산물로 이송하여 수집하는 방식은 2.0시간으로 인력에 비해 각각 3배, 6배 능률적이고 배추손상율은 2~3%로 낮다.

바. 운반적재기는 전용기로 크로올러 바퀴와 지게차의 승강기능을 갖춘 운반기계로서 배추가 담긴 메시팔레트를 1개 또는 2개씩 운반트럭에 쌓는 작업을 한다. 1회에 최대 700kg을 2.5m높이 까지 쌓을 수 있으며, 18° 까지 경사진 밭에서도 운반적재작업이 가능하다. 뿐만아니라 다른 배추 외의 농산물 운반적재 등에 다양하게 사용할 수 있어 활용도가 높다.

3. 배추재배 일관작업 및 재배기술 확립

배추재배 일관기계화시스템 기종이 전·후 농작업 공정에 유기적으로 적용될 수 있는 작업기술과 기계정식에 적합한 플러그묘의 생육 조건을 구명하는 기술, 정식시의 활착촉진기술, 중경제초·방제 등 배추재배 관리기술을 개발하고, 일관기계투입에 의한 노력 및 생산비절감효과에 대해 분석하였다. 분석결과 두둑성형기, 배추정식기, 중경제초기, 배추방제기, 배추수확기, 운반적재기를 이용하면 10a 농사를 13.5시간의 노력으로 지을 수 있어 인력에 비해 81% 노력절감이 되는 것으로 나타났다. 비용절감효과는 기계화영농규모가 3.5ha 이상에서부터 나타나며 부담면적인 13ha를 작업할 경우에 관행대비 최대 47%까지 비용이 절감된다.

부 록

부록Ⅰ. 새로 개발한 농업기계 주요 설계도면

1. 두둑성형기
2. 배추정식기
3. 중경제초기
4. 배추방제기
5. 배추수확기
6. 운반적재기

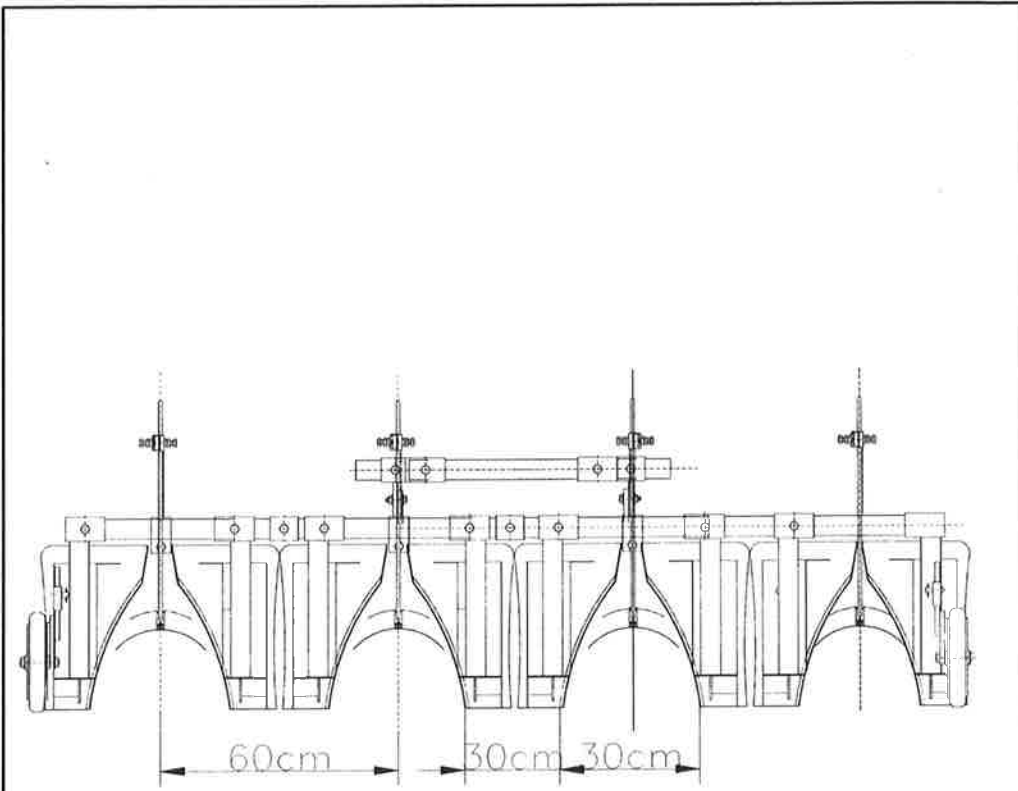
부록Ⅱ. 현재까지 본 과제와 관련된 발표실적

1. 산업재산권 출원내역
2. 논문발표 내역
3. 대농민 홍보(TV, 신문, 잡지 게재, 현장평가 및 전·연사회 개최)

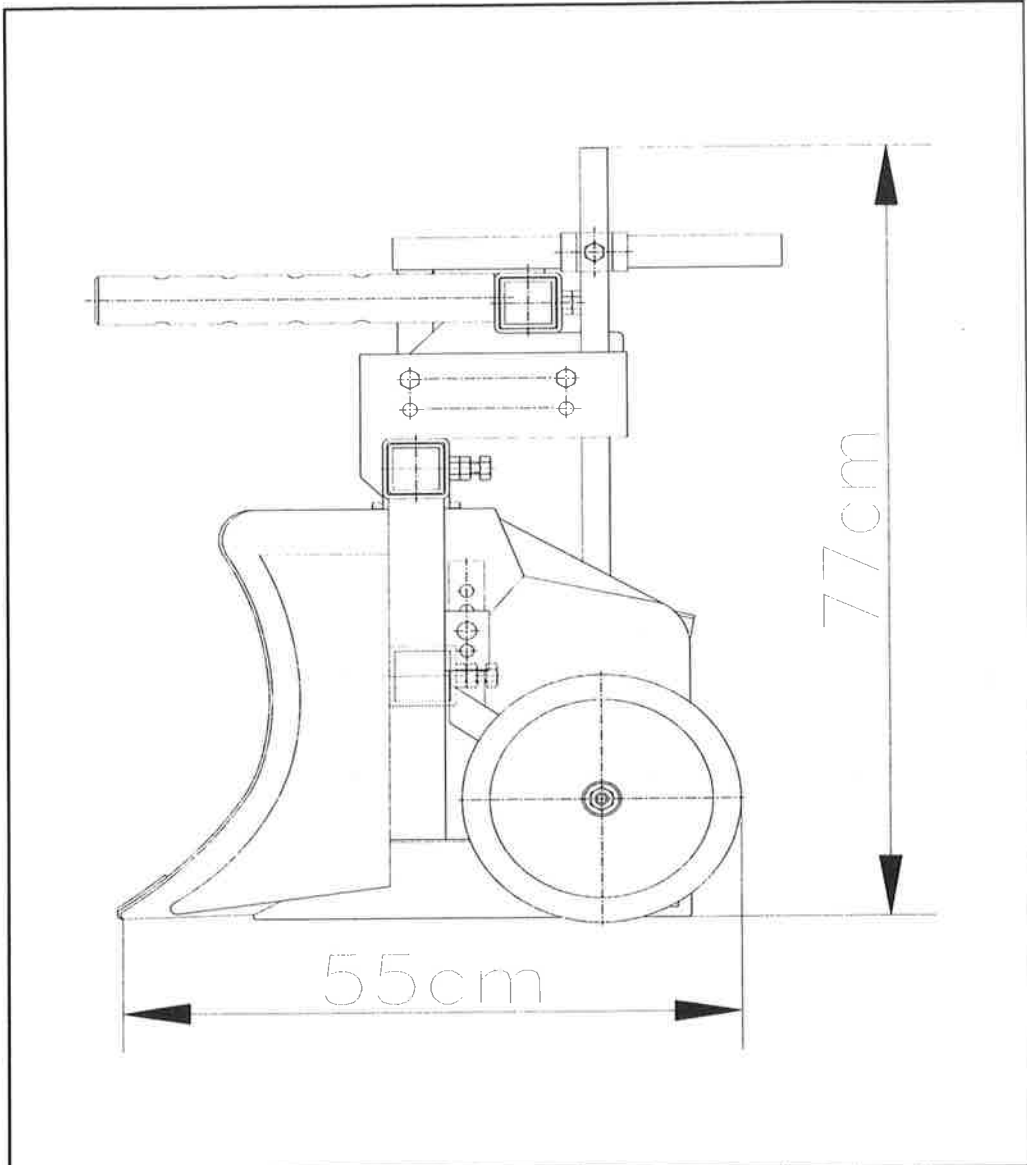
부록Ⅲ. 정렬적재용 배추수집·반출 시스템 제어 프로그램

부록 I. 새로 개발한 농업기계 주요 설계도면

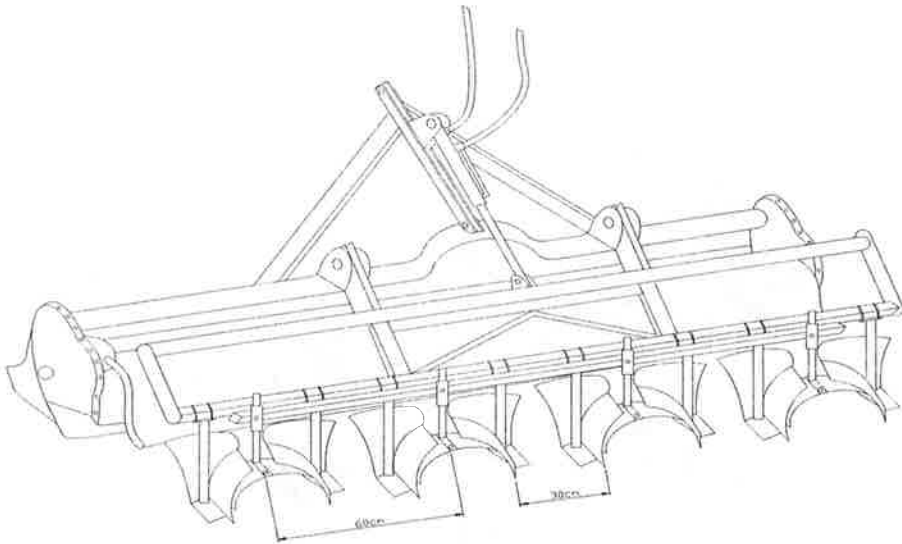
1. 두둑성형기



C3_30	승용관리기용 두둑성형기	SGHC	개	1	
품번	품명	규격	단위	수량	비고
농업기계화연구소 National Agricultural Mechanization Research Institute			도명 DRAWING NAME		정면도
척도 SCALE	제도 DRAWN	설계 DESIGNED	검도 CHECKED	작성일 DATE	파일명 .DWG
	박석호	박석호	박석호	2001.5.17	AMIO 1_38
					도면 NO 1

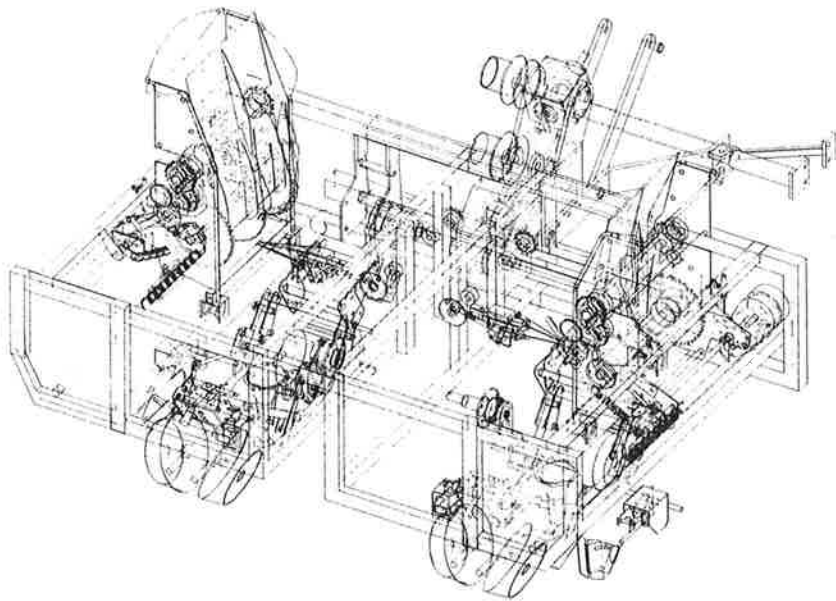


C3_30	승용관리기용 두독성형기			SGHC	개	1	
품번	품명			규격	단위	수량	비고
농업기계화연구소 National Agricultural Mechanization Research Institute				도명 DRAWING NAME	측면도		
척도 SCALE	제도 DRAWN	설계 DESIGNED	검도 CHECKED	작성일 DATE	파일명 .DWG	AMI01_38	
	박석호	박석호	박석호	2001.5.17	도면 NO 2		



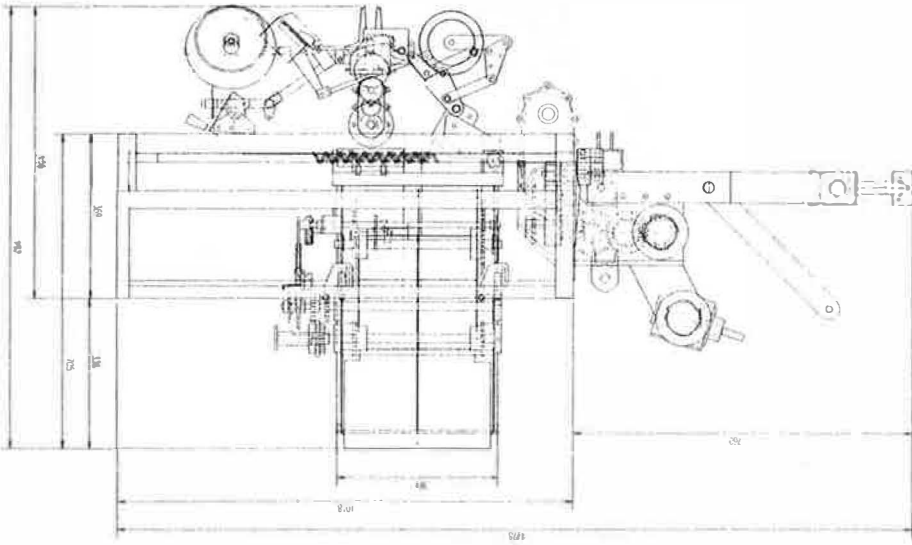
C3_30	트랙터용 두둑성형기			SGHC	개	1	
품번	품명			규격	단위	수량	비고
농업기계화연구소 National Agricultural Mechanization Research Institute				도명 DRAWING NAME	조립도		
척도 SCALE	제도 DRAWN	설계 DESIGNED	검도 CHECKED	작성일 DATE	파일명 .DWG	AMI01- 38	
	박석호	박석호	박석호	2001.5.17	도면 NO 3		

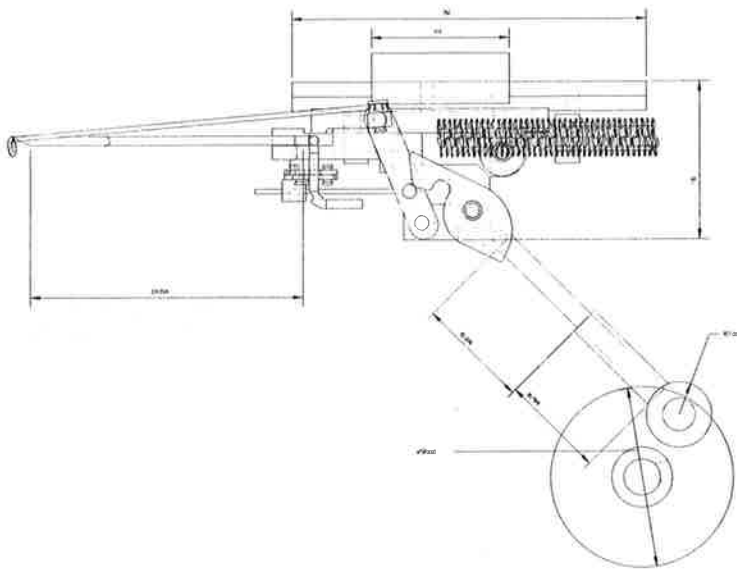
2. 배추정식기



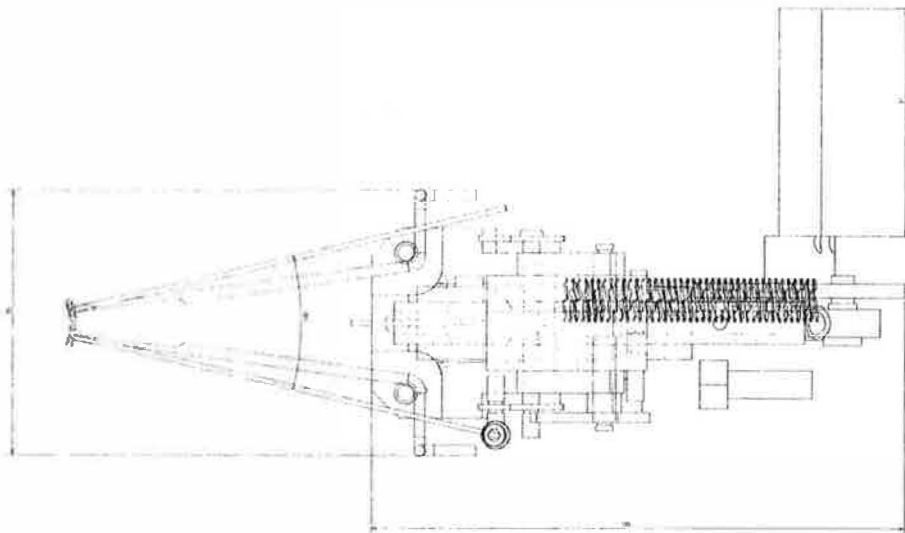
C3_30	배추정식기			SGHC	개	1	
품번	품명			규격	단위	수량	비고
농업기계화연구소 National Agricultural Mechanization Research Institute				도명 DRAWING NAME	조리도		
척도 SCALE	제도 DRAWN	설계 DESIGNED	검도 CHECKED	작성일 DATE	파일명 .DWG	AM10 1_38	
	박석호	박석호	박석호	2001.5.17	도면 NO 4		

도면 NO 6	2001.5.17	박석훈	박석훈	박석훈	
AMIO 1.38 파일명 DWG	작성일 DATE	검토 CHECKED	설계 DESIGNED	제도 DRAWN	척도 SCALE
농업도		농업기계화연구소 National Agricultural Mechanization Research Institute			
도면 DRAWING NAME	규격	품명		물번	
개	SGHC	배추정시기		C3-30	
수령 수량	단위	비고			
1	개				

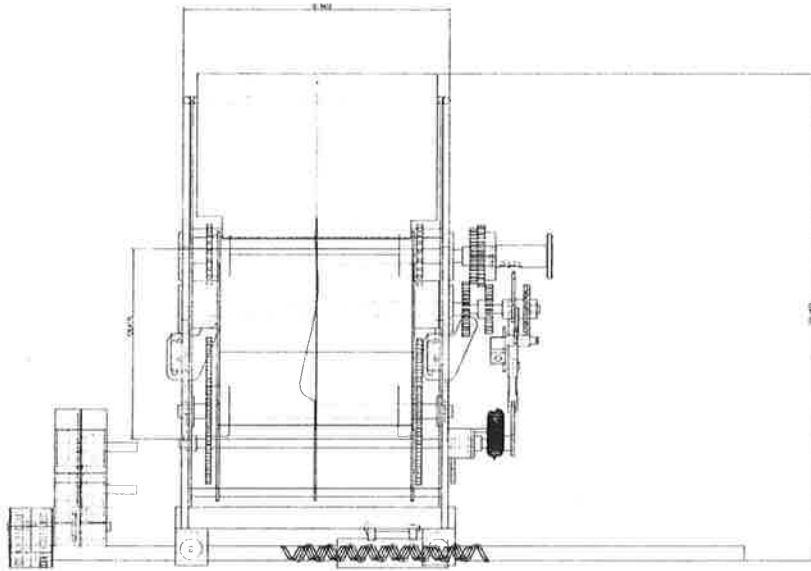




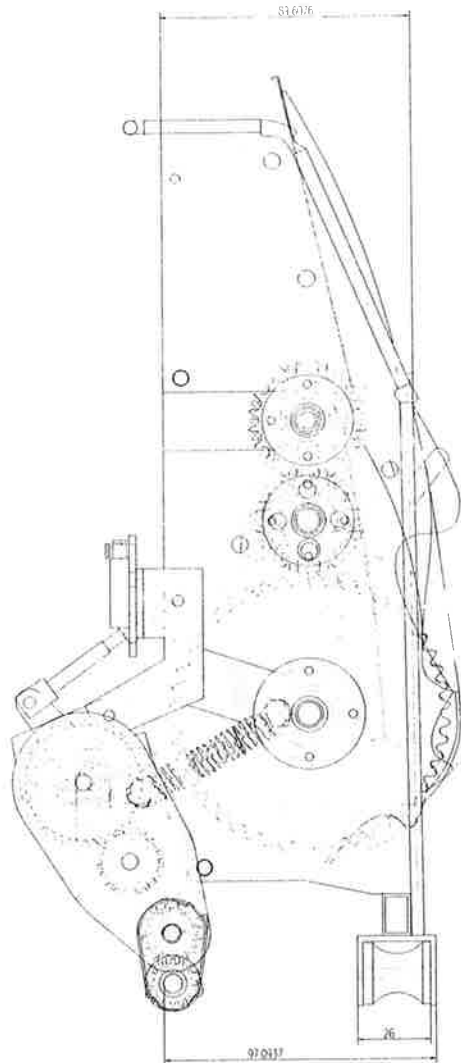
C3_30	배추정식기 취출장치			SGHC	개	1	
품번	품명			규격	단위	수량	비 고
농업기계화연구소 National Agricultural Mechanization Research Institute				도명 DRAWING NAME	측면도		
척도 SCALE	제도 DRAWN	설계 DESIGNED	검도 CHECKED	작성일 DATE	파일명 .DWG	AMIO 1_38	
	박석호	박석호	박석호	2001. 5. 17	도면 NO 7		



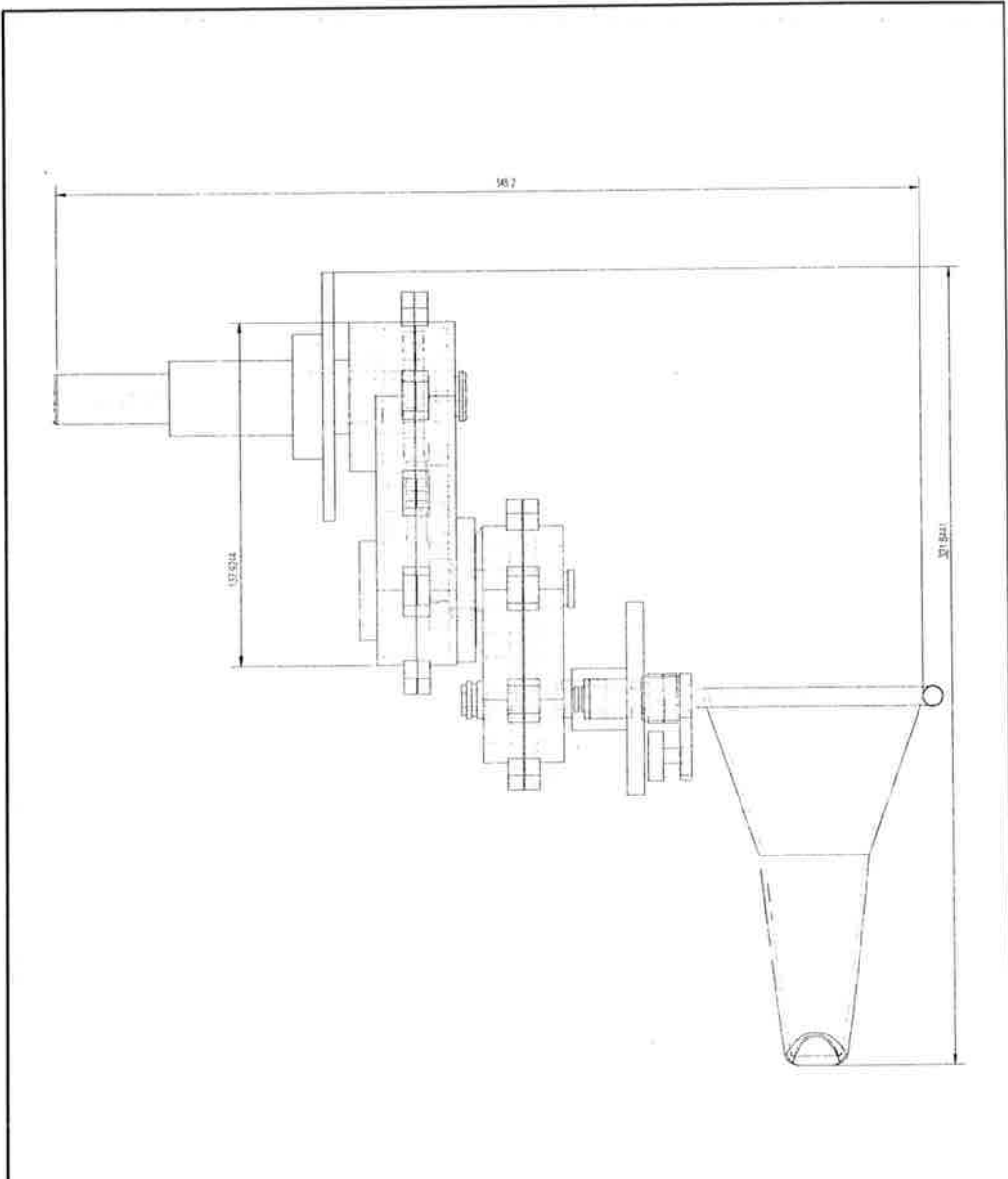
C3_30	배주정식기 취출장치			SGHC	개	1	
품번	품명			규격	단위	수량	비고
농업기계화연구소 National Agricultural Mechanization Research Institute				도명 DRAWING NAME	평면도		
척도 SCALE	제도 DRAWN	설계 DESIGNED	검도 CHECKED	작성일 DATE	파일명 .DWG	AM10 1_38	
	박석호	박석호	박석호	2001.5.17	도면 NO 8		



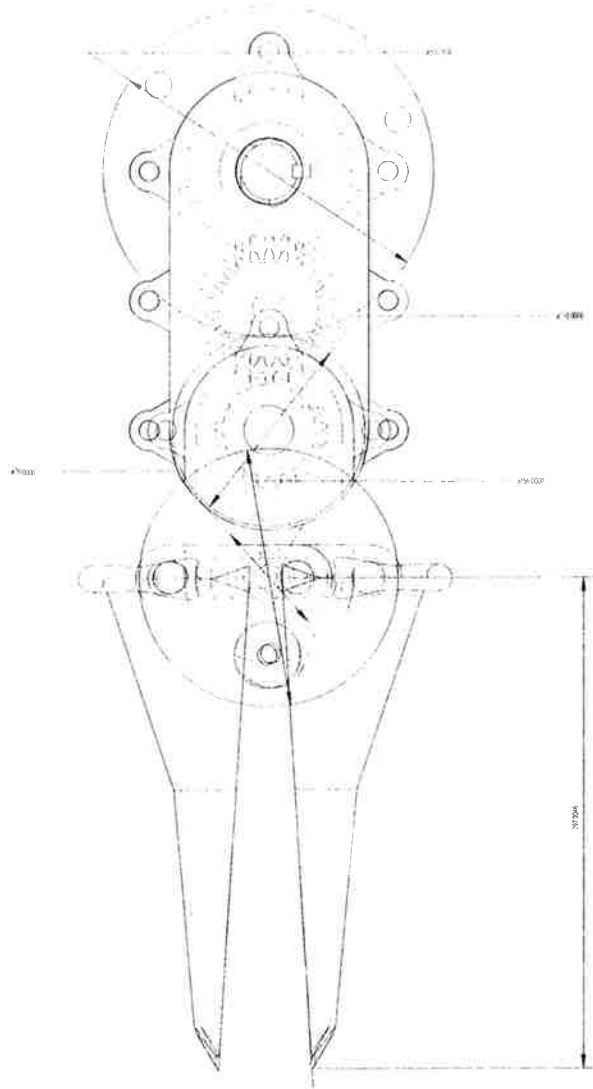
C3_30	배추정식기 이송장치			SGHC	개	1	
품번	품명			규격	단위	수량	비고
농업기계화연구소				도명	정면도		
National Agricultural Mechanization Research Institute				DRAWING NAME			
척도	제도	설계	검도	작성일	파일명	AM10	
SCALE	DRAWN	DESIGNED	CHECKED	DATE	.DWG	1_38	
	박석훈	박석훈	박석훈	2001.5.17	도면 NO 9		



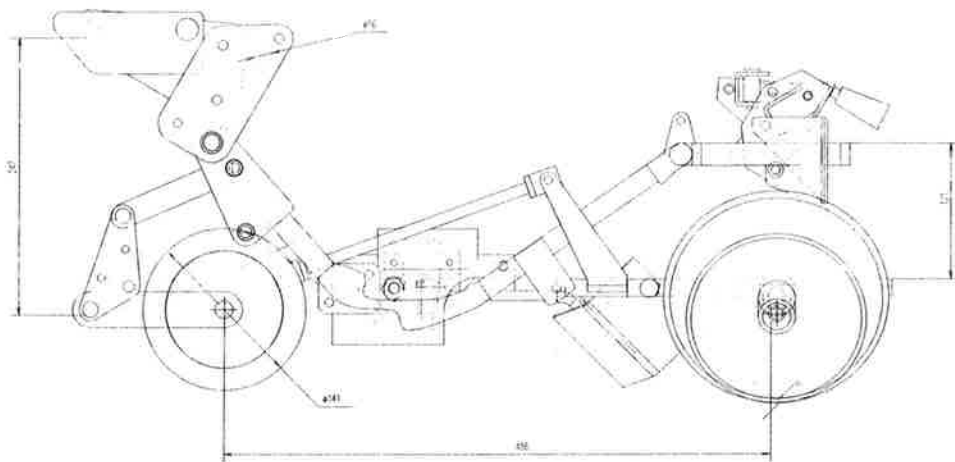
C3_30	배추정식기 이송장치			SGHC	개	1	
품번	품명			규격	단위	수량	비 고
농업기계화연구소 National Agricultural Mechanization Research Institute					도명 DRAWING NAME	측면도	
척도 SCALE	제도 DRAWN	설계 DESIGNED	검도 CHECKED	작성일 DATE	파일명 .DWG	AM10	1_38
	박석호	박석호	박석호	2001.5.17	도면 NO 10		



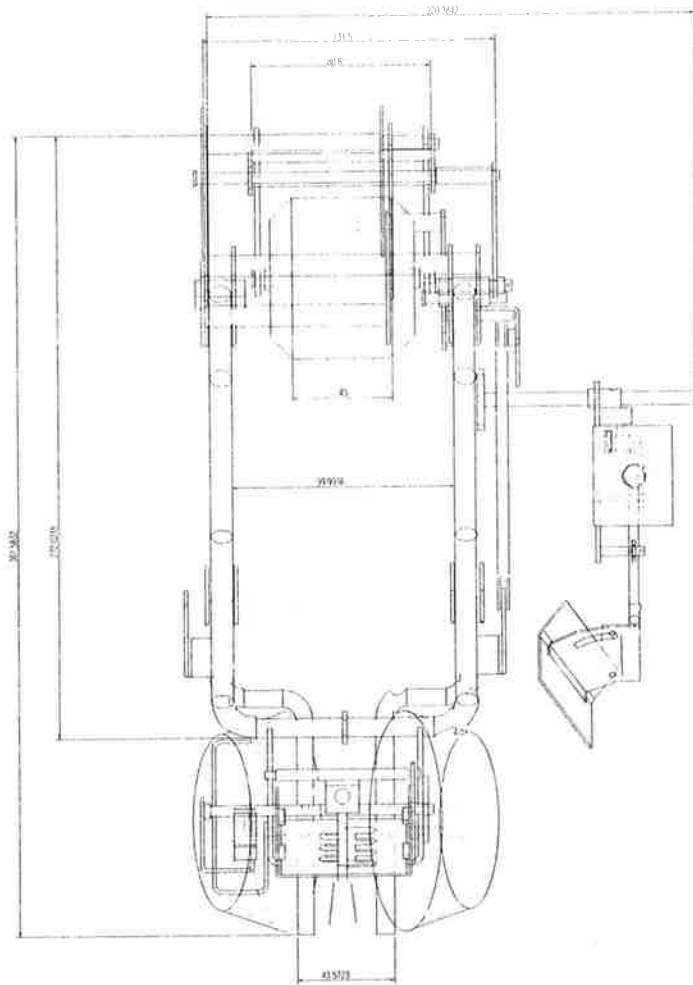
C3_30	배추정식기 식부장치			SGHC	개	1	
품번	품명			규격	단위	수량	비고
농업기계화연구소 National Agricultural Mechanization Research Institute				도명 DRAWING NAME	정면도		
척도 SCALE	제도 DRAWN	설계 DESIGNED	검도 CHECKED	작성일 DATE	파일명 .DWG	AM10 1_38	
	박석호	박석호	박석호	2001.5.17	도면 NO 11		



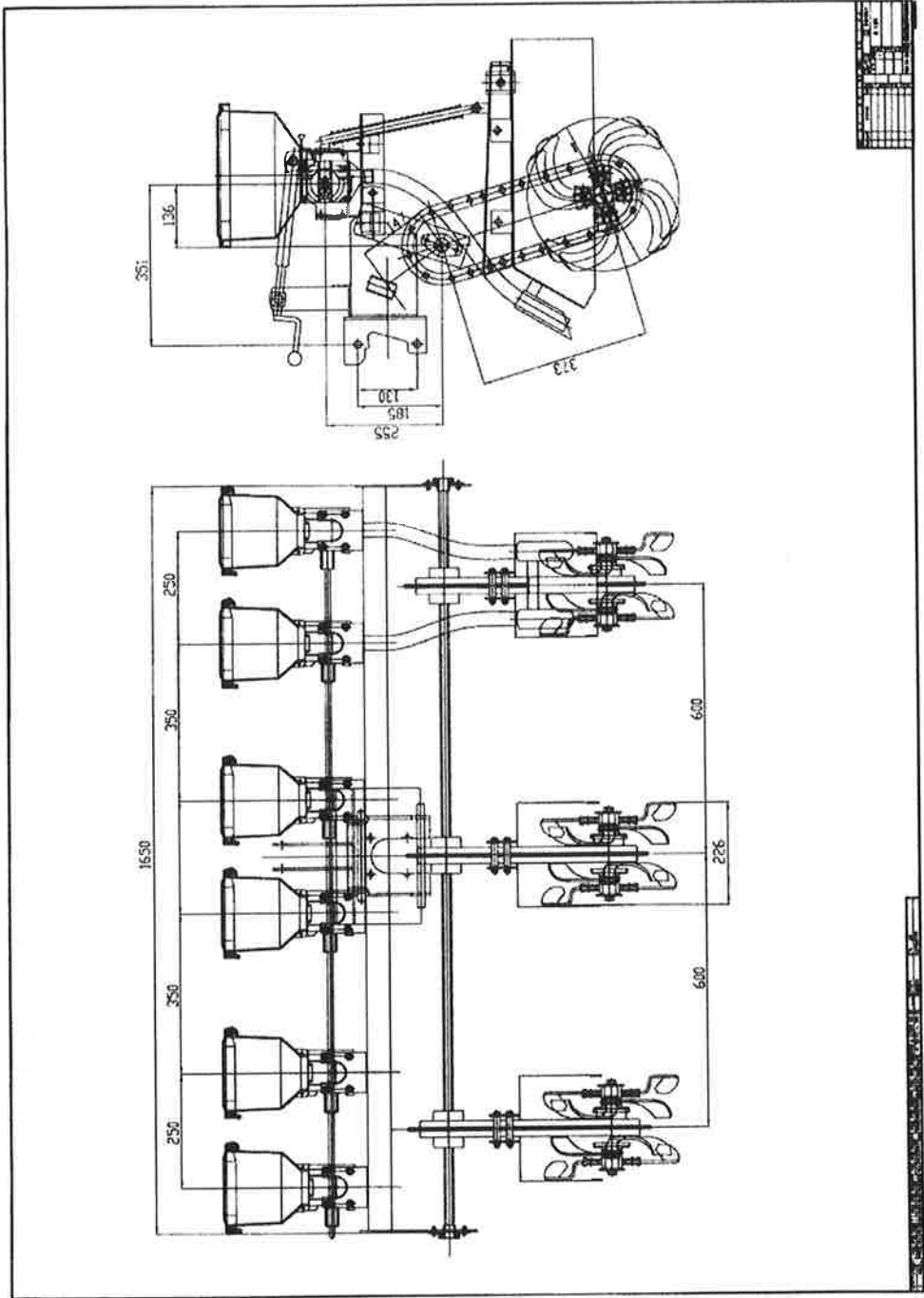
C3_30	배추정식기 식부장치			SGHC	개	1	
품번	품명			규격	단위	수량	비고
농업기계화연구소 National Agricultural Mechanization Research Institute				도명 DRAWING NAME	측면도		
척도 SCALE	제도 DRAWN	설계 DESIGNED	검도 CHECKED	작성일 DATE	파일명 .DWG	AMIO 1_38	
	박석호	박석호	박석호	2001. 5. 17	도면 NO 12		

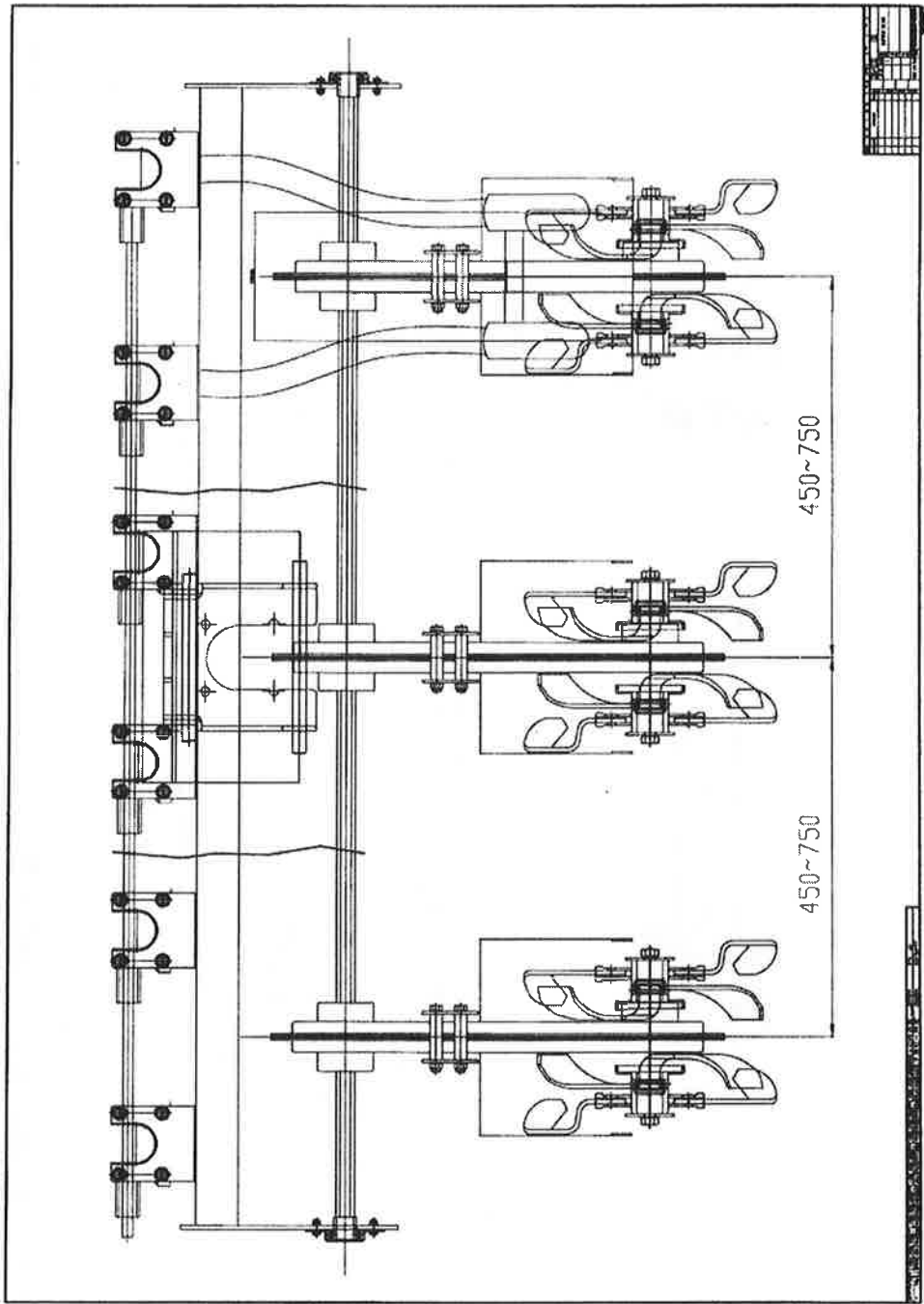


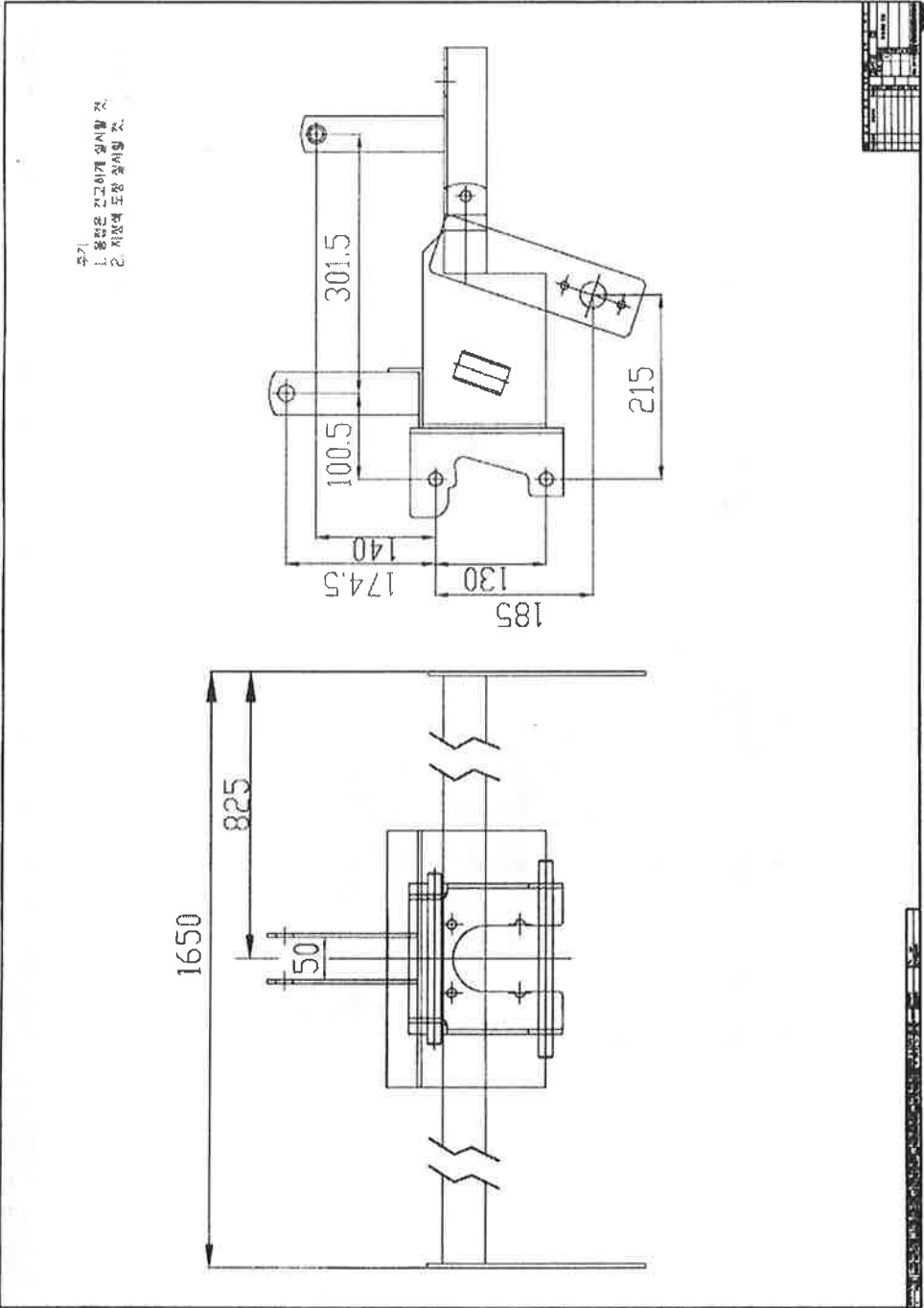
C3_30	배추정식기 복토장치			SGHC	개	1	
품번	품명			규격	단위	수량	비고
농업기계화연구소 National Agricultural Mechanization Research Institute				도명 DRAWING NAME	측면도		
척도 SCALE	제도 DRAWN	설계 DESIGNED	검도 CHECKED	작성일 DATE	파일명 .DWG	AM10 1_38	
	박석호	박석호	박석호	2001.5.17	도면 NO 13		

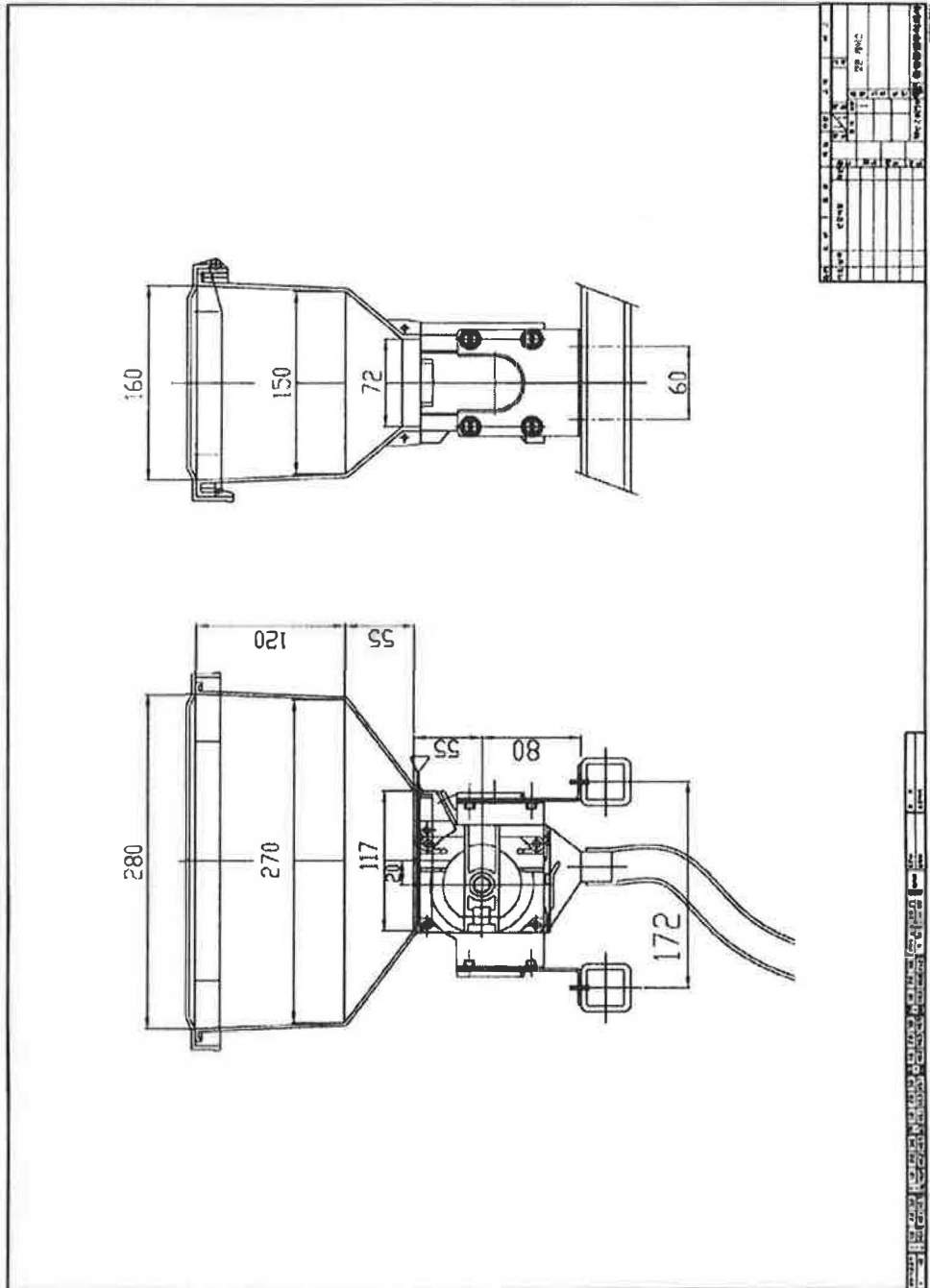


C3_30	배추정식기 복토장치			SGHC	개	1	
품번	품명			규격	단위	수량	비고
농업기계화연구소 National Agricultural Mechanization Research Institute				도명 DRAWING NAME	측면도		
척도 SCALE	제도 DRAWN	설계 DESIGNED	검도 CHECKED	작성일 DATE	파일명 .DWG	AMIO 1_38	
	박석호	박석호	박석호	2001.5.17	도면 NO 14		

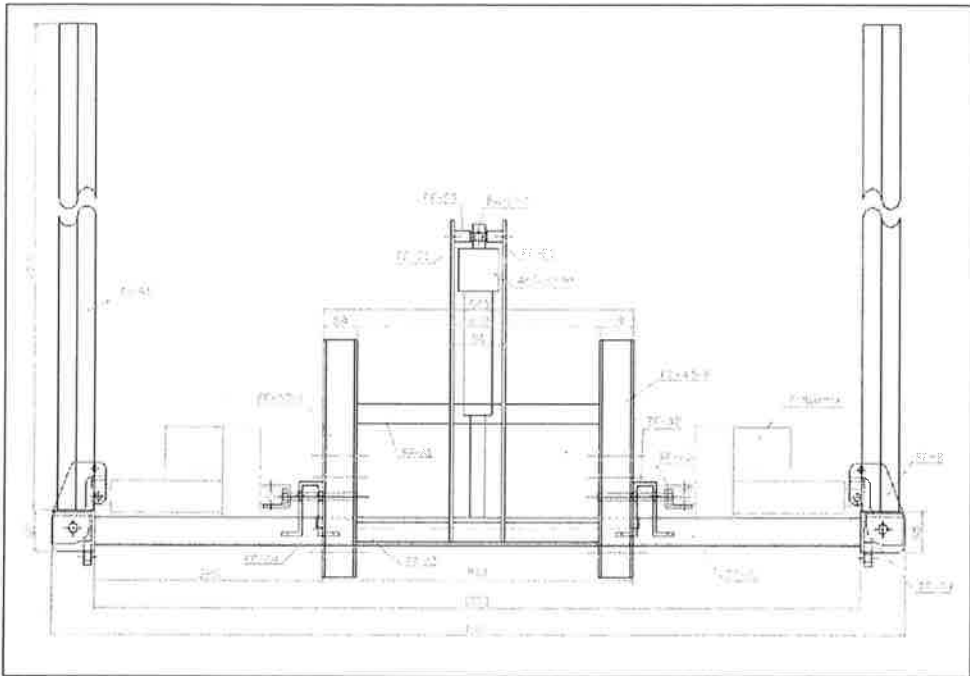


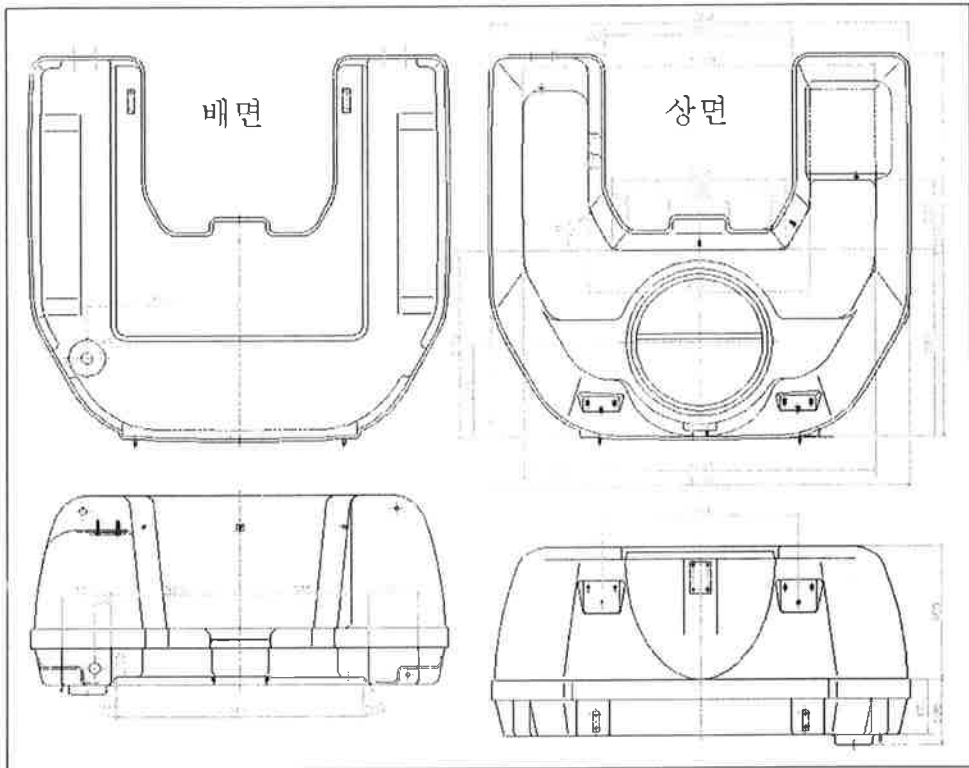






4. 배추방제기

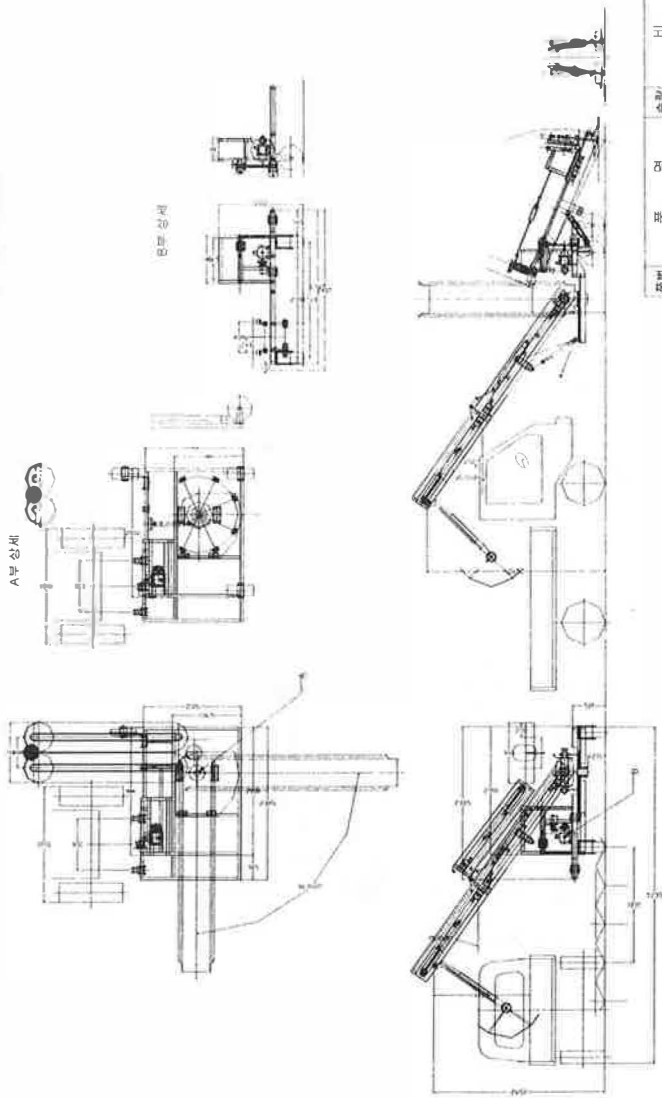




P40120001

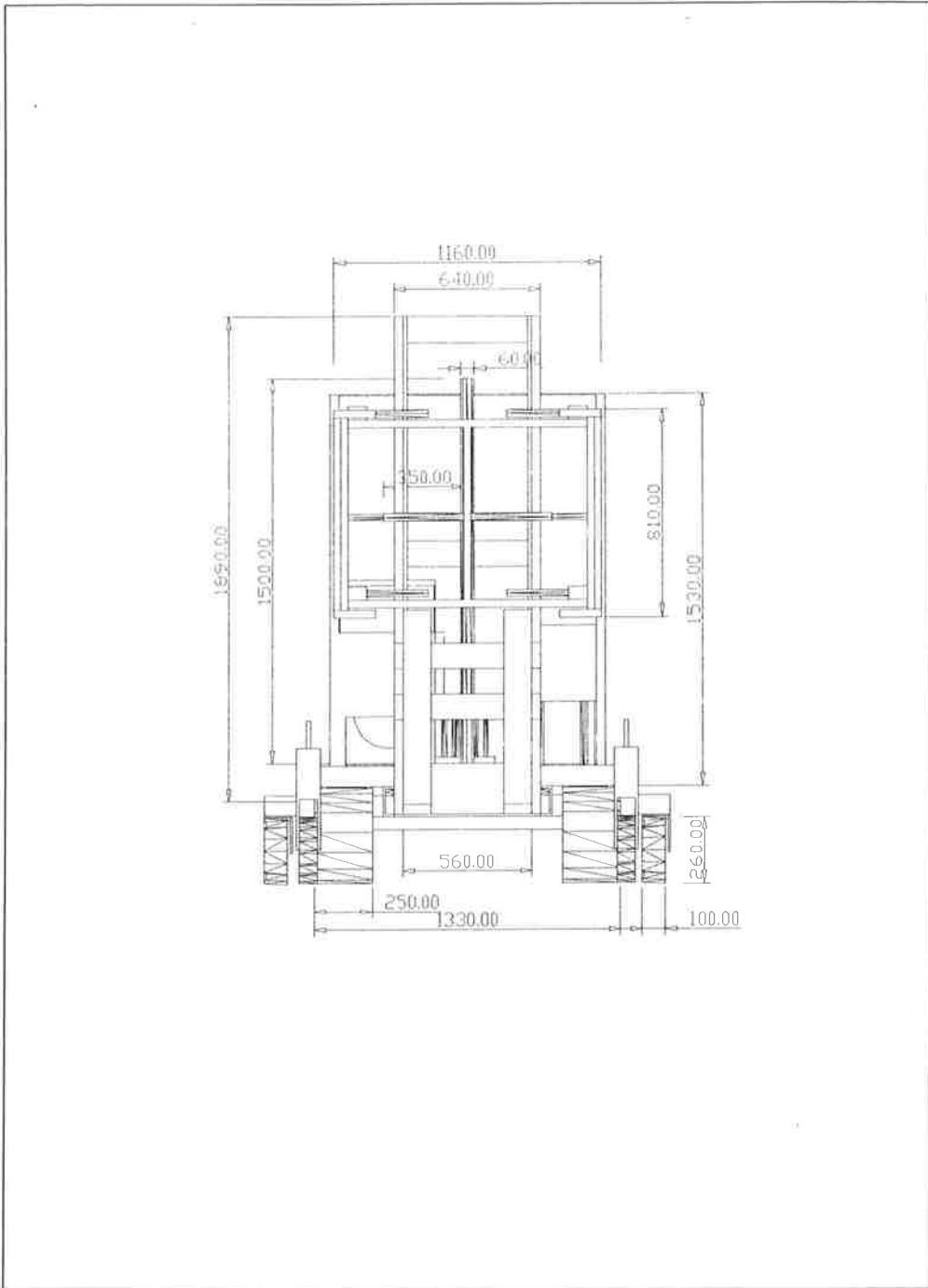
도면

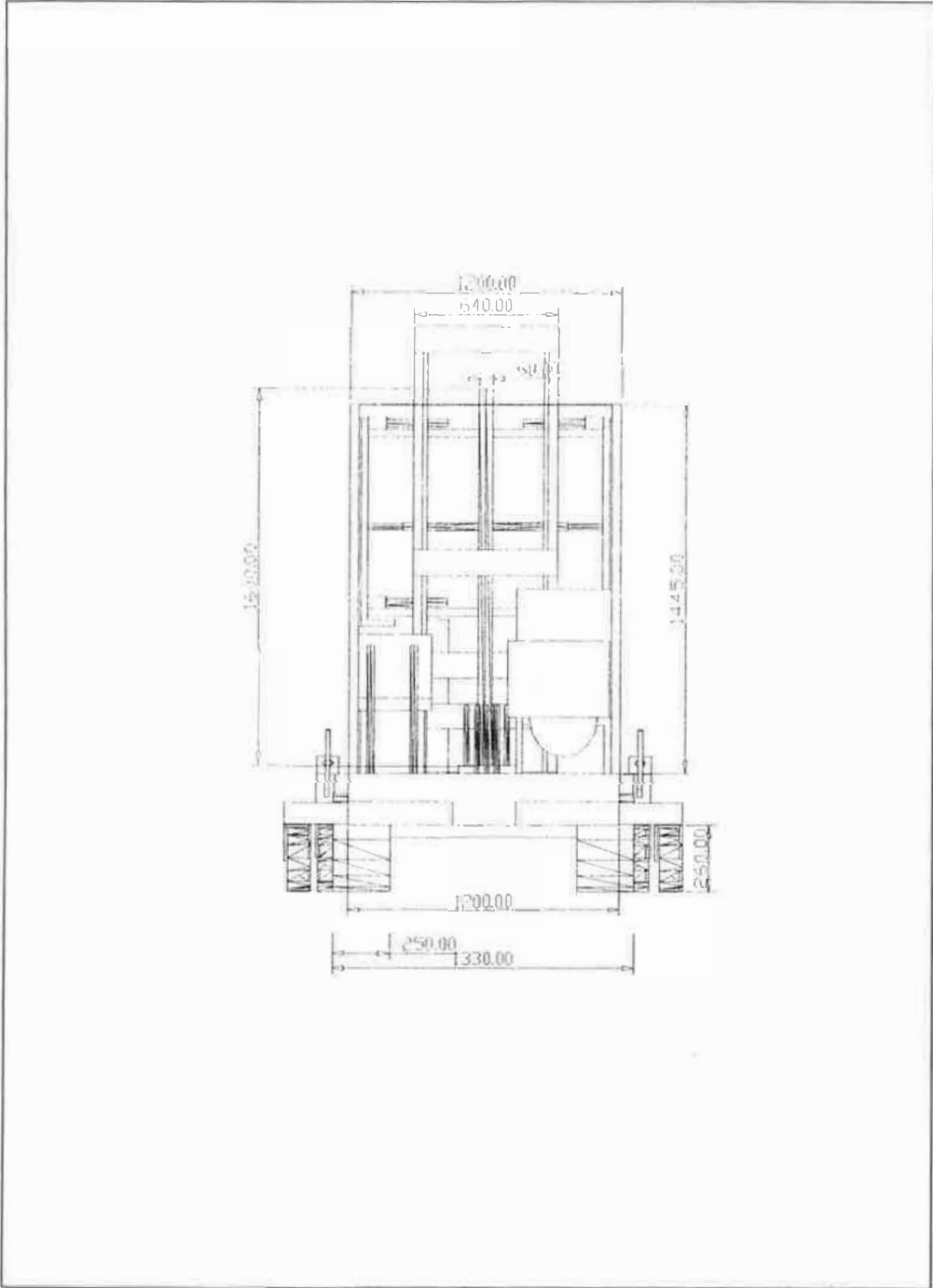
부호
 나
 수
 내
 공
 명
 공
 조
 기
 조
 립
 도
 명
 조
 립
 도



원형	표준	경	수	형	비	고	제
목							
도							
총 조립도							
명칭	배추 수확기 (신물수리용)						
공시명	공시명						
수량	수량						
제1기	제1기						
MM	MM						
종량	종량						
1점중	1점중						
1번제	1번제						
동업기계화연구소							

6. 운반적재기





부록 II. 현재까지 본 과제와 관련된 발표실적

1. 산업재산권 출원 내역

일련 번호	발명의 명칭	발명자	출원일	출원번호
1	정식기의 곡선슬라이드식 모취출 및 공급장치	박석호외 12명	2000. 7. 25	특허 제 42800호
2	정식기의 직선슬라이드식 모취출 및 공급장치	박석호외 7명	2000. 7. 25	특허 제 42801호
3	배추정식용 모식부장치	박석호외 7명	2000. 7. 25	특허 제 42789호
4	배추정식용 모이송장치	박석호외 7명	2000. 7. 25	특허 제 42799호
5	육묘용트레이	박석호외 6명	2000. 7. 25	의장 제 17971호
6	육묘용트레이	박석호외 6명	2000. 7.25	의장 제 17972호
7	배추수확장치	홍종태외 5명	2000. 7. 28	특허 제 43813호

2. 논문발표 내역

발표 년도	게재논문 제목	발표자	게재 잡지명
2000	진작용 붐방제기의 붐구조 설계와 붐의 자세제어	이중용외 3명	농업기계학회 동계 학술대회, 5(1)
2000	트랙터 부착 배추수확기용 자동수집, 적재, 배출 시스템 개발	황현외 1명	농업기계학회 동계 학술대회, 5(1)
2000	플러그묘 자동 취출장치 개발	최원철외 2명	농업기계학회 동계 학술대회, 5(1)
2000	배추수확기 개발(I)-배추수확기 개발을 위한 기초연구	홍종태외 4명	농업기계학회 하계 학술대회, 5(2)

발표 년도	게재논문 제목	발표자	게재 잡지명
2000	배추수확기 개발(Ⅱ)-배추수확 설계요인시험	홍종태외 4명	농업기계학회 하계 학술대회, 5(2)
2000	배추수확기 개발(Ⅲ)-고정도 수확을 위한 배추수확기 포장적응성 검토	홍종태외 4명	농업기계학회 하계 학술대회, 5(2)
2000	배추 운반적재기 개발	장영창외 2명	농업기계학회 하계 학술대회, 5(2)
2000	진작용 봄방제기의 봄의 좌우 경사각 자동제어	이중용외 2명	한국농업기계학회지 25(6)
2000	Development of a seedling pick-up device for vegetable transplanter	김경욱외 2명	CIGR 2000 논문 집
2000	Automatic Cabbage Feeding, Piling, and Unloading System for Tractor Implemented Chinese Cabbage Harvester	송기수의 2명	ICAME 2000 논문집
2000	Design and Performance Evaluation of a Cabbage Loader	장영창외 2명	ICAME 2000 논문집
2000	Automatic Cabbage Feeding, Piling, and Unloading System for Tractor Implemented Chinese Cabbage Harvester	송기수의 2명	Bio-ROBOTICS II 2000 논문집
2000	Automatic Cabbage Feeding, Piling, and Unloading System for Tractor Implemented Chinese Cabbage Harvester	송기수의 2명	SHITA 2000 논문집
2001	자동정식기용 모 자동공급장치 개발	박석호외 8명	농업기계학회 하계학술대회, 6(2)
2001	자동정식기용 식부장치 개발	박석호외 8명	농업기계학회 하계학술대회, 6(2)
2001	배추 자동정식기 개발	박석호외 8명	농업기계학회 하계학술대회, 6(2)

3. 대농민 홍보(TV, 신문, 잡지 게재, 현장평가 및 전·연사회)

가. TV 방영

구 분	방영일시	방 영 제 목 및 프로그램	방영 방송국	비고
2000년	11. 2	배추재배 일관작업기종 연사회 10시뉴스	iTV	
	11. 2	배추재배 일관작업기종 연사회 8시뉴스	경기TV수원방송	
	11. 28	배추재배 일관작업기종 연사회 고향의 아침	KBS 2TV	
2001년	5. 29	배추재배 기계화시대 열려 저녁 9시뉴스	MBC	
	5. 29	배추재배 기계화시대 열려 저녁뉴스 3회	K-TV	
	5. 30	배추재배 기계화시대 열려 아침뉴스	KBS 2TV	
	5. 30	배추재배 기계화시대 열려 아침뉴스	SBS	

나. 신문계재

구 분	계재일시	제 목	계 재 지	비고
2000년	11. 1	배추재배 기계화 기술 개발	중부일보	
	11. 1	배추도 첨단 재배	경도일보	
	11. 1	배추재배 기계화 기술 개발	인천일보	
	11. 1	배추기계재배 시스템 개발	연합뉴스	
	11. 1	배추재배 기계화 개발	전국매일신문	
	11. 1	배추재배 기계화 기술 개발	수도권일보	
	11. 1	배추재배 일관기계화 시스템 개발	연합신문	
	11. 1	배추재배 일관기계화 시스템 개발	중부일보	
	11. 6	배추재배 일관기계화 시스템 개발	농민신문	
	11. 7	“배추농사 기계에 맡기세요”	전업농신문	
	11. 8	배추 기계로 정식·수확한다	원예산업신문	
	11. 9	배추 전작업 기계화시대 활짝	한국농축산신문	
	11. 10	배추 정식에서 수확까지 기계로	농업인신문	
	11. 15	노동력 46%절감 농기계연사회	한국농기계신문	
	11. 15	배추 수확기 개발 성공	농업정보신문	
	11. 15	배추 기계로 정식하고 수확	4-H신문	
	11. 16	배추재배 기계화 양식 표준화	농축정보신문	
12. 4	배추 기계화 6기종 개발	한국영농신문		

구 분	게재일시	제 목	게 재 지	비고
2001년	5. 28	배추재배도 일괄기계화 시대	연합뉴스	
	5. 28	배추정식~수확·운반기계화 일관작업	농민신문	
	5. 28	배추재배 일관 시스템 연사회	버섯정보	
	5. 29	배추재배 기계로 하세요, 6기종 개발	중부일보	
	5. 29	배추재배 자동화 활짝	기호일보	
	5. 29	배추농사도 기계가 척척	경기일보	
	5. 29	배추재배 기계화시대 일관작업기 개발	수도권일보	
	5. 29	배추재배 일관작업기계 개발	전업농신문	
	5. 30	배추재배기계화 재배전작업 가능	농업정보신문	
	5. 31	노동력 80%, 소요비용 22% 절감	한국농기계신문	
	5. 31	배추농사도 기계화 재배서 수확까지	농수축산신문	
	5. 31	배추재배에서 수확까지 기계화시대	농축유통신문	
	6. 4	배추기계화 재배기술 개발	축산경제신문	
	6. 4	배추재배 기계화시대 열려	한국영농신문	
	6. 6	배추재배 기계화시대	원예산업신문	
	6. 7	배추재배 일관작업 기계화시대 열려	농축정보신문	
	6. 15	기계로 배추 심어	4-H 신문	

다. 잡지투고

구 분	투고일시	제 목	투고지	비고
2000년	12월호	배추재배 일관기계화 시스템 개발	월간원예	
2001년	1월호	배추일관재배 시스템	월간농기계	
2001년	3월호	채소류 농작업 기계화 시대 열렸다	농경과 원예	
2001년	5월호	배추재배 일관기계화 시스템 개발	월간원예	

라. 현장평가 및 전·연사회 개최

1) 배추재배 일관기계화 시스템 개발 현장점검

- 일 시 : 1999년 1월 26일
- 장 소 : 농업기계화연구소
- 참 석 자 : 27명(농림부, 농림기술관리센터, 평가위원, 연구개발 관계자)
- 점검내용 : 과제별 추진현황 발표 및 개발기술 현장점검(배추수확시험장치)
- 종합의견 : 연구계획대로 수행하여 단계별 목표를 달성하고 있음. 꼭 필요한 농기계를 저렴한 가격으로 개발해주기 바람.

2) 배추재배 일관기계화 시스템 개발 중간단계 현장평가

- 일 시 : 1999년 10월 6일
- 장 소 : 원예연구소 배추재배포장
- 참 석 자 : 42명(농림기술관리센터, 농촌진흥청, 연구개발 관계자 등)
- 평가기종 : 개발기종 구조설명 및 연시(두둑성형기(2종), 중경제초기, 배추방제기, 운반적재기)
- 평가결과
 - 두둑성형기 : 승용관리기 부착형은 성능이 양호한 반면 트랙터용은 개선 보완 필요
 - 중경제초기 : 배토 성능향상과 살포된 비료가 배추에 직접 닿지 않도록 개선 필요
 - 배추방제기 : 좌우 봄의 높이가 자동조절 되도록 연구개발 계속 추진필요
 - 운반적재기 : 개발 완성단계로서 고랭지배추포장에서 경사지 적응성시험 추진필요

3) 배추재배 일관기계화 시스템 개발완성 단계 현장평가 개최

- 일 시 : 2000년 11월 2일

- 장 소 : 원예연구소 배추재배포장
- 참 석 자 : 61명(농림부, 농림기술관리센터, 농촌진흥청, 연구개발 관계자, 농업인, TV 및 전문지 기자 등)
- 평가기종 : 두둑성형기, 배추정식기, 중경제초기, 배추방제기, 배추수확기, 운반적재기
- 평가결과
 - 작업공정별 작업기 성능이 우수하고 실용성이 높은 기종을 개발하였음
 - 개발기종의 효율적인 이용을 위해 일관작업 기술과 재배기술 확립이 필요함
 - ※ 대농민 홍보 : TV방영(KBS2“고향의 아침”, i-TV 및 경기TV 뉴스), 전문지 게재

4) 배추재배 일관기계화 시스템기종 제5회 농업인의 날 전시

- 일 시 : 2000년 11월 11일 ~ 13일
- 장 소 : 농촌진흥청 대운동장

5) 배추재배 일관기계화 시스템 개발완료 현장 연사회 개최

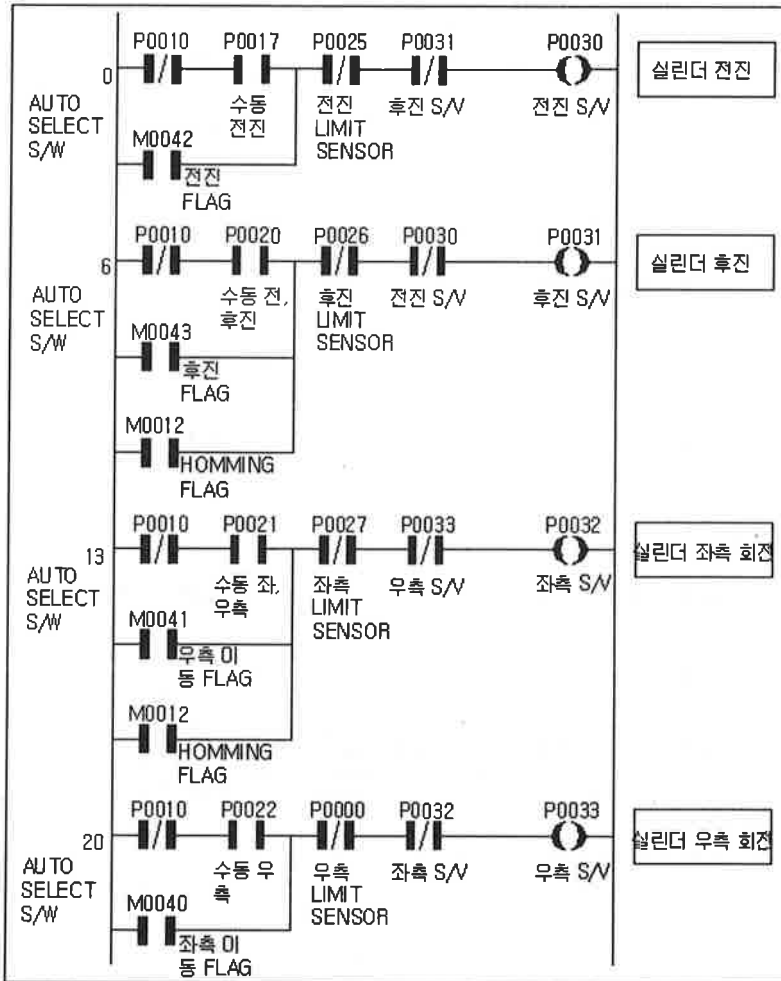
- 일 시 : 2001년 5월 29일
- 장 소 : 경기도 여주읍 상거리 배추재배포장
- 참 석 자 : 101명(농림부, 농림기술관리센터, 농촌진흥청, 연구개발 관계자, 경기도원, 농업기술센터, 농협, 농업인, TV 및 전문지 기자 등)
- 연시기종 : 두둑성형기, 배추정식기, 중경제초기, 배추방제기, 배추수확기, 운반적재기
- 종합의견 : 일관작업기종의 작업성능이 우수하고 실용성이 높음. 보급촉진을 위해 배추 주산지 중심으로 지원보급이 필요함.
- ※ 대농민 홍보 : TV방영(KBS, MBC, SBS, K-TV뉴스), 전문지 게재

부록 Ⅲ. 정렬적재용 배추수집·반출 시스템 제어 프로그램

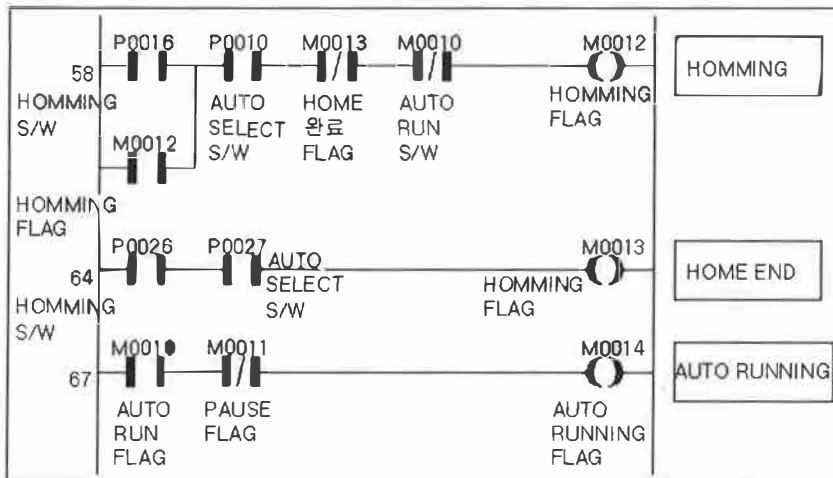
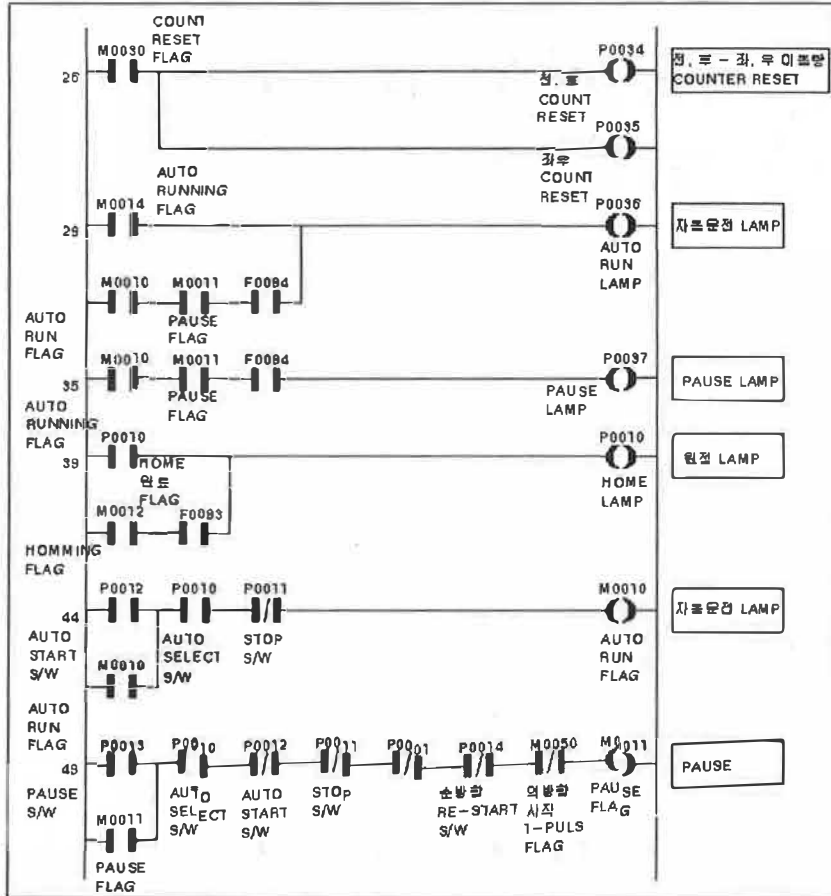
1. PLC 프로그램 상의 노드와 기능설정

NODE	FUNCTION	NODE	FUNCTION
P0000	RIGHT LIMIT SENSOR	M0010	AUTO RUN FLAG
P0010	AUTO SELECT S/W	M0011	PAUSE FLAG
P0011	STOP S/W	M0012	HOMMING FLAG
P0012	AUTO START S/W	M0013	HOME COMPLETE FLAG
P0013	PAUSE S/W	M0014	AUTO RUNNING FLAG
P0014	DIRECT RE-START S/W	M0021	ACTION 1PULSE FLAG
P0015	INVERSE DIR. RE-START S/W	M0022	FWD·BACK COUNTER ON FLAG
P0016	HOMMING S/W	M0023	LEFT·RIGHT COUNTER ON FLAG
P0017	PASSIVE FWD	M0030	COUNTER RESET FLAG
P0020	PASSIVE BACK	M0031	FWD MEMORY FLAG
P0021	PASSIVE LEFTWARD	M0032	BACK MEMORY FLAG
P0022	PASSIVE RIGHTWARD	M0033	LEFT MEMORY FLAG
P0023	FWD·BACK COUNTER ON	M0034	RIGHT MEMORY FLAG
P0024	LEFT·RIGHT COUNTER ON	M0035	LEFT·RIGHT END FLAG
P0025	FWD LIMIT SENSOR	M0036	FWD·BACK READY FLAG
P0026	BACK LIMIT SENSOR	M0037	INVERSE DIR. RE-START FLAG
P0027	LEFT LIMIT SENSOR	M0040	LEFT MOVE FLAG
P0030	FWD S/V	M0041	RIGHT MOVE FLAG
P0031	BACK S/V	M0042	FWD FLAG
P0032	LEFT S/V		
P0033	RIGHT S/V	M0043	BACK FLAG
P0034	FWD·BACK COUNTER RESET	M0050	INV. DIR. START 1PULSE FLAG
P0035	LEFT·RIGHT COUNTER RESET	M0051	FWD OFF FLAG
P0036	AUTO RUN LAMP	M0052	BACK OFF FLAG
P0037	PAUSE LAMP	M0053	LEFT OFF FLAG
P0040	HOME LAMP	M0054	RIGHT OFF FLAG
M0061	FWD ON FLAG	T0000	CABBAGE PASS TIME DELAY
M0062	BACK ON FLAG	T0001	COUNTER RESET TIME
M0063	LEFT ON FLAG	T0002	COUNTER RESET OFF
M0064	RIGHT ON FLAG	T0003	INVERSE DIRECTION START OFF

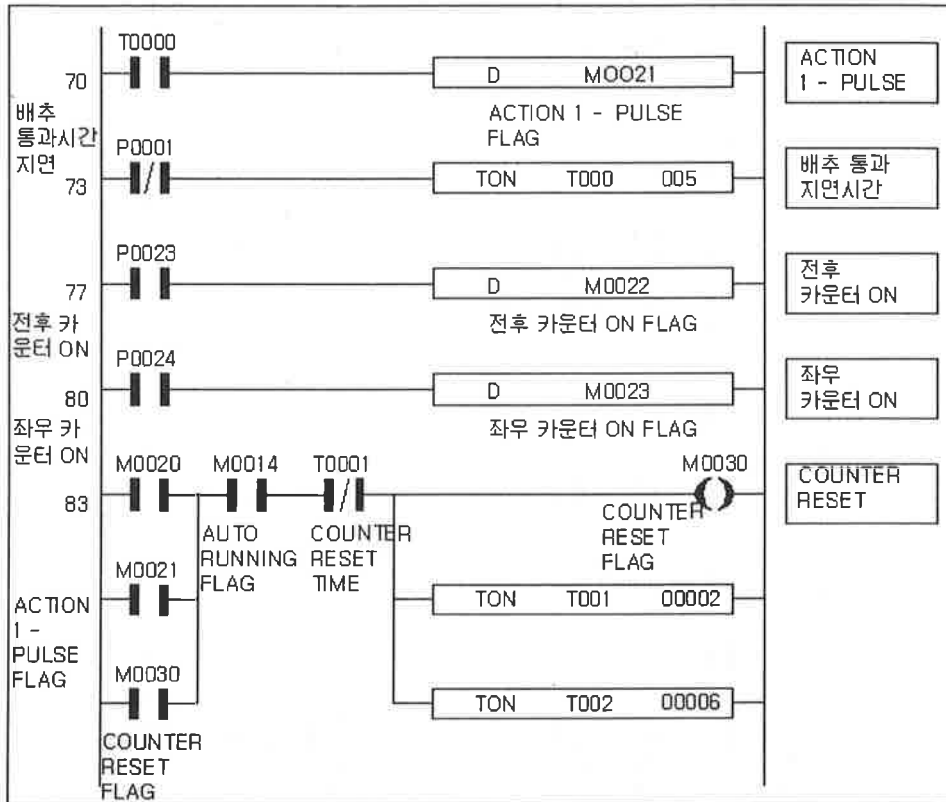
2. 솔레노이드 수동조작용 프로그램



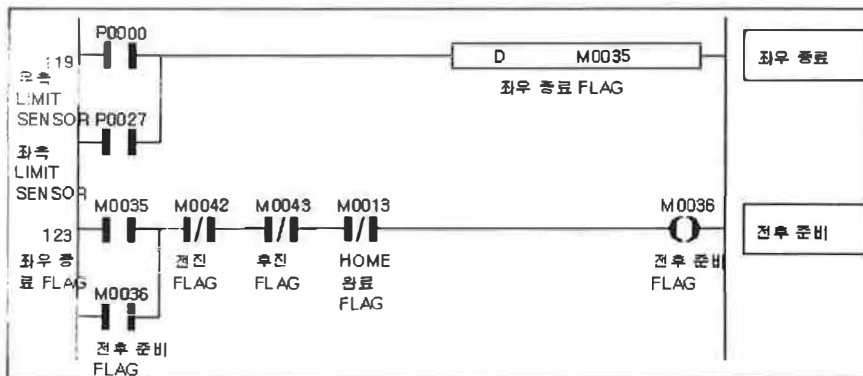
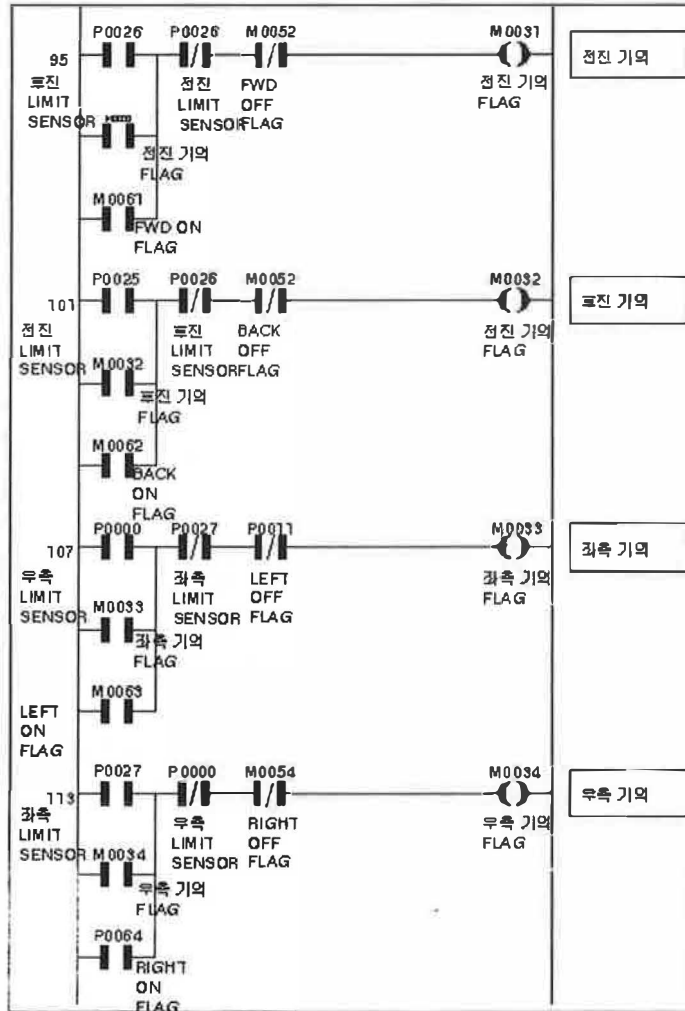
3. 작업초기화 프로그램



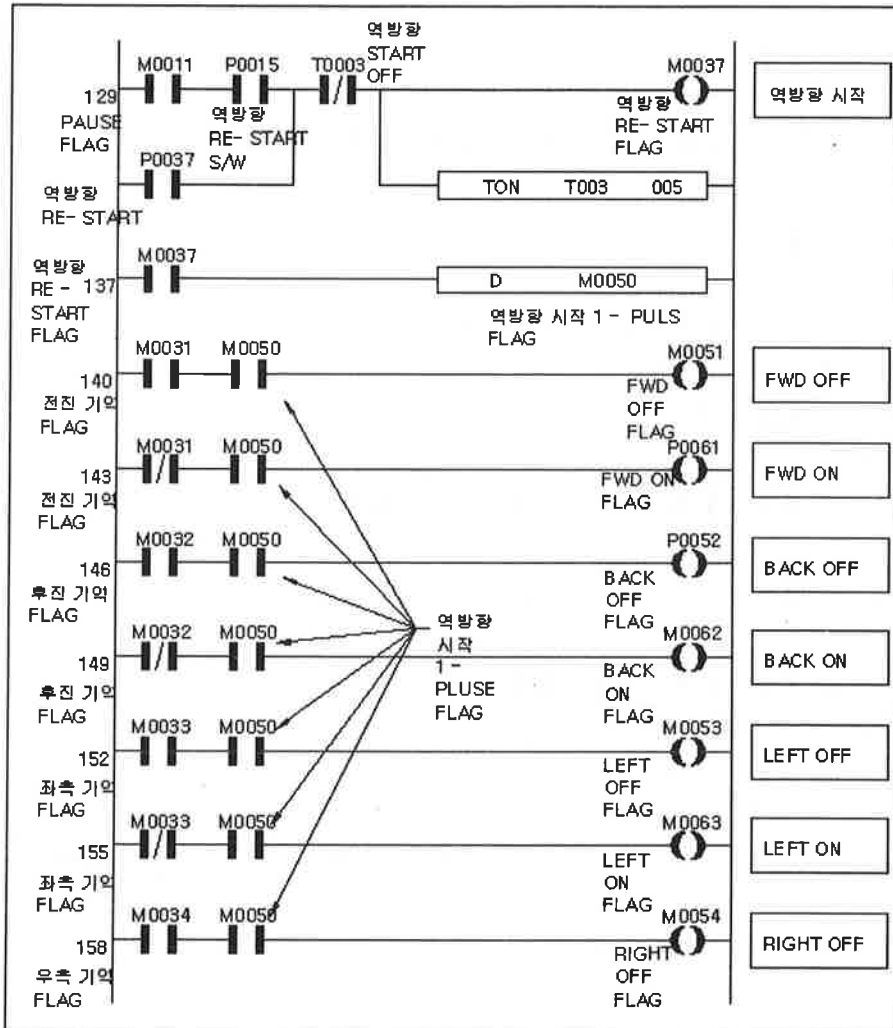
4. 인코더 펄스 계수 프로그램



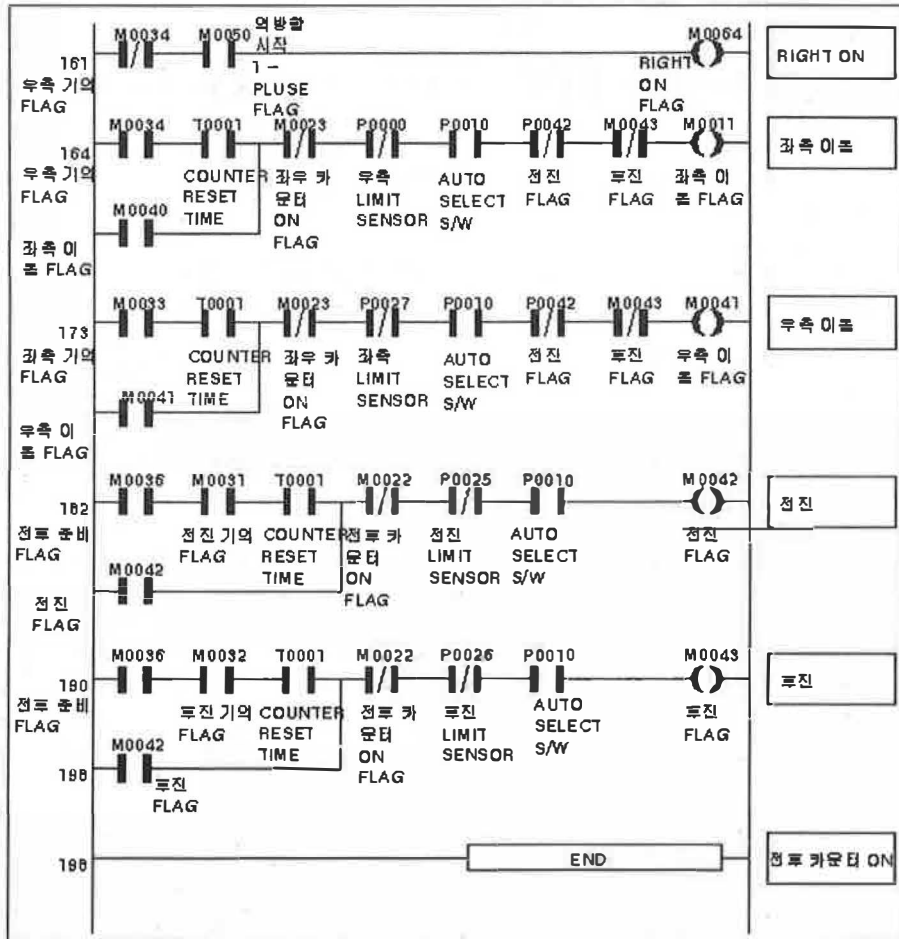
5. 시스템 구동 PLC 프로그램



6. 적재기 후진 구동 프로그램



6. 적재기 후진 구동 프로그램(계속)



주 의

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