

GOVP1199800172

631.33
L2931
V.2

제 2차년도
최종 보고서

소형통씨감자 파종 기계화 연구

Study on the Mechanization of Microtuber
Potato Seeding



연구기관

한국기계연구원

농림부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “소형 통씨감자 파종 기계화 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1997. 11.

주관연구기관명 : 한국기계연구원
총괄연구책임자 : 문 정 기
연 구 원 : 김 영 주
" : 박 화 영
" : 김 재 윤
" : 황 낙 순
" : 이 현 동

위탁연구기관명 : 전남대학교
위탁연구책임자 : 서 상 룡

요 약 문

I. 제 목

소형 통씨감자 파종 기계화 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

인공조직배양에 의한 소형씨감자(potato microtuber)는 8주간의 매우 짧은 기간과 년중 무휴생산이 가능하며 생산원가가 낮고 바이러스 감염등 세균으로부터 안전성확보가 가능하고 단기간내 보급단계까지 실현이 가능한 점과 같이 많은 장점을 갖고 있다.

그러나 이러한 장점에도 불구하고 농가 보급용(또는 감자 생산용) 씨감자는 무게 30g 내외의 감자(minituber)를 필요로 하고 조직배양에 의해 생산상된 소형통씨감자를 온실과 같은 준 인공조건하에서 다시한번 재배·경작하여 생산하게 되는 것이 불가피하게 요구된다.

본 연구는 이러한 소형통씨감자를 온실 또는 노지에 파종하는 기계장치를 개발코저 하는 것을 목적으로 하였으며 기존의 인력 파종시의 낮은 생산성 개선과 비닐멀칭 상태에서의 파종기능, 결주 또는 손상을 인위적으러 개선, 주간거리 조정, 식부깊이 조정, 경사도 조정등에 대한 경작지 조건에 적응할 수 있는 성능확보를 우선으로 고려, 실용화를 도모하였다.

본 연구를 통하여 다량의 양질의 그리고 값이 싼 씨감자의 공급에 기여할 수 있게되었다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구에서는 인공배양된 소형통씨감자의 파종작업을 기계화 하기 위한 파종장치(자주형 1조식, 3마력급 공냉식 개솔린엔진 구동)를 설계·제작하여 성능시험을 통한 미비점 보완을 내용으로 하였다.

| 구 분 | 연구 개발 목표 | 연구개발내용 및 범위 |
|----------------|-------------------------|---|
| 1차년도 (1996) | 파종기 개념설계 및 요소부품 구성 | - 씨감자 재배방법 및 파종기 현황조사 - 파종작업 기계화 조건 및 사양결정 - 소형 통씨감자 파종기 개념설계 - 1차 시작품 설계·제작 |
| 2차년도 (1997) | 비닐멀칭상태에의 소형 통씨감자용 파종기개발 | - 1차 시작품 성능분석 및 미비점 보완 - 2차 시작품 설계·제작 - 성능시험 및 미비점 보완 |

Ⅳ. 연구개발결과

1. 관련기술 정보자료조사

- 국내 씨감자생산농가(평창, 남원, 보성, 해남, 밀양, 모슬포), 연구기관(농기계화연구소, 대관령 원종장, 남제주감자연구소, 생명공학연구소, 건농, 오리온) 현장방문 씨감자생산, 연구개발현황 조사
- 농기계제작사(국제종합기계, 대동공업, 고산기계, 중앙공업)의 관련 작업기 사양조사
- 이스라엘 농기계연구소(Volcani Center), 일본 홋카이도 농기계업체(Tokkatsu Nokki, Toyo Nokki) 및 Obihiro대학, 네델란드 농기계·환경 연구소(IMAG-DLO) 및 씨감자 생산업체(Agrico) 해외출장 조사
- 국내외(한국, 일본, 미국, 영국, 러시아, 중국 등) 감자파종기 관련 특허자료 조사(인공씨감자 관리, 멀칭, 파종, 이식) 30건
- 국내외 감자수확기 사양검토

2. 소형통씨감자 파종기 시작품 설계·제작

비닐멀칭된 이랑에 인공재배된 소형통씨감자를 파종할 수 있는 파종기 시작품의 주요사양은 아래와 같다. 이들은 종래의 트랙터 견인식의 절편감자를 파종하는 시스템과는 달리 운전자 보행형 자주식으로 종자의 저장, 배종, 파종 및 복토기능을 갖는 구조를 갖고 이랑의 형상이나 재배방법에 따라 식부깊이, 경사도, 주간거리, 구동휠의 폭 등을 조정할 수 있으며 특히 식부깊이와 경사도를 유압장치를 이용하여 원격으로 조정하도록 하였다. 배종장치는 회전원판형과 컵벨트형으로 구분하여 성능시험에서 그 결과를 검토하도록 하였다.

| 구 분 | 1 차 시 작 품 | 2 차 시 작 품 |
|-------|---|---|
| 구동방식 | 3.5HP 개솔린엔진 구동, 자주식 | 3.5HP 개솔린엔진 구동, 자주식 |
| 형 식 | 운전자 보행형, 1조식 | " |
| 조정범위 | 주간거리20~30cm(무단,기계식) 식부깊이10~20cm(무단,유압식) 경사도 $\pm 15^\circ$ (무단,기계식) 구동휠 폭 75~95cm(6단계) | 주간거리15~30cm(무단,기계식) 식부깊이10~20cm(무단,유압식) 경사도 $\pm 20^\circ$ (무단,유압식) 구동휠 폭 70 \pm 30cm(6단계) |
| 제어방법 | 기계유압식(전후진,변속 포함) | " |
| 작업능율 | 소형통씨감자 120분/10a | 소형통씨감자 90분/10a |
| 주행속도 | 1.1m/s(주행), 0.2~0.3m/s(파종) | 1.1m/s(주행), 0.3~0.4m/s |
| 배종방식 | 회전원판형($\phi 8.5, 10.5, 14$ 3종) | 컵 벨트형(고무재, $\phi 12\text{mm}, 8\text{ea}$) |
| 종자상자 | 비닐수지통 15kg | 비닐수지통 30kg, 유량조절댐퍼 |
| 안 내 료 | 원추형 철재륜, 2ea | 고무타이어휠형, 2ea |
| 복 토 료 | 2개의 고무바퀴 조합형 | 1개의 원호형 철재드럼 |
| 유압펌프 | 기어펌프, 0.54 l/min, 50bar | 좌 동 |
| 외형치수 | 133(L) x 96(W) x 100(H)cm | 133(L) x 96(W) x 110(H)cm |
| 중 량 | 165kg | 170kg |

3. 시작품의 성능시험 및 미비점 보완

- 1차 시작품 성능보완(종자상자 배출구와 배종판 배종구 구조)
- 2차 시작품 성능보완(주간조정 범위확대, 배종장치 구조, 경사도 조종 유압시스템 구성, 진압륜 구조)
- 배종장치 성능분석

| 구 분 \ 성 능 | 결 주 율(%) | 손 상 율(%) |
|--------------------|----------|----------|
| 1차 시작품 보완전(사각형배출구) | 7.4 | 4.0 |
| 1차 시작품 보완후(원호형배출구) | 6.5 | 2.5 |
| 2차 시작품 보완전(원통형배종컵) | 5.5 | 3.0 |
| 2차 시작품 보완후(원추형배종컵) | 3.0 | 2.0 |

V. 연구개발결과의 활용계획

- 연구완료후 소형통씨감자 파종장치의 실용화를 위해 국내 파종기 전문 제작업체(중앙공업, 한서정공)에 기술이전 및 상품화 추진
- 씨감자 생산업체(미원, 오리온, 생명공학연구소)와 시작품 현장적용시험 후 활용검토
- 본 연구를 통하여 획득한 소형통씨감자 파종장치의 설계·제작관련 기술의 지적재산권 확보를 위해 특허출원중(현재 2건 출원중)

SUMMARY

1. Title

Study on the Mechanization of Microtuber Potato Seeding

2. The objectives and necessity of project

The production of potato microtuber using micropropagation method have very strong advantages in rapid clonal multiplication and provisions of virus free, cost reduction and year round production.

However even though those advantage exist farmers need mini tuber instead of micro, with average weight of 30g, which much more bigger than microtuber, because of it's survivability and easy of practical seeding etc.

This study is to develop microtuber seeding machine applicable to use in vinyl and likely condition for enhancing not only for productivity but also controlabilily for adjusting distances between seed, depth, & inclination of machine etc.

3. The research contents and scopes

1. Survey of related techniques in domestic and overseas
 - Cultivating condition of micro/mini-tuber seed potato in green house or field

- Mechanization of potato seeding and its developing trends in foreign country (Israel Volcani Center, Japan Tokkatsu Nokki, Toyo Nokki, Obihiro Univ., Netherland IMAG-DLO, Agrico)
- Overseas and domestic patent references 30 items

2. Design and fabrication of prototype seeder

- Design and fabrication of essential parts for potato seeder applicable in vinyl mulched ridges

| Item | 1st Prototype | 2nd Prototype |
|-------------|---|---|
| Driving | 3.5HP gasoline engine | 3.5HP gasoline engine |
| Type | Operator walking, 1 row | Operator walking, 1 row |
| Control | Mechanical/hydraulic -Seed distance: 20~30cm -Seed depth: 10~20cm -Heeling: $\pm 15^\circ$ -Driving wheel width: 75~95cm | Mechanical/hydraulic -Seed distance: 15~30cm -Seed depth: 10~20cm -Heeling: $\pm 20^\circ$ -Driving wheel width: 70 \pm 30cm |
| Capability | Minituber 120min/10a | Minituber 90min/10a |
| Speed | 1.1m/s(run), 0.2~0.3m/s(seed) | 1.1m/s(run), 0.3~0.4m/s(seed) |
| Dispensing | Turning disc (8.5, 11.514 ϕ) | Cup belt (rubber, $\phi 12$, 8ea) |
| Seed Box | Vinyl plastic, 15kg | Vinyl plastic, 30kg, damper |
| Guide Wheel | Cone type steel wheel, 2ea | Rubber wheel, 2ea |
| Press Wheel | Rubber wheel, 2ea | Polar shape steel drum, 1ea |
| Hyd. System | Gear pump, 0.54 ℓ /min, 50bar | Gear pump, 0.54 ℓ /min, 50bar |
| Dimension | 133L x 96W x 100H cm | 133L x 96W x 110H cm |
| Weight(dry) | 165kg | 170kg |

3. Performance test and modification of prototype seeder

- Performance improving of 1st prototype seeder with modifying seed dispensing unit
- Performance improving of 2nd prototype seeder with modifying pully diameter for seeding distance control, seed dispensing unit, heeling control hydraulic system, guide/press wheel
- Test results of seed dispensing unit

| Item | Loss rate | Damage rate |
|---|-----------|-------------|
| Before modifying dispensor(1st prototype) | 7.4 % | 4.0 % |
| After modifying dispensor(1st ") | 6.5 % | 2.5 % |
| Before modifying dispensor(2nd ") | 5.5 % | 3.0 % |
| After modifying dispensor(2nd ") | 3.0 % | 2.0 % |

4. Results of the project and recommand for the application

- Submit two patent applications(seed potato dispensing system and heeling/depth control hydraulic system)
- Attempt transferring design techniques to industry and using practically the developed micro/mini tuber seed potato seeder

CONTENTS

Chapter 1. Introduction

Chapter 2. Technical trends of potato seeding system

- 1. Survey of cultivating method/ seeder specification**
- 2. Developing trends of the related techniques**

Chapter 3. Development of microtuber potato seeder

- 1. Summary**
- 2. Design and fabrication of 1st prototype**
- 3. Design and fabrication of 2nd prototype**
- 4. Development of machine vision system for evaluating seeding performance**

Chapter 4. Vision system for monitoring seeding process

- 1. Background**
- 2. System configuration**
- 3. Algorithm for image analysis**
- 4. Results**

Chapter 5. Performance test and debugging

- 1. Performance test and evaluation**
- 2. Modification of major components**

Chapter 6. Conclusion

References

Appendices

목 차

| | |
|---------------------------------|----|
| 제 1 장 서 론 | 1 |
| 제 2 장 재배방법 및 기술개발 동향 | 4 |
| 제 1 절 재배방법 및 파종기 사양조사 | 4 |
| 제 2 절 관련기술 개발동향 | 19 |
| 제 3 장 소형 통씨감자 파종기 설계 · 제작 | 27 |
| 제 1 절 개 요 | 27 |
| 제 2 절 1차 시작품 설계 및 제작 | 30 |
| 제 3 절 2차 시작품 설계 및 제작 | 43 |
| 제 4 절 주요부품 설계 · 제작 | 47 |
| 제 4 장 파종기 성능분석용 영상처리장치 제작 | 54 |
| 제 1 절 개 요 | 54 |
| 제 2 절 장치의 구성 및 주요사양 | 55 |
| 제 3 절 영상처리 알고리즘 개발 | 69 |
| 제 4 절 결과 및 고찰 | 74 |
| 제 5 장 시작품 성능시험 및 보완 | 89 |
| 제 1 절 성능시험 및 결과분석 | 89 |
| 제 2 절 주요부품의 미비점 보완 | 91 |
| 제 6 장 결 론 | 95 |
| 참고문헌 | 96 |
| 부 록 | 99 |

제 1 장 서 론

국내의 감자소비량은 연간 80만톤이나 매년 10% 이상 증가추세에 있으며 생산량은 60만톤으로 소비량의 75%에 지나지 않으며 감자생산을 위해 소요되는 씨감자 수요량도 4만톤 이상이지만 국내 씨감자 생산량은 1만톤 정도로 나머지는 수입에 의존하고 있어 가격이 저렴하고 단위면적당 생산량이 많은 우수한 씨감자의 자급자족이 매우 중요한 과제가 되고있다. 더욱이 우루과이라운드 발효이후 각국에서는 농산물의 자급문제를 매우 중요한 현안으로 다루고 있으며 국제경쟁력을 갖는 농산물을 정책적으로 지원하며 생산토록 하고 있는 실정이다. 우리나라의 경우 기후조건이나 지형조건으로 보아 가장 국제경쟁력을 갖는 식량으로 감자를 꼽을수 있다고 본다.

최근에 개발되어 실용화 가능성이 높은 인공씨감자의 공급량은 현시점으로는 국내 씨감자 소요량의 5%인 2,000톤/년 정도이나 병해의 저감, 생산량 증가, 고부가가치 유지 등이 가능한 우량 씨감자로 인식되면서 인공씨감자의 수요량도 크게 증가되고 있으며 중국, 러시아, 북한, 호주 등지의 감자생산국가들은 국내에서 개발된 인공씨감자 재배기술에 대한 관심이 높아지고 있어 이를 보다더 생산원가 절감을 기하도록 하는 파종작업 기계화의 요구가 더불어 많아지고 있다.

그러나 소형인공씨감자(이하 소피경)는 종래의 절편 씨감자에 비해서 크기가 1/30~1/20 정도로 작고 기내에서 배양되는 경우가 대부분이므로 서리나 재해대책의 강구가 중요하고 이에 적합한 파종기가 사용되어야 한다. 씨감자의 생산을 위해 종래에는 년 1회의 경작방법이 대부분 채택되어 왔으나 인공씨감자를 씨감자로 하는 경우에는 년 2회 이상 경작을 위해 경작지의 이랑에 비닐멀칭을 하므로써 한해와 서리재해를 방지하고 잡초제거작업을 생략하는 등의 효과를 얻고 있다. 그러나 이러한 경우에는 종래의 감자재배방법으로는 파종작업의 기계화가 불가능하므로 이에 적합한 파종장치의 개발이 시급하게 되

었다. 소형인공씨감자를 이용하여 가격이 저렴하고 품질이 우수한 씨감자 생산을 위하여 생산원가 가운데 인력파종에 따른 파종인건비가 가장 높은 비중을 차지하고 있으므로 파종작업을 기계화 하므로써 씨감자를 자급화함은 물론 나아가서 씨감자를 수출전략 농산물이 되도록 할 수 있다고 본다.

본 연구에서는 직경이 10mm 이내인 소형 통씨감자를 온실이나 비닐멀칭된 경작지에서 파종이 가능한 자주식 파종기의 시작품을 2종 설계·제작하여 성능시험결과를 분석하여 미비점을 보완하여 실용화 가능토록 하였다. 개발된 파종기는 1조식으로 협소한 경작지에서도 운전조작이 용이하도록 경량화 시키고 식부깊이나 본체의 경사도를 유압장치를 이용하여 원격조작 되도록 하였으며 주간거리나 주행속도, 역전 및 선회운동의 조작을 운전자가 보행하면서 제어반에서 원격제어할 수 있도록 하였다. 이것은 소형인공씨감자의 중량이 2~4그램 정도로 종래의 씨감자의 중량이 40~80그램 범위인 것에 비해 아주 작고 가볍기 때문에 종자의 저장이나 배종 및 식부호퍼 조작이 매우 정확하여야 하고 이에 따른 요소부품들의 정밀제작이 요구되며 기계부품과의 접촉운동에 있어서 씨감자의 손상이나 결주율이 높아지는 경향이 있으므로 이에대한 대책을 강구하는데 주의를 기울였다.

연구개발결과로 소형 통씨감자 파종작업에 활용되는 1차 시작품의 주요 기능인 회전원판형 배종장치에 대한 특허출원을 완료하였고 2차 시작품의 주요 기능인 컵벨트형 배종장치와 경사도 및 식부깊이를 원격제어하는 유압시스템에 대한 특허출원을 준비중에 있으며 향후 이들 연구결과는 국내 파종기 전문제작사에 기술이전하여 제품이 국내 씨감자 생산자나 관련기업에 보급되도록 할 예정이다.

제 2 장 재배방법 및 기술개발 동향

제 1 절 재배방법 및 파종기 사양조사

1. 국내 씨감자재배방법 분석

국내에서 적용되고 있는 감자의 재배방법에는 씨감자 생산을 주목적으로 하는 기내 소피경 재배와 수확된 감자를 가공용이나 소비용으로 사용할 목적으로 하는 노지재배가 있다. 전자의 경우에는 감자의 크기가 20그램 이하인 소피경이며 이를 준인공 조건하에 재배하여 20~40그램 범위인 중피경을 통씨감자로 사용하며 후자의 경우는 60~300그램 정도의 중·대피경을 씨감자로 사용하므로 2~6개로 절단하여 파종하는 것이 일반적인 파종방법이라고 할수 있다.

봄감자 파종은 중부지방의 경우 3월 하순~4월 중순, 남부지방은 3월 상순~3월중순 사이에 실시되며 싹틔움재배의 경우 감자싹의 길이가 3~5cm 되도록 하여 파종하므로서 뿌리의 활착을 양호하게 하며 수분증발, 잡초억제, 늦서리 피해를 방지하고 보온유지를 위해 비닐멀칭형이 유리하고 재배지역에 따라 두둑의 외형치수가 다소 다르지만 일반적으로 이랑 폭 60~75cm(1조식), 120~130cm(2조식), 고랑폭 40~50cm, 주간거리 20~30cm, 파종깊이 10~12cm 정도를 유지한다.

파종전에 비닐멀칭을 한 경우에는 파종작업을 용이하게 하기 위해 피복부의 관통방법을 강구해야 하는데 야채이식기 경우에는 피복부 관통방법으로 최근에 전기가열기나 개스토오치가 사용되고 있으나 감자 파종에는 아직 활용되지 못하고 있다. 국내에서는 비닐멀칭 상태에서 감자를 파종하는데 100% 인력에 의존하고 있으며 자동 파종기를 사용할 경우 7~8배, 간이파종기(그림2.1 참조)를 이용할 경우 1.5배의 파종 작업능율을 향상시킬수 있다고 본다.

가을감자는 7월하순~8월하순 파종기간에 고온다습으로 인한 씨감자 부패가 심하여 휴면이 짧은 대지를 씨감자로 선택한다. 1조식의 노지재배인 경우 재배밀도는 이랑 폭 75cm, 주간거리 20cm 정도가 적합하다.

여름재배는 고냉지 일때 4월중순~하순에 파종하여 9월중순~10월중순에 수확하므로 재배기간이 길며 흑색비닐 멀칭재배를 많이 하고 있다. 만생종은 수확시에도 왕성한 감자줄기를 갖고있어서 예취작업을 필요로한다.

겨울재배는 비닐터널이나 하우스 등의 시설재배가 대부분이며 기온저하에 따른 2차 휴면이나 발아지연에 유의하여 고냉지 여름감자나 해안지대의 봄·가을감자를 씨감자로 선택하고 생육온도를 14~23℃ 정도를 유지해야 한다.



그림2.1 간이 파종기를 이용한 비닐멀칭 상태에서의 파종작업

노지재배를 하는 경우에는 절편감자를 많이 사용하지만 씨감자를 생산하고 있는 강원지역이나 제주지역 및 네델란드와 같은 지역에서는 중과경(중량 30~40g) 이상의 통씨감자를 종자로 사용하며 소과경을 종자로 하여 중과경을 생산하는 경우에는 비닐하우스에서 밀식재배를 하기 때문에 비닐멀칭형 1조식 재배방법이 많이 채용되고 있다.

국내의 감자 재배방법을 조사한 바 재배면적과 계절별로 구분하면 아래와 같다.

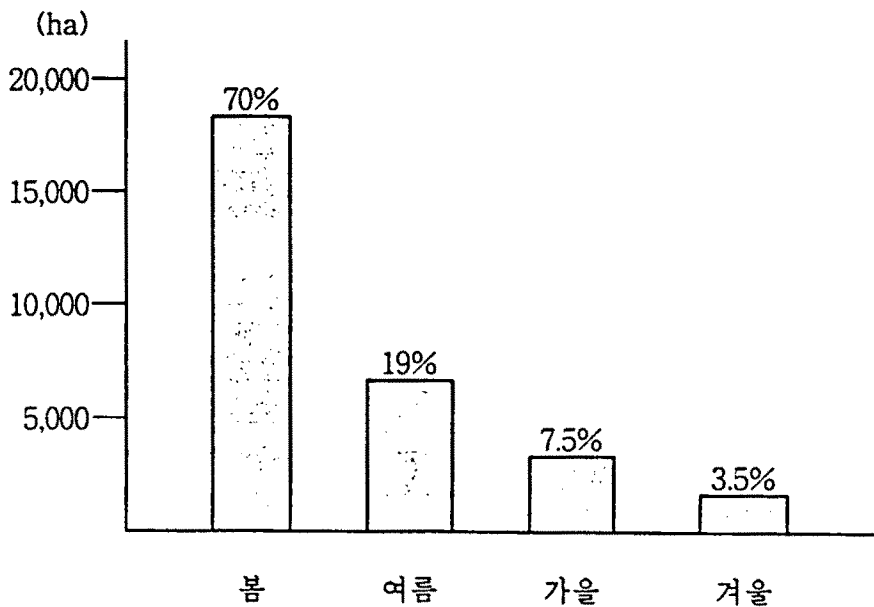


그림 2.2 감자 재배시기별 재배면적 규모

국내의 재배지역별 재배방법을 분석하여 보면 강원지역, 제주지역, 기타지역 순으로 감자의 생산량을 나타내고 있으나 주로 씨감자로 소요되는 기내 소과경의 증식은 대부분 강원지역에서 온실재배에 의해 이루어지고 있으며 일부 전북 남원지역이 고랭지의 기후조건을 갖고 있어 생산량이 증가추세이고 제주지역은 지난해부터 조직배양실을 갖추고 이지역에서 소요되는 씨감자 자급에 박차를 가하고 있다.

각 지역별 감자재배시기, 주요 품종 및 재배특성을 나타내면 표2.1에 보이는 바와 같다.

표2.1 작형별 재배지역, 시기 및 특징

| 작형별 | 재배 지역 | 재 배 시 기 | 품 종 | 특 징 |
|-----|------------------------|----------------|----------------------------|--|
| 봄 | 전국 전역 | 2월하순 ~6월하순 | 수미 남작 대지 세풍 조풍 | 생육기간 90 ~ 100일 비닐멀칭재배(80 ~ 120일) 장마 이전 수확 연평균 기온 10 ~ 11℃ 지역에 따라 파종, 수확시기 다름 |
| 여름 | 고랭지대 (해발600m 이상) | 4월중순 ~8월하순 | 수미 남작 조풍 | 생육기간 90 ~ 100일 연평균 기온 7.5 ~ 10℃, 여름기온 20℃ 이내, 씨감자로 이용 가능 |
| 가을 | 남부 평야, 해안 지대 | 8월하순~ 12월하순 | 대지 | 생육기간 70 ~ 80일, 연평균 기온 12~14℃, 월동후 수확 가능(수익높음) |
| 겨울 | 제주 지역 | 1월상순 ~5월하순 | 수미 | 생육기간 80 ~ 90일, 연평균 기온 14℃ 이상, 비닐멀칭 및 터널재배 |

이들의 감자생산을 위한 이식, 파종, 수확작업등에 소요되는 노동투하시간이 벼의 3.5배 정도로 많아 이에대한 기계화의 요구가 많았다.

지역별 감자의 재배방법의 일반현황과 파종관련 사항을 나타내면 표2.2와 같다.

표 2.2 지역별 재배방법 및 파종 관련사항

| 재배지역 | 재 배 일 반 사 항 | 파 종 관 련 사 항 |
|-----------------|--|---|
| 전남 해남지역 | 단위 면적당 생산량 3톤/10a 생육기간 조생종 90일, 만생종 120일 | 파종방식 : 인력, 절편감자 평당 22~24개 파종, 흑색 비닐 멀칭 주간 25cm, , 조간 30~40cm, 2조식 이랑 폭 120cm, 고랑 폭 45cm, 이랑 높이 15cm |
| 전북 남원지역 | 고도 650m 고냉지 지역내 재배면적 150ha 단위 면적당 생산량 2.5~3톤/10a | 파종방식 : 인력, 절편 혹은 중피경 통씨감자, 백색 비닐 멀칭 주간 25cm, 조간 30~40cm, 2조식 이랑 폭 150cm, 고랑 폭 60cm, 이랑 높이 15~20cm |
| 충북 청원지역 | 단위 면적당 생산량 3~4톤/10a | 파종방식 : 인력, 절편감자 주간 20~27cm, 조간 30~37cm, 1~ 2조식 이랑 폭 130cm, 고랑 폭 60cm 이랑 높이 15~20cm |
| 강원 평창지역 | 고도 600~700m 고냉지 경사도 5~18° 단위 면적당 생산량 2.2~3톤/10a 씨감자 생산에 주력 | 파종방식 : 인력, 중피경 통씨감자 (30~40g) 100~110개/평 주간 23~27cm, 1조식, 깊이 10cm; 이랑 폭 60cm, 고랑 폭 20cm (씨감자 밀식재배) |
| 제주 북제주 지역 | 단위 면적당 생산량 3톤/10a 감자 재배 3모작 가능(겨울재배) | 파종방식 : 봄재배 - 절편감자 가을재배 - 통씨감자 주간 20~25cm, 1조식(2조에서 변경) 이랑 폭 : 60cm, 고랑 폭 20cm 이랑 높이 15~20cm (씨감자 밀식재배) |
| 네델란드 에멀로드 | 수출용 씨감자 생산품종 : Agria, Nosta, Herta, Sante 단위 면적당 생산량 : 6~7.5톤/10a(최대 12톤/10a) | 파종방식 : 반자동, 기계식, 통씨감자 주간 10~37cm, 4조식, 조간 75cm, 이랑 폭 75cm, 이랑 높이 15~17cm |

2. 감자 파종기의 사양검토

감자 파종기에는 동력장치를 트랙터나 경운기 등의 동력장치에 부착하여 구동되는 견인식과 구동엔진을 탑재한 자주식으로 나누고 후자를 다시 세분하면 운전자가 파종작업기에 탑승하여 파종기가 주행중 파종작업을 조작하는 탑승형과 운전자가 보행하면서 원격조작하는 보행형으로 구분된다. 또 파종작업기를 운전하여 파종작업을 하는 과정에서 보조작업자가 종자공급을 하는지 여부에 따라 완전자동형과 반자동형으로 나눌 수 있다. 동력장치 견인식은 30~120마력 규모의 트랙터로 견인되는 중대형 파종기와 10마력 이하의 경운기나 소형트랙터로 견인되는 소형파종기를 들수 있으며 자주식의 경우 보행형은 5마력 이하의 공냉식 개솔린엔진으로 구동된다.

국내에서는 10여년전에 농기계화연구소에서 반자동, 트랙터 견인형 파종기를 개발한 바 있으며 외국의 경우는 트랙터 견인형 반자동 2~4조식 감자 파종기를 실용화 하였지만 완전자동형이나 비닐멀칭형 감자파종기는 개발중에 있어 아직 실용화는 미흡한 상태라고 할수 있다. 감자파종기를 분류하면 표2.3에 보이는 바와 같이 나타낼 수 있다.

표2.3 감자 파종기의 분류

| 구 분 | 파종기 분류 |
|---------------|------------------------------|
| 동력장치에 따라 | 견인식 자주식 |
| 운전자 탑승여부에 따라 | 탑승형 보행형 |
| 인력투입 과소에 따라 | 수동 자동(완전자동, 반자동) |
| 용도에 따라 | 통씨감자용(기내 소피경, 중피경) 절편씨감자용 |
| 파종기의 외형크기에 따라 | 중대형 소형 |
| 식부기의 수량에 따라 | 1조식 다조식 |

제 작자별 파종기의 사양을 비교검토한 바 외국의 경우는 40~90g 범위의 통씨감자를 노지재배 하기위해 파종하는 구조이므로 트랙터로 견인되는 2~4조식 반자동 형식이 대부분이고 배종장치의 컵크기를 종자의 칫수에 따라 1~3종으로 교체하는 형태가 바람직하였다. 작업성능으로 볼 때 주간거리가 20~25cm, 조간거리 75cm를 많이 선택하고 있는 것은 국내 재배방법과 유사함을 알수 있다. 조간거리 조정은 배종장치를 구동하는 체인의 직경이 다른 스프로킷을 교체하므로써 가능하고 작업속도는 0.4~1m/s로 범위가 다양한 것으로 보아 제작자별 제품성능이 크게 차이가 있다고 판단된다. 제작자별 감자파종기의 사양을 비교한 결과는 표2.4에 보이는 바와 같다.

대표적인 자동식과 반자동식 감자파종기의 구성도를 보이면 그림2.3과 그림2.4에 보이는 바와 같다.

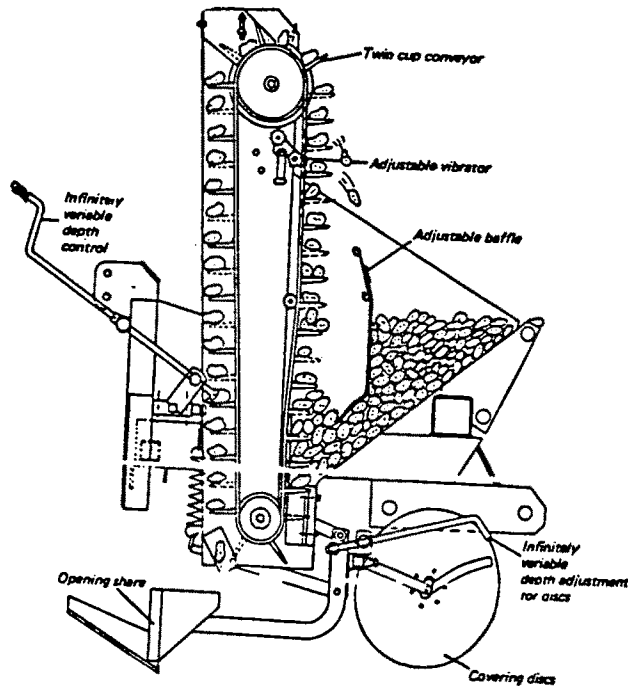


그림2.3 자동식 감자파종기의 구조도

표2.4 제작자별 감자파종기의 사양

| 제 작 자 | 구동방법 | 배종방법 | 식부수 | 주 요 사 양 |
|------------------------------|-----------------|---------------|------|--|
| Simon (프랑스) | 견 인 식 | 반자동 | 2~5조 | 종자상자 경사 유압조정, 파종깊이10cm 주간 8~12cm, 조간 32~40cm 파종깊이 25~27cm, 70주/분/조 |
| Checchi & Magri(이태리) | 견 인 식 | 자 동 | 2~4조 | 주간 20~48cm, 조간 62.5~75cm 구동마력 35마력(2조), 25마력(1조) |
| International Tractor(인도) | 견 인 식 (구동휠형) | 반자동 (시비가능) | 2조 | 주간 15~22cm, 조간 52.5~75cm 작업을 30분/10a, 주행속도 1.1m/s 컵재질 PVC |
| Hassia(독일) | 견 인 식 | 자 동 | 2~4조 | 주간 25~35cm, 조간 75~90cm 주행속도 2.2~2.7m/s, 컵 벨트 진동 작업을 500주/분 |
| Lockwood (캐나다) | 견 인 식 | 반자동 | 2조 | 주간 20~50cm, 통씨감자 40~90g/개 주행속도 0.44~0.88m/s 구동마력 27마력 |
| 농기계화연구소 (한국) | 견 인 식 | 반자동 | 2조 | 주간 14cm, 조간 94cm 주행속도 0.27~0.48m/s, 작업을 30분/10a, 구동마력 47마력 |
| Ueda(일본) | 견 인 식 | 자 동 | 1조 | 주간 13~47cm, 종자상자 20kg 주행속도 1.5~3m/s, 작업을 60분/10a 구동마력 5~8마력 관리기 부착형 |

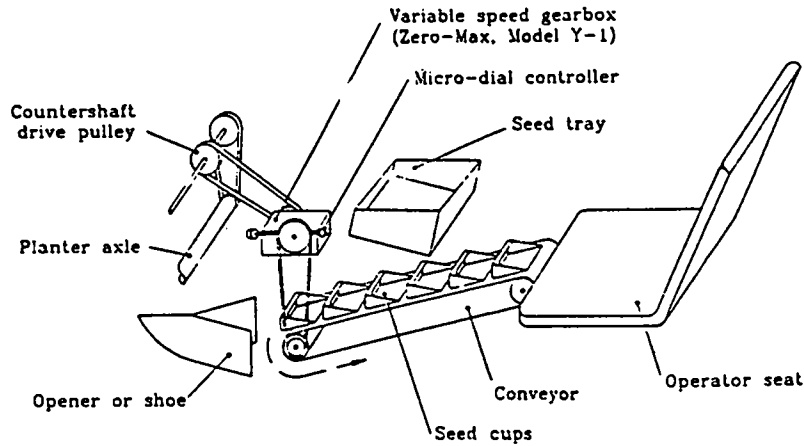


그림2.4 반자동식 감자파종기의 구성도

3. 감자파종기의 구조 및 기능

재배방법에 따라 파종기의 구조가 다소 다르지만 소피경이나 중피경과 같은 통감자를 종자로 하는 경우에는 동력장치가 10마력 이하인 소형 파종기로서 자동자주형, 1~2조식이 대부분이며 절편감자를 대상으로 하는 노지재배의 경우에는 30마력 이상의 트랙터로 견인되는 대형 파종기로서 2~6조식이 많으며 종자공급은 인력이나 기계장치를 이용하고 있다. 현재까지 씨감자를 파종하는 실용화된 파종기의 예로써 트랙터로 견인되고 접지구동 휠로 배종장치와 식부기구를 구동하는 소형 파종기(1인 보조작업, 작업속도 0.25~0.35m/s, 능율 4.5~5a/h)의 구조를 보이면 그림2.5와 같다.

파종기의 주요 구성부품으로는 씨감자를 보관하는 종자상자(seed hopper), 종자상자로부터 일정한 주간간격으로 종자를 공급하는 배종장치(metering device, dispensing system), 종자를 파종장치나 개구부에 유도

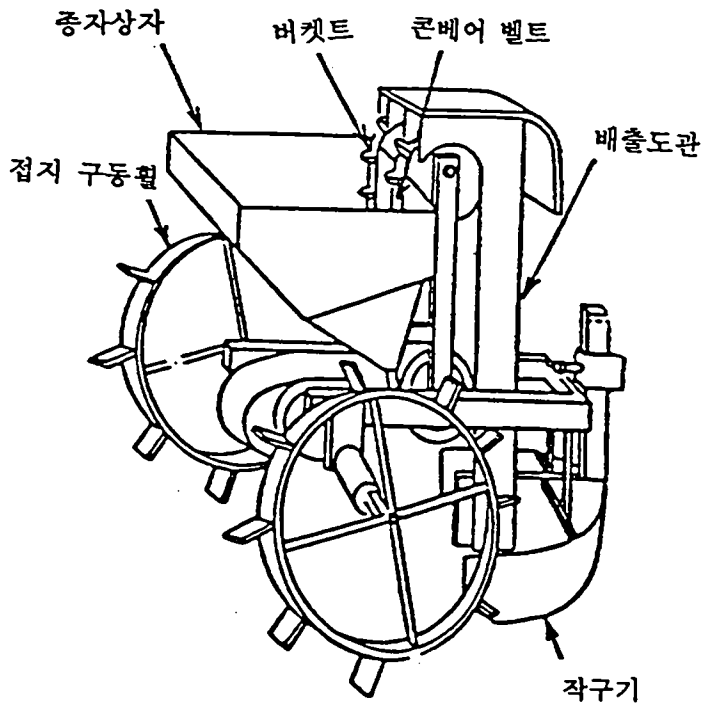


그림2.5 접지 구동휠형 소형 2조식 감자파종기 구조도

하는 배출도관(seed tube), 종자를 심기위해 이랑을 만들어 주는 작구기(furrow opener), 이랑에 들어있는 종자를 흙으로 덮기위한 복토기(covering device), 두둑을 비닐멀칭할 경우에 사용되는 진압기(press device) 로 구분할 수 있다.

① 종자상자

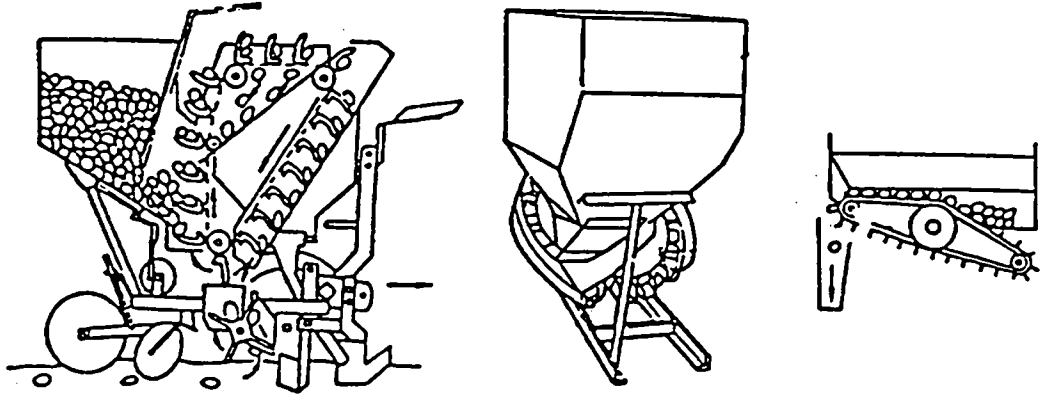
씨감자의 파종작업중 표피의 손상을 방지하기 위해 상자의 재질을 플라스틱으로 하거나 철재상자인 경우에는 내부에 고무나 수지재로 피복하며 감자가 배종장치에 유입되기 이전에 공급량을 적절히 조절하거나 유입이 잘 되도록 조절댐퍼를 설치한다. 중·소괴경의 통감자를 저장하는 종자상자는 20~30kg 용량이고 대형 파종기에 설치되는 종자상자의 용량은 80~1,000kg 정도이다.

여기에는 배종장치가 부착되고 배종장치와 연결되는 통로는 종자의 흐름이 양호하게 하기 위하여 종자상자의 밑면을 경사지게 하고 배종장치에 접근할 수록 폭이 좁아지도록 하고 있다.

② 배종장치

종자를 경작지에 파종하기 위한 종자를 공급하는 배종방법에는 인력을 이용하는 방법, 호퍼로 부터 낙하하는 방식, 흙이 파인 회전판이나 드럼을 이용하는 방법이 있으며 배종장치를 구동하는 방법은 접지 구동휠을 이용하는 방법과 구동엔진이나 파종기를 견인하는 트랙터의 동력을 이용하는 방법이 있다. 접지 구동휠을 이용하는 경우에는 구동휠의 접지력에 영향을 받기 때문에 구동력에 한계가 있어 비교적 소형 파종기에 적용되며 파종기가 정지시에는 배종작업을 중지하기 때문에 운전 재개시 파종 시작점의 조정이 필요없고 파종기 전진속도에 비례하여 수행되는 특성이 있다. 이에 비해 구동엔진이나 견인장치에 동력을 이용하는 경우에는 구동력이 크기 때문에 2조식 이상의 대형파종기에 적용되고 고속작업 역시 가능하다.

기계적으로 종자를 공급하는 방법으로는 그림2.6에 보이는 바와 같이 체인구동 컵형(chained cup type), 경사판 버켓트형(corrective cup type), 콘베어식 컵 벨트형(cup belt type)이 있으며 체인구동 컵형은 통씨감자일 때는 정확하게 배종이 가능하지만 절편감자일 때에는 정확도가 떨어지므로 씨감자의 크기가 작은 것이 유리하다. 경사판 버켓트형은 경사판 주변에 버켓트를 배치하고 버켓트에 들어온 여분의 씨감자를 낙하시키고 아랫쪽으로 버켓트를 기울여서 배출하는 구조로 되어 있다. 여분의 씨감자를 제거하는 것이 정확하지 않기 때문에 인력에 의존하므로 통씨감자의 경우에는 2조에 1인, 절편감자의 경우에는 1조에 1인의 비율로 작업자가 필요하다. 컵 벨트형은 작업능율이 떨어지고 결주시 보조작업자가 씨감자를 공급하는 경우가 많았지만 배종기구의 성능개선으로 대형파종기에 점차 많이 사용되고 있다.



(chained cup type)

(corrective cup type)

(cup belt type)

그림 2.6 기계적으로 종자를 공급하는 배종장치 개념도

③ 배출도관

인력으로 감자를 공급하는 경우보다는 파종속도가 고속인 자동파종기의 경우에 많이 이용되며 배종장치에서 배출된 감자를 파종호퍼나 작구기에 정확히 유입되도록 하는 역할을 한다. 파종작업중 감자가 통과하면서 손상되지 않도록 재질을 프라스틱이나 고무제품을 사용하고 있다.

④ 작구기

대부분의 파종기는 개방형 삽날인 복 원판 작구기(double-disc opener), 엇물림 복 원판 작구기(staggered double-disc opener), 러너 작구기(runner opener), 스텐브 러너 작구기(stub-runner opener), 호우형 작구기(hoe opener)를 많이 사용되며 비닐 멀칭된 두둑에 파종하는 소형 파종기의 경우에는 개방형 삽날이 사용될 수 없기 때문에 개폐형 호퍼를 사용한다. 개방형 삽날의 작구기를 설치한 경우에는 파종속도가 0.3~0.6m/sec이고 개폐형 호퍼를 설치한 경우에는 0.1~0.2m/sec로 훨씬 저속으로 운전되어야 한다.

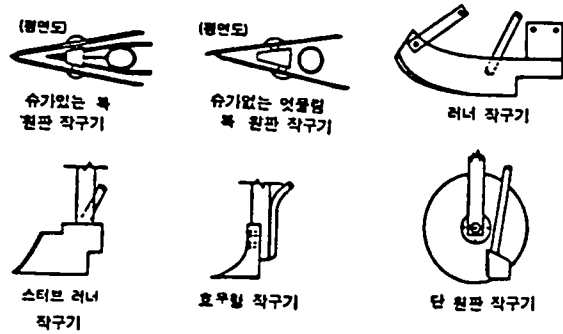


그림2.7 종자 파종을 위한 토양 작구기의 요소

⑤ 복토기

고랑위로 토양을 이동시키기 위한 굽은 꼬리부분이 있고 종자가 파종된 고랑의 양측면을 따르도록 되어 있는 1개 또는 2개의 마주보며 길게 늘려진 날형의 토양 전향장치 또는 스크레이퍼, 페들은 하방력 스프링이 장착되어 있을 수도 있다. 페들의 두께는 3~6mm, 폭은 25~76mm 이며 길이는 다양하다.

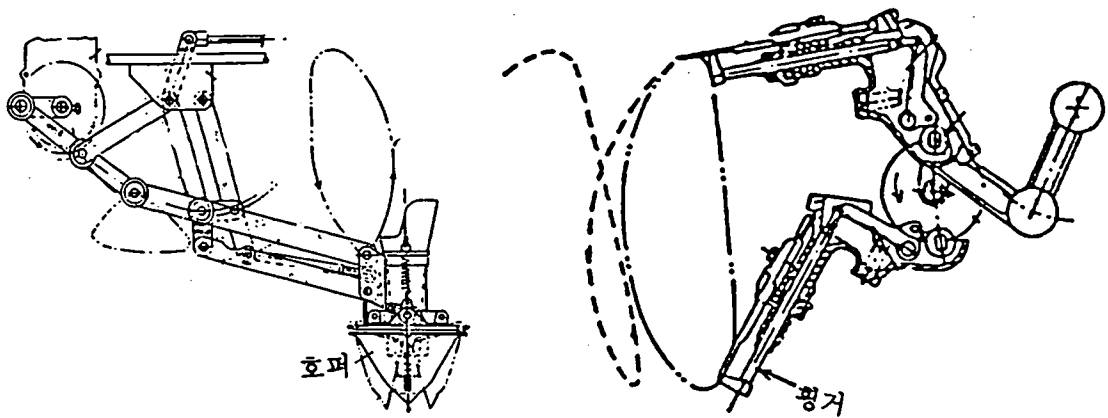


그림2.8 종자 복토를 위한 요소

⑥ 종자 식부기구

감자를 비닐멀칭된 두둑에 파종하는 경우에는 야채이식기에서 사용되는 식부기구를 사용해야 하는데 여기에는 회전식과 상하 왕복식의 호퍼나 핑거를 들 수 있다. 전자는 통씨 감자의 파종에 활용되고 후자는 포트상자에서 증식된 인공씨감자의 이식에 활용될 수 있다.

이들을 구동하는 방법은 구동엔진의 출력축에 연결된 풀리나 스프로케트를 거쳐 벨트 또는 체인으로 구동되거나 접지형 구동휠의 동력을 이용한다. 전자의 경우는 배종장치의 구동기구와 연동되도록 해야 하고 식부거리를 임의로 조정될 수 있도록 해야 한다.



(호퍼식 식부기구)

(핑거식 식부기구)

그림 2.9 감자의 식부기구 요소

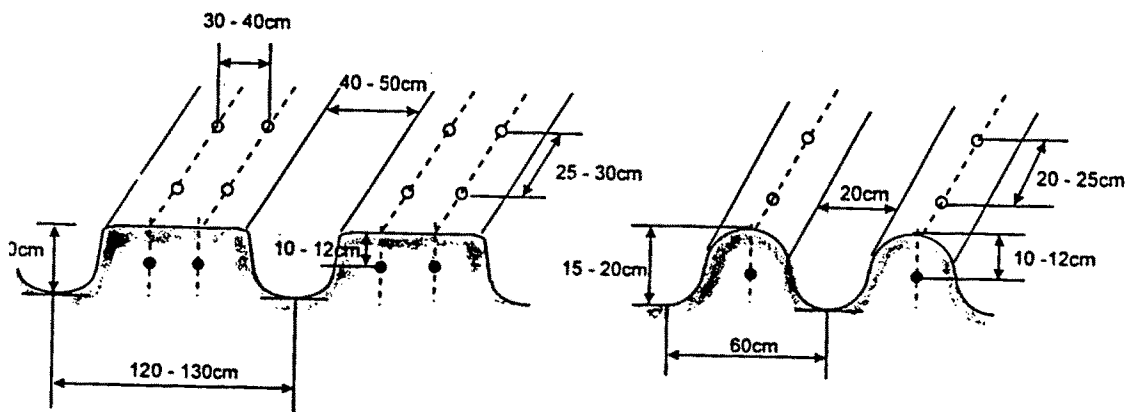
4. 파종작업의 기계화 요구조건 도출

국내의 감자재배방법과 파종작업의 기계화현황을 분석한 바 지역별로 기 후조건이나 토질조건이 달라 재배시기와 재배방법이 다르고 작형별로도 재배 방법의 표준모델이 정립되지 않아 있었다. 종래의 절편감자로부터 통씨감자로 씨감자의 선택경향이 변하고 있으며 소형 통씨감자를 파종하는 파종기의 개발이나 실용화 실적이 없고 외국에서 수입한 감자파종기는 경작지의 면적 제한성, 기후 및 토질조건이 국내의 경우와 달라서 기능을 보완하지 않고는 사용이 불가능한 상태이다.

따라서 국내에서 소형 통씨감자를 파종하는 기계화 요구조건으로는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 독일, 일본, 러시아 등에서 사용하고 있는 감자파종기 모델과 채소이 식기의 겸용기구가 소형 통씨감자 파종기로 적용가능하다고 판단됨.
- 감자파종작업에 비닐멀칭, 쇠토, 제초제 살포, 로타리 기능 요구
- 통씨감자의 경우 발아눈(sprout) 손상에 주의 필요
- 주간, 조간거리와 이랑간격의 조절이 가능해야 함.
- 운전자 1인이 파종기에 탑승하는 것이 바람직하지만 제조원가 고려
- 파종작업의 기계화를 위해 재배방법의 표준화 필요
- 경작지의 경사도에 적응하고 씨감자의 크기가 다를 경우에 대비
- 종자상자나 식부기구의 경사도, 식부깊이 조정에 유압장치 활용
- 씨감자 파종전 선별기능과 결주시 보식기능 필요
- 비닐멀칭의 파종작업 전후에 수행하는데 따른 대책 필요

파종작업을 기계화 하는데 있어 파종기의 주간거리, 조간거리, 이랑폭 등이 어느정도 조절될 수 있다고 가정할 때 노지재배와 기내재배로 구분하여 국내의 재배조건에 가장 적합하다고 판단되는 이랑의 형상을 제시하면 그림 2.10에 보이는 바와 같다.



(노지재배 2조식)

(온실재배 1조식)

그림 2.10 파종작업 기계화를 위한 이랑형상

제 2 절 관련기술 개발동향

1. 국내외 씨감자 생산기술

국내의 인공씨감자 생산기술 가운데 기초기술인 유전공학적 배양기술은 국제 특허 획득 등 국제 우위를 갖고 있으나 이의 자동화·기계화 미흡한 실정이며 일부농가등에서 파종장치를 Russia등에서 구입을 검토하고 있으나 기계의 부피가 크고 주간거리, 조간간격등 조절이 불가하고 다분히 인력에 의존하고 있는 실정이며 미국의 경우 절편감자 파종방식을 사용하고 있으며 네델란드의 경우 이미 인력의존을 탈피하여 절편씨감자는 물론 통씨 감자를 자동파종방식을 실용화 하여 전세계 씨감자 시장의 60~70%를 공급하고 있으며 씨감자 생산을 위해 NIVAA조합에는 2,000업체가 등록되어 있고 연구원 중 Ph.D. 만 300명 정도로 매우 활발한 연구활동을 전개하고 있다.

그러나 우리나라의 경우에는 이들 국가들과는 다르게 기후조건이 달라 기존의 노지재배방법으로는 생산이 불가능하고 비닐멀칭재배가 필수적이므로 이들의 파종방법의 직접도입이 어려운 실정이므로 거의 모두가 인력파종에 의존하고 있어 씨감자의 생산원가가 외국의 제품보다 3배이상 비싸게 되는 원인이 되고 있다. 우리나라와 기후조건이 유사한 일본에서도 소형통씨감자를 씨감자생산에 활용하지 못하고 있어 이에 적합한 파종기의 개발이 전혀 이루어지지 않고 있다.

2. 국내외 파종기관련 특허 및 문헌조사

1) 아랍에미레이트

아랍에미레이트대학에서는 1995년에 45KW 트랙터로 견인되는 1조식이고 접지 구동휠에 의해 육묘를 공급하는 벨트를 구동하고 주간조절이 가능한 야채이식기를 파종기와 겸용으로 개발하였으며 작업능률은 0.09~0.89ha/h 범위이고 구조가 간단하고 염가인 것이 특징으로 되어 있다.

2) 미국

1978년에 Willkins 등에 의해 개발된 2조식 멀칭비닐 파공형 파종기는 산화철(Fe_3O_4)로 균일하게 도장한 종자를 배종휠에서 자석식 펀치에 공급 되도록 하므로써 종자의 파종상태나 파종속도가 기존의 Stanhay 파종기에 비해 크게 개선되었음을 확인하였다. 이들은 1979년에 개발된 파종기의 성능을 더욱 향상시키기 위해 배종장치에 프로세서를 적용하므로써 외부형상이 불규칙적인 상추씨를 구리스가 도장된 배종벨트의 경우에 미국 농기계전문제작사인 John Deer사의 야채파종기(모델 33형) 보다도 결주율이 개선된 시험결과를 얻었다. 1987년 Upadhyaya 등에 의해 벨트형 배종장치나 진공배종장치를 갖는 파종기의 배종상자에 간단하게 부착될수 있는 금망형 교반기와 반시계방향으로 회전하는 2중으로 경사된 나선형 교반기를 개발하여 켈로 피복된 종자를 사용토록 하므로써 배종벨트에 종자가 부착되는 결함을 개선하였다. 1984년 Misensor 등에 의해 진동삽날, 제석기, 배종 엘리베이터의 힌지형 버킷트 및 선회형 피구동휠을 구비하고 트랙터에 2점 연결형 감자파종기를 개발하여 29% 정도의 수분이 함유된 토양 속의 감자를 인양하는 것이 가능하게 하였다. 1980년에 Halerson는 감지센서를 적절하게 사용하여 감자를 트랙에 이송하는 봄을 전기적으로 제어가능한 자동조절 봄을 개발하였다.

3) 오스트레일리아

1994년 Seabrook에 의해 55° 경사진 배종상자의 경사면에 회전형 발취판과 종자이송판 및 배종판을 상하로 결합한 배종장치를 개발하여 일반적인 종자 파종기에 부착할 수 있도록 하였다. 이것의 회전방향이나 경사각도 조정은 임의로 할 수 있으며 여러개의 배종상자를 탑재한 다조식 파종기의 경우에는 각각의 배종상자에 개발된 배종장치를 각각 부착하여 독립되게 운전이 가능한 구조로 되어 있다. 발취판과 배종판은 구동축에 의해 동시에 회전하며 이송판은 배종장치 본체에 고정되어 120° 범위로 개방된 배출구를 통하여 발취된 종자를 배종판으로 떨어트리고 발취판에는 원판 가장자리 부근에 10° 간격으로 균일하게 가공된 관통구를 갖으며 배종판에는 90° 로 구분된 판

통구를 발취판 관통구의 3배인 관통구를 나선상으로 가공하였다. 배종원판 하부에 설치된 배종장치 바닥면에는 이송판의 배출구 끝단 부근에 종자가 파종기에서 낙하할 수 있도록 직사각형 배출구를 설치하였다. 발취판의 종자 발취 및 이송기능을 갖는 관통구는 배종판에 설치된 여러개의 관통구 보다 크기가 다소 작게 가공하고 발취판의 관통구에 종자가 막히는 것을 방지하기 위해 별도의 부러쉬를 설치하였다.

3) 영국

1993년 Henry James에 의해 전체 높이가 4~6피트이고 파종깊이를 3인치 전후로 조정이 가능한 구조가 간단한 휴대용 원통형 간이 파종기를 개발되었다. 종자 공급구는 원통 중간부에 1개를 설치하고 있으며 파공시 가압은 식부기 바로 위에 설치되어 식부깊이를 조절하도록 하는 수평으로 결합된 붓을 발로 밟아서 수행하고 이 붓의 길이를 조절하여 주간거리를 측정하는데 이용하도록 되어 있다.

4) 러시아

1988년 중앙아시아 삼림연구소의 Yezhak과 Pnikov 등에 의해 개발된 육묘이식기의 자동이송장치는 국내에서 사용하고 있는 이앙기의 이송장치와 유사한 구조의 육묘상자를 전후방향으로는 돌기가 달린 체인을 회전하여 등간격으로 약간 경사지게 설치된 롤러위를 단계적으로 이동시키고 롤러 끝단에는 순차적으로 육묘가 아랫쪽으로 떨어지게 하는 게이트가 있으며 낙하된 육묘를 배종판에 이송하는 운반상자가 횡방향으로 왕복하도록 회전하는 나선형 스크류의 홈을 따라 좌우로 왕복하는 슬라이더에 연결된 공급링크를 이용하고 있다. 운반상자는 배종판에 도달할 때 까지는 상자바닥이 닫혀 있다가 배종구에 도달하면 육묘를 식부기 쪽으로 떨어트리기 위해 상자바닥이 열리고 다시 돌아올 때에는 상자바닥이 닫힌다. 배종판에서 전달된 육묘는 식부기에 의해 적절한 깊이로 육묘를 이식할 수 있도록 파공한 후에 호퍼가 열리고 식부기가 상부로 올라가는 동안에 다시 식부호퍼는 닫힌다. 식부호퍼의

종류에는 공기나 유압으로 상하왕복운동과 호퍼개폐를 하도록 하는 형식과 식부호퍼를 회전휠 끝단에 설치하여 휠의 구동축을 통하여 공급되는 유압을 이용하여 식부호퍼가 지면에 파공한 후에 열리도록 하는 형식을 이용하고 있다. 이들 식부기는 1984년 레닌그라드 삼림연구소의 Speransky에 의해 개발되었으며 유압실린더의 상하운동에 의한 식부호퍼의 상하 및 개폐작용이 가능한 구조의 식부기와 유성휠 끝단에 설치된 3~6개의 개폐호퍼를 설치하여 편심회전휠에 의한 기계적인 식부호퍼의 개폐방법과 지지축의 유로를 통해 유압이 공급되도록하여 개폐호퍼의 유압실린더로 조작하는 방법을 선택하여 사용하도록 하였다. 이들은 묘목이나 야채에도 활용될 수 있다. 비닐멀칭된 상태의 이랑에 소형 통씨감자를 파종하는데 사용이 가능한 구조인 이들의 파종기 구조와 식부호퍼 및 호퍼의 개폐제어를 위한 유압시스템은 그림2.11, 2.12, 2.13과 같다.

5) 독일

1994년 Dreyer에 의해 발명된 종자파종기는 트랙터로 견인되며 트랙터의 동력을 이용하여 파종전에 경운하는 경작기와 토양을 다지는 진압롤러 및 파종부로 구성되며 종자통에서 유압으로 구동되는 송풍기가 종자를 2조식의 배종관에 유입되도록 하여 도관을 통해 강하된 종자는 작구기와 구동휠에 조작에 의해 파종된후 복토된다. 이것의 특징은 일반 공기부양식 파종기의 부양 송풍기를 유압으로 구동하고 경운기능이 파종기능과 복합된 점이라 할 수 있다.

6) 일본

1988년도 홋카이도대학에서는 유압구동휠을 35KW 이하의 트랙터로 견인하는 감자수확기를 개발하여 운전조작이나 견인에 소요되는 동력을 감소하는 결과를 얻었으며 90년도 후반에는 마메도라사에서 식부깊이나 경사도를 수동으로 조절하고 크랭크기구를 이용한 이식호퍼를 상하운동과 파공후 호퍼가

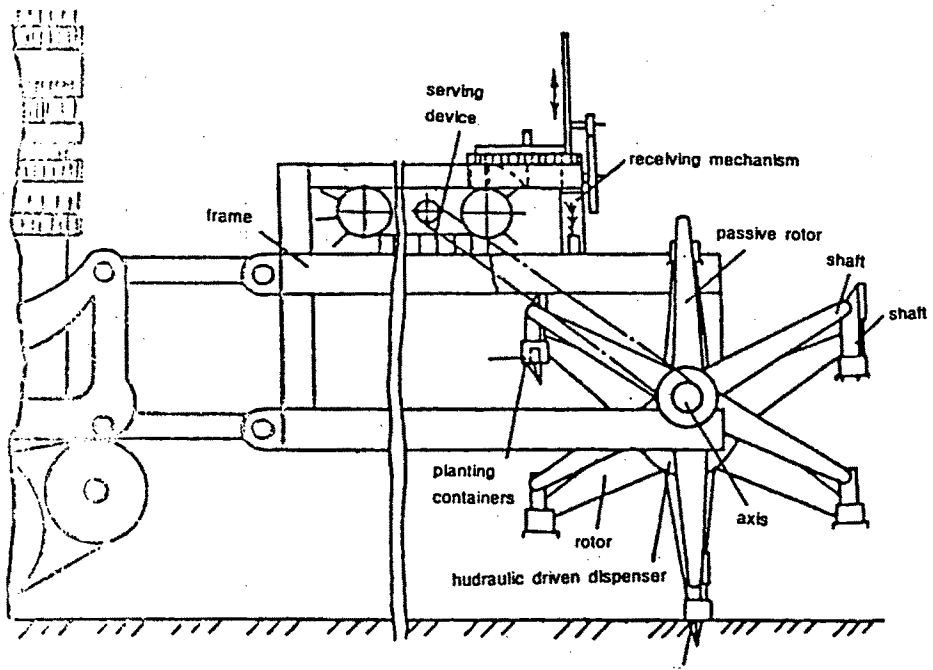


그림2.11 2중 편심휠을 이용한 파종기 구성도

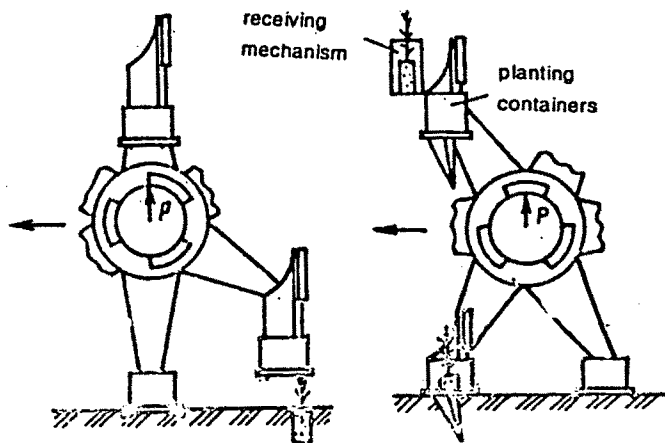
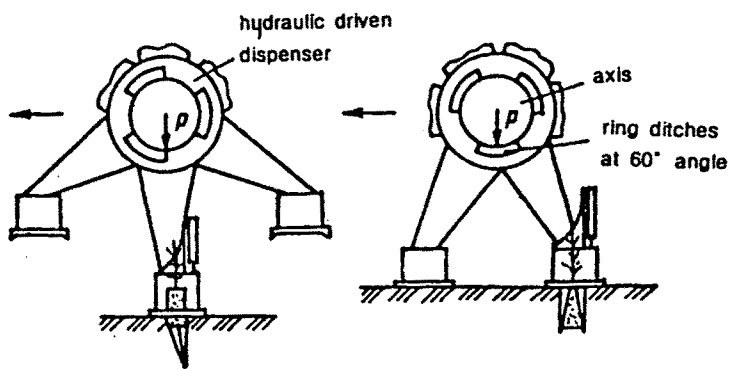


그림2.12 식부호퍼의 작동원리

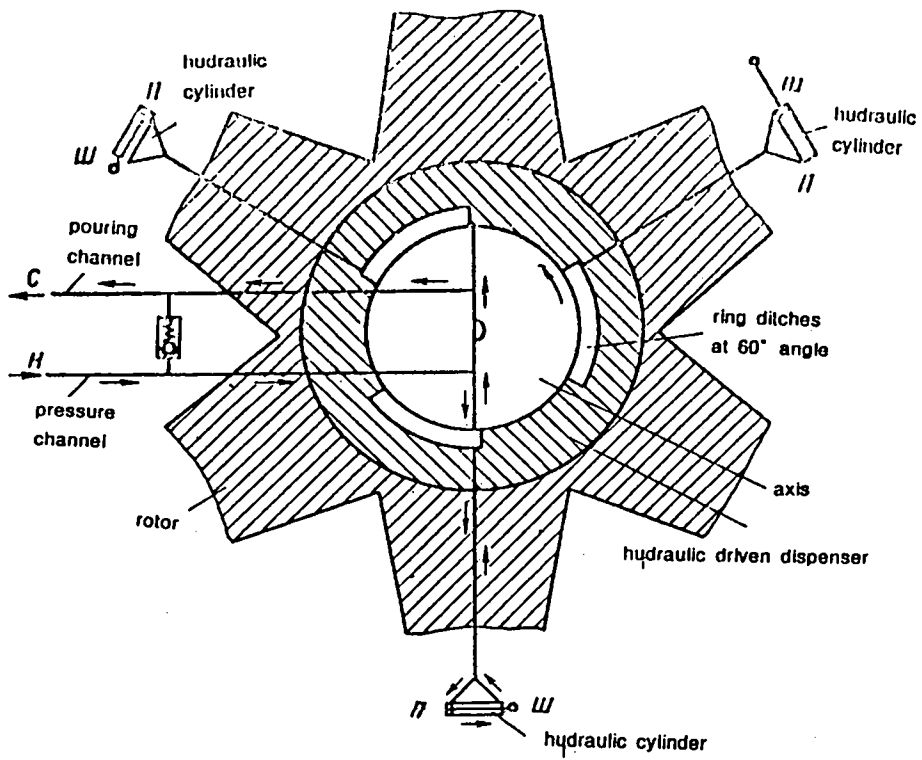


그림2.13 식부호퍼 개폐제어를 위한 유압시스템

열리도록 하는 수동으로 육묘를 공급하는 반자동형 1조식 야채이식기를 개발하였으며 이세키사에서는 펄프 몰드형 육묘상자를 이용하는 수전용 이앙기에서 사용되는 식부기와 유사한 기계식 식부기를 이용한 야채이식기를 개발하였다. 후자의 경우는 1조식으로 식부깊이를 유압으로 원격제어 가능한 구조로 되어 있다.

일본의 경우 씨감자 생산량의 81%를 홋카이도에서 생산하고 재배면적의 70% 정도를 점유하고 있으며 이 지역에 있는 토카츠농기사에서 콘베이어벨트형 파종기(2~4조식)와 회전원판형 파종기(1~2조식)을 생산하여 일본전역은 물론 동남아시아지역에 수출하고 있으나 소과경 파종기에 대해서는 검토 단계라 할수 있다.

7) 대만

1992년 FWU Tien사의 Suian 등은 증속베벨기어에 연결된 배종원판 구동축을 수동핸들로 작동시키고 배종상자의 바닥쪽에 있는 공급량 조절댐퍼를 배종상자 덮개 안에 있는 조정봉으로 조작하는 휴대용 산파기를 개발하였다.

8) 한국

1989년 박승일에 의해 회전식 배종장치에 2차 배종장치를 연결하여 동일하게 회전하도록 하면서 1차로 공급된 종자를 일시적으로 모아 놓았다가 배종판에 도입되도록 하여 종자가 배종판의 마찰 등에 의해 낙하하는 시간의 차이를 감소하도록 하는 캠구동형 배종장치를 개발하였다. 절편감자 파종기를 농기계화연구소에서 개발한 바 있으나 경작조건의 적응성을 검토중에 있으며 소형 통씨감자의 파종장치는 현재까지 개발에 착수되지 않았다.

제 3 장 소형 통씨감자 파종기 설계 · 제작

제 1 절 개 요

국내의 소형 통씨감자 재배조건과 파종작업의 기계화 조건을 토대로 하여 국내외 전문기관(농촌진흥원, 강원도 원예농협, 남원 농협, 생명공학연구소, 제주도 감자연구소, 이스라엘 Volcani Center), 씨감자 생산자(미원, 건농, 오리온제과, 강원지역 영농가, 네델란드 Agrico) 및 농기계제작사(중앙공업, 일본 Tokkatsu Nokki)들의 자문을 얻어 파종기의 설계사양을 결정하였다. 인공으로 재배된 인공씨감자를 파종하는 작업기는 현재까지 국내는 물론 선진 농업국에서도 개발되지 않았던 관계로 모델선정이 어려우며 외국의 경우 경작지에 자갈이 거의 없고 비닐멀칭을 채택하지 않고있어 국내실정에 적합한 파종기의 선택이 불가능 하였다.

파종기의 사양을 검토하기 위해 국내에서 채택하고 있는 소형 통씨감자 재배과정을 나타내면 그림2.14와 같다. 이와같은 파종시스템은 씨감자의 중량이 2~4g, 외형치수 장경 6~10mm 단경 5~8mm범위를 갖고있어 적당한 치수 별로 선별해야 하며 종래의 통씨감자에 비해 아주 작기 때문에 종자상자의 적재용량이 10kg 정도인 파종기를 관리기 견인식이나 개솔린엔진 구동형이 고려된다. 더욱이 소형 통씨감자는 비닐멀칭된 온실내 재배방식이 대부분이므로 멀칭된 이랑에 파종이 가능하도록 하는 식부기구를 설치하여 주간거리와 함께 2조식인 경우 조간거리를 밀식재배가 가능하게 정확하게 조정할 수 있어야 한다. 한편 파종후 비닐멀칭작업을 하는 재배방법의 경우는 천공된 비닐을 사용하되 멀칭시 천공부의 핏치를 광센서로 감지하여 배종 및 파종기구와 연동되록 하여 파종위치가 비닐의 천공위치에 정확히 일치되도록 하는 전자제어장치를 부착해야 한다. 따라서 파종기에 파종기능과 비닐멀칭기능을 동시에 구비해야 한다.

국내의 소형 통씨감자 재배방법과 기계화 조건을 감안할 때 일본에서 개

발하여 실용화 추진중인 야채이식기의 기능과 러시아에서 개발한 묘목이식기의 기능을 파종기의 기본모델로 검토한 바 후자의 경우는 구조가 대형화되고 유압시스템의 제작이 복잡하기 때문에 직접적용이 불가능하나 전자의 경우는 비교적 경작면적이 협소한 비닐하우스에서도 사용이 가능하고 비닐멀칭된 후에 파종작업이 수행되므로 광센서 측정장치가 생략되며 규모가 후자에 비해 작고 경량화 내지는 운전조작이 용이하므로 야채이식기의 기능을 활용하기로 하였다.

이것의 주요사양은 3마력급 공냉식 개솔린엔진으로 구동되고 비닐멀칭된 이랑에 파종이 가능한 1조식 식부호퍼를 갖으며 운전자 1인이 탑승하지 않고 보행하면서 주행속도, 역전, 선회조작, 주간거리 조절은 물론 식부깊이나 경사도를 원격으로 조절할 수 있도록 하는 것 등을 들수 있다. 파종시 결주율이나 종자의 손상율이 저감되도록 하기 위해 배종장치를 원판회전형과 컵벨트형을 모두 검토하였다.

이렇게 하여 결정된 시작품의 주요사양을 정리하면 아래와 같다.

표3.1 소형 통씨감자 파종기 시작품의 기본사양

| 구 분 | 주 요 사 양 |
|------|--|
| 구동방식 | 자주식, 공냉식 개솔린엔진 구동형 |
| 운전조작 | 운전자 보행형 |
| 제어방법 | 기계/유압식(전후진 변속, 주간, 경사도, 식부깊이) |
| 파종방법 | 크랭크기구형 식부호퍼 개폐식, 1조식 |
| 조정범위 | 주간 15~30cm(무단변속 폴리형), 식부깊이 10~20cm 경사도 ±15도 이상, 구동휠 폭 70cm 전후 |
| 작업능율 | 소형 통씨감자 120분/10a 이내(0.3m/s 전진속도일 때) |
| 구동엔진 | 3마력급 공냉식 개솔린엔진 |
| 구성부품 | 종자상자 15kg, 유압시스템, 식부호퍼, 배종/제어장치 |
| 작업속도 | 0.2 ~ 0.4 m/s |

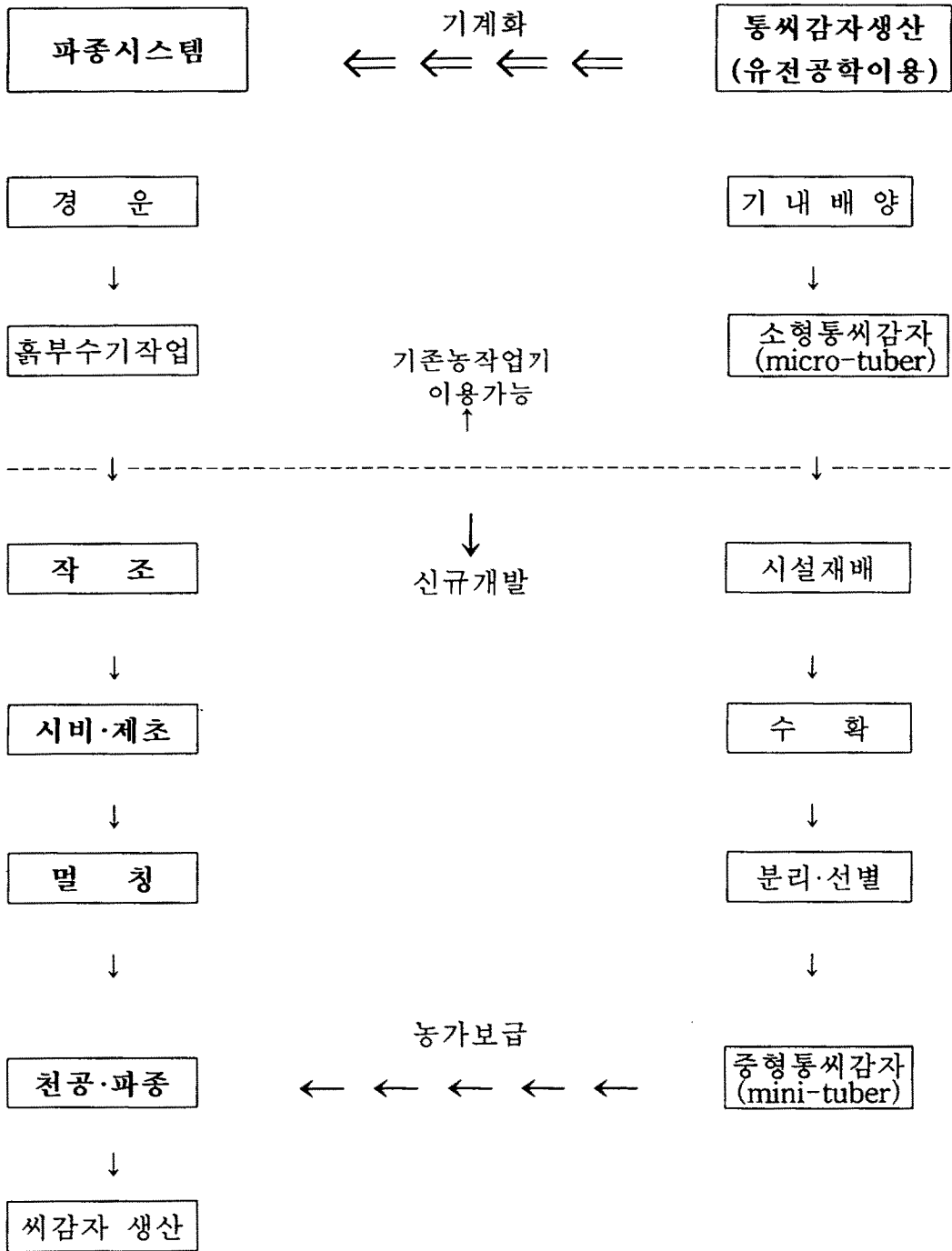


그림3.1 소형 통씨감자 파종시스템

제 2 절 1차 시작품 설계 및 제작

1. 설계사양 결정

국내외 감자파종기에 대한 사양을 검토한 바 노지재배용으로 사용되는 트랙터 견인형으로 2~4조식, 반자동식(종자공급을 인력에 의존)이 대부분이라 할수 있었다. 본 연구에서 개발코자 하는 소형 통씨감자를 파종하는 멀칭대응형 파종기는 전혀 실용화되지 않고 있어 부가가치가 높은 씨감자를 수출전략산업으로 하기 위해서는 전자동 소형 통씨감자 파종기의 국산화가 절실하였다. 이것의 구조는 종래의 파종기와 구조가 크게 다르며 이들의 특성을 열거하면 아래와 같다.

- 운전자 보행형 자주식이므로 구동엔진의 동력을 이용하여 주행, 전후진, 배종, 파종, 진압기능을 제어반에서 원격제어하기 용이하게 집중제어식으로 구성한다.
- 파종기의 식부깊이나 이랑의 경사도에 적응하도록 하는 좌우 주행 휠(폭 5', 내경 12", 고무타이어)을 설계사양의 조절범위로 원격제어하기 위하여 제어반에 설치된 서어보밸브의 유압조종레버를 조작하는 유압시스템(펌프, 실린더, 방향조절밸브, 유량조절밸브, 구호안전밸브)을 구성한다.
- 비닐멀칭된 상태에서 소형 통씨감자를 파종하기 때문에 배종장치와 크랭크 기구로 동작되는 파종식부의 상하운동과 개폐작용이 정확하게 연동되도록 하며 종자의 표피손상 방지를 위해 종자상자와 배종장치 및 파종호퍼의 내부를 PVC 표면처리하거나 프라스틱재료의 거칠기를 메끄럽게 처리한다.
- 파종식부의 재료는 스테인레스 박판이나 구조용 박강판으로 하고 멀칭비닐이나 파공부의 모양이 토출되지 않도록 식부의 직경을 50mm 이하로 하고 표면거칠기를 1/100mm 이내로 유지한다.
- 무단 변속폴리로 주간거리 조절을 원격으로 수행가능하고 이랑의 폭에 따라 주행휠과 전륜의 폭을 20~30cm 범위 내에서 조정가능하도록 휠과 구동축의 연결점을 변경시킬수 있는 구조로 한다.

10a 재배면적에 주간거리 15cm, 이랑 폭 75cm, 재배방법을 1조식으로 하여 소형 통씨감자의 중량을 4g이라 할때 파종작업중종자의 보충없이 연속작업이 가능한 종자상자의 용량은 10kg 정도이나 배종장치의 설치공간과 여유용량을 확보하기 위해 15kg 으로 종자상자의 용량을 결정한다.

파종기의 전체중량을 경량화 시키기 위해 프레임, 전륜 지지축을 박판형강으로 하고 주행륜 구동체인케이스는 박판(2t)을 판금하여 강도를 유지토록 하며 주행륜 지지축이나 조종핸들 등은 두께가 얇은 스테인레스파이프를 사용한다. 파종기를 안내하는 기능을 갖는 전륜의 재질은 내마모성 강재를 선택한다.

파종기 경사 및 식부깊이 조절을 위해 구성되는 유압시스템의 펌프용량 1.8~2 ℓ/min, 작동유압은 50기압으로 하고 운전중 펌프나 실린더의 밀봉셀(NBR, P40)의 누설검사를 실시하여 1일 누유량은 25cc이하가 되도록 한다. 이를 근거로 결정한 1차 시작품의 사양은 아래와 같다.

- 구동방식 : 자주식, 공냉식 개솔린 엔진 구동형
- 운전조작 : 운전자 1인 보행형
- 제어방법 : 기계식 - 전후진운전, 변속, 경사도, 주간거리
(무단변속 폴리형), 좌우 선회운전
유압식 - 식부깊이
- 파종방법 : 크랭크기구형 식부호퍼 개폐식, 1조식
- 조정범위 : 주간 20~30cm(무단 변속 폴리형), 식부깊이
10~20cm, 경사도 $\pm 15^\circ$ (좌우)
구동휠 폭 45~75cm(전륜), 75~95cm(주행륜)
- 작업능율 : 씨감자 120분/10a(진행속도 0.3m/s 일때)
- 구동엔진 : 3.5마력, 1,800rpm, 공냉식, 개솔린엔진
- 작업속도 : 1.1m/s(주행시), 0.2~0.3m/s(파종시)
- 배종장치 : 종자상자 15kg(PVC), 식부호퍼(SPC, 크랭크기구)
회전원판형 배종장치(Bakelite, 경사판, 힌지형
댐퍼 8ea, 배종구 8ea, 직경 8.5, 10.5, 14mm 3종)

- 유압시스템 : 기어펌프- 1.84 ℓ/min, 1,800rpm, 50bar, (0.54 ℓ/min, 50bar, 900rpm)
유압실린더- 1ea, 식부깊이조정, 행정 150mm
- 외형 치수 : 133(L)× 96(w)×100(H)cm
- 중 량 : 165kg(종자 및 연료유 적재전)

2. 1차 시작품 설계 · 제작

결정된 설계사양에 따라 시작품의 개념설계를 그림3.1에 보이는 바와 같이 구성하도록 주요부품을 설계하여 제작은 국내에서 각종 파종기를 가장 많이 생산한 실적이 있는 업체에 위탁하였다.

시작품의 주요부품 구성은 그림3.2에 보이는 바와 같이 구동엔진(8), 안내 기능을 갖는 전륜(9), 파종기를 전후진방향으로 변속하는 변속기어와 클러치가 내장된 기어케이스(2), 여기에 연결되어 클러치를 조작하는 주크러치 조종레버(24), 주행륜의 크러치를 조작하여 선회운전이 용이하도록 하는 좌우 크러치레버(25), 주간거리 조정을 위한 파종식부밋선(4)과 여기에 연결된 주간 조절레버(3), 전후진 운전시 속도를 고속/저속 모오드로 변경하는 벨트텐션 조종롤러(5)와 여기에 연결되어 고속운전시 파종식부가 작동되지 않도록 하는 주행속도 조종레버(22), 주행륜(12)을 구동하는 체인케이스(11), 주행륜의 경사각도를 조절하여 파종기의 경사각과 식부깊이를 조절하는 유압실린더(6,26), 유압실린더를 작동시키는데 필요한 유압을 공급하는 유압펌프(7)와 이를 조종하는 유압조종레버(20), 배종장치로부터 공급된 종자를 비닐멀칭된 이랑에 파종깊이로 파종하는 파종식부(14), 파종식부의 파공부를 진압시켜 복토되도록 하는 진압륜(13), 종자상자(1) 하부에 부착되어 종자를 배종판에 유도하는 배종구(17), 파종식부와 연동되어 배종판(16)을 회전시키는 배종장치 구동링크(18), 식부깊이를 조절하는 유압실린더의 운동을 주행륜의 스윙암에 안정되게 전달하는 조정리프터(19), 엔진의 회전수를 조절하는 엔진속도 조종레버(21), 파종식부의 운전/정지를 제어하는 파종식부 조종레버(23) 등으로 되어있다.

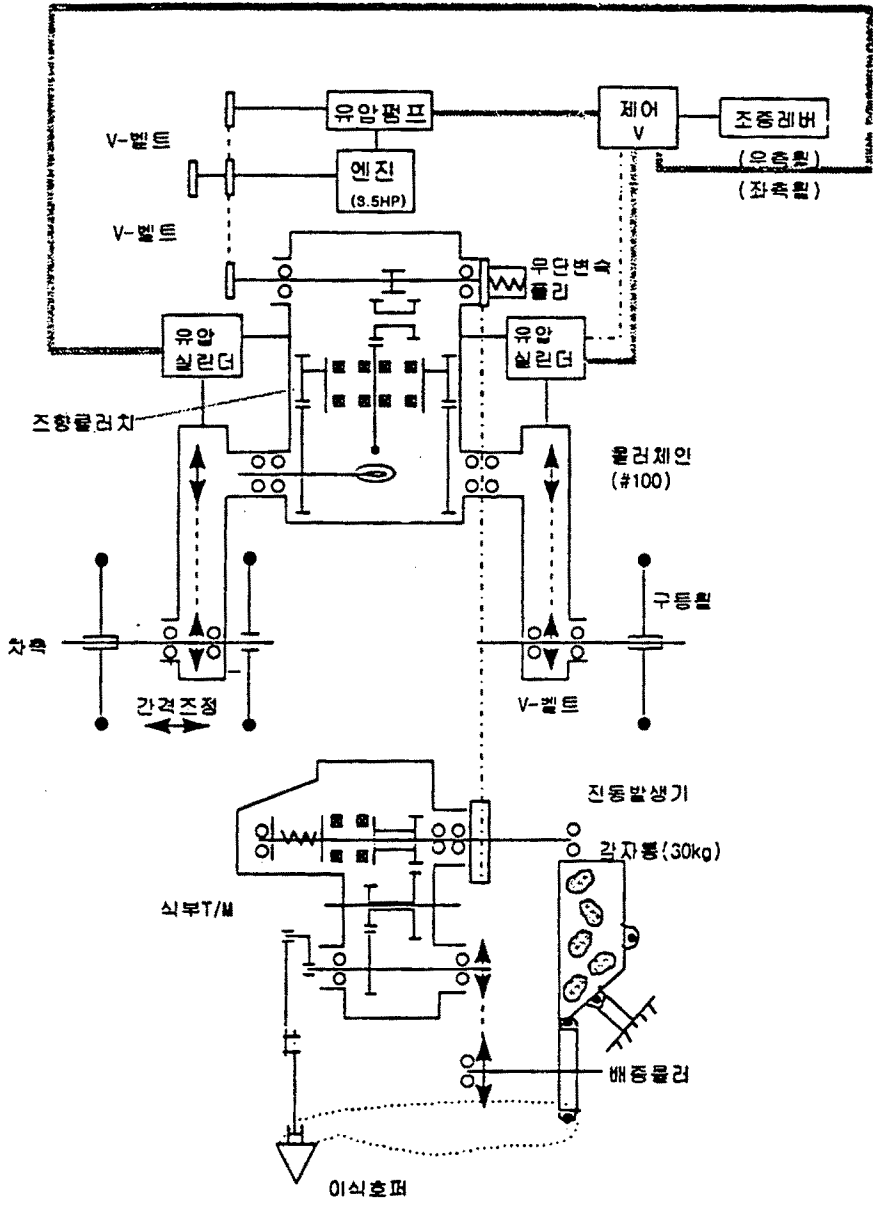


그림3.1 소형 통씨감자 파종기 시작품 개념도

이들 구성부품의 명칭 및 사용된 재질은 표3.1에 보이는 바와 같다.

표3.1 시작품의 주요 구성부품 명칭

| 번호 | 구성 부품 명칭 | 재 질 | 수량 | 치 수 |
|----|-----------------|----------|----|-------------|
| 1 | 종자상자 | PVC | 1 | 10kg |
| 2 | 기어케이스 | A ℓ DC12 | 1 | 감속비18:1 |
| 3 | 주간거리 조절레버 | SCP1 | 1 | |
| 4 | 파종식부 밋션 | AC4PF | 1 | |
| 5 | 벨트 텐손 조종롤러 | A2024 | 1 | |
| 6 | 식부깊이 조종 유압실린더 | A ℓ DC8 | 1 | ∅ 45-245mm |
| 7 | 유압펌프 | A ℓ DC8 | 1 | 1.82 ℓ /min |
| 8 | 구동엔진 | A ℓ DC12 | 1 | 3.5HP,G/E |
| 9 | 전륜 | SCP1 | 2 | ∅ 260/75 |
| 10 | 엔진 설치대 | SCP1 | 1 | |
| 11 | 체인 케이스 | SCP1 | 2 | |
| 12 | 주행륜(4.00-8-2PR) | NBR | 2 | ∅ 12"/5" |
| 13 | 진압륜 | SPC3 | 2 | ∅ 200 |
| 14 | 파종식부 | STS34 | 1 | |
| 15 | 핸들 프레임 | STKM34 | 2 | |
| 16 | 회전형 배종판 | Bakelite | 1 | ∅ 240x18 |
| 17 | 배종구 | SCP1 | 1 | 35Wx40H |
| 18 | 배종장치 구동링크 | GCD40 | 1 | |
| 19 | 식부깊이 조정 리프터 | SS41F | 1 | |
| 20 | 유압 조종레버 | SPP | 1 | |
| 21 | 엔진속도 조종레버 | SPP | 1 | |
| 22 | 주행속도 조종레버 | SPP | 1 | |
| 23 | 파종식부 조종레버 | SPP | 1 | |
| 24 | 주 크릿치 조종레버 | SS41B | 1 | ∅ 10 |
| 25 | 좌우 크릿치 레버 | SPP | 2 | |
| 26 | 경사도 조종 실린더 | A ℓ DC8 | 2 | ∅ 25-120mm |
| 27 | 연료통 | SCP1 | 1 | 4 ℓ |

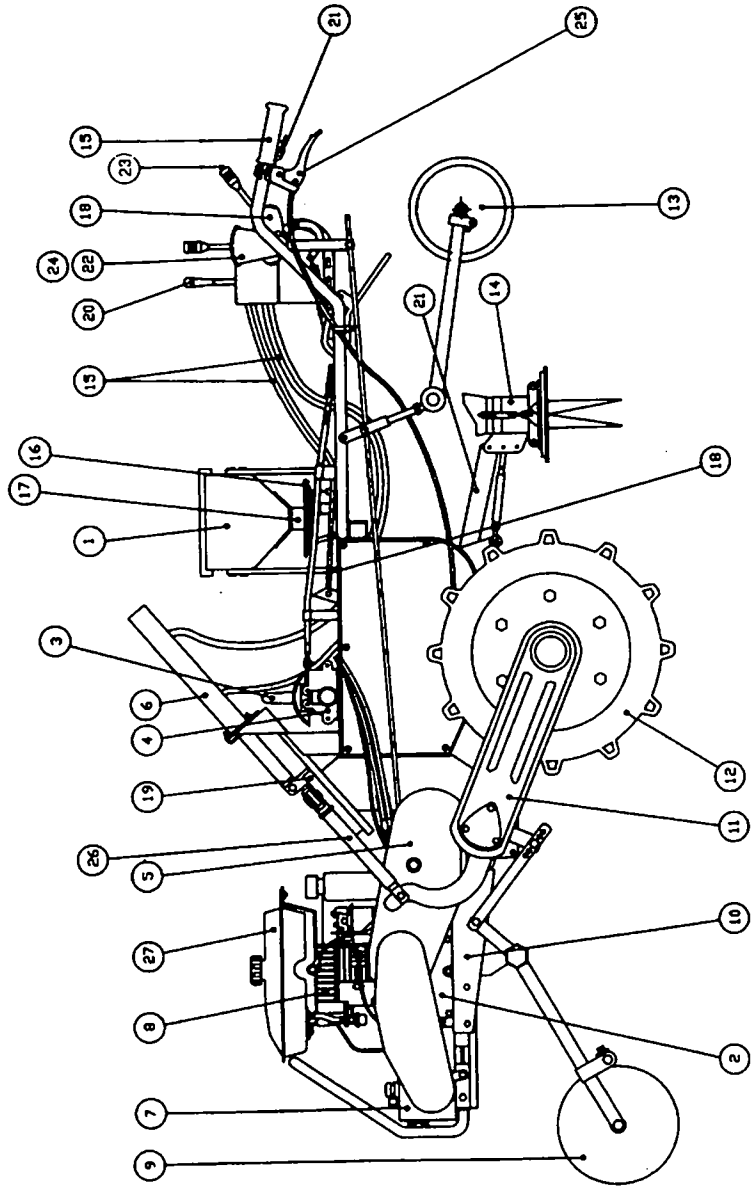


그림3.2 1차 시작품의 주요부품 구성도

소형 통씨감자의 파종기 1차 시작품을 구성하고 있는 부품가운데 주요한 기능을 발휘하고 있는 회전원판형 배종장치의 구성은 그림3.3에 보이는 바와 같다. 이 배종장치는 종자상자, 배종구, 배종판, 배종장치구동링크, 캠기어, 경사판으로 구성되며 종자상자 내부에는 종자의 유량을 적절히 조절하는 공급 조절 댐퍼가 설치되며 배종판의 각각의 배종공(8개) 밑면에는 경사판에 따라 개폐되도록 하는 힌지형 댐퍼가 부착되어 있다. 이것의 작동원리는 파종식부 운동주기에 맞추어 정확하게 공급되도록 배종장치 구동링크가 파종식부의 크랭크기구에 연결된다. 파종식부가 상하 왕복운동을 하면서 상사점에 도달할 때마다 힌지형 댐퍼가 열려서 배종판의 배종공에 들어있는 종자가 파종식부에 공급되도록 구동링크에 접촉된 캠기어를 순차적으로 회전시켜 같은축에 설치된 배종판을 파종식부의 주기운동에 일치되도록 하였다. 종자상자와 배종판을 플라스틱재와 배이크라이트와 같은 수지재로 제작하고 배종구의 내부를 수지재로 도장하므로서 표피가 약한 인공씨감자와 같은 소형 통씨감자의 손상율을 저감시키도록 하였다.

경사도 및 식부깊이 조종은 유압시스템을 도입하여 유압조절밸브를 원격으로 조작하므로서 주행륜의 스윙암에 연결된 유압실린더를 작동시키는 것이다. 식부깊이를 조절하는 경우에는 주행륜의 스윙암을 동시에 회전시켜서 본체에 설치되어 있는 파종식부의 하사점 위치가 지면으로부터 변화하도록 하며 경작지의 경사도가 심하여 파종이 예상되는 이랑과 파종식부의 수직상태 유지가 되지않아 이랑의 중앙에 정확히 종자를 파종하기 어려운 경우에는 주행륜의 수윙암을 반대방향으로 회전되도록 경사도 조절 유압실린더를 작동시키는 것이다. 식부호퍼와유압시스템의 구성도는 그림3.4, 그림3.5에 보이는 바와 같이 좌우 주행륜의 회전시키는 스윙암에 연결된 2개의 식부깊이 조종 유압실린더 가운데 한쪽의 실린더와 파종기 본체의 지지부 사이에 경사도 조종 유압실린더 1개를 설치하여 경사도와 식부깊이를 동시에 조절할 수 있도록 하였다. 이렇게하여 제작된 시작품의 외형도는 그림3.6과 같다.

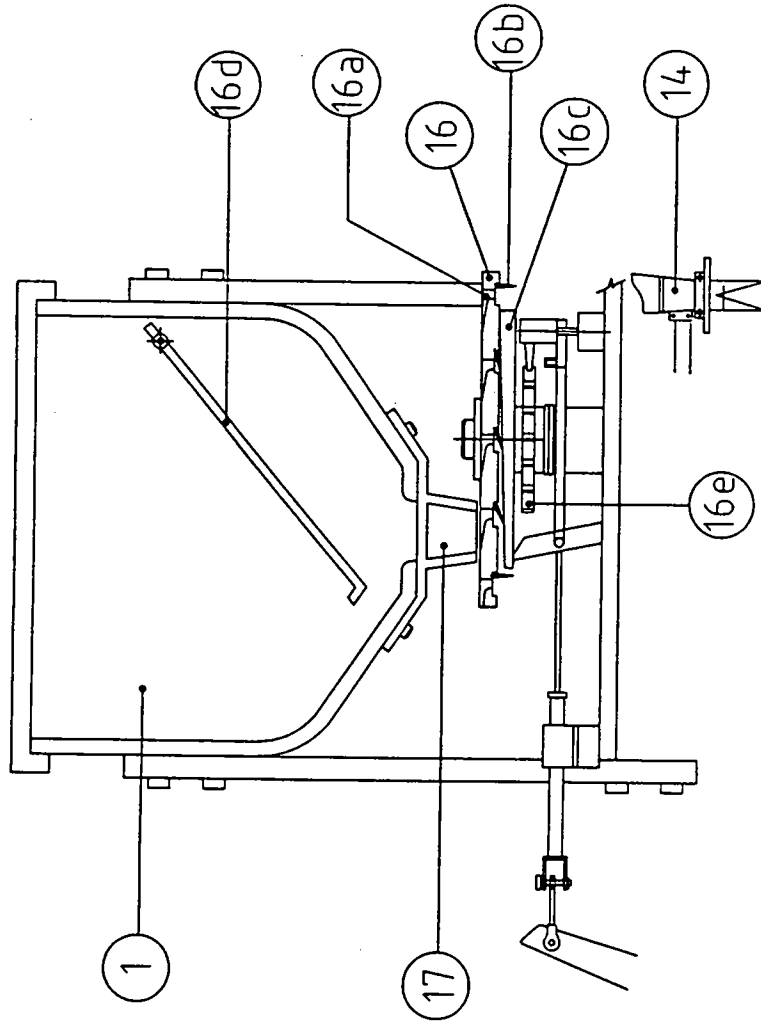


그림3.3 회전원판형 배종장치 구성도

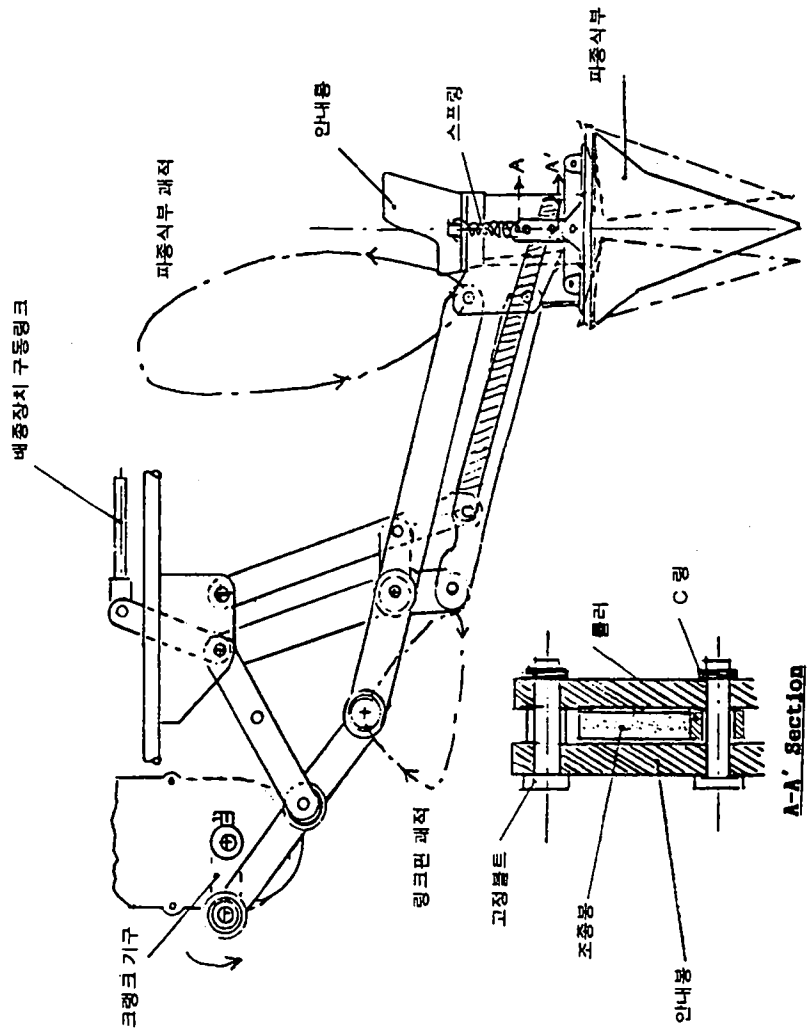


그림3.4 식부호퍼의 구성도

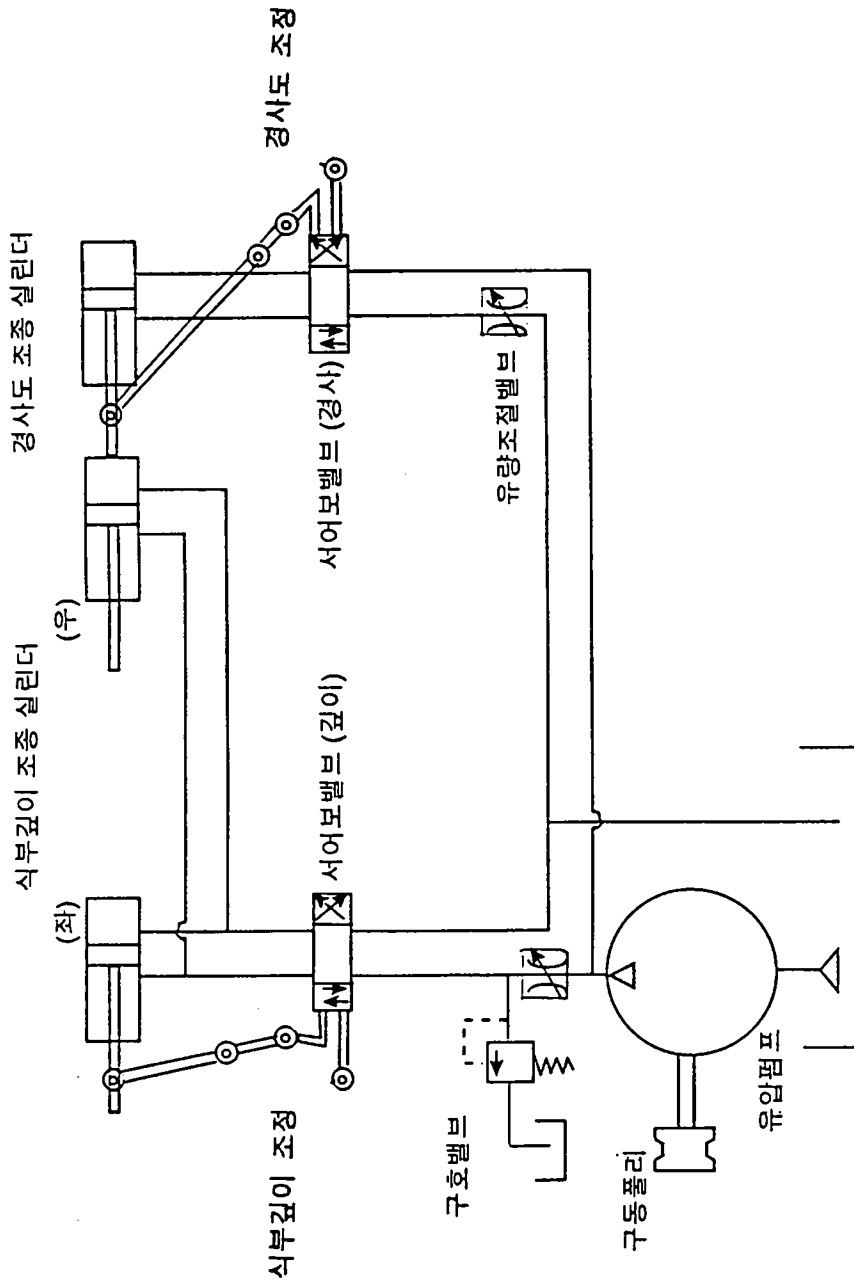


그림3.5 1차 시작품의 유압시스템 구성도

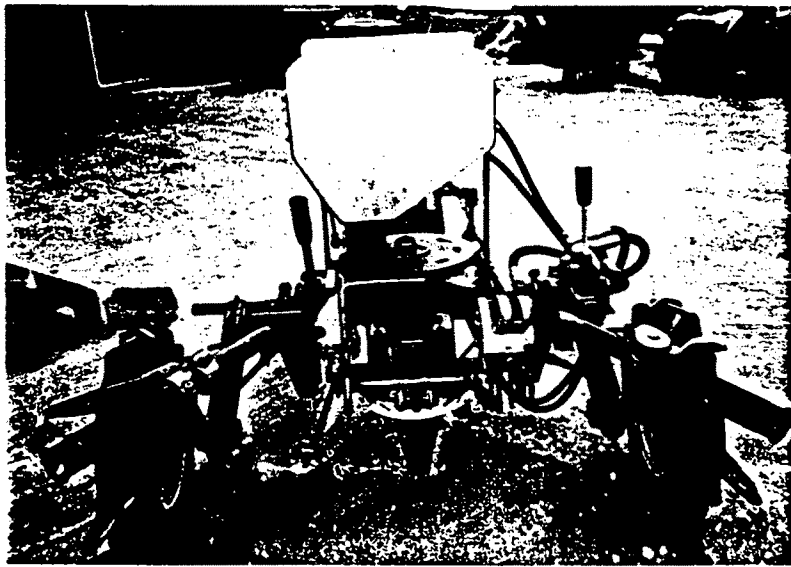


그림3.6 제작된 1차 시작품의 외형도

3. 주요부품 치수계산

가. 감속기어 구동폴리 축 및 고정키 강도계산

폴리가 연결되는 축과 고정키의 재질을 단조강으로 할때 허용전단응력은 $\tau_m = 20 \text{ kg/mm}^2$ 이므로 엔진에서 발생하는 최대 토오크 $T_E = 1.4 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{mm}$ 이므로 구동축의 직경 d_1 은

$$d_1 = (16Q / \pi \tau_m)^{1/3} = (16 \times 1.4 \times 10^3 / \pi \times 21)^{1/3} = 15 \text{ mm}$$

구동엔진의 출력이운데 일부는 유압펌프를 구동하고 파종기를 구동하는데 소요되는 엔진의 출력이 2.5마력 정도이므로 변속기어를 구동하는 폴리에 작용하는 토오크는 $Q = 1.4 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{mm}$ 보다도 훨씬 작기 때문에 폴리축의 치수는 여유가 있다.

폴리 고정키의 치수를 $5 \times 5 \times 32 \text{ mm}$ 라 할때

$$\tau_1 = 2T_E / (l_1 b d) = 2 \times 1.4 \times 10^3 / (32 \times 5 \times 15) = 1.2 \text{ kg/mm}^2$$

허용응력 $\tau_m = 20 \text{ kg/mm}^2$ 에 비해 작기 때문에 충분한 강도를 갖는 치수라고 할수 있다.

나. 크럿치 및 변속기어 연결 스프라인의 구조강도 검토

파종기의 운전·정지 및 전·후진 운전을 위해 사용되는 피니언기어를 슬라이딩 하므로써 착탈하거나 연결상태에서 이를 구동하도록 하는 스프라인을 인블류트 치형으로 하고 이들의 외경 $D = \phi 17.7 \text{ mm}$, 내경 $d = 15.25 \text{ mm}$, 모듈 $M = 1.5$, 잇수 $z = 10$ 개, 잇폭 $w = 5.2 \text{ mm}$, 이 높이 $h = 1.25 \text{ mm}$, 길이 $l = 15 \text{ mm}$, 접촉효율 $\eta = 0.75$, 허용접촉압력 $pm = 7 \text{ kg/mm}^2$ 라고 할때

스프라인의 측면하중 P는

$$P = zh \ell p_m = 10 \times 1.25 \times 15 \times 7 = 1,312 \text{ kg}$$

스프라인의 전달 토크 T_s 는

$$T_s = P(D+d)/4 = 1,312 \times (17.7 + 15.25)/4 = 1.1 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

이것은 구동엔진의 전달토크 $T_E = 1.4 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{mm}$ 보다 여유가 있어 적정치수라고 판단된다.

다. 유압시스템의 주요치수 결정

경사도 조정 및 식부깊이 자동제어를 위한 유압시스템의 유압실린더의 직경과 펌프의 유량을 계산하기 위해 실린더 스펀들 직경

$d_s = 15 \text{ mm}$, 유압 $p = 50 \text{ kg/mm}^2$, 실린더 스펀들의 변동속도 $V = 5 \text{ cm/s}$, 파종기의 전체중량 $W = 165 \text{ kg}$ 이라고 할 때 실린더의 직경 D_1 , 펌프의 유량 Q 는

$$D = (4W/p\pi + d_s^2)^{1/2} = (4 \times 165/50\pi + 1.5^2)^{1/2} = 3 \text{ cm}$$

실린더의 유압을 받는 면적 $A' = \pi(3^2 - 1.5^2) = 5.3 \text{ cm}^2$ 이므로

$$Q = 60A'V/1,000 = 60 \times 5.3 \times 5/1,000 = 1.6 \text{ l/min}$$

밀봉셀의 누설이나 펌프의 효율을 감안하여 펌프의 유량을 2 l/min 으로 하였다.

제 3 절 2차 시작품 설계 및 제작

1. 설계사양 결정

배종장치와 유압시스템을 제외하고는 대부분 1차 시작품에서 채용된 구동장치와 제어기능을 활용하였다. 배종장치의 경우 종래의 절편감자 파종기에 널리 사용되고 있는 체인콘베이어 보다는 취급되는 씨감자의 크기나 중량이 절편감자에 비해 수십분의 1에 불과하여 공급량 조절이나 종자의 손상율을 증가시킬 우려가 있고 정밀제작이 불가능하다고 판단되어 컵벨트형 배종장치를 채택하였다. 경사도와 식부깊이 조절을 위한 유압시스템은 1차 시작품의 성능분석을 통하여 보완된 것으로 경사도 조종 유압실린더를 주행륜의 스윙암과 식부깊이 조종리프터 사이에 설치하고 식부깊이 조종 유압실린더를 이용하여 식부깊이 조종리프터를 조작하도록 하였다. 이들의 특성을 열거하면 아래와 같다.

- 운전자 보행형 자주식으로 1조식이므로 종자상자, 배종장치, 식부호퍼, 추간거리 조절장치 및 진압륜은 1개씩 설치되고 엔진의 속도변경, 전후진운전, 고속/전속운전 모오드, 식부호퍼 운전/정지, 선회운전 등의 제어장치는 운전자가 조작이 용이하도록 핸들프레임 부근에 집중시킨 제어반에 설치한다.
- 파종기의 식부깊이나 이랑의 경사도에 적응하도록 하는 유압시스템은 1차 시작품의 경우와 유사하나 유압실린더 배열을 식부깊이 조종리프터를 추가하므로써 변경시켜 경사도의 변화범위를 증가시킨다.
- 컵벨트형 배종장치를 선택하므로써 파종식부와 배종컵이 정확히 연동되도록 배종컵의 수량에 따라 파종식부를 상하운동시키는 크랭크축에 설치되는 구동풀리와 배종장치 구동풀리의 직경을 정확히 계산하여 배종컵 수량만큼 감속되도록 하고 벨트의 미끌림이 발생되지 않도록 구동벨트와 컵벨트를 사각치형이 형성된 타이밍 벨트를 선택하고 구동풀리와 벨트 롤러의 표면을 벨트치형에 맞추어 가공한다. 가공의 용이성과 중량감소를 위해 풀

리와 롤러의 재질을 알미늄으로 한다.

- 주간거리 조정범위를 15~35cm로 확대하기 위하여 무단변속폴리와 식부및선 구동폴리의 직경비를 감소시킨다. 이것은 1차 시작품의 경우 주간거리 조절범위가 20~30cm 정도이므로 소형통씨감자의 파종거리가 부족한 문제점에 대비하기 위한 것이다.
- 파종작업중 종자보충을 위해 작업이 중단되는 경우를 단축하고 파종작업능율이 1차 시작품보다는 증가됨에 따라 종자상자의 용량을 2배로 증가시켜 30kg 정도로 한다.

이렇게 하여 2차 시작품의 설계사양과 다른 사항은 아래와 같다.

- 제어방법 : 식부깊이/경사도 조종 유압시스템 구조변경
식부깊이 조종 유압실린더(1ea)와 경사도 조종 유압실린더(2ea) 사이에 식부깊이 조종리프터 설치
- 배종방법 : 컵벨트형, 1조식
배종컵-NBR, 8ea, 조립식
컵벨트-NBR, L형-360L
타이밍벨트-NBR, L형-336L
- 조정범위 : 주간 15~30cm(무단 변속 폴리형), 식부깊이 10~20cm, 경사도 $\pm 20^\circ$ (좌우)
구동휠 폭 45~75cm(전륜), 70 \pm 30cm(주행륜)
- 작업능율 : 씨감자 90분/10a(진행속도 0.4m/s 일때)
- 작업속도 : 1.1m/s(주행시), 0.3~0.4m/s(파종시)
- 진 압 륜 : 원호형 철재롤러($\phi 200 \times 250$ mm, SUP3)
- 종자상자 : 30kg(PVC)
- 중 량 : 170kg(종자 및 연료유 적재전)

결정된 설계사양에 따라 구성된 시작품의 구성도와 주요부품의 사양은 그림3.7과 표3.2에 보이는 바와 같다. 이와같이 구성된 시작품의 제작은 1차

시작품을 제작한 바 있는 업체에서 수행하도록 하였다.

표3.2 시작품의 주요 구성부품 명칭

| 번호 | 구성 부품 명칭 | 재 질 | 수량 | 치 수 |
|----|-----------------|----------|----|-------------|
| 1 | 종자상자 | PVC | 1 | 10kg |
| 2 | 기어케이스 | ALC12 | 1 | 감속비18:1 |
| 3 | 주간거리 조절레버 | SCP1 | 1 | |
| 4 | 파종식부 밋션 | AC4PF | 1 | |
| 5 | 벨트 텐션 조종롤러 | A2024 | 1 | |
| 6 | 식부깊이 조종 유압실린더 | ALDC8 | 1 | ∅45-245mm |
| 7 | 유압펌프 | ALDC8 | 1 | 1.82 l /min |
| 8 | 구동엔진 | ALDC12 | 1 | 3.5HP,G/E |
| 9 | 전륜 | NBR | 2 | ∅300 |
| 10 | 엔진 설치대 | SCP1 | 1 | |
| 11 | 체인 케이스 | SCP1 | 2 | |
| 12 | 주행륜(4.00-8-2PR) | NBR | 2 | ∅12"/5" |
| 13 | 진압륜 | SPC3 | 2 | ∅200 |
| 14 | 파종식부 | STS34 | 1 | |
| 15 | 핸들 프레임 | STKM34 | 2 | |
| 16 | 컵벨트형 배종장치 | NBR,SUP1 | 1 | |
| 17 | 유량조절 댐퍼 | SUP1 | 1 | 2t |
| 18 | 배종장치 구동 타이밍벨트 | NBR | 1 | L형-336L |
| 19 | 식부깊이 조정 리프터 | SS41F | 1 | |
| 20 | 유압 조종레버 | SPP | 1 | |
| 21 | 엔진속도 조종레버 | SPP | 1 | |
| 22 | 주행속도 조종레버 | SPP | 1 | |
| 23 | 파종식부 조종레버 | SPP | 1 | |
| 24 | 주 크러치 조종레버 | SS41B | 1 | ∅10 |
| 25 | 좌우 크러치 레버 | SPP | 2 | |
| 26 | 경사도 조종 실린더 | ALDC8 | 2 | ∅25-120mm |
| 27 | 연료통 | SCP1 | 1 | 4 l |

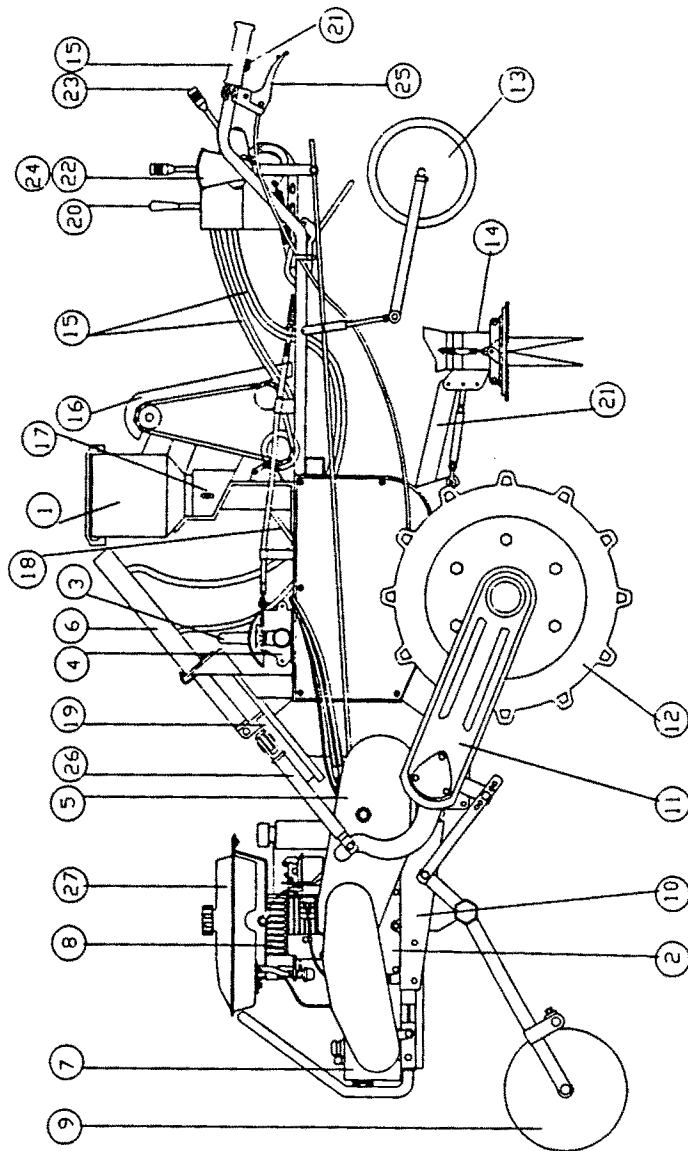


그림3.7 2차 시작품의 주요부품 구성도

제 4 절 주요부품 설계 · 제작

1. 컵벨트형 배종장치

컵벨트형 배종장치는 그림3.8에 보이는 바와같이 구성되며 식부호퍼를 구동하는 식부밧선에 내장된 크랭크 구동축의 타단에 타이밍벨트(5)를 구동하는 폴리(6)를 설치하여 배종장치의 구동폴리(4)가 감속비 3:1 정도로 감속하여 회전되도록 하고 같은축에 설치된 구동치차(13)는 컵벨트(10)의 구동롤러와 같은 축에 설치된 피구동치차(12)를 거쳐 컵벨트가 회전하게 된다. 컵벨트에는 배종컵(11)이 8개 조립되어 있고 지지롤러(7) 3개는 일정한 간격을 유지하면서 배종장치 측판(9)에 고정된 고정축에 설치된다. 종자상자(1) 하부에는 종자의 유량을 조절하는 조절댐퍼(2)가 설치되고 종자상자는 식부깊이 조종 유압실린더(1)와 간섭되지 않도록 해야한다. 과종작업중 배종컵에 담긴 종자가 배종장치의 상사점을 지나면 배종컵에서 종자가 배종안내관(8)을 따라 낙하된다. 종자를 식부호퍼에 공급하는 배종컵과 컵벨트의 재질은 NBR이며 타이밍벨트는 L형, 핏치 12.7mm인 사각치형을 선택하였다. 배종컵과 컵벨트의 단면형상 및 배종장치의 내부 구조도는 그림3.9와 그림3.10에 보이는 바와 같다. 배종컵은 컵벨트에 114.3mm 등간격으로 2개의 볼트로 조립하였으며 설치위치를 약간씩 조절이 가능하도록 하였다. 타이밍벨트 구동폴리와 컵벨트 지지롤러는 알미늄으로 제작하고 이들 치차의 핏치는 9.525mm로 하여 벨트의 치형에 일치시켜 운전중 미끌림이 없도록 배려하였다.

2. 식부깊이 및 경사도 조종 유압시스템

과종기의 경사도 및 식부깊이 조종을 위한 유압시스템은 그림3.11과 같이 구성된다. 1차 시작품의 경우와 다른점은 식부깊이 조종 유압실린더와 경사도 조종 유압실린더 사이에 식부깊이 조종리프트를 추가로 설치한 것이며 이것은 같은 행정의 유압실린더 3개를 사용하지만 과종기의 경사도 조종범위를 증가시킬수 있다. 경사도 조종 유압실린더 2개는 좌우 주행륜의 스윙암에 연결하여 유압실린더의 작동이 반대가 되도록 하여 주행륜의 이동방향이 반대

가 되도록 한다. 식부깊이를 조절하는 경우에는 식부깊이 조종리프터를 상하로 이동시켜 주행륜의 스윙암을 동시에 회전시킨다.

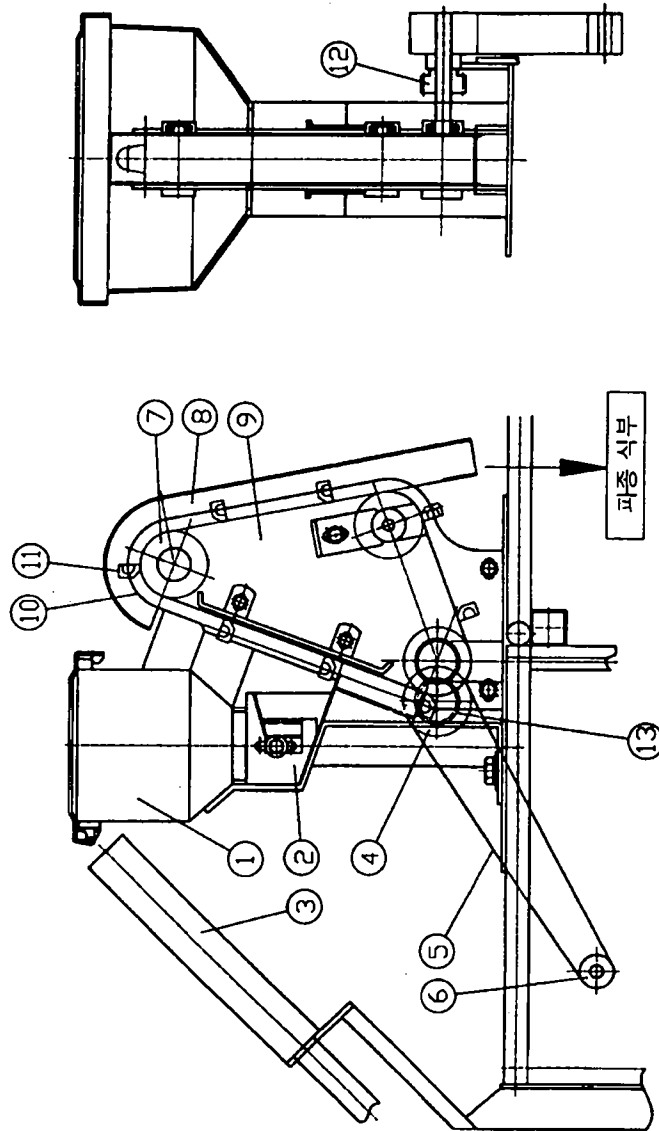


그림3.8 컵벨트형 배종장치의 주요부품 구성도

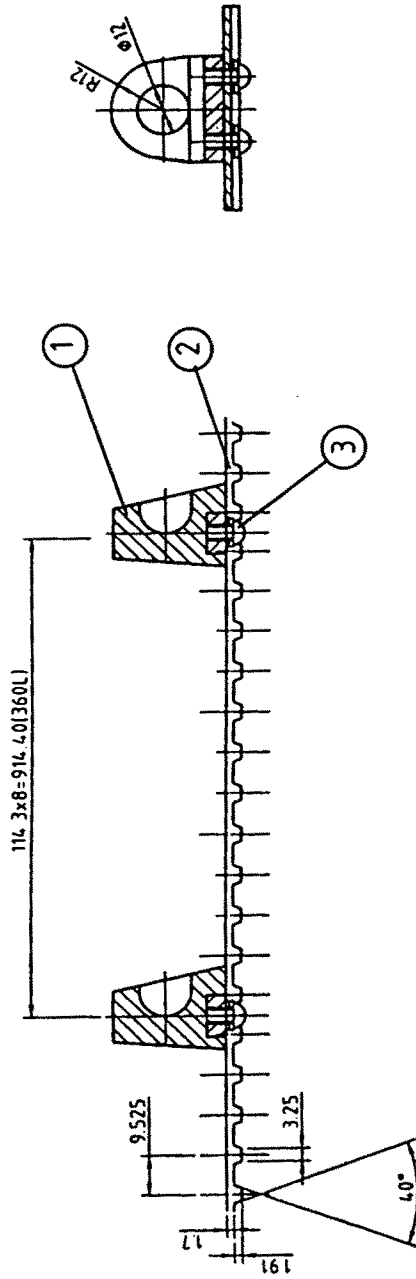


그림3.9 컵벨트 및 배종컵의 단면형상

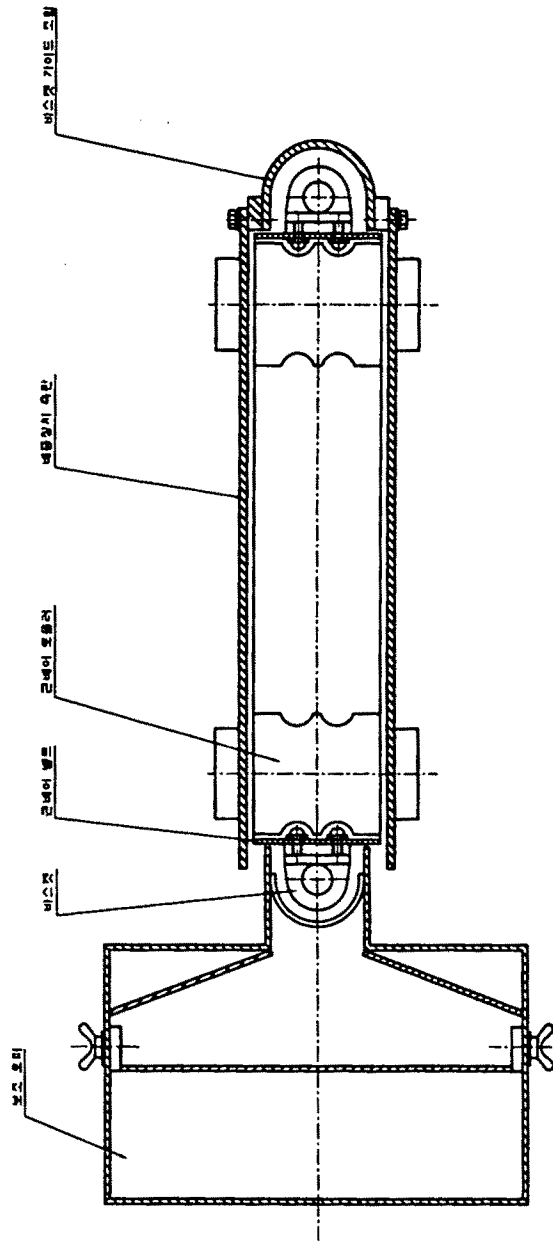


그림3.10 컵벨트형 배종장치 내부 구조도

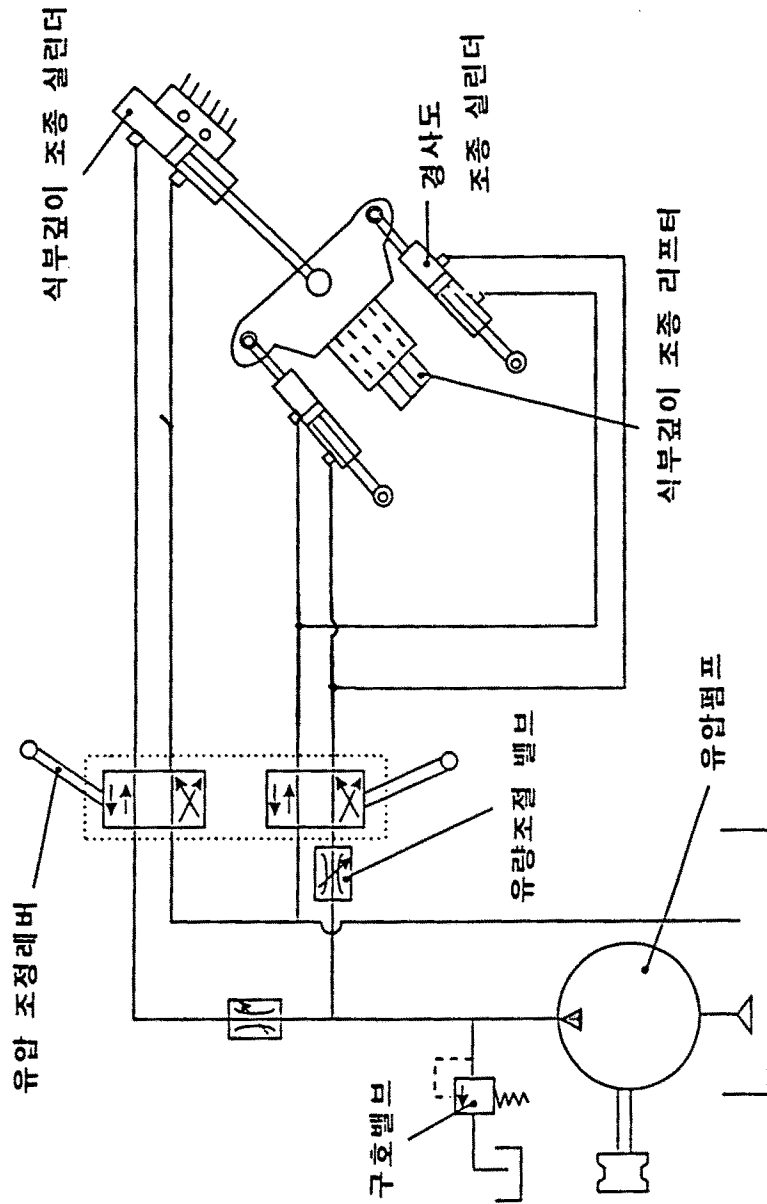


그림3.11 2차 시작용의 유압시스템 구성도

3. 주요부품 치수계산

가. 주행륜 구동축

주행륜의 휠을 조립하는 카프링이 설치되는 구동축의 재질을 단조강으로 할 때 허용전단응력 $\tau_m = 20 \text{ kg/mm}^2$ 이고 엔진에서 전달되는 최대 토오크

$T_E = 1.4 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{mm}$ 이므로 구동축의 직경 d_2 는

$$d_2 = \{16Q_D / (\pi\tau_m)\}^{1/3} = \{16 \times 1.4 \times 10^3 / (\pi \times 20)\}^{1/3} = 7.1 \text{ mm}$$

구동엔진의 출력 가운데 일부는 유압펌프, 파종식부 및 배종장치를 구동하기 때문에 주행륜을 구동하는 엔진의 출력은 2.5마력 이하이므로 작용하는 토오크는 $Q_E = 1.4 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{mm}$ 보다도 훨씬 작지만 구동축의 안전율 $S = 2 \sim 2.5$ 로 할 때 직경을 16.8mm로 선택하였다.

나. 파종식부와 배종장치의 구동축

배종장치의 구동축 재질을 단조강으로 하고 소요되는 토오크 Q_D 는 배종장치와 파종식부의 크랭크축을 동시에 구동하는 관계로 엔진에서 발생하는 토오크 Q_E 의 30% 정도인 $Q_D = 0.5 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{mm}$ 이므로 배종장치의 최소직경 d_3 는

$$d_3 = \{16Q_D / (\pi\tau_m)\}^{1/3} = \{16 \times 0.5 \times 10^3 / (\pi \times 20)\}^{1/3} = 5.0 \text{ mm}$$

파종식부의 부하조건을 고려하여 구동축의 안전율을 3으로 할 때 축직경을 14.8mm로 선정하였다.

다. 파종식부의 크랭크 연결 스프라인

파종식부의 크랭크를 인볼류트 스프라인 구조로 하여 결합할 때 외경 $d_{s1} = 15.75 \text{ mm}$, 내경 $d_{s2} = 14.25 \text{ mm}$, 길이 $l = 17 \text{ mm}$, 모듈 $M = 0.75$, 입력각 $\alpha = 45^\circ$, 이빨 수 $z = 20$, 이 높이 $h = 1.5 \text{ mm}$, 접촉효율 $\eta = 0.75$ 허용

접촉압력 $p_m = 7 \text{ kg/mm}^2$ 으로 할 경우의 강도를 검토하면 아래와 같다.

스프라인의 측면하중 P는

$$P = zh \ell p_m = 20 \times 1.5 \times 17 \times 7 = 3,570 \text{ Kg}$$

스프라인의 전달 토오크 T_s 는

$$T_s = P(d_{s1} + d_{s2})/4 = 3,570 \times (15.75 + 14.25)/4 = 2.68 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

이것은 구동엔진의 전달토오크 $T_E = 1.4 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{mm}$ 보다 여유가 있어 적정치수라고 판단된다.

이렇게 하여 제작된 2차 시작품의 외형도는 그림3.12에 보이는 바와 같다.

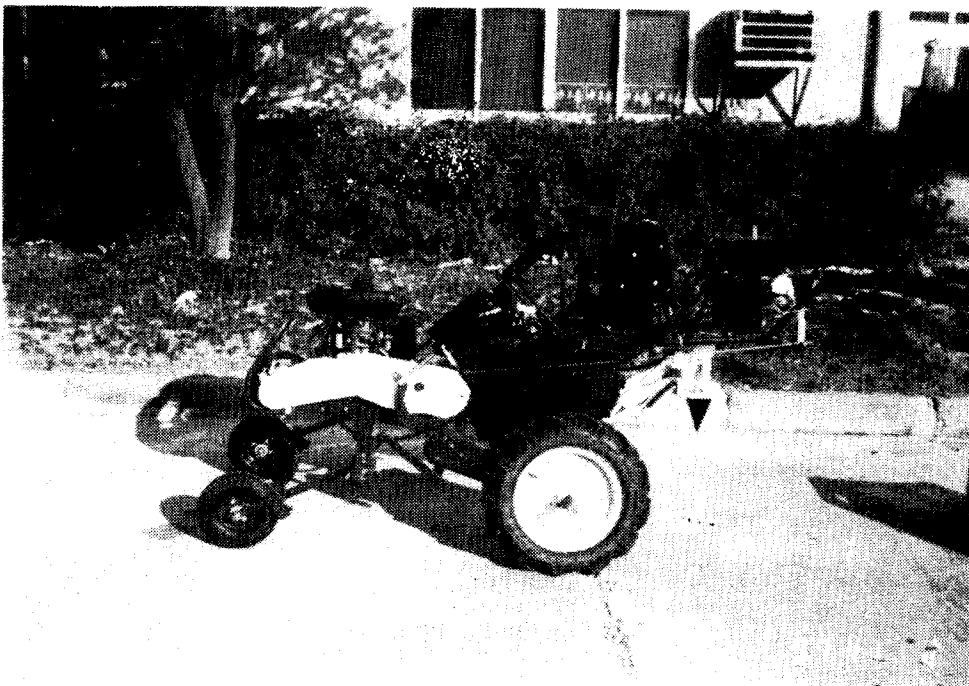


그림3.12 2차 시작품의 외형도

제 4 장 파종기 성능분석용 영상처리장치 제작

제 1 절 개 요

컴퓨터 시각(computer vision) 또는 기계시각(machine vision)으로 불리는 영상처리장치(image processing device)는 대상물체에 대한 객관적 판단이 요구되는 작업과 단순 반복되는 작업 그리고 작업환경이 좋지 못해 사람이 작업할 수 없는 여러 분야에서 그 적용 연구가 활발히 이루어지고 있다. 컴퓨터 시각은 근본적으로 로봇의 시각으로 활용할 수 있는 감각장치로서 최근 생산품의 검사, 선별작업, 그리고 계측분야 등에서는 현재 관련 기술을 이용하여 충분한 효과를 얻고 있으며, 전자·전기 기술의 발달로 인해 이와 관련된 하드웨어는 점차 소형화 되고 가격이 저렴해지면서 많은 자동화 분야에서 필수품이 되어가고 있다. 파종량의 불확실한 조정에 의해 종자의 배출상태가 좋지않는 경우는 파종작업상태가 좋지못하고, 종자가 과다하게 배출될 경우는 그 소비가 과다하여 경제적으로 낭비를 초래할 뿐만 아니라 환경오염을 야기하고 있다. 따라서 작업자는 작업중에도 가끔 파종상태와 파종량과 시비량을 확인하여야 하는 부담이 있다. 이러한 문제점 외에도 파종되는 종자가 파종기내에서 파종되는 과정에 손상을 입는 문제점이 있다.

성능이 우수한 파종기를 새로이 개발하거나 시판되고 있는 파종기의 성능을 높이기 위해서는 파종기의 각 세부작업을 분석할 수 있어야 하고 이를 위해서는 우선적으로 각 세부작업을 육안으로 관찰할 수 있어야 하는데 컴퓨터 시각은 이를 위해 매우 유용한 도구이다.

본 연구는, 전술한 논의를 근거로 하여 개발중인 파종기 또는 기 개발한 파종기의 성능을 분석할 수 있는 장치를 개발하기 위하여, 파종기의 세부작업 상태를 monitoring하고, 특히 파종기의 주요 세부작업인 시비와 파종작업에 있어 그 작업의 상태를 파악할 수 있는 컴퓨터 시각장치를 이용한 영상처리장치를 구성하고 그 알고리즘을 개발하는 목적을 갖고 본 연구를 수행하였다.

제 2 절 장치의 구성 및 주요사양

1. 실험장치의 구성

본 연구는 첫째 파종기의 각 작업상태를 관찰하기 위한 영상처리장치를 구성하는 부분과 둘째 파종작업의 상태를 파악할 수 있는 영상처리장치의 알고리즘을 개발하는 부분으로 구분하여 수행하였다. 파종작업의 상태를 파악할 수 있는 영상처리장치의 알고리즘의 개발은 소형 통씨감자와 같은 작은 입자의 낙하율을 측정할 수 있는 영상처리장치의 알고리즘을 개발하고 그 기능을 평가하였다.

가. 영상처리장치 하드웨어 구성

영상처리장치는 기본적으로 카메라가 포착한 영상 신호(아날로그 신호)를 컴퓨터가 처리할 수 있는 디지털 데이터로 바꾸어 이를 영상처리용 기억장소(frame memory)에 저장한 다음 프로그램화된 컴퓨터 언어에 의해 영상을 처리 및 분석한 후 그 결과를 표시할 수 있도록 하는 것이다. 이와같은 영상처리장치는 카메라, A/D 변환기를 내장한 영상처리용 하드웨어, 컴퓨터 시스템, 영상출력용 모니터 그리고 조명장치로 구성된다. 이러한 영상처리장치의 각 요소 결정에 고려한 사항과 사용한 기기는 다음과 같다.

① 카메라 : 연속해서 움직이고 있는 물체를 영상을 포착할 때 주의할 사항은 물체의 영상이 가능한 정지 상태의 영상으로 포착되어 본 물체의 형상을 유지하도록 해야 한다. 본 연구 목적과 같이 영상처리장치에 의해 물체의 운동상태를 관찰하고 물체의 이동량을 측정하기 위해서는 정지 상태의 영상을 포착하는 하는 것은 필수조건이다. 이를 위해서는 사용하는 영상처리용 카메라의 셔터 속도는 조절이 가능해야 할 뿐만 아니라 이동 물체가 정지 상태의 영상으로 포착될 수 있을 정도의 셔터 속도는 매우 짧은 시간이 요구된다. 그리고 카메라의 셔터 속도를 짧게 할 경우 영상처리의 조명 수준은 그 셔터 속도에 상응하여 높아야 한다. 이러한 조건에 맞는 셔터 속도 조절장치가 있

는 다음의 두가지 영상용 카메라를 선택하였다. 첫번째 카메라는 비디오 영상저장용 비디오 카메라이고, 두 번째 카메라는 영상처리 목적의 CC TV용 카메라였다. 사용한 비디오 카메라는 Sony사의 8 mm 컬러 Camcorder (model : CCD-F380)로서 셔터 속도는 1/100 - 1/4000 초의 범위내에서 조절이 가능한 기종으로서 신호 전송방식은 NTSC이며 단위시간당 포착하는 영상수는 셔터 속도에 관계없이 30 frame /sec이다. CC TV용 카메라는 셔터 속도가 1/60~1/100,000 초의 범위내에서 조절이 가능한 흑백 CCD 카메라(국제 (주) ; model CCN -132F)로써 신호 전송방식은 NTSC이며 단위시간당 포착하는 영상수는 셔터 속도에 관계없이 30 frame/sec이다. 이 CC TV용 카메라는 전술한 파종기의 6 가지 세부작업 중 시비와 파종작업 분석을 위한 입자 유량측정에 주로 사용하였다.

② 영상처리 하드웨어 : 영상 처리용 보드는 Imaging Technoliogy 사의 PCVISIONplus Frame Grabber를 사용하였다. 이는 카메라에 포착된 영상 신호(아날로그 신호)를 디지털 데이터로 바꾸어 저장하고 처리하는 장치로서 RS-170, RS-330, NTSC 그리고 CCIR 신호를 받을 수 있으며 8 bit A/D 변환기가 10 MHz의 속도로 신호를 디지털화 한다. 본 영상처리 보드는 그림 4.1과 같이 디지털 신호를 기억장소에 저장하기 전에 8개의 256 × 8 bit input look-up table에 의해 신호를 변환할 수 있으며 또한 빨강(red), 초록(green), 파랑(blue)의 각 채널마다 8개의 256 × 8 bit output look-up table 이 있어 기억장소에 있는 영상정보를 영상 모니터에 보내기전에 변환할 수 있다. 이 영상처리 전용 보드에는 1024 × 512 × 8 bit의 영상 기억소자 (frame memory)가 있어 두 개의 512 × 512 영상이나 하나의 640 × 512 영상을 저장할 수 있다.

PCvision plus frame grabber는 제작회사에서 각종 함수의 모음(ITECH PCplus)을 제공하고 있으며 사용자는 이를 이용하여 필요한 알고리즘을 개발할 수 있도록 되어 있다. ITECH PCplus는 영상처리 관련 함수이며 MS-C 언어를 사용하는 소프트웨어로서 본 연구에서는 이를 이용하여 입자의 둘레를 측정하고 계수할 수 있는 알고리즘을 개발하였다.

③ 컴퓨터 : 본 연구에서 사용한 컴퓨터는 작동 속도는 33 MHz의 클럭을 갖는 IBM-486DX계의 것으로서 260 MB 용량의 하드디스크와 16 MB의 RAM 용량을 갖춘 것을 사용하였다.

④ 영상출력용 모니터 : 영상출력용 모니터는 캐나다 Electrohome사의 천연색 모니터(model ; ECM 1311U)를 사용하였다.

⑤ 조명장치 : 조명장치는 실험한 파종기의 작업과정을 관찰할 수 있는 카메라의 적정 셔터 속도를 먼저 조사하고 그 상태에서 영상분석이 가능하도록 조명수준을 다음과 같은 조건에 맞춰 조명장치를 구성하였다. 여기서 사용된 조명장치는 3 가지로서, 첫째는 파종기의 6 가지 세부작업 중 구굴, 복토, 진압작업을 관찰하기 위한 조명장치로서 이들 작업의 공통점이 지면 위의 작업이므로 이는 지상조명장치이다. 둘째는 구굴, 시비, 파종작업과 같이 지중의 현상을 관찰하기 위한 조명이었는데, 예비실험결과 시비와 파종작업의 관찰은 다음에 설명하는 입자 유량측정에 의한 관찰이 좀더 효과적이므로 이는 구굴만을 관찰하기 위한 지하조명장치이다. 셋째는 전술한 바와 같이 시비와 파종작업을 분석하기 위한 입자 유량측정용 조명장치이다.

지상조명과 지하조명은 1 개의 100 W 백열전등으로 적절한 위치에서 집중조명하므로서 원하는 수준의 영상을 얻을 수 있었다. 그러나 입자 유량측정시 측정의 정확도를 높이기 위해서는 물체 영상은 가능한 두드러지고 배경은 가능한 단순화하여야 하므로 다음의 요령에 의해 설계 제작하였다. 즉 입자 유량측정용 조명장치 설계의 주안점은 전구의 불빛이 가능한 난반사 되도록 하여 물체의 그림자가 형성되지 않도록 하였으며 물체에 대한 광량이 균일하도록 하였다. 조명은 100 W 용량의 백열등을 좌우로 3 개씩 설치하였으며 그 결과 이 장치에 의한 조명은 약 11,400 Lux였다.

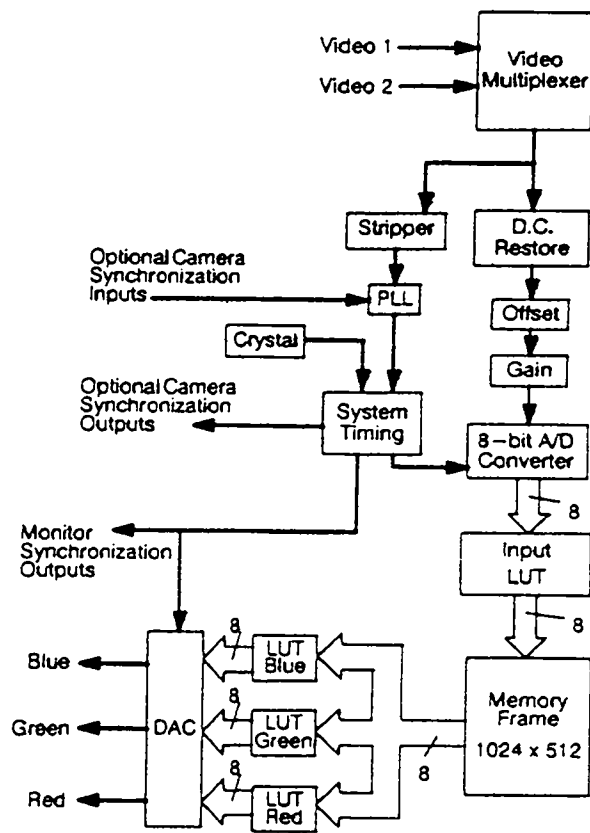


그림4.1 영상처리시스템의 구성도

나. 광센서와 펄스카운터

낙하하는 입자의 영상을 정확히 카메라로 포착고 낙하하는 입자의 수를 계수할 수 있도록 전술한 기본적인 영상처리장치 외에 광센서, I/O card, pulse counter와 같은 장치를 설치하였으며 그 구체적인 사양은 다음과 같다.

① 광센서 : 광센서는 낙하하는 곡물과 같은 입자를 감지할 수 있는 장치로서 작업조건, 설치조건, 그리고 응답속도 등을 고려하여 발광부와 수광부가 일체로 된 Autonics사의 model BUD-50S로 결정하였으며, 표 1은 사용한 광센서의 주요 명세를 나타낸 것이다.

② I/O card : I/O card는 광센서의 출력신호를 컴퓨터에 직접 입출력하는 용도의 것으로서, 본 연구에서 사용한 I/O card는 Axiom사의 24 bit용 model AX5224로서 컴퓨터의 I/O용 슬롯에 장착하도록 되어있다. 컴퓨터와 입출력은 주메모리의 일정부분을 할당하여 센서로부터 신호의 입력이 없을 때는 24 bit 모두가 1이지만 신호의 입력이 있게되면 24 bit 중 마지막 bit가 0이 되도록 프로그램을 구성하여 곡물의 낙하상태를 감지하도록 하였다.

③ Pulse counter : pulse counter는 광센서에서 발생한 신호를 입력받아 이를 계수하는 장치로서 본 연구에서는 건흥전기사의 model KPC-4D를 사용하였다. 센서에서 발생한 신호를 I/O card 및 pulse counter에서 입력 가능한 신호로 변환하기 위하여 본 연구에서는 일종의 센서 컨트롤러인 Autonics사의 model PA-12를 사용하였다. 이상의 광센서와 I/O card 등의 회로 구성은 그림4.2와 같다.

표4.1 영상센서의 주요사양

| | |
|------|--|
| 측정물체 | Opaque materials of min. ϕ 1.5 mm |
| 측정거리 | 50 mm |
| 응답시간 | 1 ms |
| 공급전원 | DC 12V to 24V \pm 10 % |
| 광원 | Infrared LED |
| 제어출력 | NPN open collector output |
| 감응도 | Adjustable |

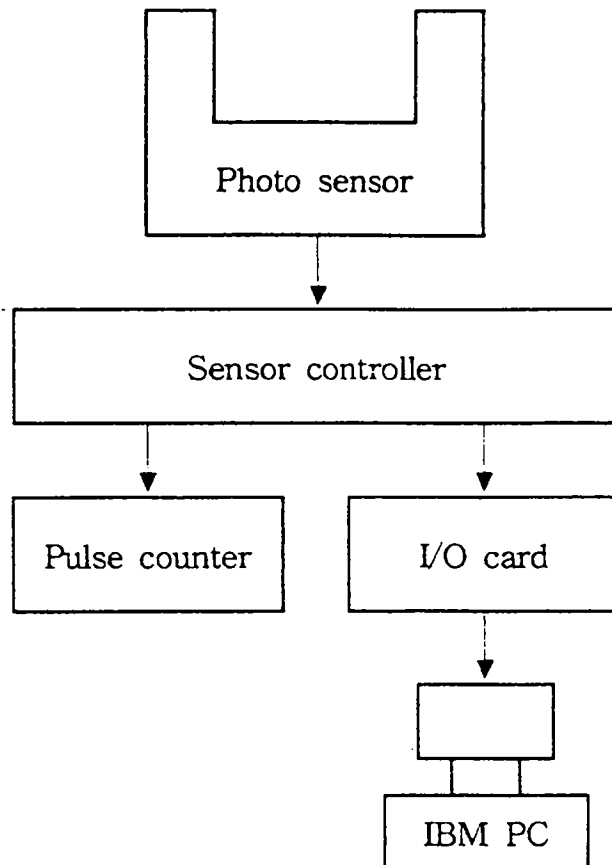


그림4.2 영상센서, 펄스카운터, I/O 시스템의 연결도

다. 파종작업의 모델실험장치의 구성

파종작업과정을 시각적으로 monitoring하여 결과를 분석할 수 있는 시각 정보 수집장치의 성능시험을 실내에서 수행하고자 그림4.3과 같이 인공토조를 제작하고 그 위에 진행속도를 변속모터에 의해 임의로 조절할 수 있는 견인차를 제작하여 배치하였다. 이 견인차에는 파종량을 소형 DC 변속 모터(명성전기사의 model MNR-0432 ; 용량 0.1 kW, 최대회전수 1750 rpm)에 의해 임의로 조절할 수 있는 실제의 1조식 파종기를 그림4.4와 같이 부착하여 실제의 파종기에 의한 파종작업을 실내에서 재현할 수 있도록 하였다. 여기서 구성된 모델실험장치의 주요부품은 표4.2와 같다.

표4.2 모델실험장치의 구성부품

| 번호 | 부 품 명 칭 | 번호 | 부 품 명 칭 |
|----|-----------|----|---------------|
| 1 | 식부디스크 | 7 | 로우프 윈치 |
| 2 | 종자상자 | 8 | V-벨트 크릿치 |
| 3 | 직류 구동모터 | 9 | 견인장치 정지 제한스위치 |
| 4 | 견인장치 | 10 | 견인장치 견인 로우프 |
| 5 | 모터 속도제어장치 | 11 | 인공토양 |
| 6 | 견인장치 변속모터 | | |

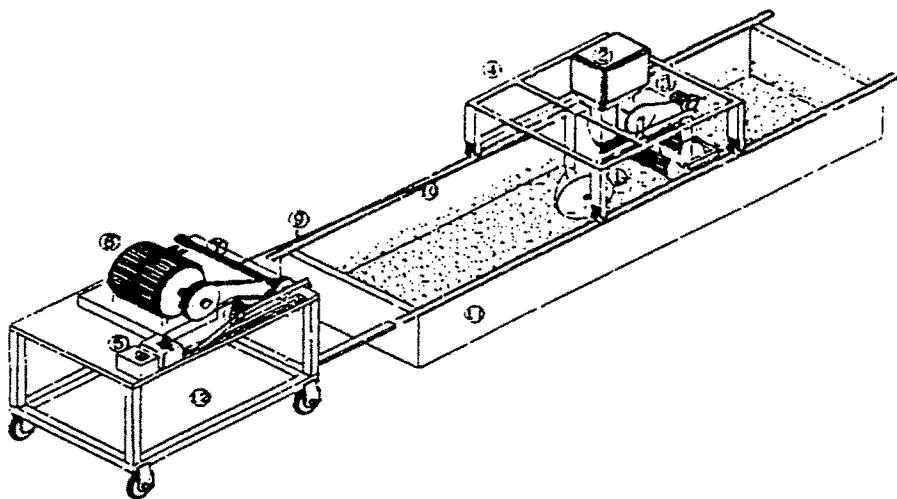


그림4.3 모델실험장치의 구성도

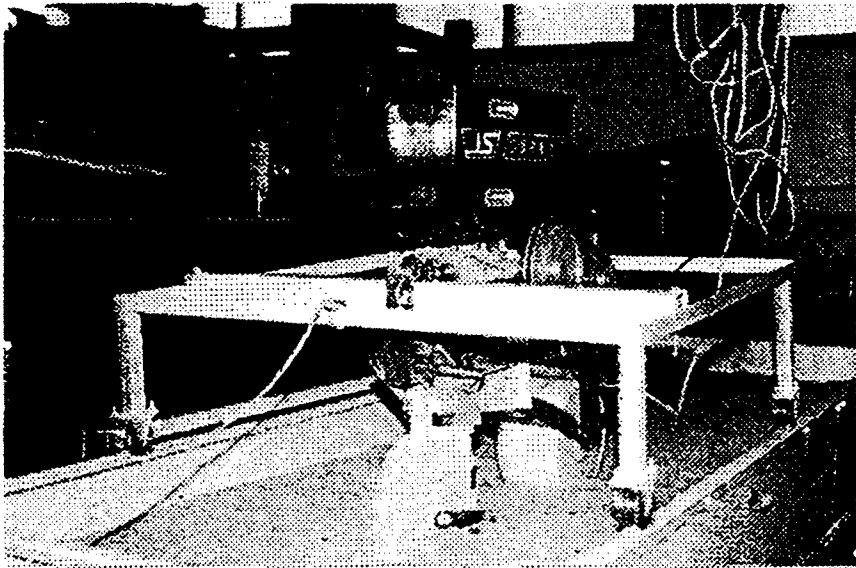
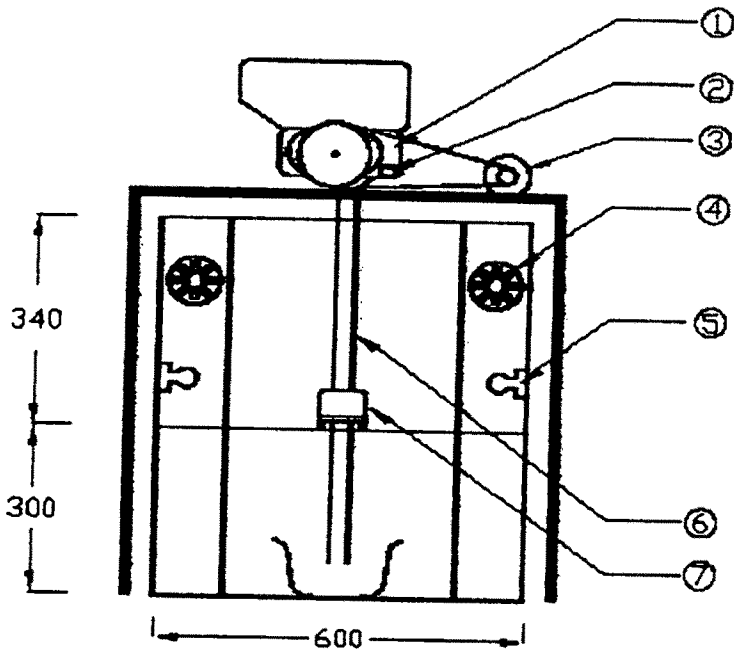


그림4.4 1조식 모델실험장치의 외형도

이 모델실험장치에는 영상처리장치의 카메라를 관찰코저 하는 임의의 특정 장소에 부착하고 그 영상 신호를 비데오 테입에 기록한 다음 차후 이를 재생하여 육안으로 작업광경을 분석하거나 전술한 영상처리장치에 전송하여 영상 처리기법으로도 분석할 수 있도록 하였다.

라. 입자 유량 측정장치

파종기에서 배출하는 비료나 종자의 배출량은 전술한 바와 같이 파종기의 성능을 좌우하는 파종기의 가장 중요한 변수이다. 그런데 작업중인 파종기에서 배출하는 이러한 입자의 유출량을 저울과 같은 기존의 중량 측정기구로 측정하는 것은 번거로울 뿐만 아니라 실제 현상을 재현하기 곤란하다. 입자의 배출량을 기계시각의 영상처리에 의해 측정하고자 그림4.5와 같은 입자 유량 측정용 기초실험장치를 제작하여 그 성능을 실험하였다. 여기서 보인 입자 배출장치는 다양한 크기의 입자를 대상으로 실험하기 위하여 여러가지 크기의 구멍이 있는 롤러를 사용하였고, 동시에 다양한 유량에 대하여 실험할 수 있도록 이 롤러를 구동하는 동력원으로서 전술한 소형 DC 변속 모터를 사용하였다.



Unit : mm

- ①입자 배출장치 ②영상센서 ③직류모터 ④냉각송풍기
- ⑤형광등(3×2) ⑥배출관 ⑦카메라

그림4.5 영상처리시스템을 이용한 유량측정장치

2. 실험 방법

파종작업을 영상처리장치를 이용하여 시각적으로 monitoring하며 파종작업과정을 분석하기 위해 구성된 시각정보 수집장치의 기능을 평가하는 실험(실험 1), 파종작업분석을 위하여 비료나 종자와 같은 고체 입자의 유량을 측정하기 위하여 본 연구에서 개발한 영상처리장치(H/W와 S/W)의 성능평가 실험(실험 2), 시작품 본체의 최적 운전조건 결정과 개선방안을 제시하기 위한 실험(실험 3)으로 구분하여 수행하였으며, 각 실험의 수행방법은 다음과 같다.

가. 시각정보 수집장치의 기능평가

전술한 파종작업 실내실험장치를 사용하여 파종기의 주행속도 0.2 - 2 m/s의 범위와 파종간격 5 - 50 cm의 범위내에서 운전하며 파종기의 6 가지 세부작업을 대상으로 각 작업의 상태를 시각적으로 관찰할 수 있는 용이도를 조사하는 방법으로 수행하였다.

1) 파종입자의 유량측정 실험

사용된 입자는 소형 통씨감자의 크기를 고려하여 들깨, 녹두, 벼, 팥, 검정콩, 동부 등의 곡물과 소형 통씨 감자로서 의도적으로 다양한 크기의 것을 선택하였으며 그 외형과 평균 크기는 표4.3과 같다.

첫째 사용한 영상처리 보드의 길이 측정 정확도와 정밀도를 확인하는 기초실험(실험 2-1)과 실제 입자의 유량을 측정하는 실험으로 구분하여 수행하였다. 실제 입자의 유량을 측정하는 실험은 다음에 설명한 사항을 고려하여 연속흐름 입자 유량 측정실험(실험 2-2)과 불연속흐름 입자 유량 측정실험(실험 2-3)으로 구분하여 수행하였다. 이는 대부분의 파종기에서 비료는 연속체의 형태로 유출하고 종자는 불연속체인 낱알의 형태로 유출되기 때문이다. 불연속흐름 입자 유량에 대해서는 본 연구에서 개발한 입자 유량측정장치의 성능을 광센서의 입자 유량측정능력과 비교하는 실험(실험 2-4)을 수행하였다.

① 길이 측정의 기초실험 (실험 2-1)

기초실험은 영상처리장치의 영상으로부터 이치영상(binary image)을 얻을 경우 적절한 임계 화소값(threshold value)을 결정하기 위한 실험과 영상화면의 각 위치별로 입자의 둘레 측정의 정확도와 정밀도를 조사하여 한 영상화면의 전반적 정확도와 정밀도를 파악하기 위한 두 가지 실험을 수행하였다.

적정 임계 화소값을 결정하기 위한 실험은 본 연구에 사용한 각각의 입자를 낙하시키는 순간 그 영상을 카메라로 포착한 다음 입자를 포함한 세로 방향의 50개의 화소값을 측정하여 근접한 배경 화소의 화소값과 비교하는 방법으로 수행하였다. 입자가 통과하는 영상화면의 각 위치별 길이 측정의 정확도와 정밀도에 관한 실험은 카메라를 항상 피사체로부터 일정한 거리에 두고 그 관찰 영역인 가로 50 mm 세로 130 mm 크기의 영역에서 상단으로부터 0 mm, 65 mm, 130 mm인 위치에서 작도한 직경 10 mm 원의 둘레를 측정하여 비교하는 방법으로 수행하였다.

표4.3 종자의 형상 및 크기

| 종 자 | 형 상 | 크 기 (mm) | | | |
|----------------|------|----------|------|-----|-----|
| | | 직 경 | 길 이 | 폭 | 두 께 |
| Perilla | 원 형 | 1.9 | | | |
| Mung bean | 비 원형 | | 4.7 | 3.8 | 3.6 |
| Paddy | “ | | 7.2 | 3.2 | 2.2 |
| Small red bean | “ | | 8.1 | 6.2 | 5.7 |
| Black soybean | “ | | 10.2 | 8.8 | 6.3 |
| Cuba bean | “ | | 14.2 | 7.5 | 8.6 |
| Mini potato | “ | | 11.4 | 9.8 | 9.0 |

② 연속흐름 입자 유량 측정실험 (실험 2-2)

과중기의 입자 유출장치에서 연속적으로 유출하는 입자에 대하여 유출량 측정의 정확도를 파악하기 위한 실험이다. 이는 입자 유출장치를 이용하여 다양한 유출량으로 입자를 유출시킨 다음 이를 전자저울을 사용하여 측정한 입자의 유출량과 본 연구에서 영상처리기법을 적용하여 개발한 입자 유량 측정장치를 이용하여 측정한 결과와 비교하는 방법으로 수행하였다.

영상처리장치를 이용하여 연속흐름 입자의 유출량을 측정하는데 있어 주요 문제점은 유출하는 모든 입자의 영상을 포착할 수 없다는 점이다. 그 이유는 본 연구에서 개발한 영상처리장치를 이용한 입자 유출량 측정장치는 한 영상 화면을 분석하는데 1 초 내외가 소요되는데 이 시간 동안 입자 유출장치에서 낙하하는 입자의 도관 내 이동거리는 입자 종류에 따라 약간씩 차이가 있으나 대략적으로 약 1.3 m임에 비하여 실험에서 사용한 장치의 카메라가 포착할 수 있는 한 화면내 도관의 길이는 130 mm 정도의 비교적 짧은 길이이기 때문이다. 그러므로 매 1 초마다 포착한 영상자료로부터 실제 유출된 입자의 총량을 계산하기 위해서 도관내 입자의 이동속도를 확인한 다음 이를 적용하여 입자의 유량을 산출하여야 한다. 도관내 입자의 이동속도를 실험한 종자별로 측정하여 입자의 유량을 산출하였다.

입자의 유출량 측정장치의 분석능력을 파악하기 위하여 조사한 정확도와 정밀도는 일반적으로 계측장비의 정확도와 정밀도를 나타낼 때 사용하는 것으로서 다음의 식(1)과 식(2)와 같다.

$$Acc = | X_d - X_t | / X_t \sim \times 100 \text{ ----- (1)}$$

여기서, Acc = 정확도

X_d = 측정값 중 최대 또는 최소치

X_t = 측정 길이의 진치

$$Prec = | X_m - X_t | / X_m \times 100 \text{ ----- (2)}$$

여기서, Prec = 정밀도 X_m = 관측값의 평균

여기서 실험대상 종자중 그 입자 크기가 작아 파종기에서 유출될 경우 연속흐름의 특성이 있는 들깨, 녹두, 벼를 대상으로 실험하였다.

③ 불연속흐름 입자 유량 측정실험 (실험 2-3)

상기 연속흐름 입자에 대한 실험과 마찬가지로의 전자저울로 측정된 입자의 총 유출량과 본 연구에서 영상처리를 이용하여 개발한 입자 유출량 측정장치로부터 측정된 결과와 비교하는 방법으로 수행하였다. 다만 본 불연속흐름 입자의 유량은 단위 시간당 입자 수로 측정하였다.

실험대상 종자중 그 입자 크기가 비교적 큰 팥, 검정콩, 동부, 통씨 감자를 대상으로 실험하였다.

④ 광센서와 비교실험 (실험 2-4)

입자 유량 측정장치의 측정능력은 전술한 광센서에 의한 측정능력과 비교 실험하였다. 이는 근래 파종기에서 입자의 낙하상태를 감지하는데 설치가 간단하고 가격이 저렴한 광센서가 사용되고 있으므로 입자의 도관에 광센서를 설치하고 이를 pulse counter와 연결하여 광학적인 방법에 의하여 입자의 유출상태를 monitoring하도록 하므로써 개발한 입자 유출량 측정장치와 광센서에 의한 입자의 유출량 측정성능을 비교 실험하였다. 실험은 입자의 낙하 간격 시간이 약 1 초이상인 불연속 흐름에서 한번에 다수의 입자가 동시에 낙하되도록 입자 낙하장치를 조정하여 수행하였다.

다. 파종기 시작기 운전조건 결정 실험

시작품 씨감자 파종기를 대상으로 파종기 성능 분석용 영상처리장치를 이용하여 옥수수(직경:약 6 mm), 콩(직경:약 7 mm), 소형 통씨감자(직경:약 9 mm)를 갖고 개발한 파종기의 개선점을 모색하고 운전의 최적조건을 찾기 위하여 본 실험 3을 수행하였다. 참고로 실험한 3 가지 종자 중 옥수수와 콩은 표면이 단단하여 파종시 쉽게 파손되지 않지만 통씨 감자는 표면이 부드럽고 탄력이 있어 파손되기 쉬울 뿐만 아니라 종자 상호간에 부착하는 성질이 있었다.

개발된 소형 통씨감자 파종기는 원판(직경:260 mm, 두께:18 mm)의 중심으로부터 94 mm인 위치에 일정한 간격으로 8 개의 홈이 있어 종자가 홈에 들어가 파종되도록 한 구조이다. 파종기 원판은 홈의 크기에 따라 그 직경이 각각 8.5, 14.0, 11.5 mm인 세종류로 제작된 것이다. 실험시 파종기 원판의 회전속도는 파종기의 주행속도와 파종간격을 고려하여 약 10~30 rpm의 범위에서 실험하였다. 종자상자로 부터 배종판에 종자를 공급하기 위하여 설치한 배출구는 각각 그 크기가 50 × 90 mm와 20 × 52 mm인 두 종류를 제작하여 실험하였다.

이 실험에서 전술한 입자 유출량 측정장치에 개발한 파종기를 설치하고 파종기 원판 홈의 크기, 원판 회전속도 그리고 배출홈의 크기에 따른 파종률과 손상률을 조사하여 각각의 곡물에 적합한 최적의 운전조건과 개선점을 구하였다.

제 3 절 영상처리 알고리즘 개발

1. 전처리

영상처리에서 관심대상의 상을 배경으로부터 분리하는 것은 가장 중요한 부분이라 할 수 있다. 관심대상 물체의 영상을 배경으로부터 분리하는 방법으로 임계값법(thresholding)이 많이 사용되고 있다. 이는 임계값(threshold value)에 의해 256 종류 농도의 화소값(pixel value)을 갖는 원영상을 2 종류의 화소값으로 표현하여 이치영상(binary image)화하는 방법이며 그 원리는 다음과 같다.

(x, y) 는 디지털화된 영상의 공간 좌표, $G = \{0, 1, 2, \dots, 255\}$ 는 밝기를 표시하는 양의 정수라 할 때 (x, y) 좌표 위치의 화소 밝기는 $f(x, y)$ 로 표시된다. t 는 임계값으로 $t \in G$ 이며 $B = \{b_0, b_1\}$ 는 한 쌍의 2치 농도값이고 $b_0, b_1 \in G$ 이다.

영상 함수 $f(\cdot, \cdot)$ 를 임계값 처리한 결과는 다음과 같은 이치 영상함수 $\{f_i(x, y)\}$ 이다.

$$f_i(x, y) = \begin{cases} b_0 & \text{if } f(x, y) < t \\ b_1 & \text{if } f(x, y) \geq t \end{cases}$$

여기서 임계값 t 를 산출하는 방법에는 전화면에 대해서 관찰자가 임의로 임계값을 부여하는 방법과 부분 영역에 대해서 자동으로 각각의 적절한 임계값을 적용하는 알고리즘이 개발되고 있는데, 본 연구에서는 관찰자의 판단에 의해 전화면에 대해 일률적인 임계값을 적용하도록 하였다.

2. 체인코딩에 의한 관심대상 영상의 경계 설정

체인코딩(chain coding)은 주어진 좌표간의 방향 관계를 부호화하는 것으로서 이웃하는 화소간의 위치 관계를 좌표 대신 미리 정해진 방향 지수(chain code)에 의하여 표시하는 것이다. 방향 지수는 8 근방(8 neighborhood) 또는 4

근방(4 neighborhood)에 대한 방향을 순차적으로 나타내어 관심대상 영상의 경계를 설정할 수 있다. 체인코드에 의해 영상의 경계가 결정되면 그로부터 영상의 길이, 영상의 둘레, 그리고 영상의 면적 및 모멘트 등을 용이하게 구할 수 있다. 본 연구에서는 체인코딩 기법을 적용하여 관심대상 영상의 경계를 설정하였다. 한편, 체인코드는 2 ~ 3 bit로 저장할 수 있으며 그로부터 데이터 압축 효과를 꾀할 수 있는데 본 연구에서는 이 압축법을 사용하였다.

3. 단위화소의 실제 크기 측정

카메라에 입력된 영상으로부터 물체의 크기를 측정하기 위해서는 단위 화소의 크기에 대한 가로 방향과 세로 방향의 측도 설정(calibration)이 선행되어야 한다. 측도 설정은 카메라와 물체간의 거리 및 방향에 따라 결정되어야 한다. 본 연구에서는 카메라와 물체의 위치를 고정시키고 미리 가로 방향과 세로 방향을 측정해 놓은 실험용 정사각형 물체 영상의 가로 방향과 세로 방향의 화소수를 구하고 이를 실측 결과와 비교하여 측도를 설정하였다.

4. 영상의 둘레 측정

영상처리를 이용하여 형상이 구형인 경우 카메라에 포착된 입자의 형상이 항상 일정하므로 직경, 면적, 둘레 등을 측정하여 그 크기를 쉽게 구할 수 있다. 그러나 비구형인 입자에 있어서는 동일한 입자에 있어서도 카메라가 포착한 입자의 관찰 각도에 따라 그 크기가 달라지므로 그 크기를 결정하는데는 많은 어려움이 있다. 더군다나 입자의 영상이 2 또는 3 개 입자의 영상이 겹쳐 나타날 경우 입자의 영상은 하나 입자의 영상인지 또는 두 개 이상 입자의 영상이 겹친 것인지 구분할 수 없다.

곡물의 경우 그 단면이 타원형인 비구형이나 각 입자는 대체로 일정한 크기이므로 본 연구에서는 임의의 곡물 영상에서 겹친 입자의 수를 곡물 영상 둘레 길이로부터 다음과 같이 구하였다. 즉 기초실험을 통하여 한 개 입자의 다양한 시각방향에서 포착한 영상에서의 입자 영상의 둘레를 구하고, 또 2 또는 3 개 입자가 다양한 형태로 겹쳐있을 경우 각각의 입자 개수에 대한

입자 영상의 둘레를 구한 다음 임의 실험에서 측정된 둘레가 어느 입자 개수의 둘레에 해당하는지를 조사하여 구하였다.

관심대상 물체의 둘레는 위에서 구한 체인코딩의 결과로 부터 가로 방향, 세로 방향, 대각선 방향의 총 화소수를 각각 실측 길이로 곱한 다음 그 총합을 구하여 다음 식에 의해 구하였다.

$$\begin{aligned} \text{둘레} = & (\text{가로 방향 화소의 총 개수} \times 1 \text{ 개 화소의 실제 가로 길이}) + \\ & (\text{대각선 방향 화소의 총 개수} \times 1 \text{ 개 화소의 실제 대각선 길이}) + \\ & (\text{세로 방향 화소의 총 개수} \times 1 \text{ 개 화소의 실제 세로 길이}) \end{aligned}$$

5. 입자의 계수

영상처리에 의하여 입자의 겹침 유무를 판별하기 위해 본 연구에서는 실험 2에서 사용한 공시 곡물과 씨감자를 각각 대상으로 하여 먼저 겹친 입자 영상의 둘레 길이(실제로는 둘레의 화소수)의 최소값과 최대값을 겹친 입자의 개수별로 구하였다. 이는 먼저 1 개 입자에 대해 평균 둘레 길이를 측정하여 그 최소값과 최대값을 결정하였다. 그리고 1 개 입자의 둘레 길이와 구분이 가능하며 겹쳐있거나 접촉해 있는 상태의 2 개와 3 개 입자의 둘레 길이에 대한 최소값과 최대값을 실험에 의해 구하였으며 그 결과는 표 3과 같다. 4 개 이상의 입자가 겹쳐있는 경우는 거의 없었으며 본 실험에서는 4개 이상의 입자가 겹쳐있는 경우는 생략하였다.

6. 영상처리 시간의 단축

영상분석에 의해 낙하하고 있는 입자의 유출량과 같은 동적 현상의 주요 변량에 대한 측정의 정확도를 높이기 위해서는 포착한 영상을 매우 짧은 시간안에 처리하고 분석해야 한다. 본 영상처리장치는 포착한 영상의 화소값을 영상기억장소에 저장한 다음 이 자료를 컴퓨터의 중앙처리장치(CPU)에 불러온 다음 각종 수치처리를 수행하고 그 결과를 다시 영상기억장소에 저장

하는 반복과정으로 수행하였다. 그 결과 한 화면의 영상을 처리하고 분석하는데 소요된 시간은 영상처리의 내용에 따라 다르나 0.1 초 단위의 상당 시간을 소요로 한다. 한편 입자의 낙하 간격 시간이 이러한 영상처리 시간 보다 짧은 경우 입자의 유출량 측정의 정확도는 매우 낮아지게 된다. 그러므로 입자의 유출량 측정의 정확도를 높이기 위해서는 이러한 영상처리 시간을 단축할 수 있도록 프로그램을 구성하여야 한다.

영상처리 시간을 단축하기 위해서 종전에 영상기억장소에 저장하던 화소 값을 컴퓨터 본체 RAM의 동적할당을 통해 컴퓨터의 주메모리에 저장하고 이 값을 이용하여 영상처리를 수행하도록 하였다. 그 결과 한 화면 처리시간은 종전의 방법의 약 1/3 정도인 0.9 ~ 1.3 초 정도로 단축되었다.

표4.4 실험대상물체의 유량측정 실험결과

| 종 자 | 측정 유량 | | | | | | 측정중량 (g) |
|----------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------------|
| | 1 | | 2 | | 3 | | |
| | pixel value | | | | | | |
| | 최소 | 최대 | 최소 | 최대 | 최소 | 최대 | |
| Perilla | 10 | 25 | 26 | 50 | 51 | 75 | 0.006 |
| Mung bean | 20 | 40 | 41 | 80 | 81 | 120 | 0.05 |
| Paddy | 20 | 50 | 51 | 100 | 101 | 150 | 0.03 |
| Small red bean | 30 | 70 | 71 | 140 | 141 | 210 | 0.18 |
| Black soybean | 40 | 100 | 101 | 200 | 201 | 300 | 0.44 |
| Cuba bean | 40 | 100 | 101 | 200 | 201 | 300 | 0.59 |
| Mini potato | 50 | 120 | 121 | 240 | 241 | 360 | 0.63 |

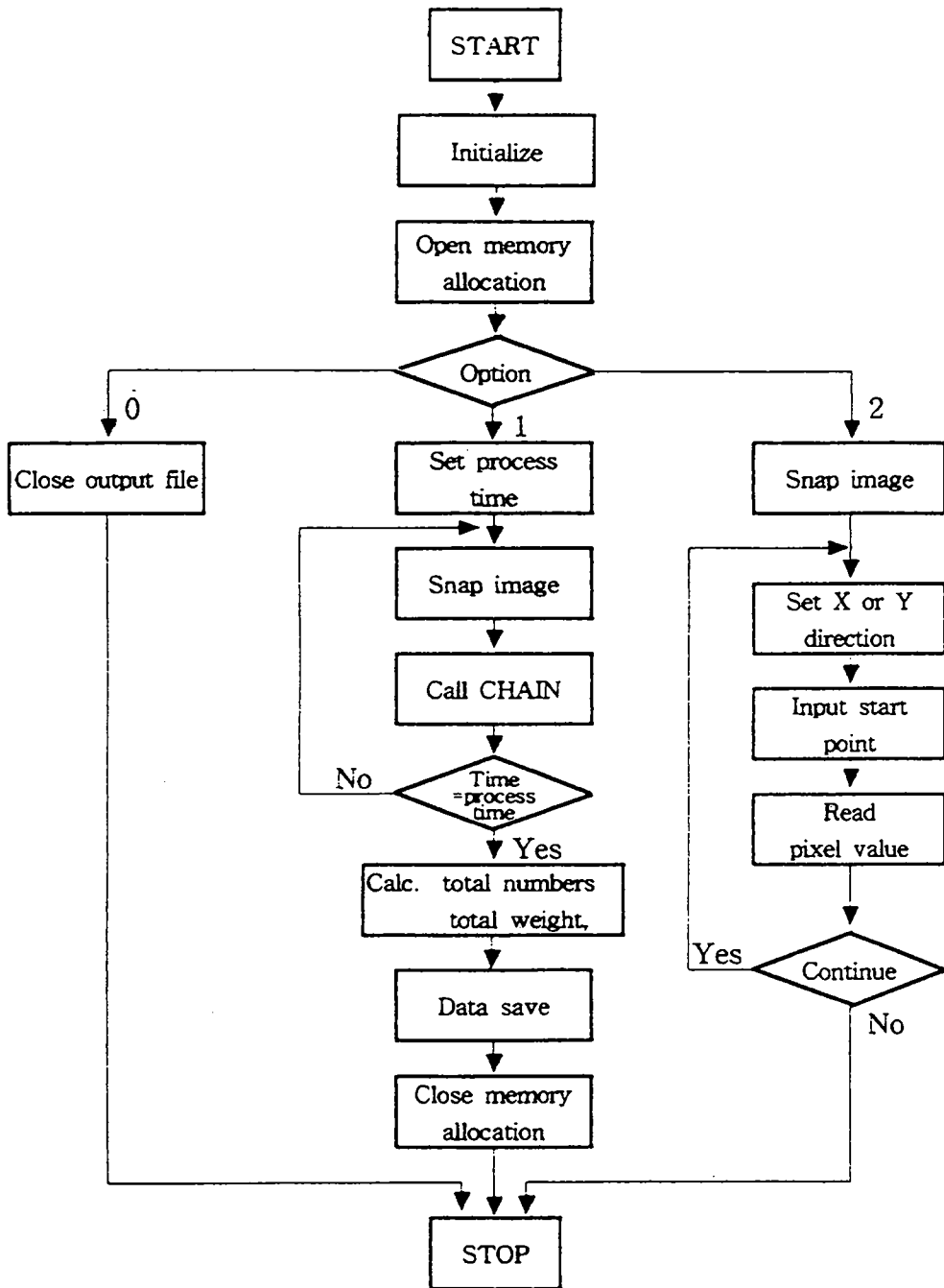


그림4.6 개발된 알고리즘의 흐름도

제 4 절 결과 및 고찰

1. 시각정보 수집장치의 기능평가

모델실험장치와 인공도양을 사용하여 실험실 내에서 다양한 파종기 이동4 속도와 다양한 종자 롤러 회전속도하에서 파종 작업을 수행하며 파종기의 각 세부작업상태를 본 연구에서 구성한 시각정보 수집장치를 이용하여 monitoring 한 결과, 파종기의 세부작업인 구굴, 정지, 비료배출, 종자배출, 복토, 진압과정 중 구굴, 정지, 복토, 진압과정은 본 시각정보 수집장치에 의해 각 작업상태의 확인이 가능하므로 이의 영상처리에 의한 분석은 필요하지 않고 영상처리에 의한 분석이 필요한 주요 과정은 비료배출 과정과 종자배출 과정임을 확인하였다.

2. 입자 유량측정 실험

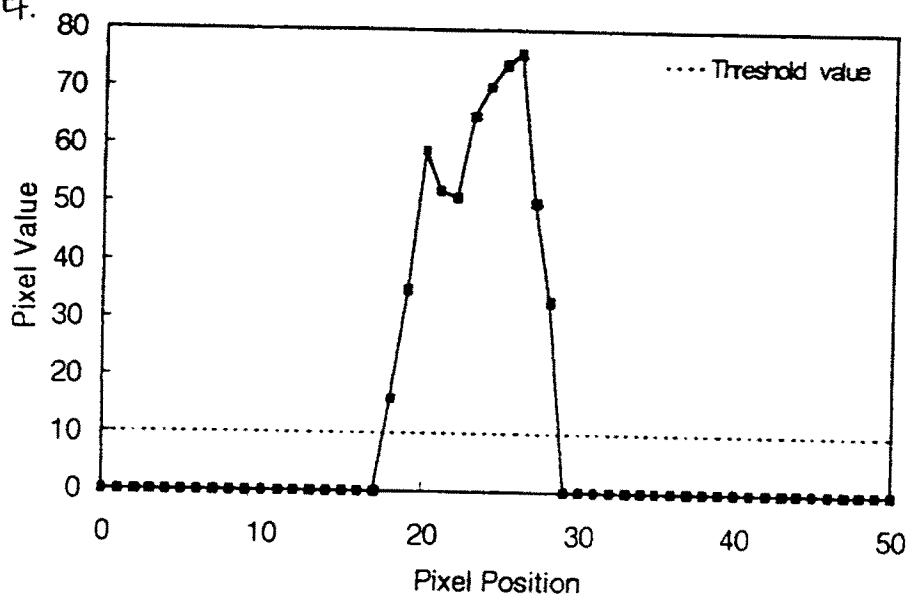
가. 길이 측정의 정확도와 정밀도 실험

1) 적정 임계 화소값의 결정

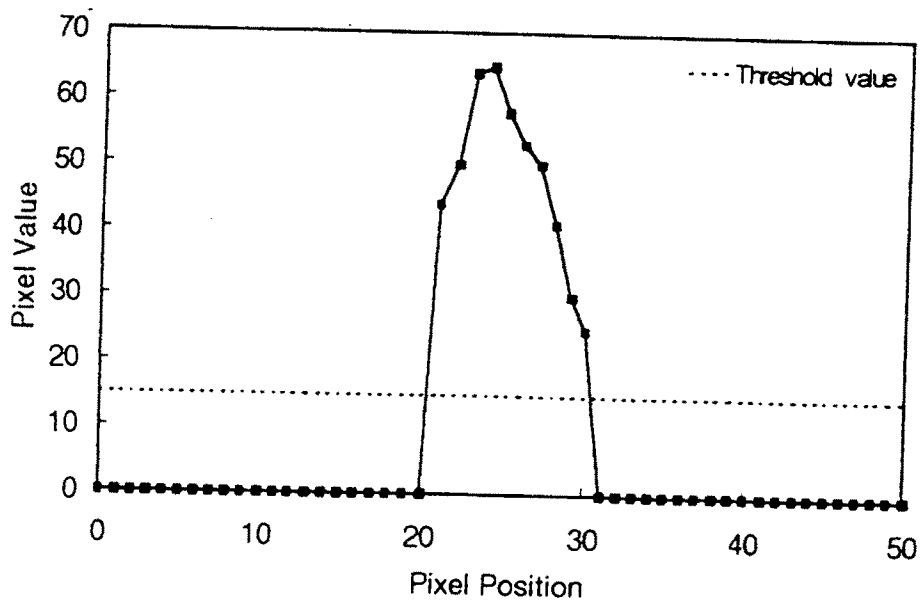
영상처리에 의해 물체의 영상으로부터 길이와 관련된 변수를 측정할 경우 그 측정의 정확도를 높이기 위해서는 이치화상을 얻기 위한 임계 화소값의 적절한 결정이 필수적이다. 본 연구의 실험대상인 7 가지 종자의 색깔은 백색 계열의 것부터 흑색 계열의 것까지 비교적 다양한 색상이므로 각각의 종자를 대상으로 하여 화소값을 조사하였으며 그 결과는 그림4.7과 같다.

여기서 이치화상을 얻기 위한 적정 임계값을 결정하기 위하여 영상의 최외곽 화소부터 근접한 화소간의 화소값을 비교하여 화소값이 큰 쪽으로 증가하거나 감소한 부분을 종자의 경계로 판단하였다. 그리고 그러한 큰 차이를 나타내는 첫 번째나 마지막 화소값과 차이가 있기 전의 인접 화소값과의 차이의 절대값을 구하여 그 절대값의 2/3를 인접 화소값에 가감하여 이를 적정 임계 화소값으로 결정하였다. 이 때 인접 화소값이 0에 가까우면 이 화소값에 위에서 구한 절대값을 더하여 임계 화소값을 결정하였고, 인접 화소값이 255에 가까우면 배경부분 화소값에서 이 값을 빼서 얻은 값을 임계 화소값으로 결정하였다.

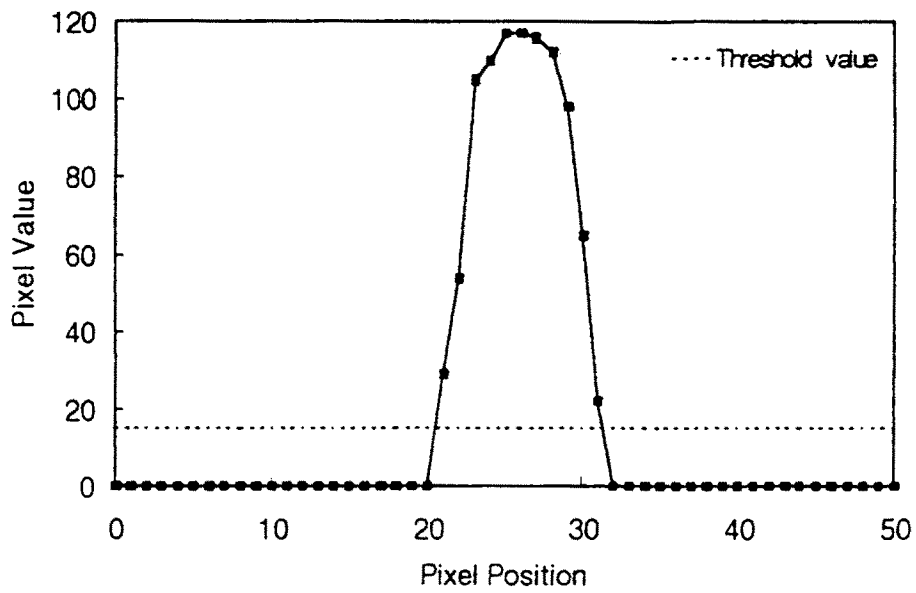
그 결과 실험대상 종자인 들깨, 녹두, 벼, 팥, 검정콩, 등부, 감자의 임계 화소값은 그림에 나타낸 바와 같이 각각 10, 15, 15, 10, 90, 60, 95로 결정하였다.



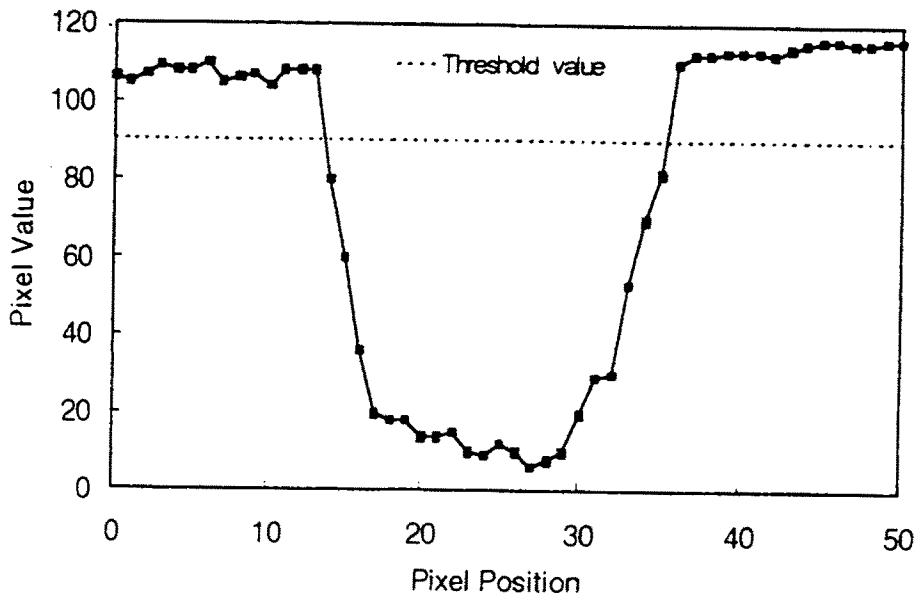
(a) perilla



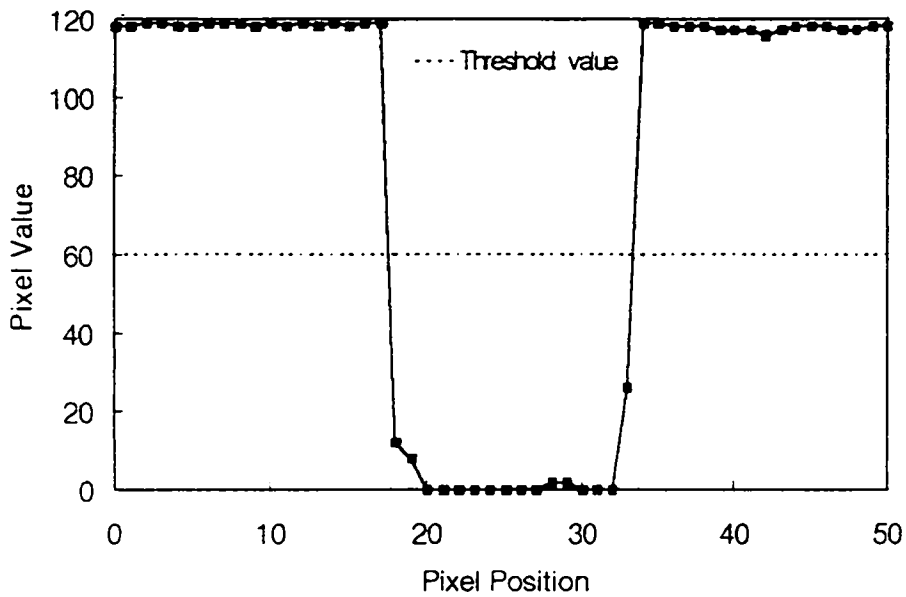
(b) mung bean



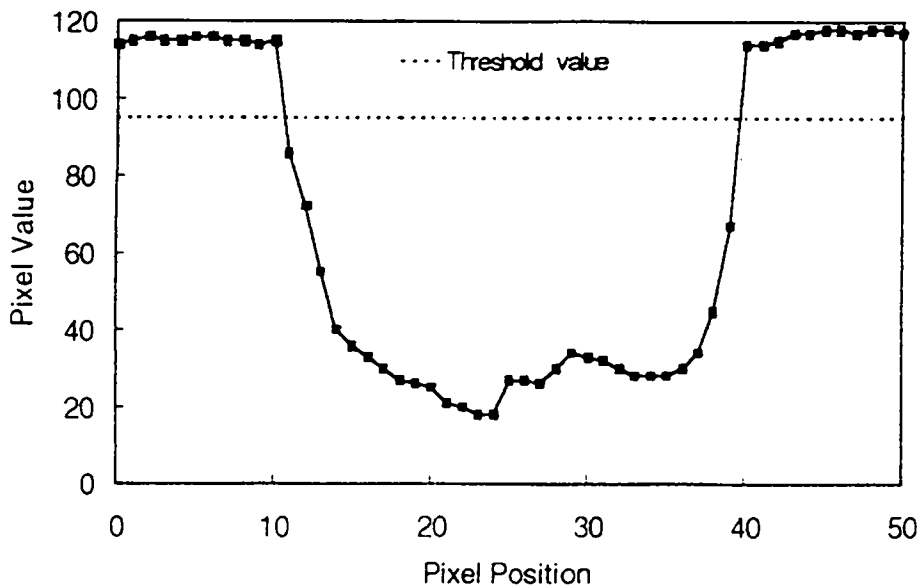
(c) paddy



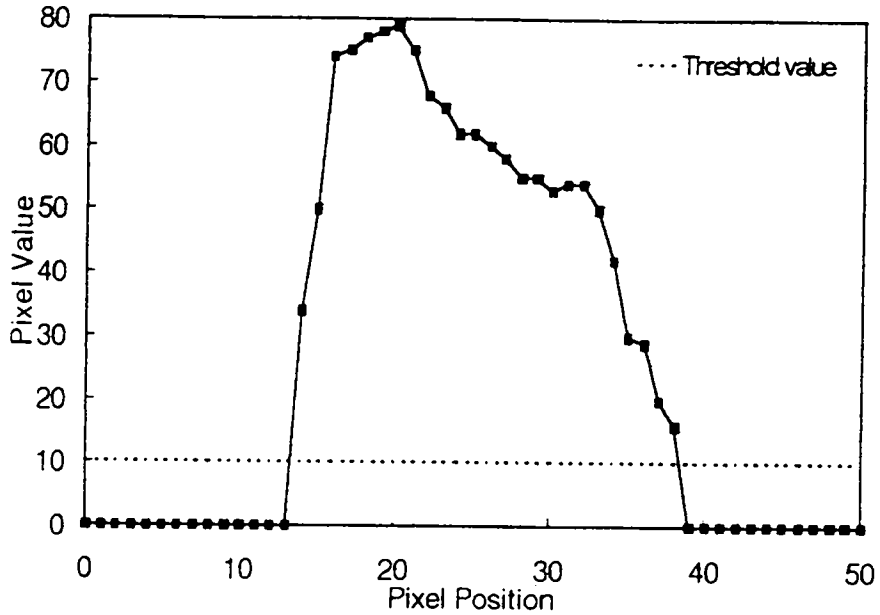
(d) small red bean image



(e) black soybean



(f) Cuba bean



(g) mini tuber

그림4.7 실험대상물체의 디지털영상 pixel치

2) 화면 전반의 길이 측정 정확도와 정밀도

화면 위치별로 동일한 표본을 대상으로 그 둘레를 본 연구에서 사용한 컴퓨터 시각에 의하여 측정된 결과를 통계 분석한 결과는 표4.5와 같다.

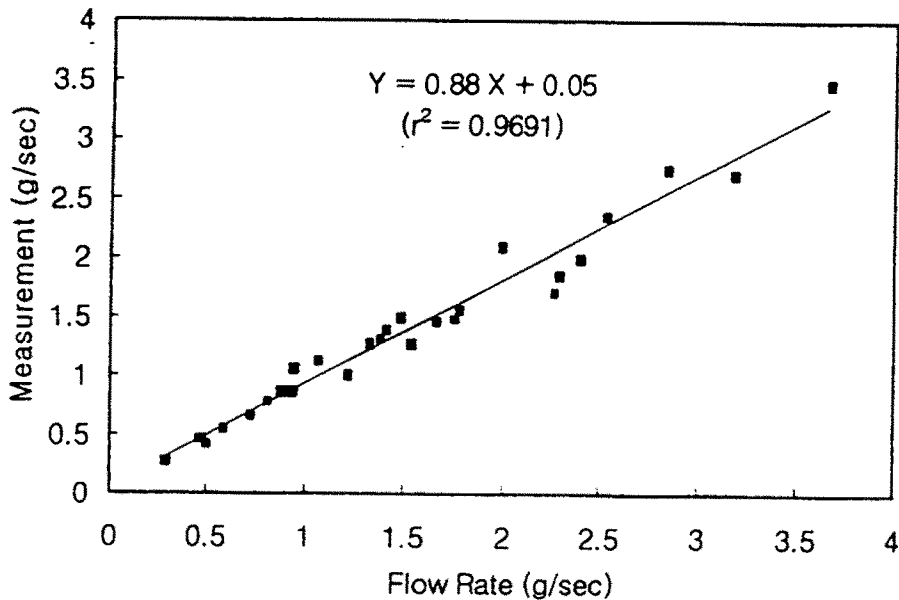
표4.5 측정대상물체의 통계분석 결과

| | Replication | | |
|-----------|-------------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Mean (mm) | 31.15 | 31.24 | 31.21 |
| S.D. | 0.60 | 0.51 | 0.61 |
| CV(%) | 1.93 | 1.65 | 1.96 |
| Accu. (%) | 3.88 | 3.17 | 3.25 |
| Prec. (%) | 0.86 | 0.55 | 0.66 |

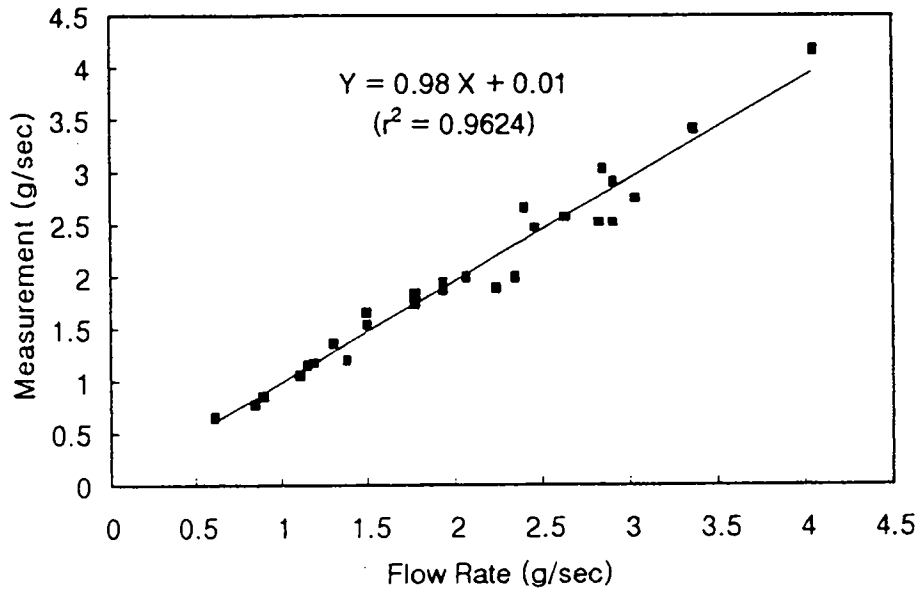
실험결과 측정값의 변이계수는 1.65~1.96으로서 이는 낙하하는 종자에 대한 컴퓨터 시각 화면의 위치별로 측정값의 변이정도가 유의할만한 수준임을 알 수 있다. 측정의 정확도와 정밀도 분석 결과를 보면 정확도는 3.2~3.9 % 정밀도는 0.55~0.86 % 범위로 나타났다. 이러한 수준의 측정 정확도와 정밀도는 계측기 관점에서 볼 때 그 사용의 정당성을 충분히 인정할 수 있는 수준은 아니나 물체의 대체적 크기를 측정하는 수단으로 이용할 수는 있는 것으로 판단되었다.

나. 연속흐름 입자의 유량 측정실험

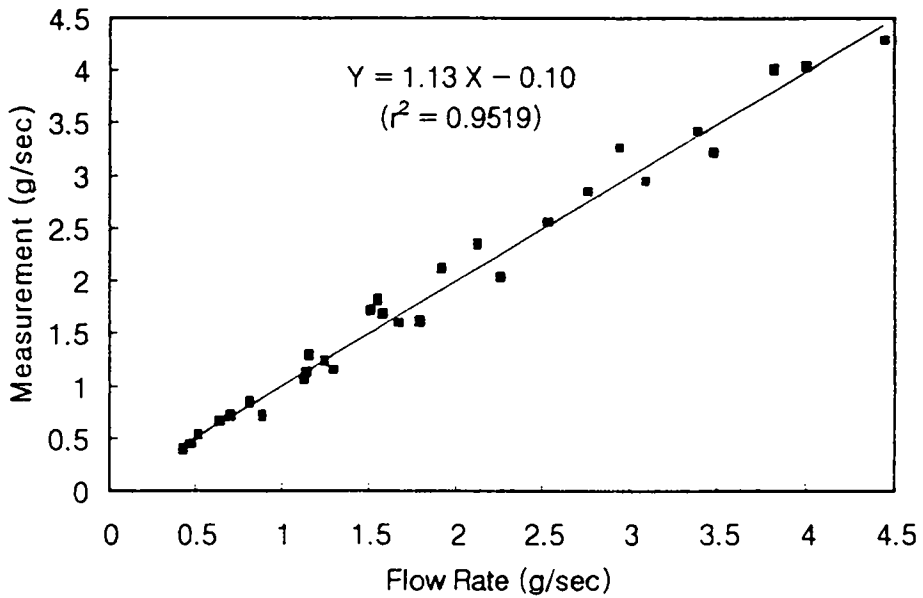
영상처리장치를 이용하여 측정한 입자의 유동량과 전자저울로 측정한 입자의 유동량을 비교한 결과는 그림4.8과 같다. 이와같이 영상처리장치로 분석한 유동량은 전자저울로 측정한 유동량과 거의 같은 값으로써 두 측정값간의 결정계수(r^2) 값은 들깨, 녹두, 벼의 경우에 각각 0.9691, 0.9624, 0.9519로서 분석되었다. 따라서 본 연구에서 개발한 영상처리장치에 의한 입자 흐름 측정장치는 일종의 간접적인 측정방법으로 사용이 가능한 것으로 나타났다.



(a)perilla



(b) mung bean



(c) paddy

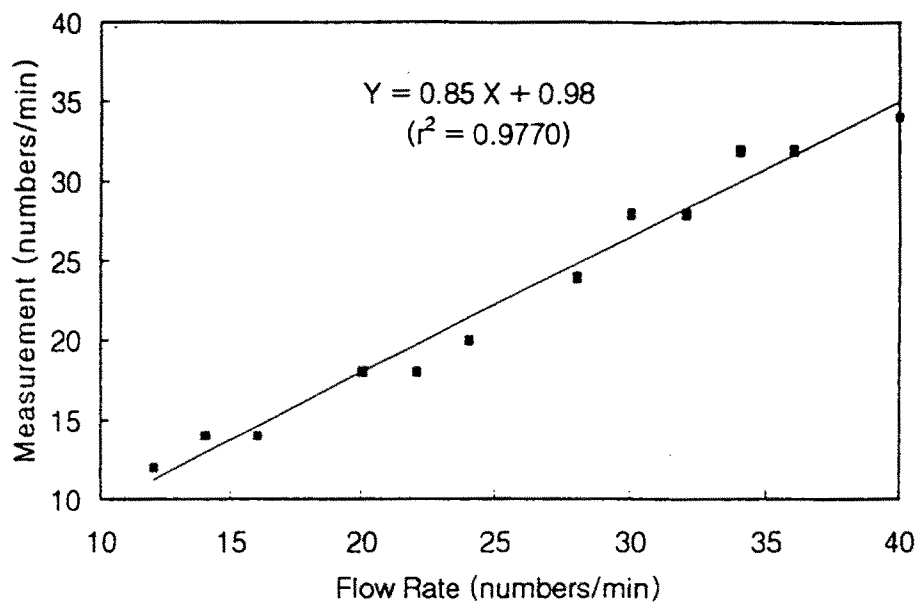
그림4.8 영상계측치와 실측치의 비교

영상처리장치에 의한 입자 유동량 측정의 정확도는 위와 같은 수준이나 정확도를 유지하며 측정할 수 있는 유동량에 한계가 있었다. 이는 영상처리장치로 측정할 경우 입자들이 가능한 겹치지 않고 단일의 입자이어야 정확한 측정값을 얻을 수 있는데 이를 위해서는 유동량이 일정 수준이하인 것으로 나타났다. 실험결과 측정가능한 유동량의 최대치는 약 270 g/min 정도임을 알 수 있었고 그 이상의 범위에서도 측정은 가능하나 그 정확도는 상당히 낮아질 것으로 예상되었다.

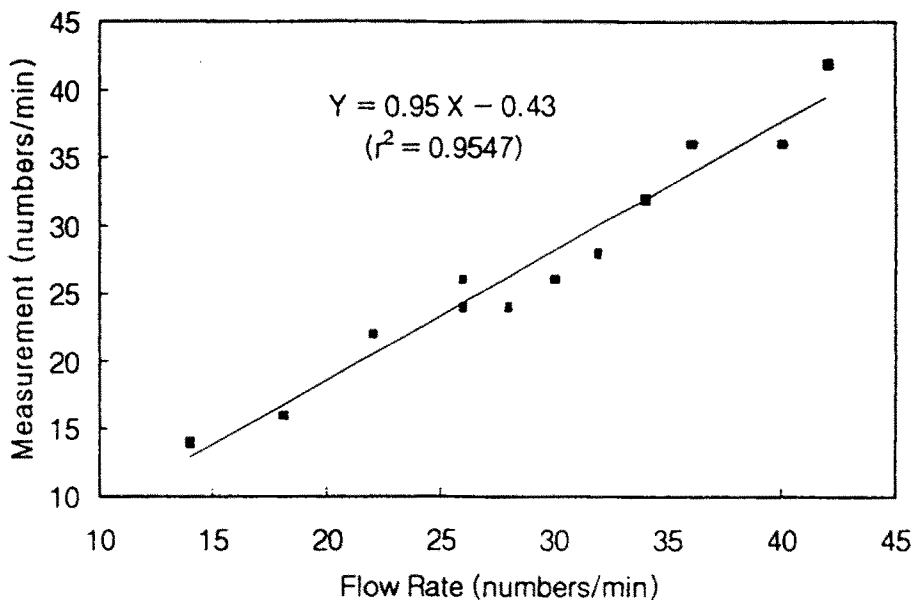
다. 불연속흐름 입자의 유량 측정실험

불연속 흐름 입자의 유동량(개수/min)을 컴퓨터 영상처리장치와 인력을 이용하여 측정한 결과는 그림4.9와 같다. 실제 입자의 유동량과 영상처리장치로 분석한 입자의 유동량은 거의 같은 값으로써 두 측정값간의 결정계수(r^2) 값은 소형 통씨감자의 경우 0.9889, 0.9657로 나타났다.

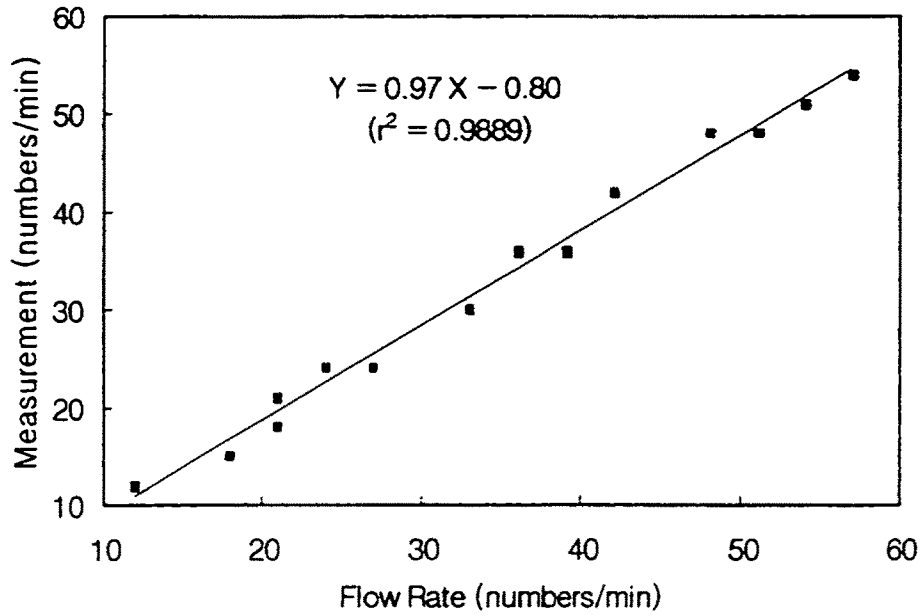
불연속흐름 입자의 유량을 컴퓨터 영상처리장치로 측정하기 위해서는 첫 째 입자의 유동시간 간격이 사용한 영상처리장치의 한 화면 영상 분석 시간보다 가능한 긴 것이 바람직하며, 둘째 본 연구에서 시도한 바와 같이 광센서와 광센서의 출력신호를 컴퓨터에 전달할 수 있는 I/O card의 사용이 바람직하다. 그 이유는 입자의 불연속흐름 시간 간격이 영상처리장치의 한 화면 분석시간보다 짧을 경우 한 화면의 영상을 처리하는 동안 영상처리장치의 카메라를 통과한 입자는 감지할 수 없기 때문이다. 그러나 이 경우도 파종기의 종자 흐름과 같이 입자의 유량이 일정하면 광센서와 I/O card의 사용으로 그 측정이 가능하다. 이는 한 흐름의 유량은 영상처리장치에 의해 일정 주기로 측정하고 그 주기 동안 입자의 불연속흐름의 횟수는 광센서와 I/O card로 계수할 수 있기 때문이다.



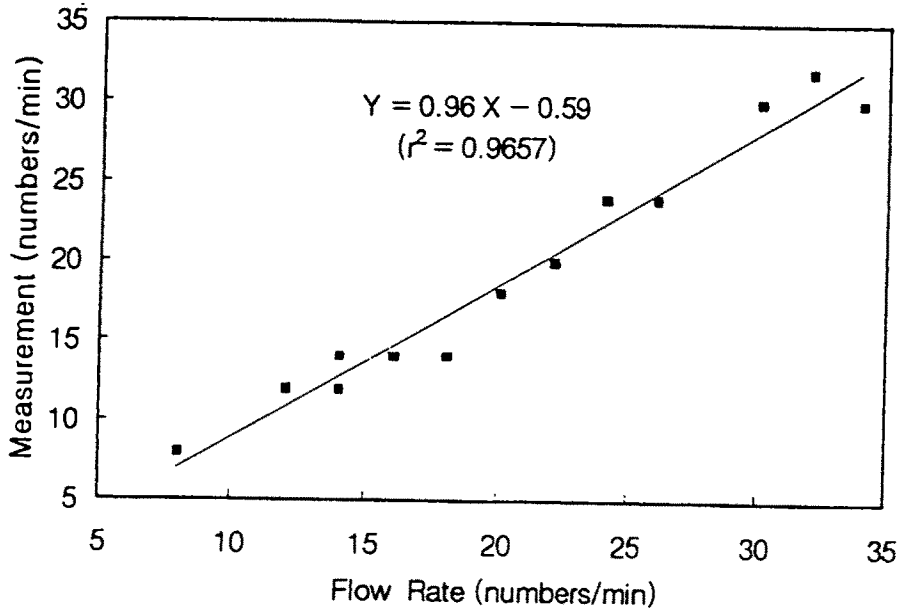
(a)



(b)



(c)



(d)

그림4.9 소형 통씨감자의 유량별 상관계수 변화

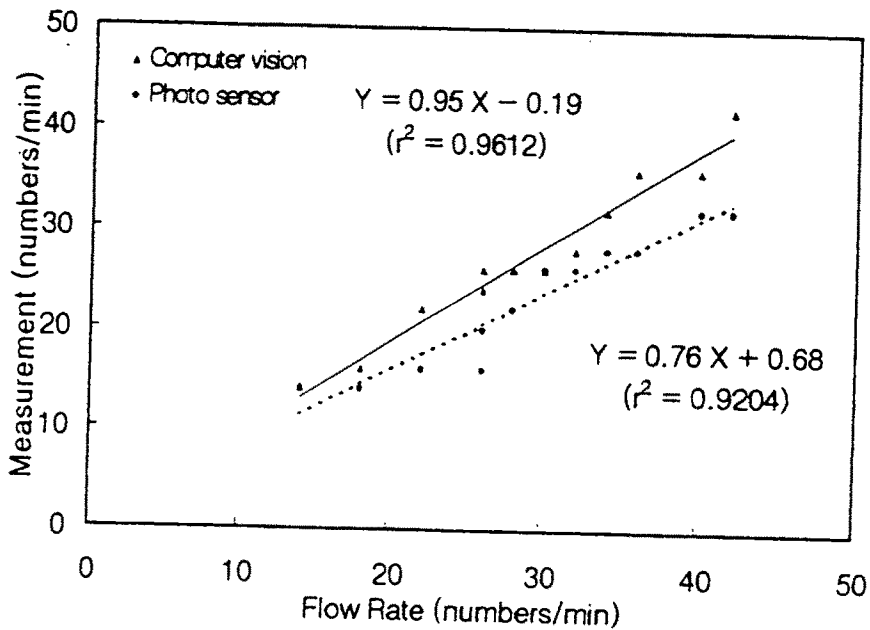
라. 영상처리장치와 광센서에 의한 입자 유동량 측정 비교

영상처리장치와 광센서를 이용하여 불연속 흐름 입자의 유동량 측정 결과를 비교한 결과는 그림4.10과 같다. 영상처리장치에 의한 유동량 측정은 광센서에 의한 측정 보다 정확도가 더 높으며 입자의 크기가 작을수록 영상처리와 광센서에 의한 정확도 차이는 커지는 경향을 보이고 있다. 이것은 두 개 이상의 입자의 겹쳐서 낙하하는 경우 광센서는 그들의 겹침상태를 파악하지 못하지만 이의 영상처리에는 겹침상태의 파악이 가능하기 때문이다.

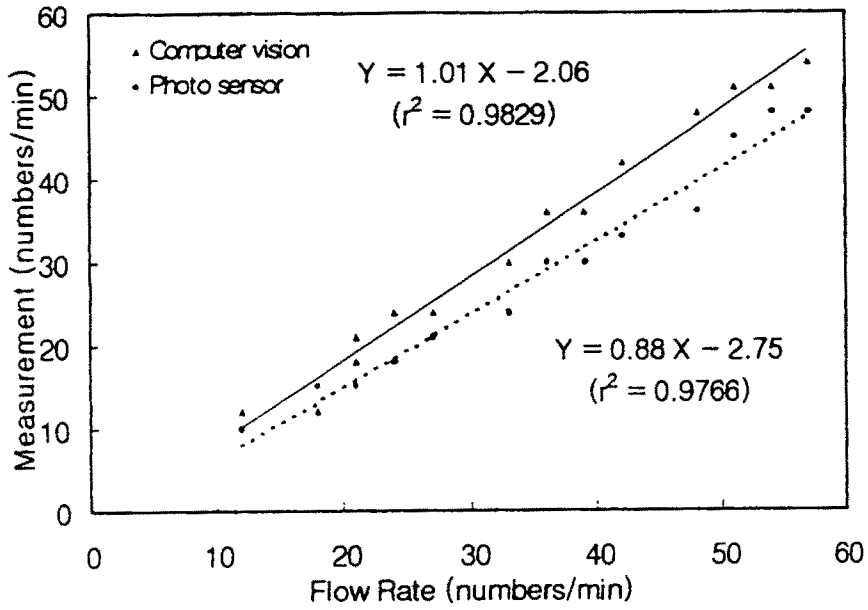
3. 파종기 시작기의 운전조건 결정실험

가. 파종기 원판의 회전속도 영향

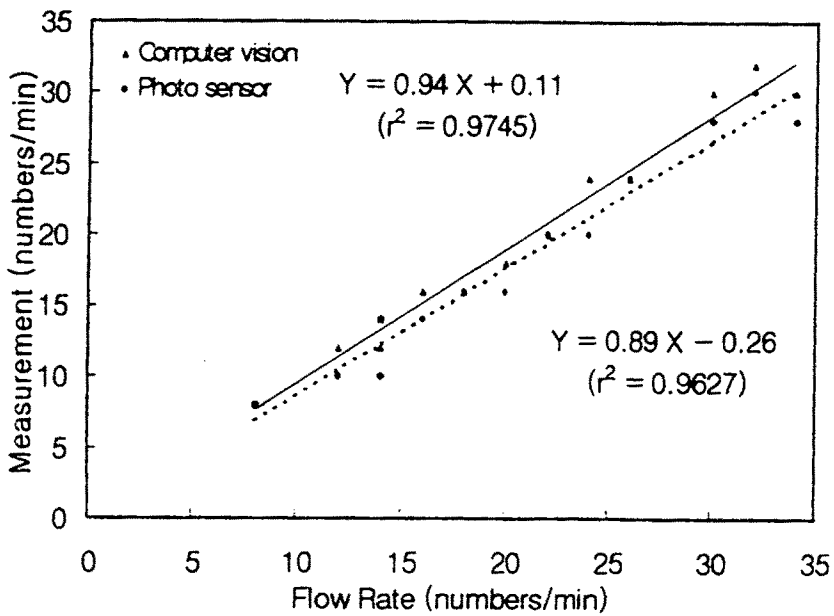
배종판을 최저속도에서 최고속도까지 변화시키며 파종상태를 관찰한 결과



(a)



(b)



(c)

그림 4.10 유량에 따른 씨감자의 계측치와 실측치 비교

배종판의 회전속도가 20 rpm 이상이면 파종율이 급감하고 파손율이 증가하므로 이 이상의 회전속도는 적합하지 않는 것으로 판단되었다. 따라서 파종기 시작품의 운전조건 결정실험은 파종기의 예상 진행속도인 0.5~0.7 m/sec에서의 조건간격을 고려하여 배종판 회전속도 19, 15, 12 rpm의 3 가지 상태에서 수행하였다. 파종기의 예상 진행속도에 있어 배종판의 회전속도에 따른 주간거리는 표4.6과 같다.

표4.6 배종판 회전속도별 주간거리

| 배종판 회전수 (rpm) | 19 | 15 | 12 |
|------------------|-----------|-----------|-----------|
| 파종기 주행속도 (m/sec) | 0.5 ~ 0.7 | 0.5 ~ 0.7 | 0.5 ~ 0.7 |
| 주간거리 (cm) | 20 ~ 28 | 25 ~ 35 | 30 ~ 42 |

나. 배종판 홈과 배출구 크기 영향

배종공 직경이 8.5, 11.5, 14.0 mm인 3종의 배종판을 이용하여 실험한 결과, 파종할 종자인 소형 통씨감자 크기와 배종공 직경의 크기가 거의 비슷한 배종공 직경 8.5 mm인 배종판은 종자가 원활히 유입되지 않아 사용할 수 없었다.

크기가 각각 20 × 52, 50 × 90 mm인 두종류의 배종구를 사용하여 실험한 결과, 배출구의 크기가 20 × 52 mm인 배종구의 경우는 그 크기가 소형 통씨감자의 크기보다 훨씬 크지만 통씨 감자의 경우 배종구에서의 배출 상태가 좋지못하여 파종율이 매우 낮아지는 문제점이 있어 사용할 수 없는 것으로 판단되었다.

다. 파종율과 손상을

배종판 배종공의 직경이 11.5mm와 14.0mm인 배종판에 대해 파종기 배종장치 회전속도 19, 15, 12 rpm에 대하여 실험을 통해 종자의 파종율과 손상을 조사하였다. 여기에서 파종율은 일정시간 동안 실제 파종된 종자의 총

수를 동 실험시간동안 회전한 배종공의 수로 나누어 백분율로 나타낸 것이다. 각각의 경우 파종율은 표4.7과 같다.

파종기 시작품의 실험대상 종자의 파종율은 배종판의 회전속도가 느릴수록, 배종공의 직경이 클수록 증가함을 알 수 있었다. 소형 통씨감자의 파종율은 이러한 현상이 두드러지게 나타날 뿐만 아니라 다른 종자에 비해 파종율이 낮음을 알 수 있는데 소형 통씨감자의 표면이 부드럽고 탄력이 있어 종자간에 서로 부착하는 성질이 강하여 종자가 배종판의 배종공에 쉽게 들어가지 못한 결과로 판단되었다. 따라서 소형 통씨감자와 같은 표면 성질을 갖는 종자에 대해서는 배종판의 배종공이 종자의 크기보다 상당히 큰 것을 사용해야 할 것으로 판단되었다.

파종기 시작품의 종자 손상율은 배종판의 설치방법에 따라 많은 차이가 있었다. 조립시 배종구의 밀면과 배종판 윗면의 간격이 너무 크면 파종시 그 틈새에 곡물이 끼여 손상된 곡물이 다수 발생하지만 그 간격이 1 mm 이하인 경우 손상율은 거의 없었다.

표4.7 회전속도/배종구직경 별 배종판의 파종성능

(unit : %)

| 회전수 | 19 rpm | | 15 rpm | | 12 rpm | |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Φ 11.5mm | Φ 14.0mm | Φ 11.5mm | Φ 14.0mm | Φ 11.5mm | Φ 14.0mm |
| 1 | 30.8 | 59.6 | 46.2 | 70.5 | 48.6 | 68.6 |
| 2 | 34.6 | 80.8 | 38.5 | 64.1 | 54.3 | 77.2 |
| 3 | 38.5 | 74.0 | 35.9 | 79.5 | 40.0 | 74.3 |
| 4 | 36.5 | 72.1 | 41.0 | 70.5 | 51.4 | 77.1 |
| 5 | 36.5 | 65.4 | 38.5 | 85.9 | 42.9 | 78.6 |
| Avg. | 35.4 | 70.4 | 40.0 | 74.0 | 47.4 | 75.2 |

4. 실험결과의 분석

파종기 시작품의 배종성능분석을 위해 본 연구에서 구성한 영상처리장치를 활용하여 실험한 결과는 다음과 같다.

- ① 영상처리장치에 구성된 시각정보 수집장치, 모델실험장치 및 인공토양은 파종기 배종장치의 성능분석에 유용하게 사용될 수 있음을 확인하였다.
- ② 파종작업을 분석할 수 있는 영상처리장치를 구성하기 위해 입자 유동량 측정장치를 제작하고 알고리즘을 개발하여 그 성능을 실험한 결과 파종기의 시작품의 종자 파종량을 측정하는데 광센서 보다 우수한 입자 유동량 측정장치로 판단되었다.
- ③ 이들 실험장치를 이용하여 회전원판형 시작품의 배종판에 대한 배종공과 배종구의 적정크기를 제시하고 운전조건의 결정을 위해 배종공의 크기와 회전속도에 따른 파종율과 종자 손상율에 관한 실험자료를 얻을 수 있었다.

제 5 장 시작품 성능실험 및 보완

제 1 절 성능실험 및 결과분석

1. 배종장치

컵벨트형 배종장치를 파종기 시작품에 탑재하여 정지상태와 주행상태에서 배종성능을 분석한 바 종자의 크기와 파종식부의 회전속도에 따라 결주율과 손상율이 다소 다르게 나타나지만 회전형 배종판의 경우 보다는 개선되었으나 종자의 1회 공급량이 1~3개로 증가되어 배종컵의 단면형상, 배종구의 경사도, 유량조절댐퍼의 구조변경, 안내관의 단면축소 등의 조치로 성능을 보완하였다. 실험에 사용된 소형 통씨감자의 직경이 6~12mm로 다양하여 파종작업전 종자의 선별이 선행되어야 하지만 배종판형 배종장치의 경우보다는 선별의 중요성은 감소되었다. 배종장치의 회전속도 변경은 파종기의 주행속도를 0.4 m/s 정도로 유지하면서 주간조정레버의 조작으로 12~19rpm 범위로 하였다. 주간거리 측정은 파종기를 각각의 배종속도를 유지하면서 전후진운전을 5회 왕복하면서 평균치를 산정하였다.

표5.1 배종판형 배종장치의 결주율과 손상율

| 조건 | | 회전수 | | |
|--------|------|-------------------|--------------------|--------------------|
| | | 19rpm (0.4m/s) | 15rpm (0.32m/s) | 12rpm (0.25m/s) |
| 결주율(%) | 정지상태 | 10.2 | 9.5 | 7.0 |
| | 주행상태 | 9.8 | 9.0 | 6.5 |
| 손상율(%) | 정지상태 | 5.0 | 3.5 | 3.0 |
| | 주행상태 | 4.5 | 3.0 | 2.5 |

표5.2 컵벨트형 배종장치의 결주율과 손상율

| 조건 | | 회전수 | | |
|--------|------|-------------------|--------------------|--------------------|
| | | 19rpm (0.4m/s) | 15rpm (0.32m/s) | 12rpm (0.25m/s) |
| 결주율(%) | 정지상태 | 10.0 | 8.5 | 6.0 |
| | 주행상태 | 8.5 | 8.0 | 5.5 |
| 손상율(%) | 정지상태 | 2.5 | 2.2 | 2.2 |
| | 주행상태 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |

2. 유압장치

식부깊이와 경사도의 원격제어를 위한 유압시스템의 성능을 분석하기 위해 파종기 시작품을 0.4m/s 속도로 주행하면서 운전자의 핸들프레임 부근에 설치된 제어반의 조종레버를 조작하여 최대 식부깊이와 경사각을 측정한 바 식부깊이의 경우 당초 설계치의 범위인 15~20cm 보다는 다소 여유가 있는 25cm 정도까지 조종이 가능하였으며 경사도의 경우 2차 시작품은 1차 시작품보다 5° 정도 증가한 20° 까지 조종이 가능한 것으로 보아 소형통씨감자의 식부깊이를 대개 10~15cm 범위이므로 사용에 충분하다고 본다.

3. 파종기 시작품의 주행시험 결과

본 연구기간중 설계·제작된 2대의 시작품에 대한 파종작업중의 구동엔진 기동/정지, 전후진, 변속운전, 주간거리 조종, 종자의 파종상태, 선회운전, 파종식부의 작동상태, 복토상태 등의 제반 운전상태를 조사한 바 주간거리 조종을 제외하고는 전반적으로 설계사양에 적합한 것으로 나타났다. 주간거리 조종의 경우 1차 시작품에서 기어케이스에 설치된 무단변속 폴리과 식부밧션의 피구동 폴리 사이의 증속비 부족으로 주간거리 조종범위가 25~35cm로 당초 설계치보다 증가하였다.

표5.3 시작품의 주행시험 결과

| 조 사 항 목 | 1 차 시 작 품 | 2 차 시 작 품 |
|-------------|---------------|---------------|
| 구동엔진 기동/정지 | 기동불량 | 상태양호 |
| 전후진운전 조종상태 | 상태양호 | 상태양호 |
| 주행속도(고속/저속) | 상태양호 | 상태양호 |
| 주간거리 조종상태 | 20~35cm | 15~30cm |
| 종자의 파종상태 | 결주율10.2,손상율5% | 결주율10,손상율2.5% |
| 좌우 선회운전상태 | 상태양호 | 상태양호 |
| 파종식부 작동상태 | 단힘 불안 | 상태양호 |
| 복토휠의 작동상태 | 상태양호 | 상태양호 |
| 진동·소음 발생여부 | 상태양호 | 상태양호 |
| 누유 및 이완여부 | 상태양호 | 상태양호 |

제 2 절 주요부품의 미비점 보완

1. 1차 시작품의 배종장치

회전형 배종판의 단면형상을 그림5.1에 보이는 바와 같이 배종판 회전방향으로 배종홈 주위에 길이 45mm, 최대깊이 3mm 정도의 유도홈을 추가하고 종자상자 하부에 조립되는 배종구는 배종판의 배종구와 1mm정도의 간극을 유지하며 공급되는 종자를 배종판으로 유도하는 중요한 기능을 갖는 부품이므로 단면형상이 그림5.2에 보이는 바와 같이 직사각형으로 배종공의 칫수에 비해 너무 넓어 여러개의 종자가 서로 엉킴현상이 발생하여 직경 10mm 정도인 소형 통씨감자가 이와 유사한 직경을 갖는 배종공으로 유입이 잘되지 못하기 때문에 결주율이 증가함은 물론 배종판이 회전하면서 종자가 배종구의 회전방향으로 보아 후부의 수직벽에 모여 배종구와 배종판 사이의 간극에 끼어서 손상되는 경우가 자주 발생되므로 배종구에 모여있는 종자의 수량을 감소하고 배종공에 종자가 유입이 잘 되도록 배종구의 단면을 그림5.3과 같이 배종공 핏치원에 유사한 원호형 단면(폭35mm, 길이 50mm)으로 하고 배종판 후부 수직벽에 경사각 45° 인 경사판을 부착하였던 바 배종공의 직경이 14mm인 배종판을 선택하여 회전속도를 파종기 주행속도 0.4m/s에 해당하는 19rpm으로 하였을 때 표5.4에 보이는 바와 같이 결주율과 손상율이 크게 개선되었다.

표5.4 배종구의 단면형상별 배종성능(배종판속도 19rpm)

| 운전조건 | | 성능 | 결주율 (%) | 손상율 (%) |
|------|-------------|----|---------|---------|
| 보완전 | 45° 경사판 부착시 | | 7.4 | 4.0 |
| | 15° 경사판 부착시 | | 10.2 | 5.5 |
| 보완후 | 45° 경사판 부착시 | | 6.5 | 2.0 |
| | 15° 경사판 부착시 | | 9.8 | 2.5 |

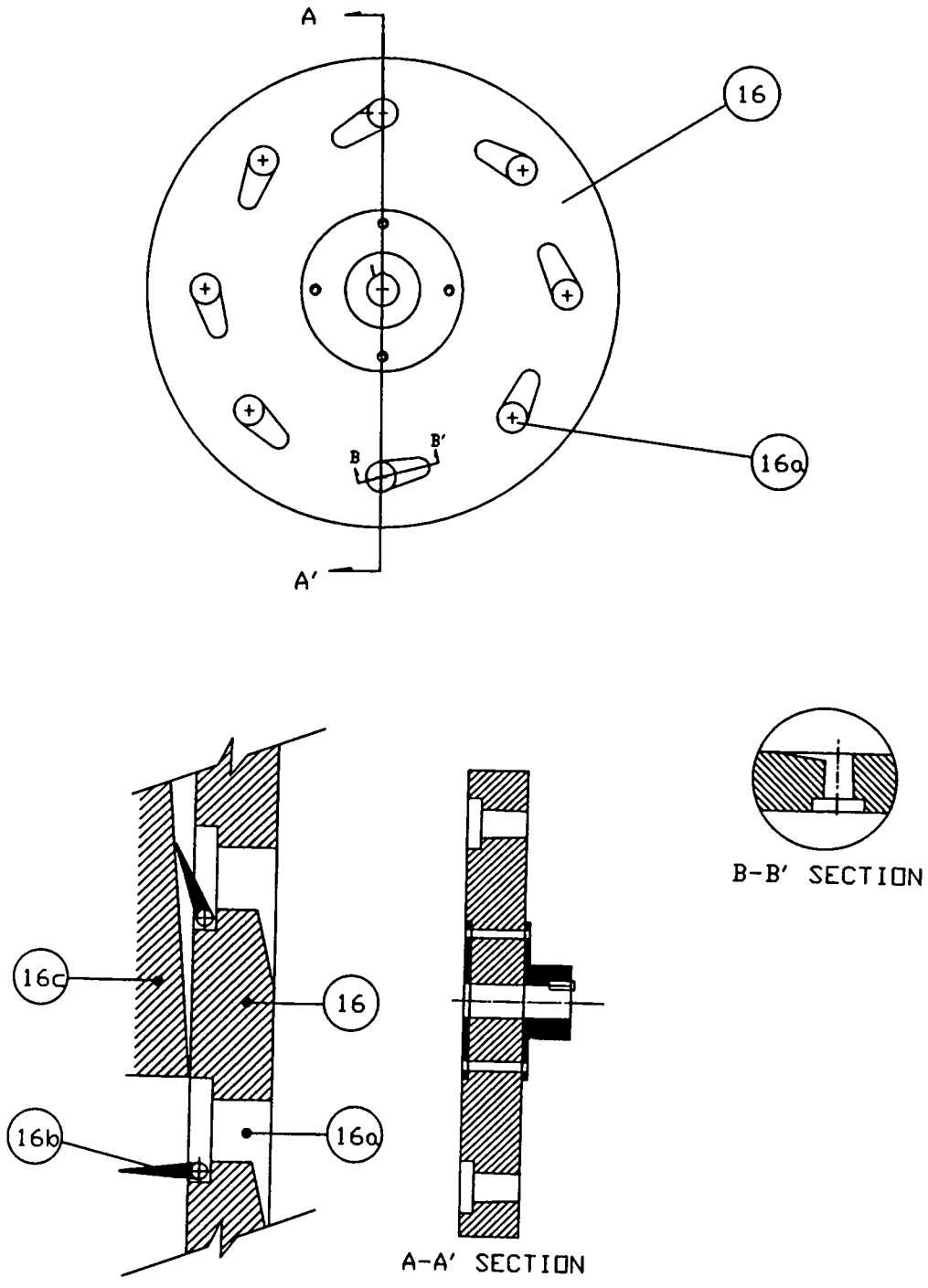


그림5.1 보완된 배종판의 단면형상

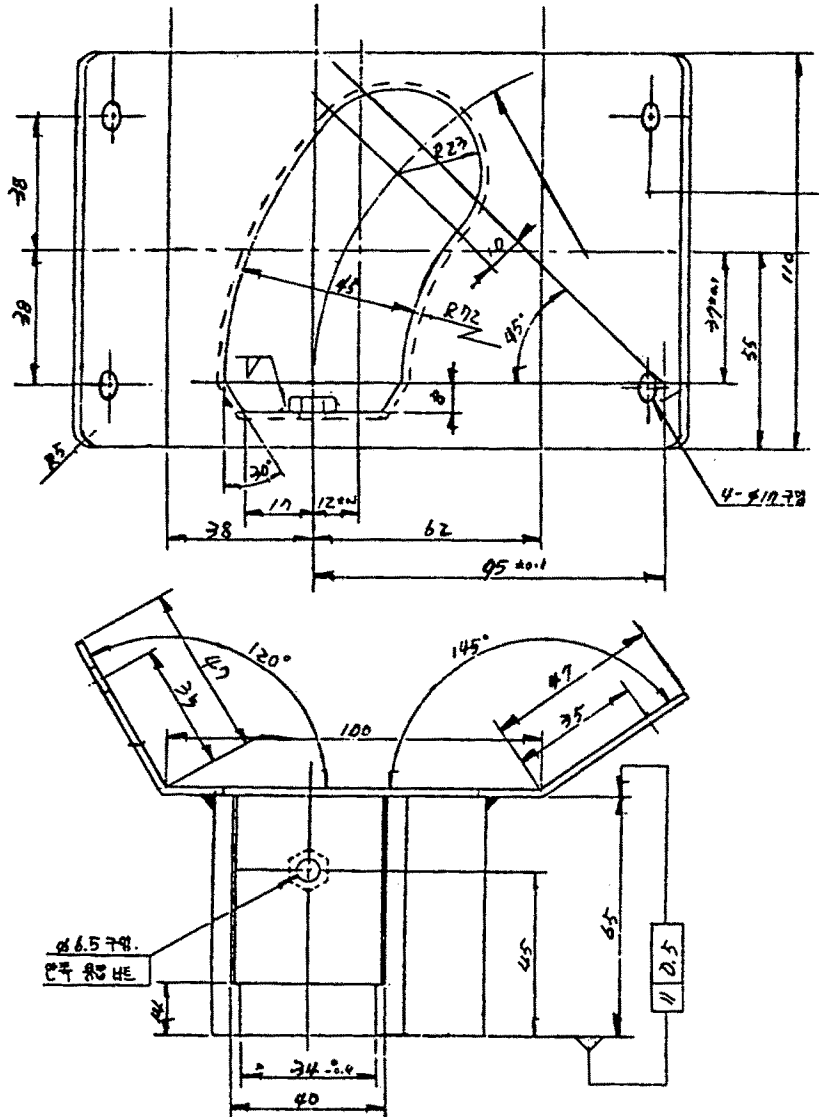


그림 5.2 보완전 배종구의 단면형상

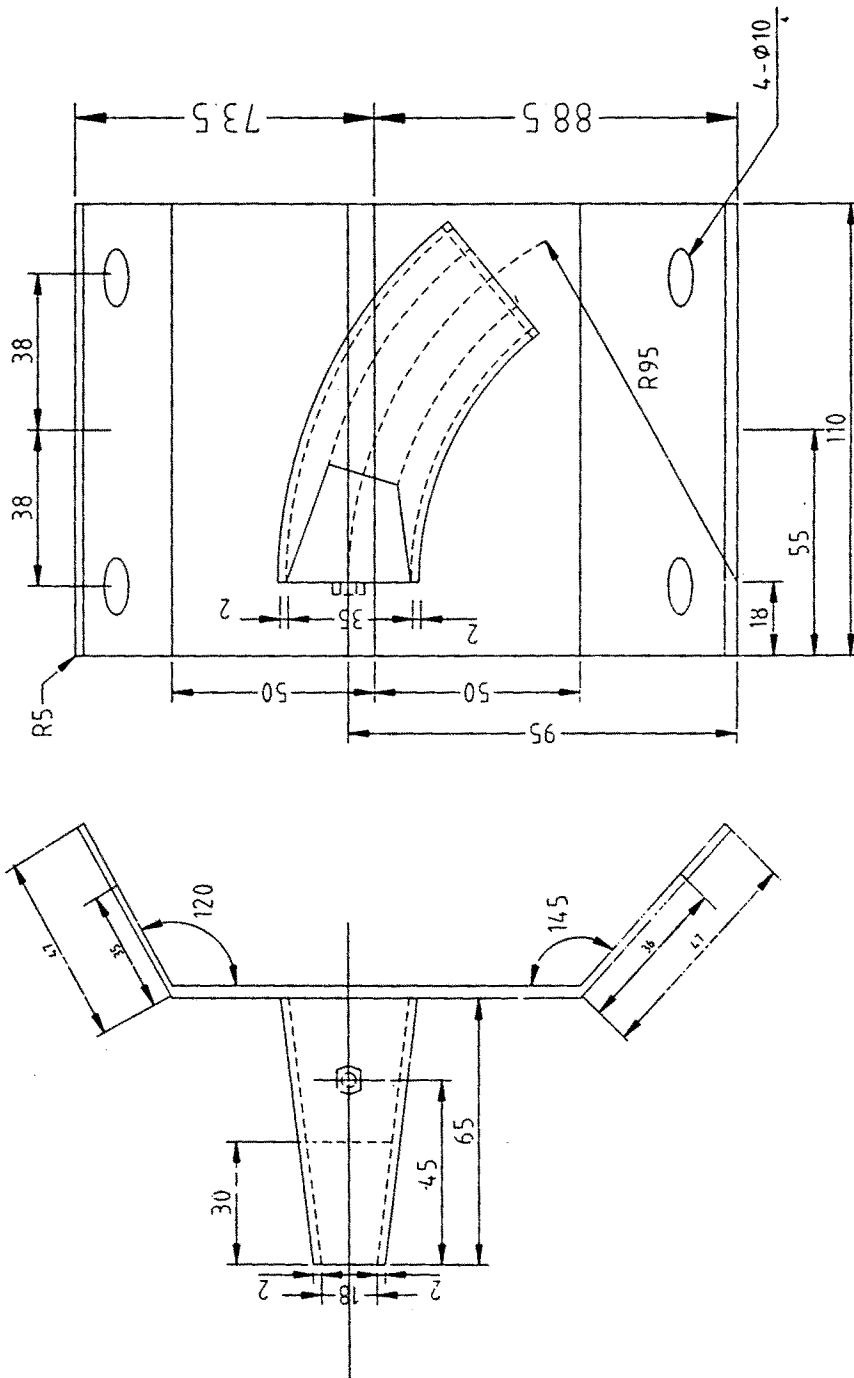


그림5.3 보완후 배종구의 단면형상

2. 1차 시작품의 유압장치

파종기의 식부깊이와 경사도를 원격으로 조정하기 위하여 설치되는 유압시스템을 그림3.5에 보이는 바와 같이 구성하여 운전시험을 수행하는 동안에 식부깊이와 경사도를 측정한 결과 설계사양에는 만족하였으나 조종이 신속하지 않고 특히 강원지역에서와 같이 산간지역에서 경작되는 경우 이랑과 이랑사이의 경사각이 15° 를 초과하는것에 대비해 경사각도를 증가할 필요가 있었다. 따라서 2개의 식부깊이 조종 유압실린더와 1개의 식부깊이 조종 유압실린더의 배치를 1개의 식부깊이 조종 유압실린더와 2개의 경사도 조종 유압실린더로 구성하기 위해 식부깊이 조종 유압실린더를 식부깊이 조종리프터에 연결하고 리프터 하부의 연결링크에 2개의 경사도 조종 유압실린더를 설치한 결과 경사각이 20° 정도까지 증가되었다. 이 결과는 2차 시작품 설계시 활용하여 그림3.11에 보이는 바와 같이 구성하였다.

3. 2차 시작품의 배종장치

컵벨트형 배종장치의 성능시험결과 목표로 했던 종자의 결주율 6%, 손상을 2% 보다도 성능이 미달되고 1개이상의 종자가 동시에 파종되는 사례가 빈번하여 배종컵의 깊이를 5mm이하로 낮추고 배종홈 주위의 단면을 원추형으로 하여 종자가 배종홈에 1개이상 유입되지 못하도록 하고 컵의 두께를 30mm 이상으로 증가시켜 컵과 컵 사이의 간격을 축소하여 배종구와 안내관 사이에서 종자가 배종장치 외부로 누출되는 것을 방지하였다. 또 컵벨트와 배종구 내부에 있는 종자의 간섭을 감소하기 위해 안내관 단면을 축소하였으며 배종구 입구에 유량조절 댐퍼를 추가하였다.

배종장치 구동플라의 타이밍벨트카바의 구조를 운전시 벨트와 접촉될 우려를 줄이기 위해 폭을 넓게 확대하고 파종식부의 파공부 단면적을 작게하기 위해 파종식부의 개폐호퍼의 직경이 50mm 이내가 되도록 수정하였다.

제 6 장 결 론

본 연구를 통하여 인공씨감자를 비닐멀칭된 이랑에 파종할 수 있는 파종기를 세계 최초로 개발하여 국내에서 생산되는 씨감자의 생산 원가를 30% 이상 절감하는 효과를 얻을 수 있게 되었다. 현재까지 국내에서 생산되고 있는 파종기 종류는 대부분 종자의 모양이 균일하고 종자와 종자사이의 엉킴이 없어 비교적 간단한 배종장치로 파종이 가능하였으나 소형 통씨감자의 경우는 외형이 불균일하고 장기저장하여 휴면후 발아된 상태인 경우에도 파종이 가능해야 하기 때문에 적절한 배종장치의 선택이 어려웠다.

본 연구에서는 감자파종기에 널리 활용되고 있는 회전원판형 배종장치와 컵벨트형 배종장치의 기본원리를 그대로 활용하여 소형 통씨감자의 파종에 적합한 구조로 개선하는데 많은 노력을 기울였으며 운전자 1인이 간편하게 파종기를 조작하면서 파종작업을 원활히 수행할 수 있도록 대부분의 제어기구를 제어반 주위에 집중시키고 유압시스템 도입으로 인력에 의한 조종을 가급적 피하도록 고려하였다. 성능시험결과 향후 실용화 과정에서 내구성향상과 종자의 소모량감소, 파종된 종자의 발아율 증가를 위한 손상율감소 등의 기능을 더욱 개선할 여지가 있다고 본다. 개발된 시작품의 현장적용시험을 시험포장미비와 감자재배기간에 맞추어 시험할 수 있는 기간의 부족으로 충분히 수행치 못하였던 아쉬움이 있으나 향후 전문제작사에 기술이전후 기업화과정에서 보완될 수 있다고 사료된다.

더욱이 파종작업량 증가를 위해 2조식이나 3조식으로 구조를 변경하고 파종속도를 증가시킬 수 있는 소형 통씨감자용 파종기의 개발을 위해 후속연구가 계속되기를 희망한다.

참고문헌

1. 구기준. 1993. 화상 정보 처리. 기문사.
2. 공형진. 1996. 컬러 컴퓨터 시각 및 근적외 분광분석에 의한 잎담배 품질 계측 및 등급판정 자동화 연구. 성균관대학교. 석사학위논문
3. 김대호, 김경욱. 1996. 파종기용 파종 감시 장치 개발. 한국농업기계 학회지 21(3) : 306-314.
4. 김병순. 1992. 컴퓨터시각 영상의 크기와 색도 분석에 의한 사과 선별. 전남대학교. 석사학위 논문
5. 김태균, 최형진. 1990. 화상 처리 기초. 정익사.
6. 김태환. 1995. 미니 스프링클러의 분무입자 크기 및 분무분포상태 분석. 전남대학교. 석사학위논문
7. 노상하, 류관희, 김일웅. 1990. 화상처리 시스템을 이용한 과일의 기 하학적 특성 측정. 한국농업기계학회지 15(1) : 23-32
8. 노상하, 이종환, 이승훈. 1992. 흑백 영상처리장치를 이용한 과실선별기 개발에 관한 연구(I) -크기 및 선택판정-. 한국농업기계학회지 17(4) : 354-362
9. 노상하, 이종환, 황인근. 1995. 흑백 영상처리장치를 이용한 다목적 과실 선별기의 등급판정 알고리즘 개발. 한국농업기계학회지 20(1) : 95-103.
10. 성제훈. 1994. 컴퓨터 시각에 의한 사과 결점 추출 및 분석. 전남대학교. 석사학위논문.
11. 이문호. 1992. 화상처리. 기문사
12. 이용국, 오영진, 이대원. 1996. 관리기용 다목적 파종기 개발. 한국 농업 기계학회지 21(1) : 3-9
13. 이종환. 1992. 농산물 및 미립자의 기계학적 특성 분석을 위한 컴퓨터 비전 시스템. 서울대학교. 박사학위논문.
14. 이종환, 노상하, 류관희. 1996. 영상처리에 의한 식물체의 형상 분석. 한국농업기계학회지 21(3) : 315-324.
15. Derksen, R.C. and C. Jiang. 1995. Automated Detection of Fluorescent

- Spray Deposits with Computer Vision System. *Trans. of the ASAE* 38(6) : 1647-1653.
16. Dubuisson, M-P., A. K. Jain and M. K. Jain. 1994. Segmentation and Classification of Bacterial Culture Images. *Journal of Microbiological Methods* 19(1994) : 279-295.
 17. Foster, M. et al. 1995. Detection and Counting of Uneaten Food Pellets in a Sea Cage Using Image Analysis. *Aquacultural Engineering* 14(3) : 251-269.
 18. Franz, E. 1993. Machine Vision Using Image Gradients for Spray-deposit Analysis : Software Development. *Trans. of the ASAE* 36(6) : 1955-1965.
 19. Jiang, C., and R. C. Derksen. 1995. Morphological Image Processing for Spray Deposit Analysis. *Trans. of the ASAE* 38(5) : 1581-1591.
 20. Ling, P. P., Z. Cheng and D., J. Musacchio. 1995. Quantification of Somatic Coffee Embryo Growth Using Machine Vision. *Trans. of the ASAE* 38(6) : 1911-1917.
 21. Ling, P. P., and V. N. Ruzhitsky. 1996. Machine Vision Techniques for Measuring the Canopy of Tomato Seedling. *J. Agric. Engng Res.* 65(1996) : 85-95.
 22. Olsen, H. J. 1995. Determination of Row Position in Small-grain Crops by Analysis of Video Images. *Computers and Electronics in Agriculture* 12(1995) : 147-162.
 23. Onyango, C. M., J. A. Marchant and B. P. Ruff. 1995. Model Based Location of Pigs in Scenes. *Computers and Electronics in Agriculture* 12 (1995) : 261-273
 24. Panigrahi, S. et al. 1995. Background Segmentation and Dimensional Measurement of Corn Germplasm. *Trans. of the ASAE* 38(1) : 291-297.
 25. Pla, F., and F. Juste. 1995. A Thinning-based Algorithm to Characterize Fruit Stems from Profile Images. *Computers and Electronics in Agriculture* 13(1995) : 301-314.

26. Ruiz, L. A. et al. 1996. Location and Characterization of the Stem-calyx Area on Oranges by Computer Vision. J. Agric. Engg Res. 64(1996) : 165-172.
27. Satoru Watano and Kei Miyanami. 1995. Image Processing for On-line Monitoring of Granule Size Distribution and Shape in Fluidized Bed Granulation. Powder Technology 83 : 55-60.
28. Savage, C. R., R. J. Petrell and T. P. Neufeld. 1994. Underwater Fish-video Images : Image Quality and Edge Detection Techniques. Canadian Agricultural Engineering 36(3) : 175-183.
29. Schaufler, D. H. and P. N. Walker. 1995. Micropropagated Sugarcane Shoot Identification Using Machine Vision. Trans. of the ASAE 38(6) : 1919-1925.
30. Stone, M. L., and G. A. Kranzler. 1992. Image-based Ground Velocity Measurement. Trans. of the ASAE 35(5) : 1729-1735.
31. Tai, Y. W., P. P. Ling and K. C. Ting. 1994. Machine Vision Assisted Robotic Seedling Transplanting. Trans. of the ASAE 37(2) : 661 -667.
32. Trooien, T. P., and D. F. Heermann. 1992. Measurement and Simulation of Potato Leaf Area Using Image Processing. III. Measurement. Trans. of the ASAE 35(5) : 1719-1721.
33. Woebbecke, D. M. et al. 1995. Shape Features Identifying Young Weeds Using Image Analysis. Trans. of the ASAE 38(1) : 271-281.
34. 김성래, 농업기계화 표준규격, 충남대학교, 1995
35. 農業機械學會, 生物農産機械 ハントブック, コロナ社
36. 경상대학교, 시설원에 현대화 하우스 모델설정 및 재배효과에 관한 연구, 농촌진흥청, 1993
37. 農資材産業協議會, '92 施設園藝技術展 資料集
38. 農林水産省農業研究 センタ, 1993

부 록

1. 개발시제품 사진 1식
2. 시제품 제작도면 1식

여 백

부 록 1

개발 시제품 사진

여 백

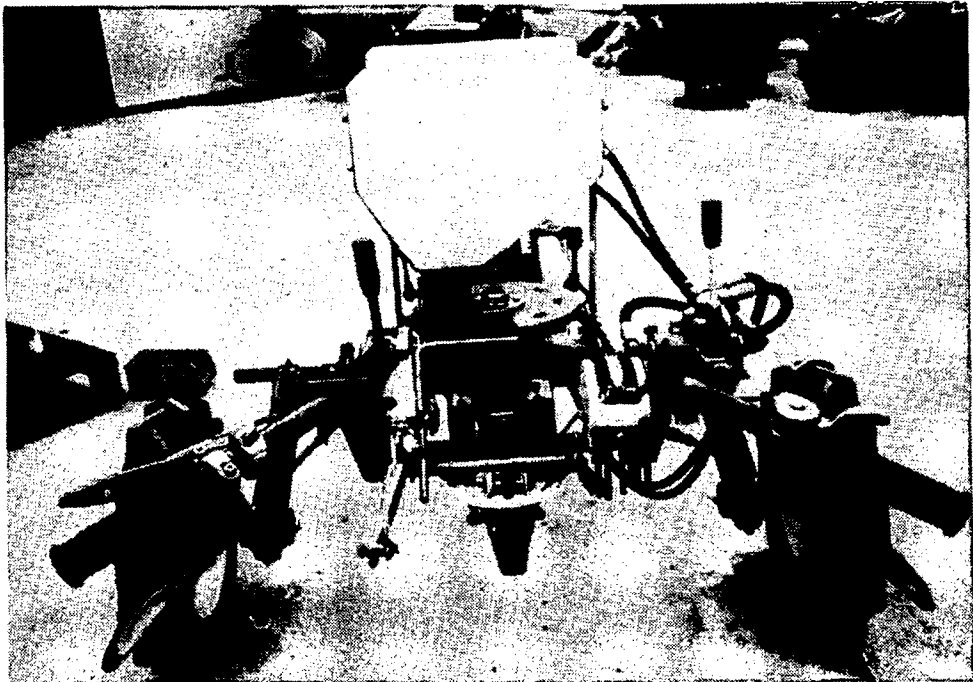


사진1 1차 시작품 파종기

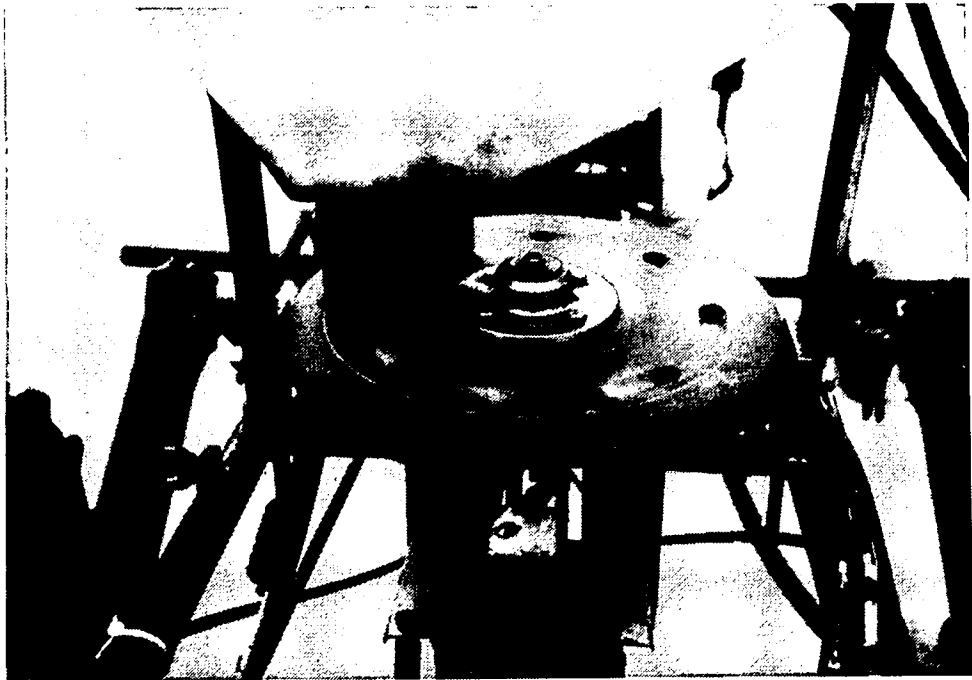


사진2 종자상자 및 배종판

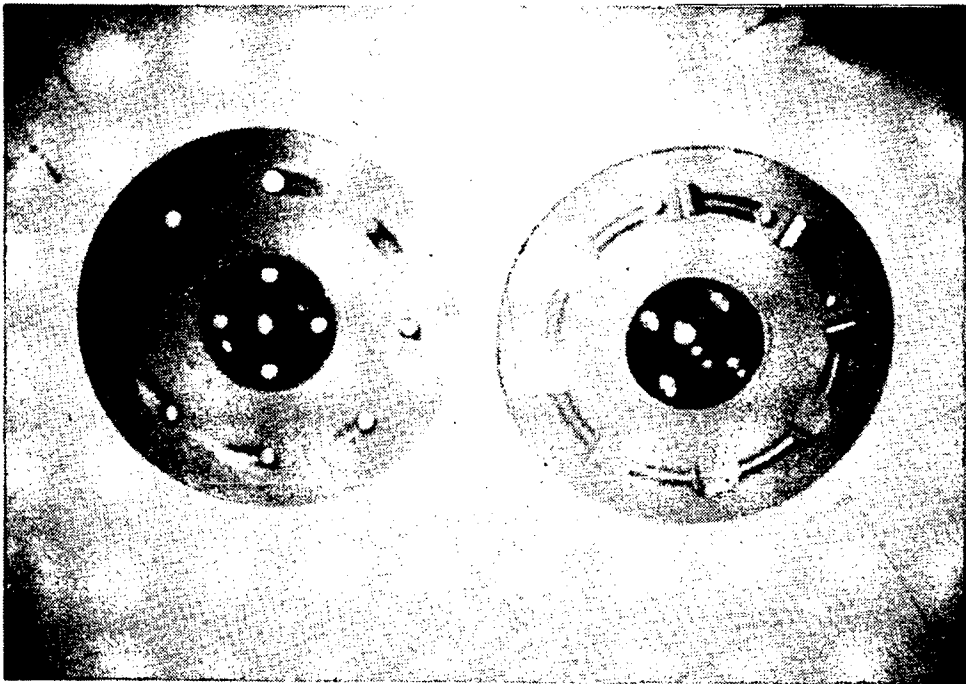


사진3 회전형 배종판(상·하면)

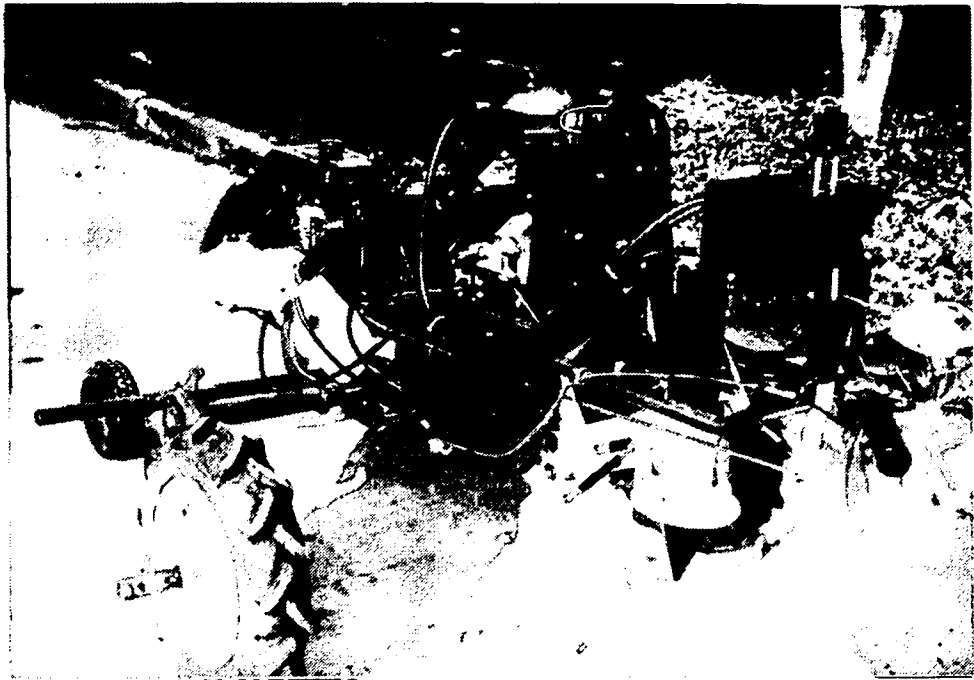


사진4 2차 시작품 파종기

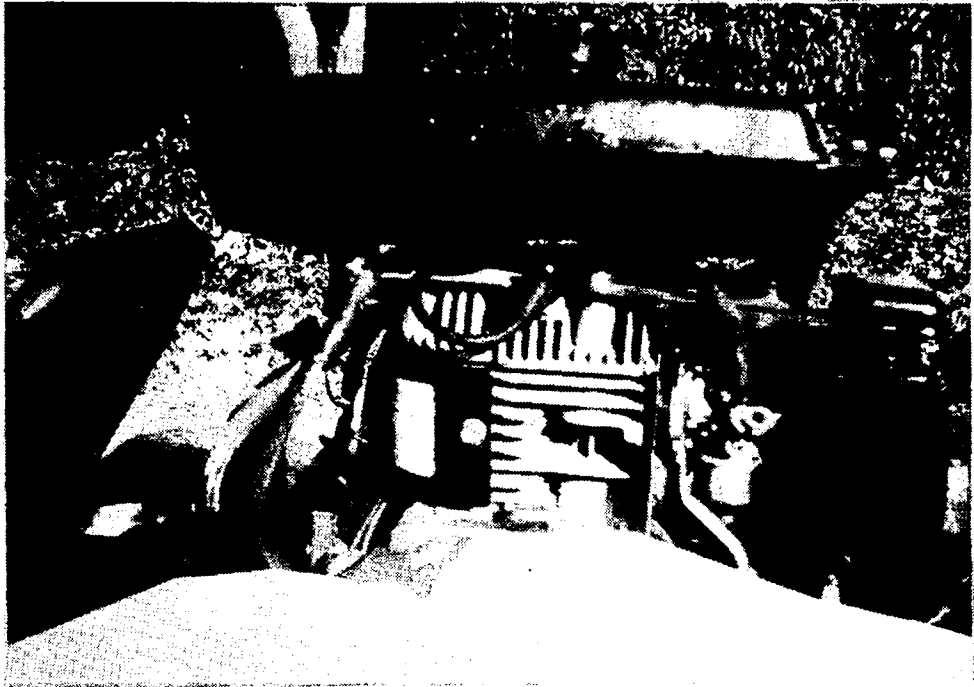


사진5 구동엔진 탑재상태

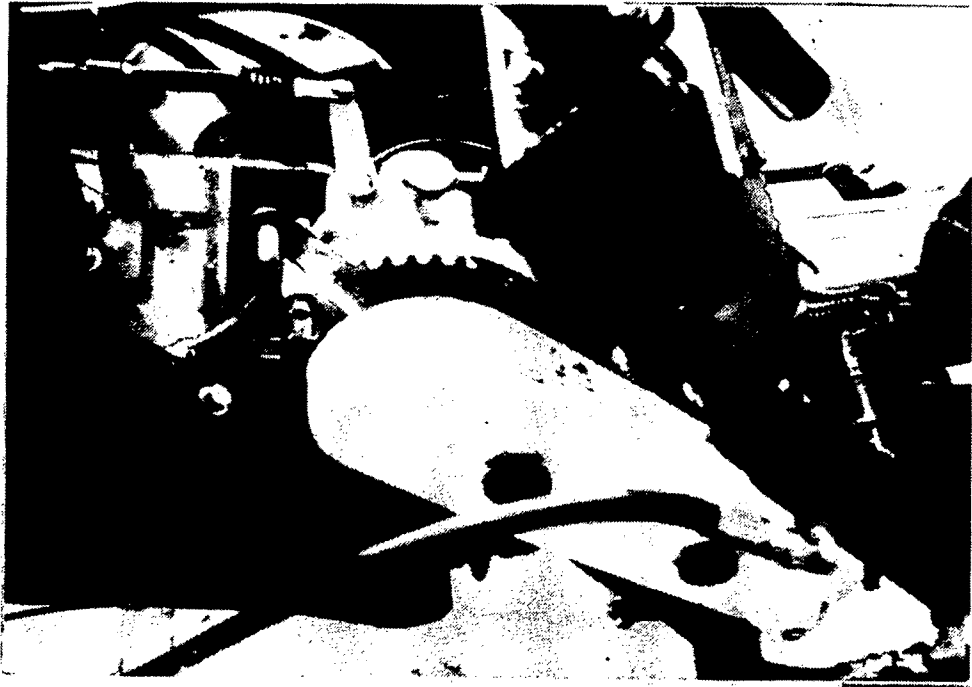


사진6 주간거리조종장치

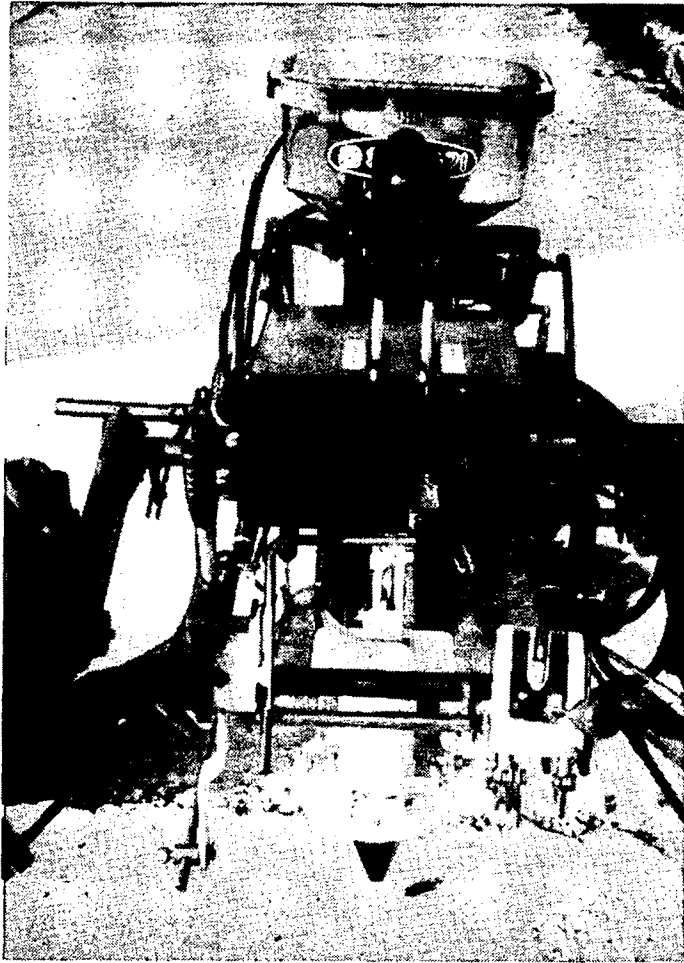


사진7 식부깊이/경사로 유압조종레버

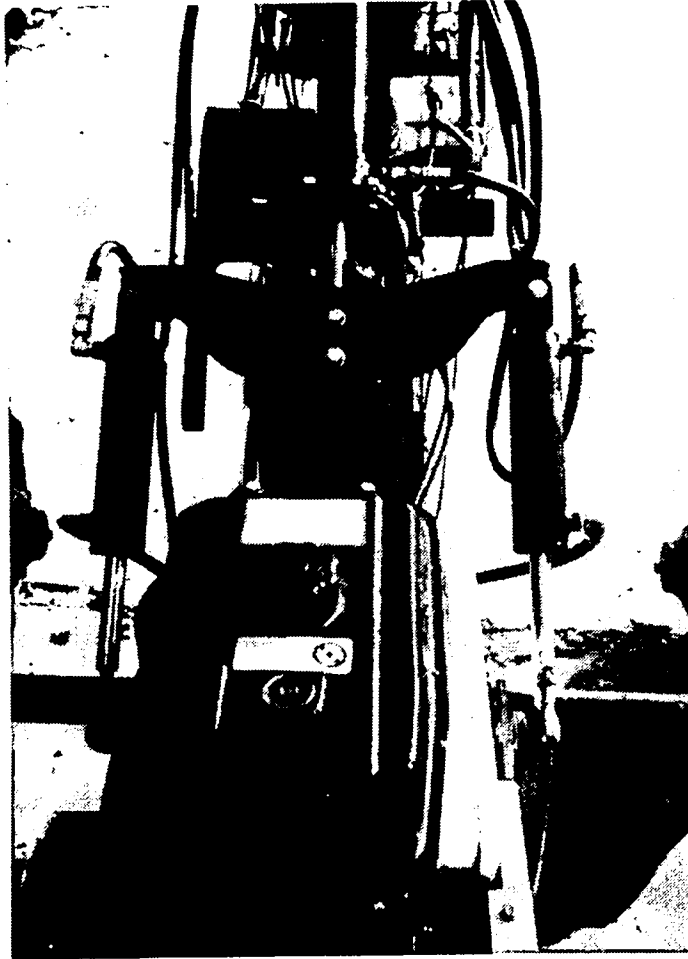


사진8 식부깊이 조종리프터

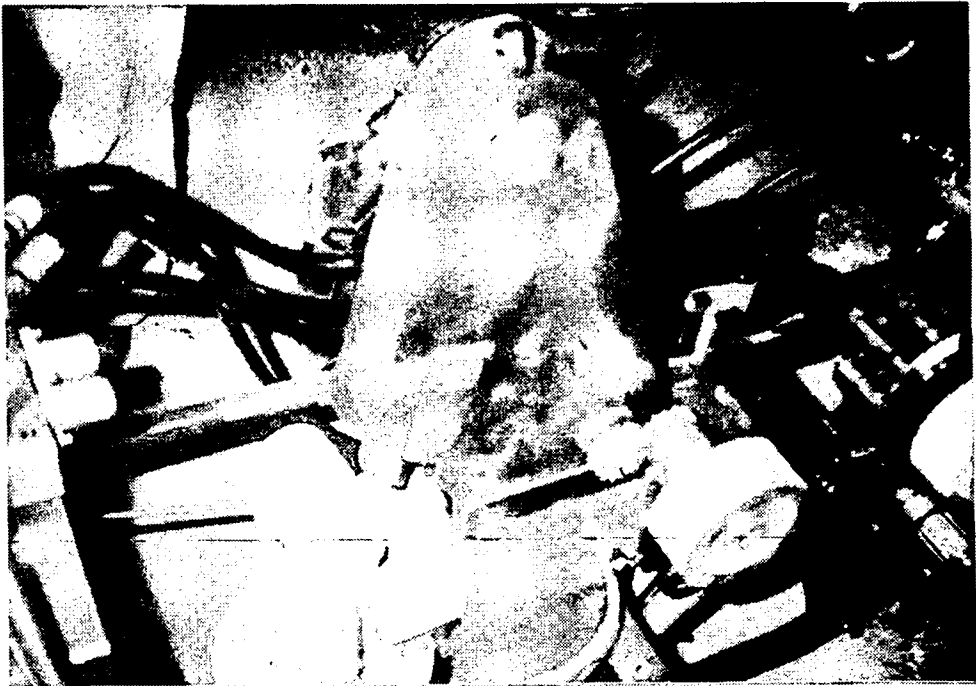


사진9 배종장치, 컵벨트구동폴리/기어

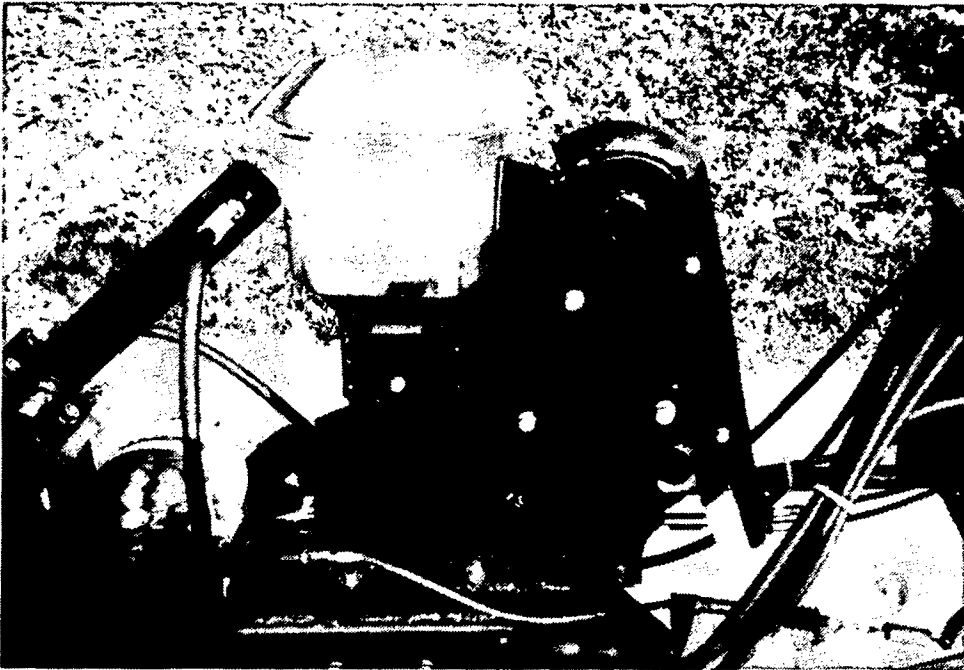


사진10 종자상자, 배종장치



사진11 안내 훔

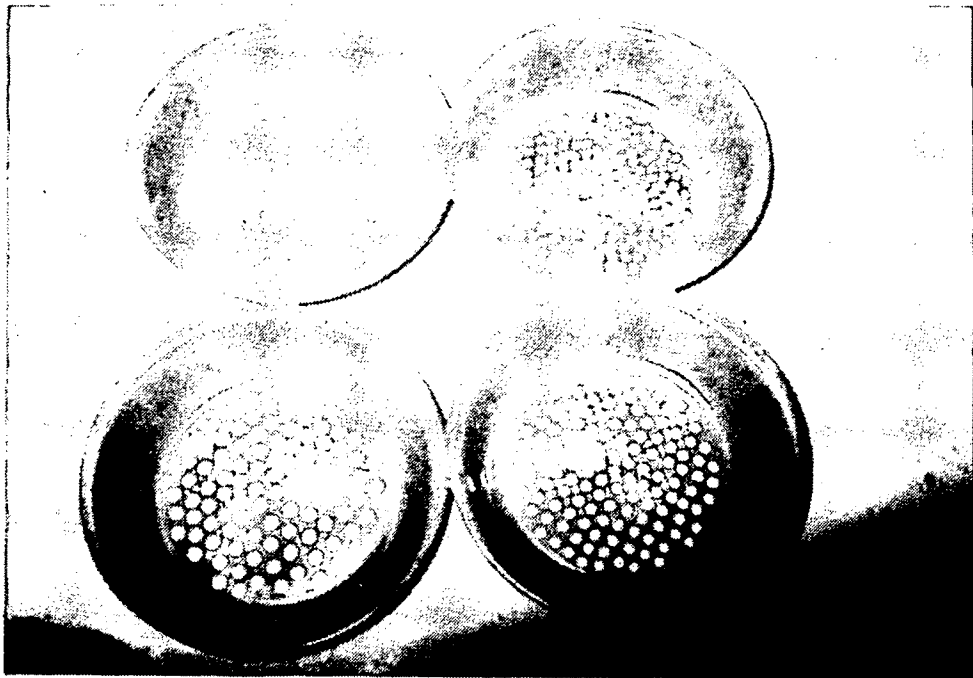


사진12 간이선별기

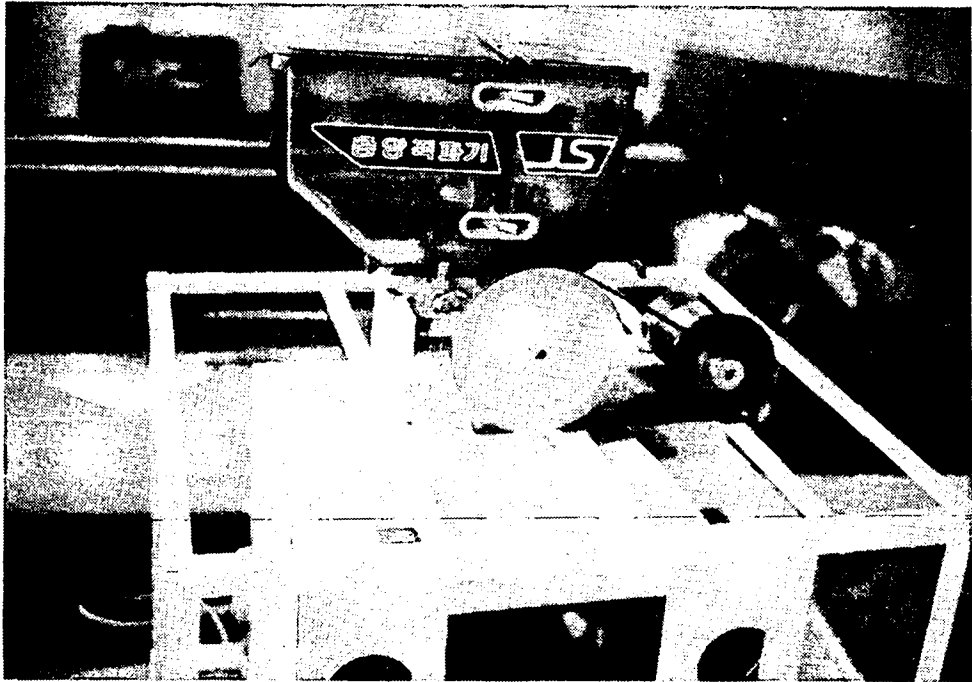


사진13 영상처리 모델실험장치

여 백

부 록 2

개발 시제품 도면

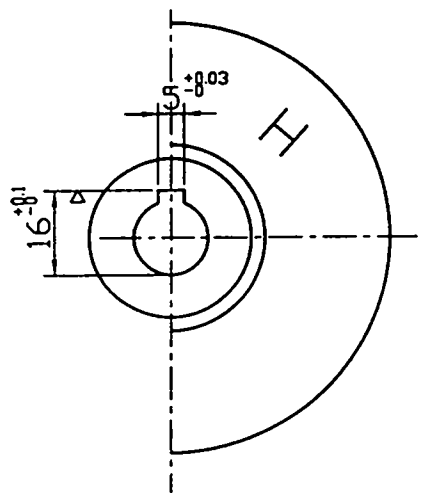
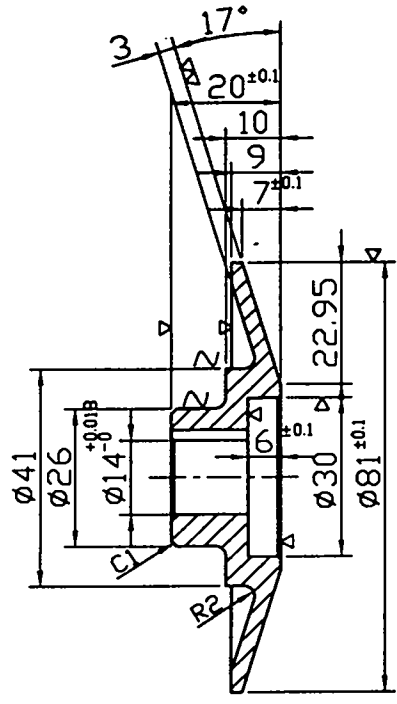
여 백

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|------|------|----|-------|------|------|----|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 12 | 22 | 32 | 4 | 12 | 22 | 32 | 16 | 12 | 22 | 32 | 63 | 12 | 22 | 32 | 12 | 22 | 32 | 250 | 12 | 22 | 32 | 250 | 12 | 22 | 32 | 250 | 12 | 22 | 32 | 250 | 12 | 22 | 32 | 250 | 12 | 22 | 32 | 250 | |
| 1 | ±0.01 | ±0.1 | ±0.3 | 16 | ±0.05 | ±0.2 | ±0.5 | 63 | ±0.1 | ±0.3 | ±0.7 | 250 | ±0.2 | ±0.5 | ±0.9 | 1000 | ±0.3 | ±0.8 | ±1.2 | 1000 | ±0.3 | ±0.8 | ±1.2 | 1000 | ±0.3 | ±0.8 | ±1.2 | 1000 | ±0.3 | ±0.8 | ±1.2 | 1000 | ±0.3 | ±0.8 | ±1.2 | 1000 | ±0.3 | ±0.8 | ±1.2 | 1000 |

| | | |
|------|-----|------|
| 표면처리 | 표면부 | 양도 |
| | 상측부 | 표면처리 |

~(▽,▽▽)

NOTE
 1.지시하지 않은 R은 R0.5로함.
 2.φ14구멍에 대해 17°기공면은 흔들림이 없음.
 흔들림오차는 ±0.025이내일것.
 3.에리크 제거할것.(C0.25)
 4.SAMPLE제작후 승인독 함것.



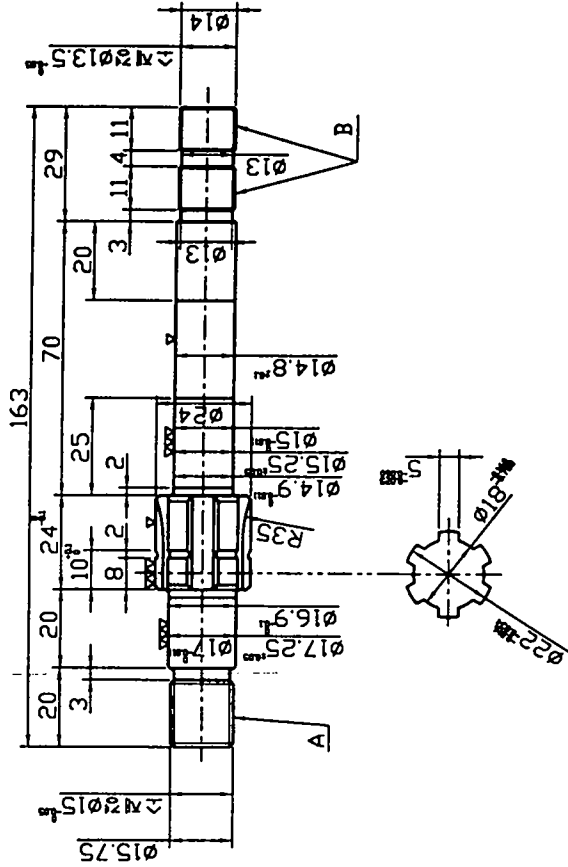
| 번호 | 기호 | 단위 | 수량 | 규격 | 비고 |
|------------|------|----|----|-----------|----------|
| 1 | GC20 | 1 | 1 | GC20 | |
| | 변속 | 1 | 1 | 변속 풀리 (H) | |
| 97년 9월 10일 | | | | | 중앙공업주식회사 |

A4(210x297)



NOTE

- 1.에러라 재기 (CO.25)
- 2.SAMPLE 제작후 용인득 합것.



| A | | B | |
|------------------|--------|--------------------|--------|
| 재료 | SCM415 | 재료 | SCM415 |
| 모듈 | 0.75 | 모듈 | 0.5 |
| 압력각 | 45° | 압력각 | 45° |
| 잇수 | 20 | 잇수 | 27 |
| 기어미시원경 $\phi 15$ | | 기어미시원경 $\phi 13.5$ | |

| | |
|-----|---------------|
| 열처리 | 항온 소염소르 |
| 강도 | 0.6 - 0.8mm |
| 경도 | HRC 50° - 55° |

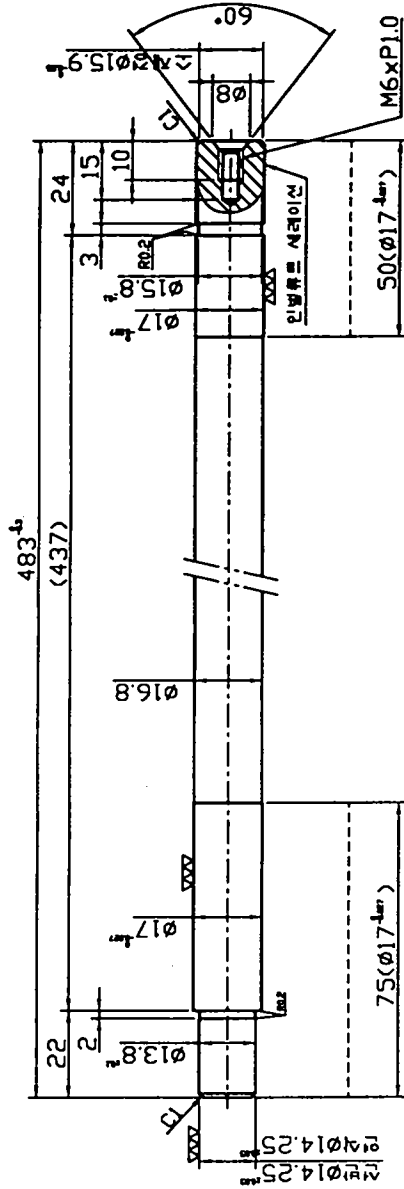
| 경도 | 1B | 2B | 3B | 4B | 1A | 2A | 3A | 16 | 18 | 22 | 32 | 33 | 3B |
|----|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수직 | ±0.01 | ±0.1 | ±0.2 | ±0.5 | ±0.1 | ±0.3 | ±0.7 | ±0.1 | ±0.3 | ±0.9 | ±0.3 | ±0.8 | ±1.2 |

| 도번 | 도면 | 내용 | 수량 | 재질 | 구경 | 비고 |
|----|-----|--------|----|--------|----|----|
| 1 | 기어 | SCM415 | 1 | SCM415 | 25 | 3속 |
| 2 | 회전부 | 회전부 | 1 | 회전부 | | |
| 3 | 회전부 | 회전부 | 1 | 회전부 | | |



NOTE

- 1. ---부 고무미스입스레
- 2. SAMPLE제어후 승인된 형식.

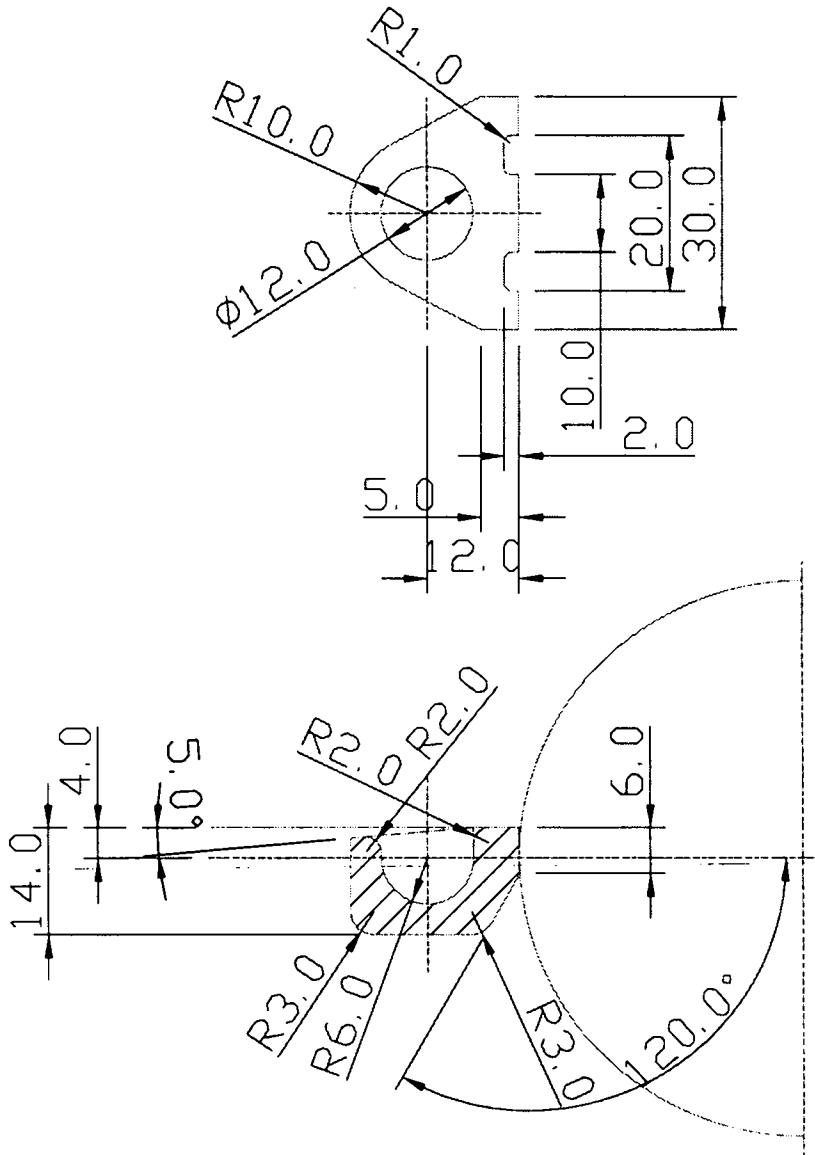


| | | | |
|-------------------|-----|-------|-----------|
| 인발후 2세라미신(7x15x1) | 형식 | 리 | 고무미스입스레 |
| 도 | 1 | 소인 길이 | 06 - 15mm |
| 인 각 | 30° | 경 도 | 45° - 55° |
| 인 수 | 15 | | |
| 기타 비고 | Ø15 | | |

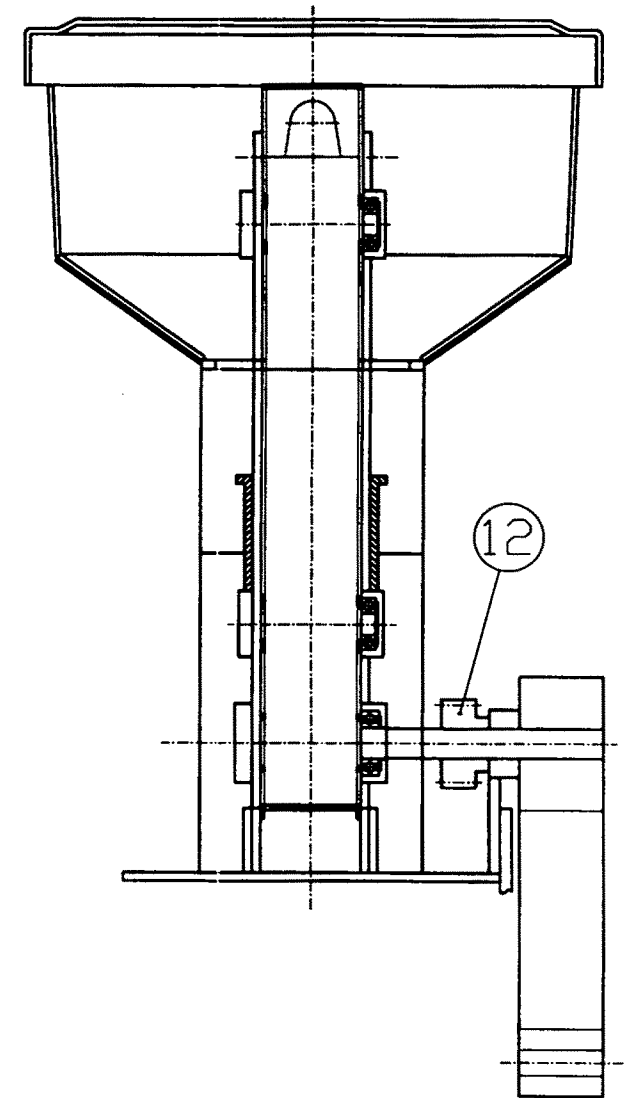
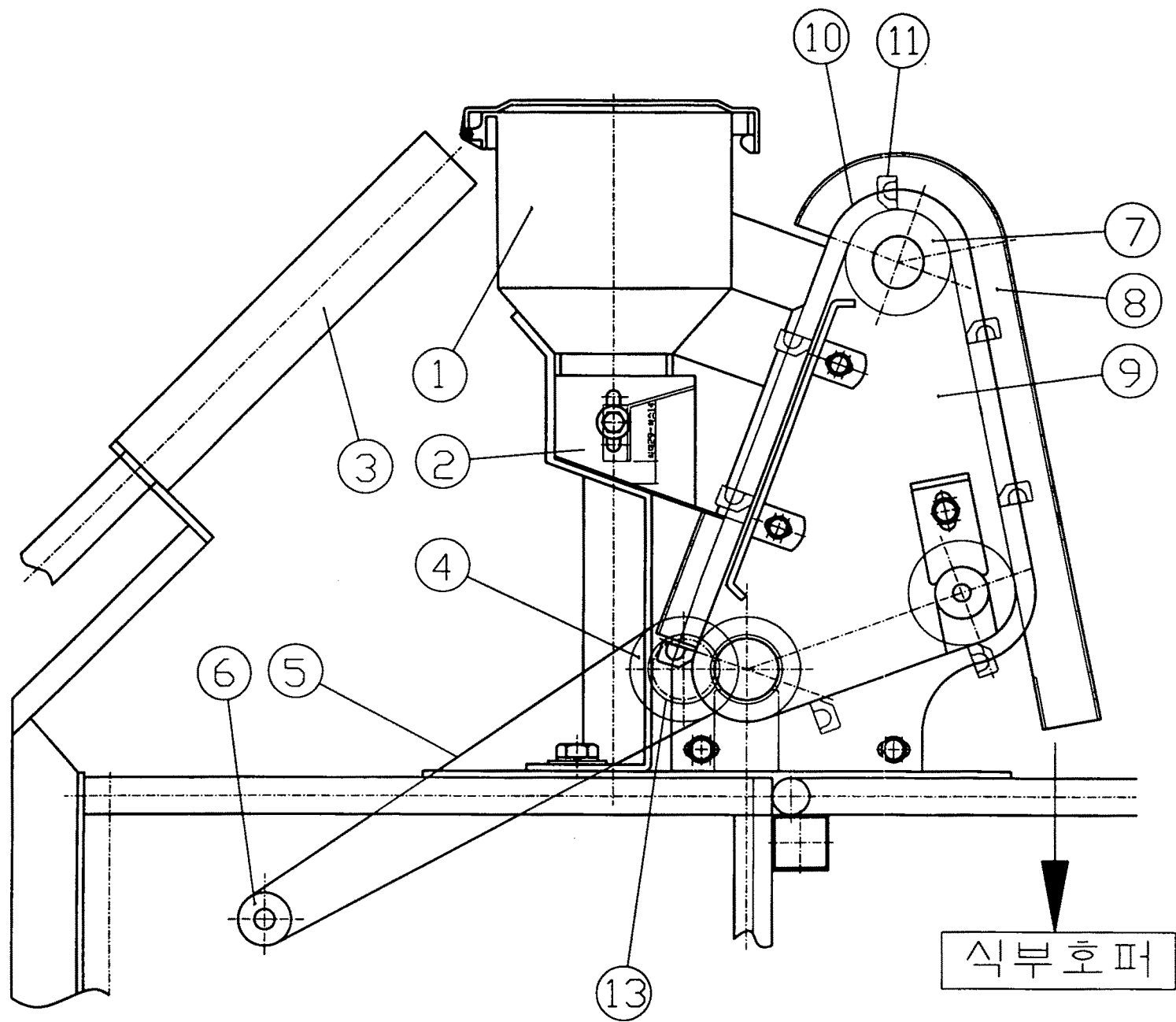
| | | | |
|-------------------|-----|-------|-----------|
| 인발후 2세라미신(7x15x1) | 형식 | 리 | 고무미스입스레 |
| 도 | 1 | 소인 길이 | 06 - 15mm |
| 인 각 | 30° | 경 도 | 45° - 55° |
| 인 수 | 15 | | |
| 기타 비고 | Ø15 | | |

| | | | |
|-------|-----|-------|-----------|
| 도 | 1 | 소인 길이 | 06 - 15mm |
| 인 각 | 30° | 경 도 | 45° - 55° |
| 인 수 | 15 | | |
| 기타 비고 | Ø15 | | |

| | | | |
|-------------------|-----|-------|-----------|
| 인발후 2세라미신(7x15x1) | 형식 | 리 | 고무미스입스레 |
| 도 | 1 | 소인 길이 | 06 - 15mm |
| 인 각 | 30° | 경 도 | 45° - 55° |
| 인 수 | 15 | | |
| 기타 비고 | Ø15 | | |



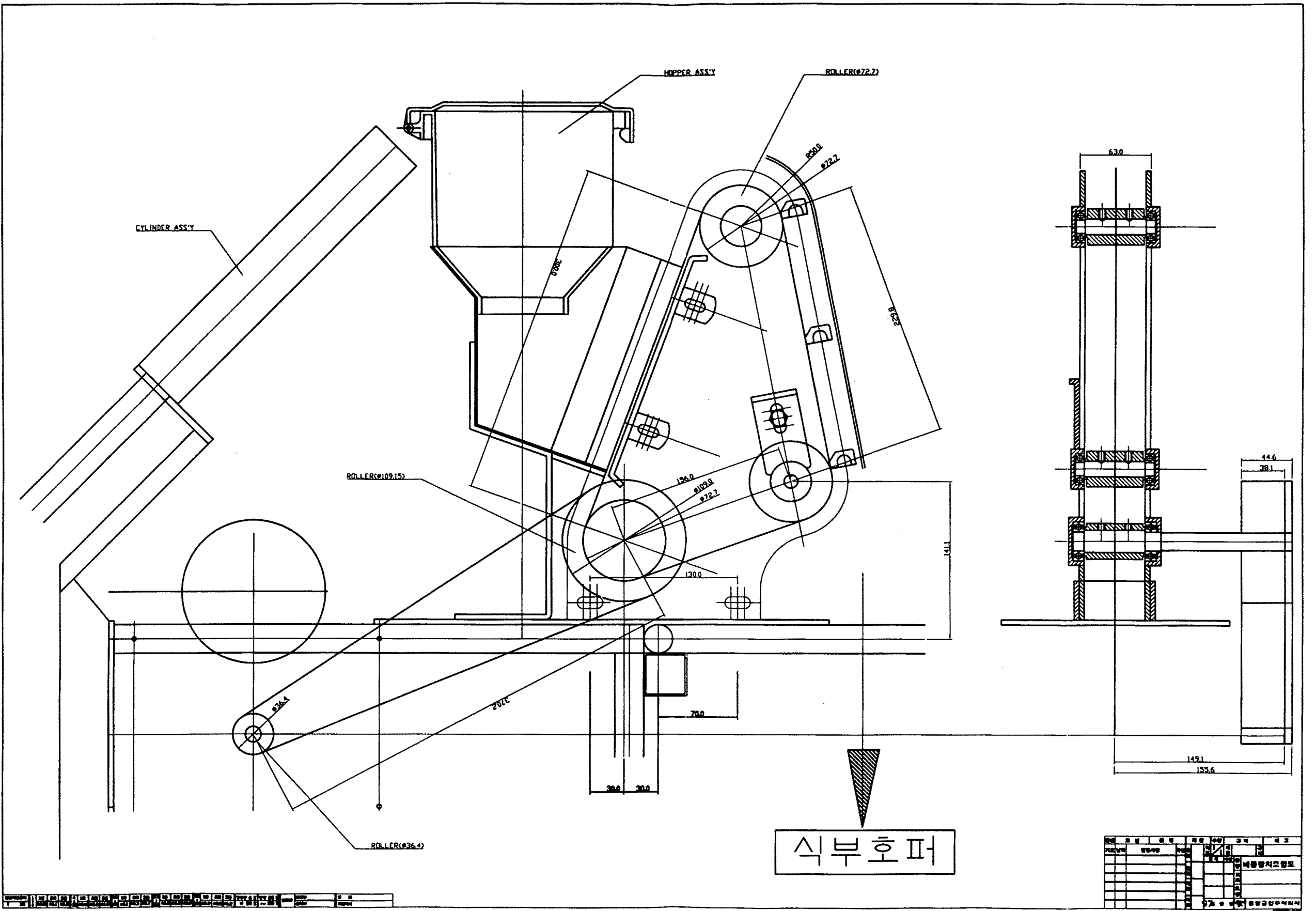
여 백



식부호퍼

| | | | | |
|----|-----------|---|--------|--|
| 13 | 스프링(1)(D) | 1 | | |
| 12 | 스프링(1)(A) | 1 | | |
| | 바 스퀘트 | 8 | | |
| 10 | 리벳 받판(B) | 1 | L-337L | |
| 9 | 리벳 받판(A) | 1 | | |
| 8 | 스프링 받판 | 1 | | |
| 7 | 볼트(24T)B | 2 | | |
| 6 | 리벳 받판(C) | 1 | | |
| 5 | 리벳 받판(A) | 1 | L-360 | |
| 4 | 볼트(24T)A | 1 | | |
| 3 | 스프링 받판 | 1 | | |
| 2 | 스프링 받판 | 1 | | |
| 1 | 호퍼 받판 | 1 | | |

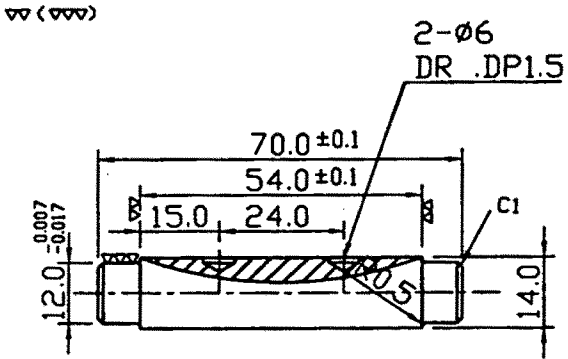
여 백



여 백

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|-------|------|------|----|-------|------|------|----|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|--------|---------|--|
| 일반가공용사 (>) | 1 | 1급 | 2급 | 3급 | 4 | 1급 | 2급 | 3급 | 16 | 1급 | 2급 | 3급 | 63 | 1급 | 2급 | 3급 | 250 | 1급 | 2급 | 3급 | ▽▽ 6 S | ▽▽ 25 S | |
| | 4 | ±0.01 | ±0.1 | ±0.3 | 16 | ±0.05 | ±0.1 | ±0.3 | 63 | ±0.1 | ±0.3 | ±0.7 | E-50 | ±0.2 | ±0.5 | ±0.9 | 100 | ±0.3 | ±0.8 | ±1.2 | ▽ 50 S | ~ 100 S | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | |
|-----|-----|------|
| 영조표 | 표면부 | 영 조 |
| | 입력부 | 표면조표 |

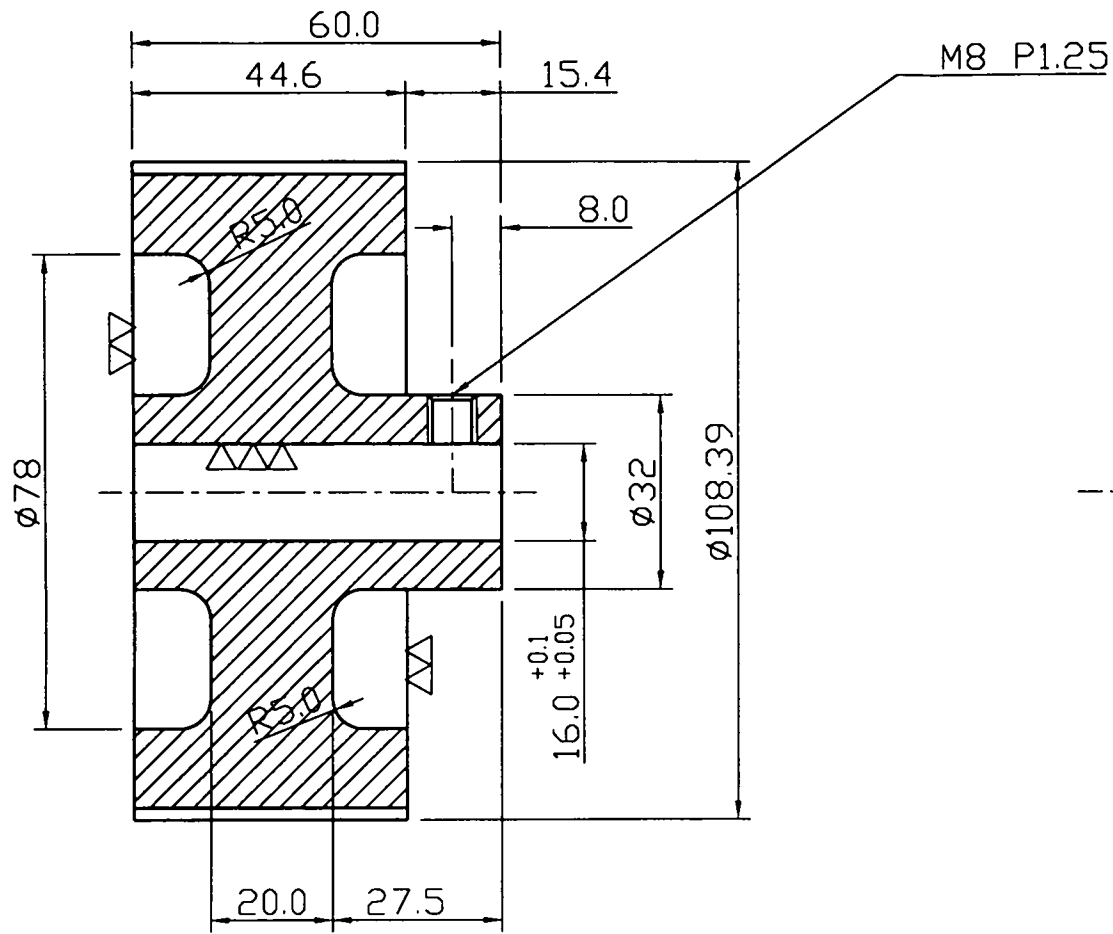


| 형식 | 부품 | 수량 | 규격 | 비고 |
|----|------|----|------------------|-------|
| 기호 | 부품명 | 수량 | SM45C | Ø14mm |
| | 표정사항 | 1 | | |
| | 확인 | 1 | | |
| | 수입 | | | |
| | 제조 | | | |
| | 사보 | | | |
| | | | ROLLER SHAFT (A) | |
| | | | 경양공업주식회사 | |

A4(210x297)

여 백

여 백

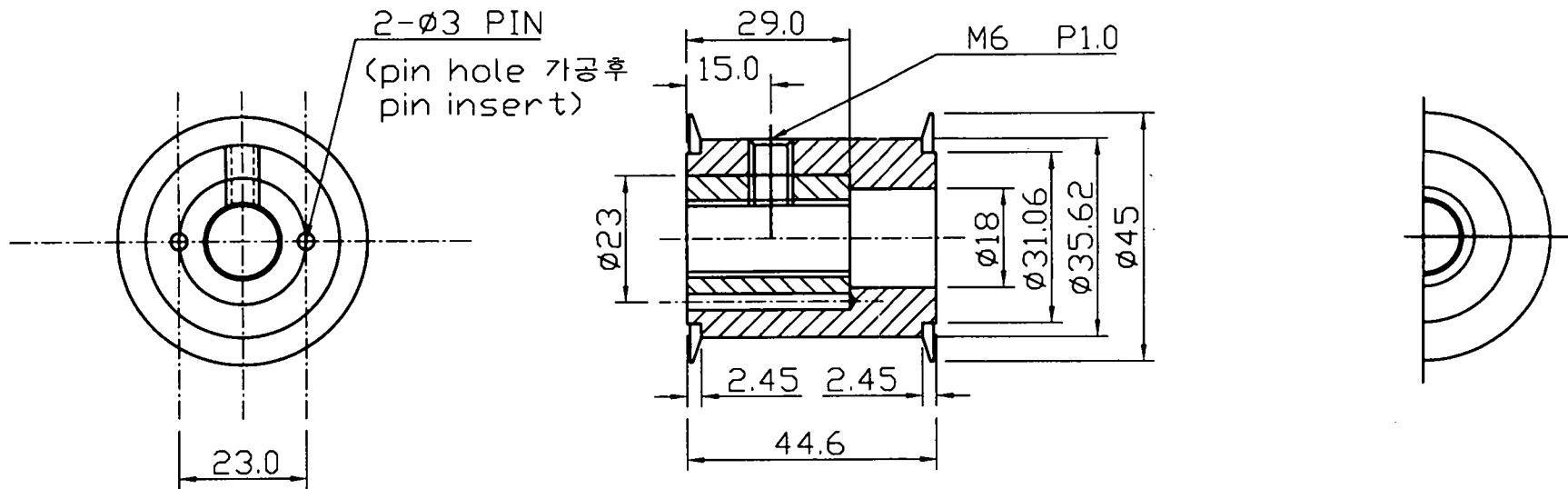


| | |
|---------------|----------------------------|
| 경도 | 표면처리 |
| 표면부 | 심부부 |
| 열처리 | |
| ▽▽ 6 S ~ 50 S | ▽ 25 S ~ 100 S |
| 일반기량공차 | |
| 1/4 | 1급 ±0.01, 2급 ±0.1, 3급 ±0.3 |
| 4/16 | 1급 ±0.05, 2급 ±0.2, 3급 ±0.5 |
| 16/63 | 1급 ±0.1, 2급 ±0.3, 3급 ±0.7 |
| 63/250 | 1급 ±0.2, 2급 ±0.5, 3급 ±0.9 |
| 250/1000 | 1급 ±0.3, 2급 ±0.8, 3급 ±1.2 |

| 품번 | 도번 | 품명 | 재질 | 수량 | 규격 | 비고 |
|----|----|------|----|-------------|-------|-------------|
| 기호 | 날짜 | 변경사항 | 확인 | 1/1 | A2024 | 36 |
| | | | 인 | 형식 | 수량 | |
| | | | 부 | 1 | 영 | PULLEY(BIG) |
| | | | 제 | | 비 | |
| | | | 사 | | 표 | |
| | | | 도 | 97년 08월 20일 | | 중앙공업주식회사 |

여 백

| | | |
|----------|-----------|--------------------------------------|
| 인벌류트세레이션 | | |
| 파 | 돌 | 0.5 |
| 압 | 력 각 | 45 |
| 잇 | 수 | 27 |
| 기 | 준 피치 원 지름 | φ13.5 |
| 소 | 경 | φ12.7 ^{+0.070} ₀ |
| 대 | 경 | φ14 |
| 오 | 버 핀 지름 | 11.459±0.044 |



| | |
|--------|---------|
| 경도 | 표면처리 |
| 표면부 | 심부부 |
| 영처리 | |
| ▽▽ 6 S | ▽▽ 25 S |
| ▽ 50 S | ~ 100 S |
| 일반가공정차 | |
| ()급 | |

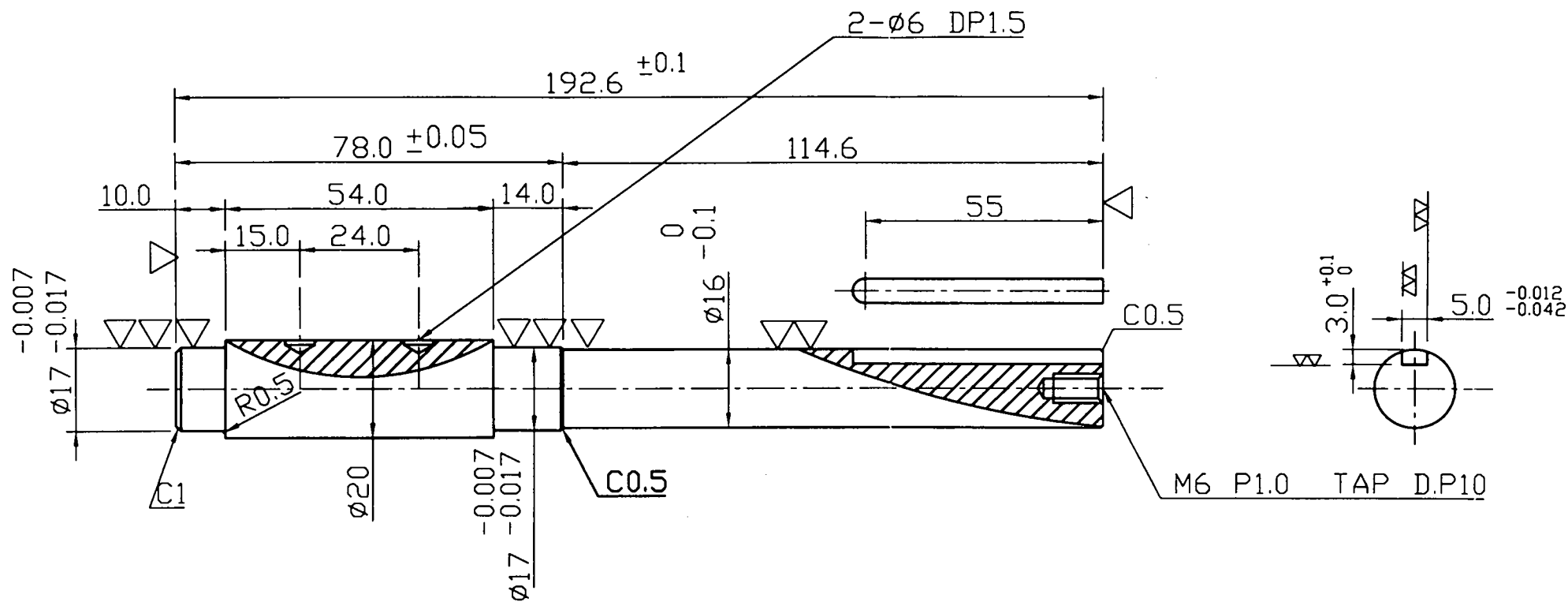
| 품번 | 도면 | 품명 | 제질 | 수량 | 규격 | 비고 |
|----|----|------|------|-------------|----------|-------------------|
| 기호 | 날짜 | 변경사항 | 확인승인 | 도면 1/1 | 제질 A2024 | 규격 12(6F) |
| | | | 검도 | 양식 | 수량 1 | 용도 PULLEY (SMALL) |
| | | | 제도 | | | |
| | | | 사도 | | | |
| | | | | 97년 08월 20일 | | 중앙공업주식회사 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|------|------|----|-------|------|------|----|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 1급 | 2급 | 3급 | 4 | 1급 | 2급 | 3급 | 16 | 1급 | 2급 | 3급 | 63 | 1급 | 2급 | 3급 | 250 | 1급 | 2급 | 3급 |
| 4 | ±0.01 | ±0.1 | ±0.3 | 16 | ±0.05 | ±0.2 | ±0.5 | 63 | ±0.1 | ±0.3 | ±0.7 | 250 | ±0.2 | ±0.5 | ±0.9 | 1000 | ±0.3 | ±0.8 | ±1.2 |

여 백

여 백

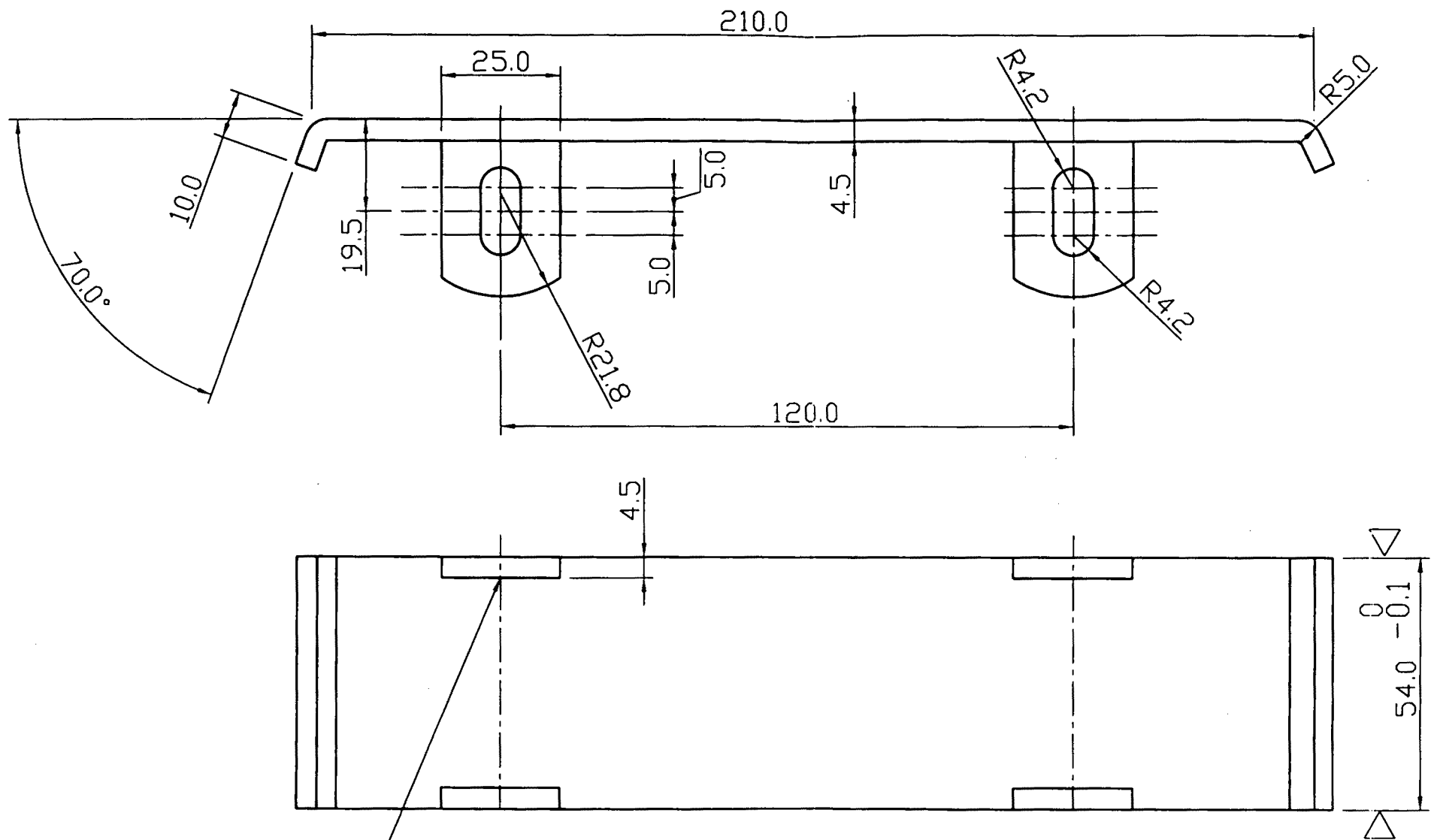
여 백



| | | | | |
|-------|------|------|------|------|
| 표면처리 | 표면부 | 표면부 | 표면부 | 표면부 |
| S | S | S | S | S |
| 25 | 100 | 100 | 50 | 6 |
| Δ | Δ | Δ | Δ | Δ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 16 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 16 |
| ±0.01 | ±0.1 | ±0.3 | ±0.5 | ±0.7 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 16 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 16 |
| ±0.1 | ±0.3 | ±0.7 | ±1.2 | ±1.2 |

| 품번 | 도면 | 명칭 | 재질 | 수량 | 규격 | 비고 |
|----|----|------|----|----|-------|-----------------|
| 기호 | 날짜 | 표장사항 | 확인 | 1 | SM45C | |
| | | | 인 | | | |
| | | | 지 | 1 | | ROLLER SHAFT(B) |
| | | | 제 | | | |
| | | | 사 | | | |
| | | | 단 | | | |
| | | | 단 | | | |
| | | | | | | 중앙공업주식회사 |

여 백



4개소 - 15mm 접

| | | | |
|---------|---------|--------|---------|
| ▽▽▽ 6 S | ▽▽ 25 S | ▽ 50 S | ▽ 100 S |
| 표면부 | 표면부 | 표면부 | 표면부 |
| 장도 | 표면처리 | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|------|------|----|-------|------|------|----|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 1급 | 2급 | 3급 | 4 | 1급 | 2급 | 3급 | 16 | 1급 | 2급 | 3급 | 63 | 1급 | 2급 | 3급 | 250 | 1급 | 2급 | 3급 |
| 4 | ±0.01 | ±0.1 | ±0.3 | 16 | ±0.05 | ±0.2 | ±0.5 | 63 | ±0.1 | ±0.3 | ±0.7 | 250 | ±0.2 | ±0.5 | ±0.9 | 1000 | ±0.3 | ±0.8 | ±1.2 |

| 품번 | 도면 | 품명 | 제질 | 수량 | 규격 | 비고 |
|----|----|------|----|------------|-------|---------------|
| 기호 | 날짜 | 변경사항 | 확인 | 1 | SB41F | t=4.5 |
| | | | 인승 | 영식 | 수량 | |
| | | | 비고 | 1 | 요령 | SUPPORT ASS'Y |
| | | | 제도 | | 표면 | (TIMING BELT |
| | | | 사도 | | 표면 | |
| | | | | 97년 8월 19일 | | 중앙공업주식회사 |