

최 종  
연구보고서

정밀 고속 파종 로봇 시스템 개발  
Development of Precision and High Speed  
Seeding Robot System

헬퍼로보틱

농림수산식품자료실



0016209

농림수산식품부

7  
99x  
08-116

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “정밀 고속 파종로봇 시스템 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2008년 4월 24일

주관연구기관명 : 헬퍼로보텍

총괄연구책임자 : 오 태 한

1세부연구책임자 : 민 영 봉

(협동연구기관 : 경상대학교)

연 구 원 : 문 성 원

연 구 원 : 권 효 동

연 구 원 : 박 찬 호

2세부연구책임자 : 이 형 기

(협동연구기관 : 부경대학교)

연 구 원 : 김 동 원

연 구 원 : 이 덕

연 구 원 : 이 창 훈

3세부연구책임자 : 오 태 한

(주관연구기관 : 헬퍼로보텍)

연 구 원 : 김 근 영

연 구 원 : 황 근 섭

연 구 원 : 조 동 경



# 요 약 문

## I. 제 목

### 정밀 고속 파종로봇 시스템 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

시설원예의 기본은 육묘공급에서 비롯되었으며 플러그묘 생산기술이 도입된 1992년 이래 전국에는 300여 개소의 상업적인 육묘공장이 가동되고 있으며, 육묘공장의 핵심적인 필수장비가 자동파종시스템이다. 육묘공장에서는 작물의 파종시점이 되면 단기간 작업 집중현상이 있어 고속 생산시스템의 요구가 항상 대두되고 있으며, 한편으로는 과채류의 접목작업이 확대되면서 균일묘, 고품질묘 생산이 특별히 요구되고 이와 관련 정밀 파종기술이 요구되고 있다. 종자를 트레이 셀의 중앙에 1립씩 파종하는 정밀파종을 위해서는 니들식 파종방식이 최선이나, 파종속도가 유럽에서 사용하는 드럼식보다 저조하다. '93년도이후 국내 헬퍼로보텍에서 개발상품화한 자동파종시스템은 정밀성과 가격면에서 국제경쟁력을 확보하여 지금까지 전국에 걸쳐 독점적으로 공급되어 외화유출을 막고, 국제무대에서도 수요가 증가하고 있으나, 향후 국제경쟁력을 계속 유지하기 위해서는 정밀파종기술 및 고속파종기술이 관건으로 작용할 전망이어서 국제경쟁력의 우위를 확보할 수 있는 정밀성과 고속성이 우수한 파종기의 개발이 요긴한 과제로 대두되었다.

## III. 연구개발 내용 및 범위

현재까지 세계적으로 상품화된 파종시스템의 구성은 상토혼합과쇄-트레이 이송-상토충전-진압-파종-복토-관수 과정으로 이루어져 있으며, 빈 트레이 공급, 종자공급과 보충, 결과된 셀의 보파, 파종완료 트레이 적재 및 발아실 운반 작업은 인력으로 이루어져 기계조작을 포함 총 3인의 작업인력이 필요하다. 본 연구에서 개발한 파종기는 전 작업과정을 완전 자동화하므로

서 1인의 감시인력으로 파종트레이 100장 단위 적재와 종자함에 종자투입 만을 하면 파종율을 95-99%로 유지하면서 600장/시간의 고속작업이 가능한 무인 운전의 로봇개념을 적용한 차세대 정밀 고속 파종시스템을 개발하였다. 파종시스템 개발을 위하여 분담한 연구과제와 범위는 다음과 같다.

1. 기계적 최적구조 연구
  - 각 기계 최적구조 구명
  - 각 기계 마스터도면 설계
  - 장치 시험 및 분석
2. 자동화장치 연구
  - 파종결과 감시장치
  - 자동보파 시스템
  - 기초회로 설계 및 시험
3. 시작기 개발
  - 제작도면 작성, 기계제작, 시운전 및 개선
  - 상품화 지향 시작기 설계 제작

## IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

### 1. 연구개발 결과

#### 가. 기계적 최적구조 연구

##### 1) 기계별 최적구조 구명

###### 가) 자료조사

- (1) 파종시스템의 개발방향을 결정하기 위하여 관련 문헌과 기존의 제품 조사 및 사용농가의 방문조사를 실시하였다. 조사결과 가장 정밀한 파종기계의 방식은 노즐식이며 파종속도를 높일 수 있는 방법이 연구의 요건으로 판단되었다.
- (2) 노즐식 자동파종기의 최적 작동조건을 연구한 논문들에서 파종율에 영향을 미치는 주요 요인은 노즐의 내경, 종자받이 바닥면으로부터 노즐 끝의 거리, 노즐에 작용하

는 흡입 진공압, 종자 트레이의 진동압력 및 파종속도라고 하였다. 그러나 최적 종자 파종성능을 유지하는 종자받이의 진동조건을 구명한 연구는 없었다.

- (3) 근래 국내에 넓게 보급되고 있는 대규모 파종시스템은 상토혼합, 상토공급, 진압, 파종, 복토 및 관수의 작업과정이 대부분 자동화 되어 있고, 제작 기술도 안정되어 있으나 국제경쟁력을 갖추기 위해서는 고속으로 정밀하게 파종할 수 있는 것이 요구되었다.
- (4) 국제 경쟁력 면에서 파종시스템의 파종속도는 현재의 1.5배 이상이어야 하고, 조작 인력 줄이기 위하여 종자트레이 공급, 소모종자 공급 및 파종 완료한 트레이의 적재 등 작업을 자동화하는 기계의 개발이 필요하고, 노즐식 파종기의 최대파종율은 92%이므로 걸파된 셀을 골라 자동으로 보충 파종하는 기계의 개발이 당면한 과제로 판단되었다.

#### 나) 종자관 최적 진동조건 구명

노즐식 파종장치의 파종율을 향상시키기 위한 종자관의 진동조건을 구명하기 위해, 고추종자의 반발계수 측정시험, 공기진동자의 진동공기압과 편심추 변화에 따른 종자관의 진동시험, 종자관 진동에 따른 종자의 진동시험 및 파종시험을 실시하였다. 종자관과 종자의 진동거리에 관한 모든 시험은 고속카메라로 촬영하고 분석하였다. 시험결과 최대의 파종율을 나타내는 종자관의 최적 진동조건은 종자관의 진폭 0.61 mm, 진동수 43.6 Hz이었으며, 이 때 셀당 종자량 300립일 때이며 파종율은 98%로 나타났다. 계속 파종에 의한 종자의 소모가 일어나 셀당 종자량 200립에서 파종율이 88%로 떨어지게 되므로 최대파종율을 유지하기 위해서는 소모종자의 지속적인 보충이 필요하였다.

#### 다) 기계별 최적 구조 도출

정밀 고속 파종로봇 시스템을 구성하는 단위 기계와 장치의 최적 구조는 문헌조사, 육묘공장 현장조사 및 기초시험을 실시한 결과를 이용하여 도출하였고, 마스터 설계의 자료로 제공되었다. 최적 구조가 도출되어 고안된 기계와 장치는 파종트레이 자동공급기, 상토 공급충전기, 자동 진압기, 고속 정밀 파종기, 사용종자 자동보충기, 파종결과 감시장치, 파종결과 모니터, 자동복토기, 자동복토기, 자동관수기 및 트레이 자동적재장치 등이며, 시작기 제작 후 시험을 통해 문제점이 발생한 것은 재 고안 및 마스터 설계를 하고 성공할 때까지 이 작업은 반복하였다.

## 2) 기계별 마스터 설계

기계적 최적구조 연구(제1연구과제)에서는 고속 정밀 파종로봇 시스템의 구성에 필요한 각 기계 및 장치의 기계적 최적구조를 연구하는 내용으로 먼저 최적구조를 자료조사와 시험을 통하여 구명하였고 이 결과를 토대로 주요설계제원을 제시한 마스터 도면을 설계하여 제3과제인 시작기 개발 과제에 제시하여 상세제작도면을 작성하고 기계를 제작하면 각 기계를 시험분석한 후 개선 또는 새로운 구조의 기계고안의 과정을 거쳐 각 기계와 장치를 개발하였다. 시행착오적인 과정을 거쳐 마스터 설계한 기계는 파종트레이 자동공급기, 상토 공급충전기, 자동 진압기, 고속 정밀 파종기, 사용종자 자동보충기, 파종결과 감시장치, 파종결과 모니터, 자동보파기, 자동복토기, 자동관수기 및 트레이 자동적재장치이다. 모든 기계와 장치들은 파종속도 600매/시간, 파종율 95% 이상을 유지할 수 있는 조건을 만족하도록 고안하고 설계하였다.

### 나. 자동화장치 연구

노즐형 파종기의 최대 파종율은 95%정도로서 파종기 자체의 구조적 특징 때문에 아무리 구조를 개선하여도 이 이상의 파종율을 달성하기는 어렵다. 본 연구에서는 컴퓨터 시스템을 이용하여 95%이상의 파종율 설정치에 맞추어 파종율을 확보하기 위한 파종결과 감시장치와 자동보파기를 개발하였다. 파종결과 감시장치의 시험결과 고추종자 기준 100회 작동에서 에러발생을 5% 이내로 나타났다. 자동보파기의 시험결과 설정파종율을 95%~100%로 했을 때 보파에 의한 최대 파종율은 99.5%로 나타났다.

### 다. 시작기 개발

본 연구과제에서는 기계적 최적구조 구명과, 자동화장치 연구과제로부터 획득한 자료를 토대로 정밀 고속 파종시스템의 각 단위기계를 설계제작하고 시험운전하여 문제점을 개선하여 완벽한 단위기계와 장치를 개발하고, 각 단위 기계를 벨트구동형 파종라인상에 설치한 전체 시스템을 개발하였다. 개발한 정밀 고속 파종시스템은 전 작업과정을 완전 자동화하여 1인의 조작인력으로 파종트레이 100장 단위 적재와 종자함에 종자투입 만을 하면 파종율을 95~99%로 유지하면서

600장/시간/인 의 고속작업이 가능하게 하여 기존의 133장/시간/인 과 파종율 90% 에 비해 4.5 배의 속도와 능율을 가졌다. 각 단위 기계와 장치의 개발 결과는 다음과 같다.

#### 1) 파종트레이 자동공급기 개발

- 트레이간 낄을 방지한 자동공급기용 플라스틱 전용트레이 개발 채용
- 포장 단위인 100장들이 블럭을 세팅
- 쇄기형 분리날의 왕복에 의한 낱장씩 분리 공급
- 6초당 1매 분리, 전용트레이 100% 분리성공

#### 2) 상토공급충전기 개발

- 시장 요구에 부응한 간이 혼합기 장착
- 충분량 상토 공급 공간 확보를 위해 흡어주기, 눌러주기, 쓸어주기 기능의 조절 장치를 독립 구조로 설치
- 시간당 600장 이상의 상토충전

#### 3) 자동진압기 개발

- 기존의 예비 드럼통 구비가 고비용이므로 상하 진압식으로 개발
- 재사용 트레이의 변형 구조로 진압 오류발생을 방지하기 위해 전후 누름 로라 적용
- 전후 누름 롤러 장치로 진압 작업 중 확실한 평면 유지, 재사용 트레이의 변형 구조로 진압 오류발생을 방지하여 트레이의 파종위치 정밀성 유지
- 시간당 600장 이상의 진압작업

#### 4) 고속 정밀 파종기 개발

- 파종 열을 복수(2개)로 한 듀얼 파종기로 고속파종이 가능
- 흡입과 배기를 상호 교호적으로 시행하며, 흡입시간을 충분히 주어 정밀파종
- 파종 속도가 1열 파종기에 비해 1.5배 - 1.8배
- 시간당 6만셀 이상 파종, 파종율 95% 이상
- 최적 종자의 최적 진동조절과 보파로 최대 99%까지 파종율 달성가능

#### 5) 사용종자 자동보충기 개발

- 무축 스프링 회전에 의한 밀어내기 방식이므로 배추-수박에 이르기까지 파손 없이 보충공급 가능
- 매 파종열 단위 작동시 마다 해당량 종자 자동보충
- 오차율 10%이내의 정밀 보충



#### 6) 파종결과 감시장치 개발

- 파종기 중간에 설치된 단일 드롭가이드 구멍 좌우측 광센서에 의한 파종결과 센싱
- 기계측에 LED램프 색깔로 파종(청색), 결과(적색) 구분 표시
- 컴퓨터에 의한 분석으로 결과 상태 색출
- 파종 상태를 모니터로 표시하고 세팅된 파종율에 미달 시는 경보 표시
- 해당 파종관 단위 파종율 표시
- 전체 작업 로트(lot) 단위 누적 파종율 표시
- 파종결과 데이터를 저장하고 자동보파기의 보파정보로 제공
- 연속 100회 작동 후 에러 발생율 5% 이내

#### 7) 자동보파기 개발

- 아웃사이드가 아닌 원 컨베이어 라인 유지 보파기 설치
- 파종결과 감시장치 모니터와 PC에서 제공 된 결과 정보를 받아서 해당 좌표만 보파작동(독립적 노즐 방식)
- 기계 가격 저렴, 사용방법 용이
- 파종율이 설정치 이상이면 무작동 통과, 파종율 95% 이상의 설정치 실현

#### 8) 자동복토기 개발

- 복토 재료는 광물질, 미세분진 비산 우려 대상이므로 밀폐 구조로 개발
- 회수, 리필 단일 공급방식
- 복토 두께, 표면 정리 임의 조정 가능
- 시간당 600장 이상으로 복토 가능토록 호퍼 용량 증대

#### 9) 자동관수기 개발

- 파종직후 간이 관수장치, 복토 후 충분 관수장치 적용으로 정밀 발아에 기여
- 액비 정밀 비례 혼입기 설치로 기능성 관수 가능
- 3단계 관수 노즐대 적용 미세 정밀 관수 기능
- 시간당 600장 이상으로 관수 가능

#### 10) 트레이 자동적재장치 개발

- 육묘공장, 농가 현장 요구대로 파종 완료된 트레이 5장 단위로 자동 적재
- 지그재그 겹침은 현장 이동시 안정감 저해로 정상 겹침 구조 채용
- 블록 단위 완료 후 대기 컨베이어로 이동하기 용이 하도록 경사 구조 설정
- 시간당 600장 이상으로 자동적재 가능

## 2. 활용에 대한 건의

### 가. 활용계획 (건의)

- 1) 농림부 - 대규모 육묘공장용 파종장비 도입지원 및 관련 기술 보급
- 2) 주관기관(헬퍼로보텍) - 상품화 생산, 산업재산권(특허) 출원
- 3) 농업인 - 저비용 파종장치 및 파종기술 도입
- 4) 학 계 - 기초자료로 활용

### 나. 활용자료

- 1) 결과보고서 - 반자동 파종시스템 개발 기술, 파종과 육묘기술
- 2) 산업재산권 출원

# SUMMARY

## Development of Precision and High Speed Seeding Robot System

### 1. Introduction

The sufficient condition of vegetable seeding machine to compete in world markets is that the machine have the seeding performances of precision and high speed.

This study was consisted of three sub-projects. The first one of sub-projects was to study on the optimal structures of each unit machines and equipments by which consist the seeding robot system for vegetable plug seedling. The second one of sub-projects was to study on the automatic equipments of the seeding robot system. The third one of sub-projects was to develop the seeding robot system such as commercial level with precision and high speed performances.

The results are summarized as follows.

### 2. Study on the optimal structure of each unit machines

#### A. Investigations of the optimal structures of each unit machines

##### 1) Results of survey

- a) For deciding the direction of developing the seeding system, the related references and the commercial seeding system were surveyed. It was considered that the optimum seeder for plug production could be seeded each grain of one by one in the cell of plug tray in use of the needle tip with vacuum pump.
- b) Few studies of optimum operation conditions of a automatic seeder with nozzle were reported that the seeding rate(the number of cells put into only one seed

per total cells a tray) was depending on the change of the inner diameter of needle, the distance from the needle tip to the bottom of seed hopper, absorbing pressure, the pressure of vibrating the seed hopper and seeding speed. But the optimum vibrating conditions of seed hopper for best seeding performances was not reported by studies.

- c) At present, the larger scale of seeding system was supplied widely in Korea. This large scale system equipped with automatic seeding processes such as mixing medium materials, filling medium in plug tray, doing to dibble, sowing, covering and irrigating. Now a days, the larger scale of seeding system was stable in manufacturing techniques but it was needed to have precision and high speed performances to compete in world markets.
- d) For this competition, it will need to raise seeding speed up to over 1.5 times of present system, to change as automatic operation of many of manual works which are the works of putting each plug tray on belt line, collecting the medium soil exceeded from filling it in the plug tray and in all seeding process, refill for consumption seeds in seed hopper, re-sowing a seed in seeding failing cell of plug tray and stacking of the plug tray finished seeding for moving to germination room.

## **2) Effect of the seed hopper vibration on the vacuum nozzle seeder**

The seeding rate of the vacuum nozzle seeders are affected by vibrating jump height of the seeds on the seed hopper. This study was performed to investigate optimum vibration condition of the seed hopper on the vacuum nozzle seeder for improving seeding rate. Experiments were carried out such factors to determine the vibration conditions of the seed hopper as air pressure and eccentric weight, and to optimize the seed-pickup performance to each nozzle as suction pressure, respectively.

As the result with the vibrating seeding hopper, the fluctuations of the jump height of the seeds were showed above amplitude 0.4 mm and frequency 42 Hz, and instant jump heights of the seeds exceeded these limits were varied with

higher range than those of the conditions. The impacts of the frequencies were stronger than those of the amplitudes on the vibration of the seed hoppers. The space density of the instant jump heights of the seeds were displayed on the higher ranges, with the lower frequencies and the lower mean instant jump heights of the seeds.

With the results of the seeding rate experiments, the best seeding rate of the seed hopper was revealed 98% on the 300–seed cell, when the conditions of the seed hopper were pickup air pressure at 94.6 kPa–abs., amplitude and frequency of the vibration were at 0.57 mm and 43.6 Hz, respectively.

The optimum vibrating conditions of the seed hopper were analyzed as the frequencies were 43.6–43.8 Hz and the amplitudes were 0.61–0.62 mm.

### **3) Establishment of the optimal structure of each unit machines**

Optimal structure of each unit machines of precision and high speed seeding robot system was established by using the results from review of studies, surveys in seedling production factories and experimental test for insufficient technical information. These optimal structures were offered to devise and draw master design of each unit machines which are plug tray supplying machine, medium filler, medium dibbler, seeder, consumption seeds refill device, re–seeding machine, water irrigator, medium top dresser and plug tray stacker.

### **B. Master design of each unit machines**

Master designs of unit machines of precision and high speed seeding robot system was performed and was offered to manufacture of the each machines. These design works was considered that the newly developing precision and high speed seeding robot system could have 600 tray/hr seeding speed and seeding rate over 95% by one man operator. But conventional seeding systems had 400 tray/hr seeding speed by three men operator. The each machines manufactured by offering of master design

were tested and the machines had not sufficient performances were continued to investigate other optimal structure. The machines treated in this part study were automatic plug tray feeder, medium filler, automatic dibbler, precision and high speed seeder, consumption seeds refill device, enclosed type top dresser, automatic irrigator and automatic tray stacker.

### **3. study on the automatic equipments**

The nozzle type seeder has limited characteristics of its seeding rate not reach to 100%.

Usually the seeding rate is less or more 90% regarding to working condition.

It is possible that seeding rate increasing to 99% by using additional seeder.

### **4. Development of prototype of the seeding robot system**

At this R&D project, we have done target as follows

- Precision Seeding Rate : up to 99%
- High Speed productivity : 600 trays/hr
- Saving man power : 133 trays/hr/man → 600 trays/hr/man

### **5. Manufacturing of test machine**

(1) Auto tray feeder

- One packing unit of tray is 100 trays
- Loading from up to down by 1Box (100 trays)
- Separating one by one at bottom level
- working speed is 6sec/tray
- If using special made tray, success rate is 100%

(2) Flat Filler

- Handy Mixer attached by require of market

- To supply enough medium space, spreading, pressing and sweeping device was installed at separated space.

- It is possible more than 600 trays/hr

### (3) Auto Dibbler

- It is essential to be installed pressing roller before and after position of Dibbling for using re-use plastic tray which is not even of its shape.

- It is possible more than 600 trays/hr.

- Regarding the tray sorts, changeable dibbling bar and dibbling knob.

### (4) Precision and High speed seeder

- It has dual (A & B) needle bar (manifold)

So when A is sucking B is seeding, by this method, any time sucking, any time seeding.

- For precision, it needs enough time to sucking and for high speed in short time cycling of working.

- Productivity : possible 60,000 cells/hr

- Accuracy : more than 95%

### (5) Auto seeds refill device

- Using non-shaft spring revolving device, the refill seeds come out from hopper.

- Regarding to seeding work speed, it is necessary to refill seeds in proportion to consumption.

- Accurate refilling is possible by revolving speed control.

### (6) Monitoring of seeding work result

- Between from seeding needle to cell of tray, there is **【drop guide】** .

At the both side of drop guide, there is photo sensor. When the seed go down to cell, it operates and monitoring by LED lamp and LCD Monitor.

- When the system operates at full speed, it is hard to check the result by eye.

- There is PC, collecting all in formations from sensor, and stocking, analysis and showing by original program.

### (7) Auto additional Seeder

- There is many needle at one needle bar. But each needle operates or not is separate not at same work. By information of PC, each needle works seeding or not.
- Also the additional seeding cell is decisioned by PC.
- There is show window before and after seeding rate.

(8) Auto Top Dressor

- If running by high speed, there is many surplus dressing materials.  
So re-covering the materials and re-using is very important.
- There should make problem by its dust.  
So it is essential to make closing device, not open on air.
- Re-covering hopper at under space and by Re-filling Devide by screw conveyor,  
it is possible to make closing device.

(9) Auto Irrigator

- After seeding before top dressing, it is very good to give irrigating device because not moving of seeds when dressing.
- Also the seeds may attach at medium closely, its result good condition for good germination.
- There is proportional Liquid Mixer at optional part to give convenient when using functional watering.

(10) Auto tray stacker

- At the end of conveyor line, it comes out One tray by 6-seconds.  
It is very difficult to handling by labour. So, it stacks 5-trays to be one-block.
- When making one-block, it goes out to conveyor.  
So all logistic is not one tray but one-block.
- It is possible to using high efficiency of germination chamber.  
May be 3~5 times higher.



# CONTENTS

## **1. The conception of R&D**

- 1) Purpose
- 2) Necessity
- 3) Range

## **2. Technology of seeder Domestic & Foreign**

- 1) Global level
- 2) Domestic level
- 3) The reason of not imported
- 4) The status of seeder R&D
- 5) The level of result

## **3. The Result of R&D**

- 1) R&D for best mechanical condition
  - (1) Tray Auto Feeder
  - (2) Flat Filler
  - (3) Auto Dibbler
  - (4) Precision and High speed seeder
  - (5) Auto seeds Refill device
  - (6) Auto Irrigator
  - (7) Top Dressor/Closing type
  - (8) Auto Tray stacker
- 2) Master Design of each machine
- 3) Test and Analysis of each machine

#### **4. R&D for IT-based Auto Device**

- 1) Preface
- 2) Monitoring seeding result
- 3) Auto additional seeder
- 4) In brief

#### **5. Manufacturing the test machine**

- 1) Technology of each stage seeding system
- 2) Each machine
  - (1) Tray Auto Feeder
  - (2) Flat Filler
  - (3) Auto Dibbler
  - (4) Precision and High speed seeder
  - (5) Auto seeds Refill device
  - (6) Monitoring Device of seeding result
  - (7) Auto Additional seeder
  - (8) Auto Top Dressor
  - (9) Auto Irrigator
  - (10) Auto Tray stacker
- 3) In Brief technical point of each machine

#### **6. Achievement of target**

#### **7. Application**

#### **8. Oversea's technical information**

#### **9. Reference Documents**

# 목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요	21
제1절	목적	21
제2절	필요성	22
제3절	범위	22
제 2 장	국내외 기술개발 현황	24
제1절	세계적 수준	24
제2절	국내수준	24
제3절	외국제품이 국내에 수입되지 못하는 이유	25
제4절	국내외의 연구현황	26
제5절	연구개발 결과의 수준	26
제 3 장	연구개발 수행 내용 및 결과	28
제1절	기계적 최적구조 연구	28
1.	기계별 최적 구조 구명	28
가.	자료조사	28
나.	종자판 최적 진동 조건 구명	31
다.	기계별 최적 구조 도출	61
1)	파종트레이 자동공급기 고안	61
2)	상토공급충전기 고안	63
3)	자동진압기 개선 고안	65
4)	정밀·고속 파종기 고안	68
5)	사용종자 자동보충기 고안	74
6)	자동관수장치 고안	76
7)	자동복토기 고안	76
8)	파종 트레이 자동적재장치 고안	77

2. 기계별 마스터 설계	79
1) 파종트레이 자동공급기	79
2) 상토공급충전기	80
3) 자동진압기	81
4) 정밀·고속 파종기	82
5) 사용종자 자동보충기	84
6) 자동관수기	86
7) 자동복토기	86
8) 파종트레이 자동적재장치	88
3. 기계별 시험 및 분석	89
제2절 자동화 장치 연구	90
1. 서언	90
2. 파종결과 감시장치	90
3. 자동보파기	98
4. 연구결과 요약	102
제3절 시작기 개발	103
1. 자동파종시스템의 단계별 기술	103
2. 각 단위 기계의 시작기 제작	108
가. 파종트레이 자동공급기	108
나. 상토공급충전기	110
다. 자동진압기	113
라. 정밀·고속 파종기	114
마. 사용종자 자동보충기	117
바. 파종결과 감시장치	120
사. 자동보파기	122
아. 자동관수기	125
자. 자동복토기	127
차. 파종트레이 자동적재장치	129
3. 각 단위 기계 및 장치의 개발 요약	133

제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도 . . . . .	137
제1절	목표 달성도 . . . . .	137
제2절	관련분야에의 기여도 . . . . .	138
제 5 장	연구개발결과의 활용계획 . . . . .	139
제1절	정밀·고속 파종로봇 시스템의 시장 배경 . . . . .	139
제2절	추가연구, 타 연구에의 응용 . . . . .	139
제3절	기업화 추진방안 . . . . .	140
제4절	홍보 및 마케팅 방안 . . . . .	140
제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 . . . . .	141
제1절	이테리 아트란틱만사의 기술자료	
제 7 장	참고문헌 . . . . .	142

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 제 1 절 목 적

밭작물은 그 종류가 많고, 또한 파종, 재배 및 수확 방법 등이 작목(作物) 별로 달라, 답작의 기계화에는 많은 어려움이 있으며, 또 기계화의 효과도 제한적이다. 밭작물 영농의 여러 작업 가운데에서, 정식(定植) 이전의 종자 선별, 배종(排種, 播種) 및 육묘 등 제(諸) 작업들은 포장(圃場)에의 정식 이후 재배, 관리 및 수확 작업에까지 영향을 미치므로, 각기 높은 정밀도를 필요로 한다. 따라서 종자의 정선에서 육묘까지의 공정을 공장화한 공정육묘장(工程育苗場)의 운용이 확대되고 있다.

우리나라의 경우, 시설화된 공정육묘장의 연면적은 1992년 약 3 ha에서 2005년 7 ha로, 그 수는 4개소에서 137개소로, 각각 증가하였다. 여기에 노지(露地) 등을 이용하는 공정육묘장을 포함하면 그 연면적은 9 ha을 상회 한다(농촌진흥청, 2006). 여기에서 취급되는 품목도 점차 다양하게 되어, 작금에는 고추, 오이, 토마토, 가지, 배추, 참외, 수박, 상추, 무 등으로 그 범위가 확장되고 있다.

공정육묘장의 핵심적인 필수장비가 자동파종시스템이다. 공정육묘에서는 작물의 파종 시점이되면 단기간 작업 집중현상이 있어 고속 생산시스템의 요구가 항상 대두되고 있으며, 한편으로는 파채류의 접목작업이 확대되면서 균일묘, 고품질묘 생산이 특별히 요구되고 이와 관련 정밀 파종기술이 요구되고 있다.

현재까지 세계적으로 상품화된 파종시스템의 구성은 상토혼합과쇄-트레이 이송-상토층 전-진압-파종-복토-관수 과정으로 이루어져 있으며, 빈 트레이 공급, 종자공급과 보충, 결과된 셀의 보파, 파종완료 트레이 적재 및 발아실 운반 작업은 인력으로 이루어져 기계조작을 포함 총 3인의 작업인력이 필요하다.

본 연구의 목적은 전체 파종작업과정을 자동화하여 1인의 인력으로 파종트레이 적재, 종자 투입 만을 하면 전 작업과정을 완전자동으로 작업하는 무인 운전의 로봇개념을 적용한 차세대 고속-고정밀 파종시스템을 개발하는데 있다.

## 제 2 절 필요성

- UR, DDA, WTO 로 이어지는 시장 개방화의 물결 속에 상대적으로 국제경쟁력이 낮은 농업의 경쟁력을 제고시키는 것이 초미의 과제
- 농업 중에서 특별히 시설원에 발전을 통하여 최근 10여년 동안 농민소득 증대에 크게 기여해 왔으며 채소류의 주년 생산이 가능
- 시설원예의 기본은 육묘공급에서 비롯되었으며 플러그묘 생산기술이 도입된 1993년 이래 전국에는 300여 개소의 상업적인 육묘공장이 가동되고 있음
- 이 육묘공장의 핵심적인 필수장비가 자동파종시스템이며 이는 상토혼합기 - 상토충전기 - 진압기 - 파종기 - 복토기 - 관수기로 구성되어 있음
- 93년도에 산학협력사업으로 국산개발 된 이래 개발업체(대동ENG에서 헬퍼로보텍으로 개명)에 의해 지금 까지 전국에 걸쳐 독점적으로 공급되고 있음
- 육묘공장의 작업내용을 살펴보면 파종시즌에 접어들면 밤늦게까지 작업으로 이어지는 등 단기간 작업 집중현상이 있어 고속 생산시스템의 요구가 항상 대두되고 있음
- 한편 근래에는 과채류의 접목작업이 확대되면서 균일묘, 고품질묘 생산이 특별히 요구되고 이와 관련 정밀 파종기술이 요구됨. 정밀 파종기술이란 종자를 셀의 한가운데에 정확히 파종할 수 있는 기술임
- 당사는 '93년도에 산학협력사업으로 국산화 개발한 자동파종시스템은 정밀성과 가격면에서 국제경쟁력을 확보하여 지금까지 전국에 걸쳐 독점적으로 공급되어 외화 유출을 막고, 국제무대에서도 수요가 있었음
- 향후 국제경쟁력을 계속 유지하기 위해서는 정밀파종기술 및 고속파종기술이 관건으로 작용할 전망이다

## 제 3 절 범 위

헬퍼로보텍의 자동파종시스템은 개발초기(1993~2000년)에는 시간당 200장(128공 표준파종관 기준) 정도의 표준형파종시스템이었으며 그 후 개발이 진행되어 2001년도 이후는 시간당 400장 생산의 광폭형파종시스템으로 발전되어 왔다. 파종작업의 속도는 파

종기의 파종속도에 의해 결정되며, 본 연구에서는 시간당 600장 이상을 파종작업속도를 갖는 자동파종시스템을 개발하였다. 현재까지 세계적으로 상품화된 파종시스템의 구성은 상토혼합파쇄-트레이 이송-상토충전-진압-파종-복토-관수 공정으로 이루어져 있으며, 빈 트레이 공급, 종자공급과 보충, 결과된 셀의 보파, 파종완료 트레이 적재 및 받아실 운반 작업은 인력으로 이루어져 기계조작을 포함 총 3인의 작업인력이 필요하다. 본 연구에서 개발한 파종기는 전 작업과정을 자동화하므로써 1인의 인력으로 파종트레이 적재, 종자투입 만을 하면 전 작업과정을 완전자동으로 작업하는 무인 운전의 로봇개념을 적용한 차세대 고속-고정밀 파종시스템의 개발하였다. 파종시스템 개발을 위하여 분담한 연구과제와 범위는 다음과 같다.

### 1. 기계적 최적구조 연구

- 각 기계 최적구조 구명
- 각 기계 마스터 설계
- 장치 시험 및 분석

### 2. 자동화장치 연구

- 파종결과 감시장치
- 자동보파 시스템
- 기초회로 설계 및 시험

### 3. 시작기 개발

- 제작도면 작성, 기계제작, 시운전 및 개선
- 개발한 단위 기계 및 장치

파종트레이 자동공급기, 상토공급충전기, 자동진압기, 고속 정밀 파종기, 사용종자 자동보충기, 파종결과 감시장치, 자동보파기, 자동복토기, 자동관수기, 파종트레이 자동적재장치



## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### 제 1 절 세계적 수준

- 파종시스템을 생산하는 원예기계류 메이커는 세계적으로 100개소가 넘으며 주로 주문 생산에 의한 다양한 종류의 원예 산업 기계류 생산
  - 미국 : Blackmore, Bauldin etc
  - 유럽 : Visser, Conic, Hamilton, Atlantic etc
  - 일본 : Kyowa, Yanmar, Iseki etc
  - 한국 : Helper Robotech
- 미국이나 유럽 기계류의 특징
  - 육묘장 면적이 대규모(10,000~20,000평방미터)이므로 기계류가 대형 프란트 구조로 발전
  - 연중 단일 작물 육묘로 단일 트레이 대량 생산 체제
  - 종자가 팔레타이징(Palletizing)처리되어 구형(球形) 상태
  - 구형 종자이므로 드럼타입 파종이 가능하여 고속 생산 체제
- 지역별 사용 트레이의 특징
  - 미국 : 플라스틱 성형 트레이, 플라스틱 사출 트레이 및 스티로폼 트레이로 다양한 형태
  - 유럽 : 주로 스티로폼 트레이가 주류이나 가로×세로 규격은 나라별로 상이
  - 일본 : 플라스틱 성형 트레이, 접이식 종이 트레이 및 자동 정식기용 특수 트레이
  - 한국 : 플라스틱 성형 트레이로 표준화

### 제 2 절 국내수준

- 본 과제를 제출하는 우리 회사가 국내 유일한 파종시스템 메이커임

- 지난 10여년 동안 네덜란드와 일본의 관련 회사 제품이 한국내 진출을 수차례 시도했으나 아래 사유로 포기되었음
  - 한국내수 시장규모의 협소 : 연간 20대
  - 가격 경쟁력의 미비 : 국산가격의 2~3배 정도
  - 시장 선점에 의한 신뢰성 구축
- 개발초기(1993~2000년)에는 시간당 200장(표준과종판 기준) 정도의 【표준형과종시스템】이었으며 그 후 개발이 진행되어 2001년도 이후는 시간당 400장 생산의 【광폭형과종시스템】으로 발전되어 왔음
- 중국 및 중남미 지역에 일부 수출도 하고 있으나 국가마다 과종방식 (트레이 종류 상이)의 상이로 인하여 다소 어려움이 있음

### 제 3 절 외국 제품이 국내에 수입되지 못하는 이유

- 우리는 연중 여러 가지 작물(수박, 오이, 토마토, 참외, 고추, 상추 등)을 육묘 해야 하는 다 기능성에 비해 외국제는 단일 작물 체계
- 국내 관행은 나(裸, wild) 종자를 사용하므로 이에 맞추어 과종 방법이 니들 흡입식으로 발전되어 왔으나 외국제는 종자를 구형 타입으로 가공(Palletizing)하여 사용할 수 있는 드럼 타입으로 발전
- 국내에서 생산되는 10여 종의 플라스틱 성형 트레이가 표준 규격으로 자리매김 되었으나 외국 기계는 특별 맞춤이 아니면 적용할 수 없는 구조
- 외국 제품은 대규모 육묘장용 프란트 개념으로 발전되어서 우리의 중소규모용에는 부적합
- 특허등록으로 시장 권리 유지
  - 특허 제 105777호 자동과종시스템
  - 실용신안 제 102414호 노즐식자동과종장치

## 제 4 절 국내외의 연구현황

연구 수행기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용 현황
경상대학교 시설원예연구소	- 과채류 파종시스템개발 - 농가용 파종시스템 개발	-대동ENG에 기술이전 -특허 5건, 논문 3건
농업공학연구소	대립종자 정열 파종기	대동ENG에 기술이전 생산 중
대동ENG	대립종자용 더블식 파종기	자체 개발로 생산 중

- 농업공학연구소에서 2002년도에 대립종자 정열파종기를 개발하므로써 수박접목 시 대목으로 사용되는 대립종자의 파종을 용이하게 하였음  
(우리 회사로 기술 이전되어 생산 중)
- 우리 회사에서는 【대립종자용 더블식 파종기】 를 후속적으로 개발하여 시판중임  
(※ 실용신안 등록 제 0302355호)
- 일본의 경우 거의 모든 종자를 코팅 또는 펠렛타이징 된 상태에서 유통되어 기계 파종이 용이한 구상(球狀) 형태이므로 이에 부합되도록 파종기계가 개발되어 있음
- 유럽의 경우 우리의 플라스틱 트레이와는 달리 스티로폼 트레이가 주류를 이루고 있어 파종시스템의 메커니즘이 우리와는 다르며 고객의 영농 규모에 맞추어 프란트 개념으로 제작
- 경상대학교 시설원예연구소에서 농림기술센터과제로 1995년 “공정육묘 온실의 표준모델 및 자동화시스템개발과 활용기술 연구”, 1997년 “농가용 plug묘 파종장치 개발”을 수행하면서 과채류 파종기 개발기술을 확보하고, 관련 특허 5개를 취득함.

## 제 5 절 연구개발 결과의 수준

- 유럽의 단일품종 대량 육묘장에는 드럼식 대형시스템 적용
- 일본의 중규모(2천평 전후) 육묘장엔 니들식 시스템 적용
- 정밀파종은 니들식으로 고추 파종을 92% 내외이며, 외국제품은 트레이 종단 1열

과중으로 당사의 2000년형 횡단광폭방식에 비해 작업속도가 1/2 수준임

- 본 연구에서 개발한 과중시스템은 세계적으로 처음 시도한 종자 자동공급장치, 트레이 자동공급 및 적재장치, 광폭 고속 과중장치, 자동과중감시 및 보파장치를 개발 부착하여, 작업공정을 완전 자동화 하고, 고속 정밀과중을 실현하여 기존 3인의 인력에서 1인의 인력으로 작동할 수 있게 하였고, 과중율을 99%로 개선하여 국내는 물론 세계적 경쟁의 우위를 확보하였음.

## 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제 1 절. 기계적 최적구조 연구

#### 1. 기계별 최적 구조 구명

##### 가. 자료조사

공정육묘장의 기능은 영농의 기계화 및 능률화에는 물론, 정밀농업체계에까지도 영향을 미치는 것으로 선진 농업국가에서는 관련 분야의 연구가 지속적으로 이루어져야 하겠으나, 채소류 육묘용 파종기가 제품화되어 보급되고 있는 현상에 비하면 기초부분이나 관련분야의 연구는 미미한 실정이다. 그중 몇 가지만 살펴보면, Giannini 등(1967)은 종자흡입(pickup)에 진공압을 이용한 정밀파종기(precision planter)의 개발을 목적으로, 토마토와 양상추 종자에 대한 여러 가지 오리피스端(orifice tip)의 파종능률을 검사한 것을 필두로, Ted 등(1970)은 행성형(planetary) 진공파종기를 개발하기 위해, 장치의 행성운동이 오이종자의 파종율에 미치는 영향을 분석하였다. Hassan(1981)은 소나무 종자의 균일 파종(uniform seeding)을 위한 정밀 드럼식 파종기의 개발에 관하여 연구하였으며, Fallak 등(1984)은 구형종자 파종기 설계를 위한 노즐과 공기압에 관한 이론적 분석을 수행하였다. Bryan 등(1986)은 솔, 고추, 토마토 등의 모종의 상태를 검사하는 사진-전자 변환기를 개발하여, 3% 미만의 오차 재발율과 98%이상의 정밀도를 달성했다고 보고하였다. Zulin 등(1991)은 셀러리 종자에 대한 유공압 파종기에 관한 연구를 수행하였으며, Guarella 등(1996)은 노즐의 직경과 부압의 변화에 따른 토마토, 양상추 및 양배추 종자의 흡인 거리에 관한 이론적, 실험적 연구를 수행하였다.

小中 등(1974)은 인공(人工)의 폴리스틸렌 공을 이용한 시뮬레이션으로 곡립(穀粒)의 공기흡착특성을 분석하고, 그 결과를 이용하여 노즐의 부압, 종자와의 거리의 변화에 따른 미탈부(未脫稔)벼, 대두 및 채종 종자의 흡착율(흡입율, 흡인율, pickup ratio)을 검출하였으며, 伊藤 등(1976)은 흡인식 파종장치의 연구에서 끝(端) 모양이 서로 다른 13종의 노즐을 이용하여, 노즐 형태별 흡인압력의 변화에 따른 사탕수수, 무, 배추, 유채, 귀리, 우영, 당근 및 양파 종자의 흡인율을 연구, 보고하였다.

우리나라에서는 최 등(Choi, 1996)은 옥묘장의 설비 자동화에 관한 연구에서, 배추, 들깨, 상추 및 고추 종자를 이용하여 파종 드럼의 회전속도와 컨베이어벨트의 이송속도의 변화에 따른 파종율을 조사하고, 고추종자와 같이 납작한 종자는 형상의 불균일 때문에 결과율(缺播率)이 높았다고 하였다.

박중춘 등(1997)은 규격화된 트레이의 셀 1구에 1립의 파종을 하는 일련의 작업과정은 상토의 조제(파쇄 혼합), 트레이에 충전, 파종구 형성(진압), 파종, 복토, 관수, 발아실 이송으로 이루어지고 이와 같은 작업을 일괄처리하는 시스템을 자동파종시스템이라 정의하였다. 일본, 미국, 화란 등의 이와 관련된 기계들이 공정옥묘시설 설비 초기에 모두 수입되었고, 이들 수입기계의 철저한 분석과 외국 방문조사를 통해 저가격·고효율 자동파종시스템 개발을 시도하였다. 자동파종시스템은 상토의 혼합 - 트레이 공급 - 충전 - 진압 - 파종 - 복토 - 관수 - 발아실 이송작업으로 이루어지는 전체공정을 자동화 할수 있도록 시스템을 국산화한 것으로 200공 트레이 150매/시간의 작업능률을 유지토록 시작기와 상품화 시제품을 개발하였다. 이 시스템에서 가장 중요한 자동파종기는 드럼형과 노즐형의 시작품을 설계 제작 및 시험하였는데 노즐형 파종기가 작업속도는 늦지만 파종율이 최대 98%까지 가능하여 드럼식의 90%에 비해 높기 때문에 상품화 시제품은 노즐형으로 개발하였다고 하였다.

민 등(Min, 1998)은 농림부연구보고서에서 농가용 플러그 묘 파종장치의 개발을 목적으로, 무, 오이 및 고추 종자를 이용하여 수행한 연구에서, 진공노즐식 파종기의 파종 특성을 구명하였다. 연구에서는 종자 흡입노즐의 직경과 흡입압력 및 트레이 이송속도 등의 변화에 따른 파종율을 조사하였으며, 여기에서 종자통의 진동이 진공식 기구의 노즐의 흡입성능에 영향을 미치는 것을 발견하였다.

그리고 민 등(Min, 2000)은 주사기 바늘을 가공한 노즐을 사용하는 진공흡착식 파종기의 파종조건별 종자파종 시험을 실시하였다. 공시기는 대형의 진공 노즐식 파종기를 이용하였다. 바늘직경(노즐경), 바늘과 종자판 사이의 간격, 흡입압력, 진동압력 및 트레이 이송속도를 변수로하여 파종작업을 수행하고 파종율을 조사하였다. 시험용 종자는 무(원형), 고추(납작형) 및 오이(타원형)으로 종자의 형태별 파종율의 변화를 조사하였다. 시험결과를 분석하여 최적의 파종조건을 구명한 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 무는 흡입압력  $0.4\text{kg}/\text{cm}^2$ , 노즐끝과 종자판의 간격  $5.5\text{mm}$ , 진동압  $0.7\text{kg}/\text{cm}^2$ , 바늘 직경  $0.65\text{mm}$  일 때 100 %의 파종율을 나타내었다.
- 2) 고추는 흡입압력  $0.4\text{kg}/\text{cm}^2$ , 노즐끝과 종자판의 간격  $4\text{mm}$ , 진동압  $0.6\text{kg}/\text{cm}^2$ , 바늘 직

경 0.45mm 일 때 97 %의 파종율을 나타내었다.

- 3) 오이는 흡입압력 0.8kg/cm<sup>2</sup>, 노즐끝과 종자관의 간격 5.5mm, 진동압 0.6kg/cm<sup>2</sup>, 바늘 직경 0.65mm 일 때 95 %의 파종율을 나타내었다.
- 4) 128공 트레이의 이송속도는 2.4 cm/sec 즉, 1분당 2.5 개의 트레이 이송속도가 최적 작업속도인 것으로 나타났다.
- 5) 종자의 흡착이 가장 잘 되는 노즐 끝과 종자의 거리는 0.5mm 이내로 나타났다.
- 6) 종자모양에 따른 바늘경의 크기 선택은 바늘이 종자면에 흡착될 시 밀착이 가장 잘 되는 조건일 때로 해야하는 것으로 판단되었다.
- 7) 흡입압력은 종자의 무게에 손실계수 100을 곱한 흡착력(흡입압력×바늘구멍면적)이 되도록 할때 파종율은 최대의 값을 나타내었다.

김 등(Kim, 2003)은 박과 종자용 진공노즐식 파종기 개발을 목적으로, 참박, 특토좌 및 흑중호박 등의 비교적 큰 구형(球形)종자를 이용하여, 노즐의 직경, 진동가속도, 트레이 형식 및 진공압력의 변화에 따른 파종율을 분석하였다. 조건조절형 파종기 개발에서 5~13조까지 임의로 조절 가능하도록 설계제작에서 주공압별 종자부착정도에서 흡입압이 3.0 kg/cm<sup>2</sup>에서 종자가 전부 부착되었고, 종자호퍼의 진동압이 2.0kg/cm<sup>2</sup> 종자가 노즐에 100% 부착되었다고 하였다.

장 등(2006)은 조건조절형 파종기를 개발하기 위하여, 엽채류(葉菜類) 가운데에서 그 크기가 작은 꽃상치, 치커리 등을 이용한 연구에서, 종자의 흡입, 배출, 종자호퍼의 진동 등에 의한 종자 부착과 배출요인을 조사하여, 파종장치의 주공압, 노즐의 종자 흡입압과 배출압 및 호퍼의 진동가속도가 노즐의 종자흡입율에 미치는 영향 등을 보고하였다.

이상에서와 같이 민 등(2000)과 김 등(2003)은 노즐팁의 높이가 종자 진동판으로부터 어느 일정 거리에 있을 때 최적의 흡입성능을 발휘할 수 있음을 언급하였다. 곧 현재까지는 육묘용 채소 종자 파종기에서 중요한 요인으로, 종자에 알맞은 노즐의 크기와 흡입공기압, 노즐팁의 종자부착 위치 등에 관해서는 연구되었으나, 노즐의 종자흡입 성능에 영향을 미치는 것으로, 종자 용기(hopper)의 바닥(이하 종자관, seed hopper)의 진동에 따른 종자의 도약높이와 진동수에 대한 연구는 이루어지지 않고 있다.

## 나. 종자판 최적 진동조건 구명

### 1) 서 언

현재까지는 육묘용 채소 종자 파종기에서 중요한 요인으로, 종자에 알맞은 노즐의 크기와 흡입공기압, 노즐팁의 종자부착 위치 등에 관해서는 연구되었으나, 노즐의 종자흡입 성능에 영향을 미치는 것으로, 종자 용기(hopper)의 바닥(이하 종자판, seed hopper)의 진동에 따른 종자의 도약높이와 진동수에 대한 연구는 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 노즐팁에 진동종자를 흡착시켜 드롭가이드로 옮겨 배종하는 구조인, 진공노즐식 파종기의 배종을 향상을 위한 종자판의 진동조건을 구명하는 데 있으며 그 구체적 연구목적은 다음과 같다.

1. 진동추(振動錐)에 따른 종자판의 진동현상 분석
2. 종자판의 진동에 따른 종자의 충돌진동현상 분석
3. 종자판의 진폭과 진동수가 배종율에 미치는 영향 분석

### 2) 재료 및 방법

#### 가) 시험 재료

본 연구에서는 고추종자를 사용하였다. 그림 1은 실험에 사용한 고추종자의 형상치수를 정의한 것이다. 그림 1에서와 같이 고추종자는 타원형에 가까운 형태를 띠고 있으며, 측면에서 보면 단면이 약간 휘어져 있다.

표 1은 고추종자의 크기를 나타낸 것으로 100립의 고추종자로부터 측정한 평균값이다. 시험에 사용된 고추종자 장경의 평균길이는 4.2 mm, 단경의 평균길이는 3.3 mm이고, 평균두께는 0.7 mm이었다. 그리고 고추종자의 천립중(千粒重)은 6.2 g이었다.



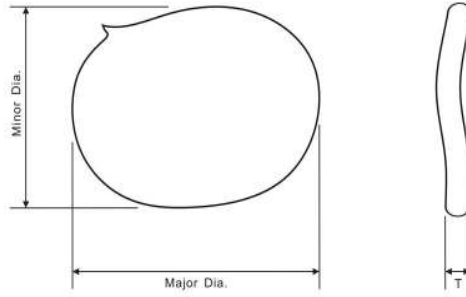


Fig. 1. Dimension of the experimental pepper seed.

Table 2. Dimensions of the experimental pepper seeds

Items	Parameters		
	Major diameter	Minor diameter	Thickness
Maximum (mm)	4.4	3.7	0.8
Minimum (mm)	3.7	3.1	0.6
Average (mm)	4.2	3.3	0.7
Standard dev. (S)	0.2	0.2	0.05

## 나) 시험 장치

### (1) 종자 반발계수 측정 장치

그림 2는 실험용으로 제작한 고추종자의 반발계수 측정 장치이다. 장치는 알루미늄 재질의 종자판(seed hopper) 위에 길이 1,000 mm, 내경 21 mm인 PVC관을 세우고, 고추종자를 높이 1 m에서 자유낙하 시켜서, 종자의 바닥 충돌 전후 과정을 고속카메라로 촬영하고, 촬영된 데이터를 컴퓨터에 저장하여 녹화하고 재생할 수 있게 하였다. 고추종자가 밀판에 충돌하여 움직이는 거리를 정밀측정하기 위하여 PVC관에 1 mm 단위의 눈금을 표시하였으며, 고속카메라는 고추종자가 자유낙하하여 밀판과 충돌하는 상황을 정확하게 촬영하기 위하여 전체 눈금자가 컴퓨터 수직 화상영역 내에 들어오는 거리에 설치하였다.

고속카메라는 C마운트 렌즈를 사용하고, 최대 512×480픽셀, 초당 1,000프레임까지 촬

영할 수 있는데, 고속카메라의 제원은 표 2와 같다.

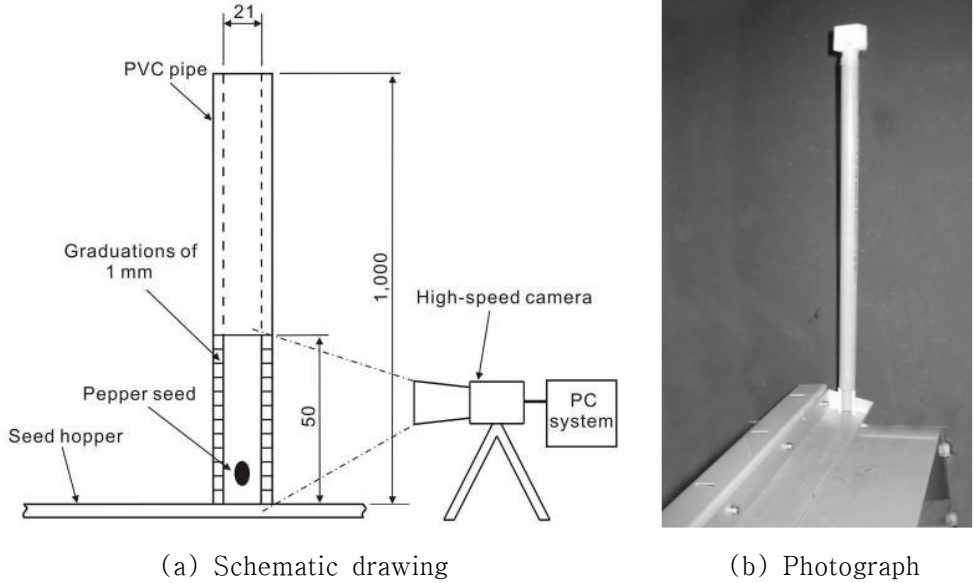


Fig. 2. Measurement equipment for restitution coefficient.

연구에서는 고속카메라의 촬영과 데이터 처리를 수행하는 영상처리용 프로세서 보드를 PC에 설치하고, 전용 프로그램을 작동시켜 촬영녹화 조작, 재생 조작을 행하였다. 표 3은 고속카메라를 구동시키기 위해 사용한 PC의 규격이다.

Table 3. Specifications of the PC for controlling the high-speed camera

Item	Specifications
Computer	Intel Pentium 4 - 3.2GHz, RAM 1GB
OS	Windows XP
Monitor	LCD monitor(1280×1024)

## (2) 진동 측정 장치

종자판 위에 종자를 채우고 종자판을 진동시킬 때, 종자판과 종자의 진동상태를 관찰하기 위해 고속카메라를 사용하였다. 고속카메라는 종자 반발계수 측정 장치에서 사용한 것과 동일한 것을 사용하였는데, 그림 3은 고속카메라로 종자판과 종자의 진동상태

를 촬영하는 모습이다.

Table 4. Specifications of the high-speed camera

Lens mount	C mount	
Imaging sensor	Progressive scan 1/3-inch CCD, square pixels	
Recording media	IC memory (SD-RAM)	
Recording capacity	128MB: 543 full frames, 2.2 seconds	
Framing rates	Full frame:	30, 60, 125, 250 fps
	Partial frame:	500, 1000 fps
Pixel resolution	Full frame:	512×480 pixels
	Partial frame:	512×240; 256×240; 256×120 pixels 128×120; 128×80; 128×34 pixels
Gray scale	Monochrome: 8 bits (256 steps)	
	Color: R, G, B 8 bits each (24 bits color, 256 steps)	
Playback rates	1, 2, 4, 8, 15, 30 fps	
Electronic shutter	1/frame rate; 1/500; 1/1000; 1/2000; 1/3000; 1/5000; 1/10000 second	
Power	From the PCI bus (+3.3V; +5.0V; -12V)	
Ambient temperature	0 to 35°C (32 to 95°F), no condensation	
Power consumption	+3.3V: 2A; +5.0V: 2A; -12V:0.5A (32.6W)	
Dimensions	Camera head: 160W × 330D × 180H mm	
	PCI board: 312W × 106H × 16T mm	
Camera head Weight	1.1kg(2.4lbs)(including 6-meter camera cable)	

그림 4는 고속카메라로 촬영 시 화면의 밝기, 촬영속도 등과 같은 촬영 조건을 설정하여 촬영하고, 데이터를 저장하며, 촬영된 사진을 1프레임씩 확인하거나, 초당 1~30프레임의 재생속도로 확인할 수 있는 프로그램이다.



Fig. 3. Photograph of an on-using high-speed camera.

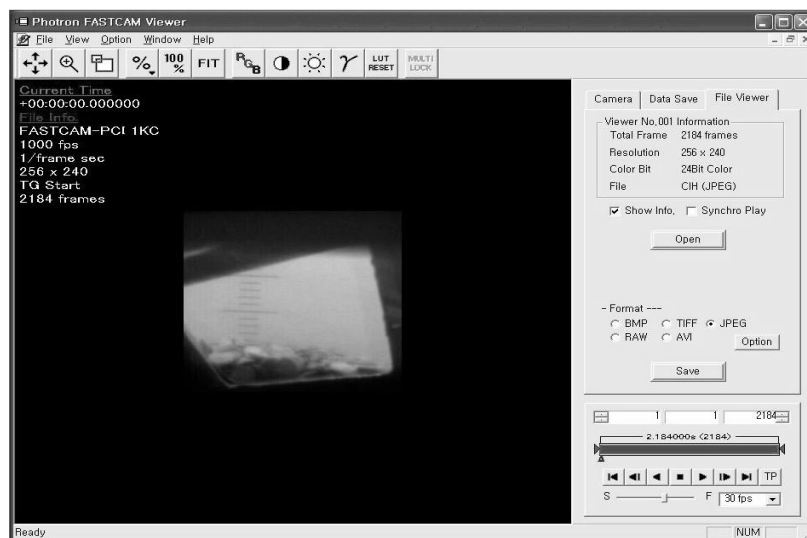


Fig. 4. Program of Photron FastCAM Viewer.

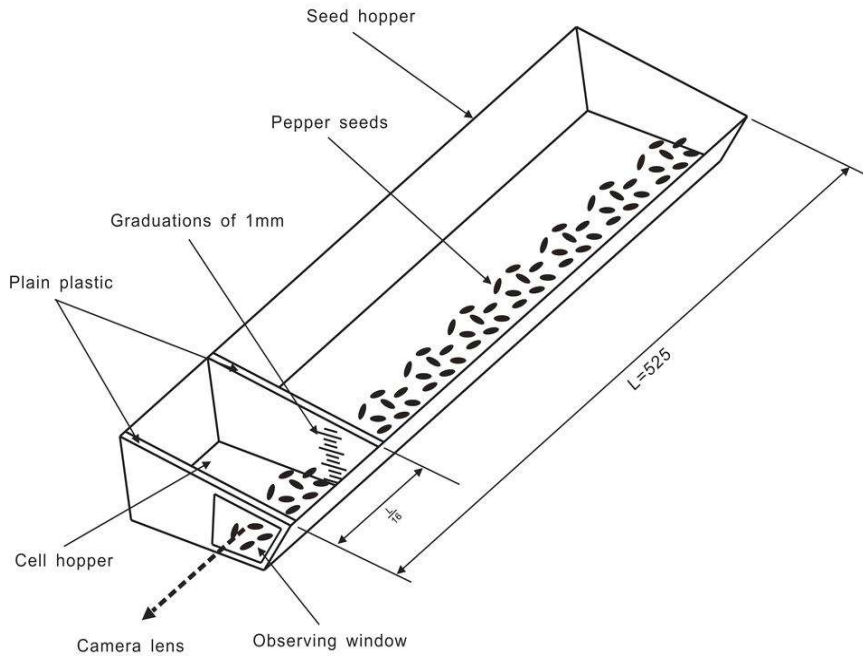


Fig. 5. Processed seed hopper for taking pictures.

그림 5는 종자와 종자관의 진동상태를 촬영하기 위해 개조한 종자관을 나타낸 것인데, 측면에는 관찰용 창(observing window)을 설치하였다. 시험에 사용된 자동파종시스템(SD-1800W)은 모종트레이의 세로줄을 기준으로 파종되므로, 128(8×16)셀 모종트레이의 세로줄인 16셀을 기준으로 하여 종자관을 16등분한 약 33 mm 간격으로 투명판(plain plastic)을 부착하고, 한 쪽 면에 1 mm 단위로 눈금을 표시하여, 그 지점을 셀호퍼(cell hopper)라 하였다. 종자관(seed hopper)의 진동에 의해 종자가 충돌-진동하는 현상을 수직면으로 촬영하기 위해서 기존의 종자관의 측면을 그림 5와 같이 가공하였지만, 실험에 사용된 파종기에는 카메라 촬상부가 설치될 수 있는 공간이 부족하였다. 따라서 그림 6과 같이 거울을 이용하여 빛을 반사시켜 종자관과 종자의 진동을 촬영하도록 하였으며, 거울의 반사각과 카메라 각을 조절하여, 실험 내용이 화면의 중앙에 나타나도록 함으로써 관찰을 용이하게 하였다.

### (3) 종자관과 종자 진동 및 배종 시험 장치

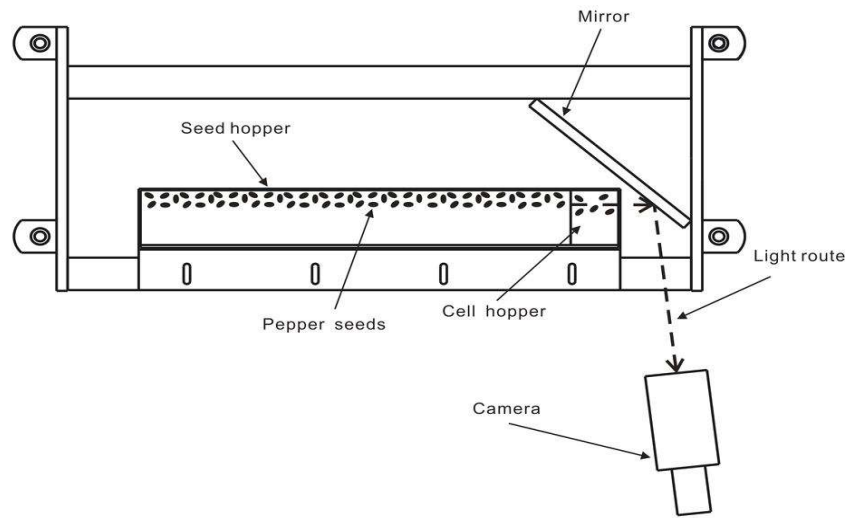


Fig. 6. Arrangement of filming devices for oscillating movement.

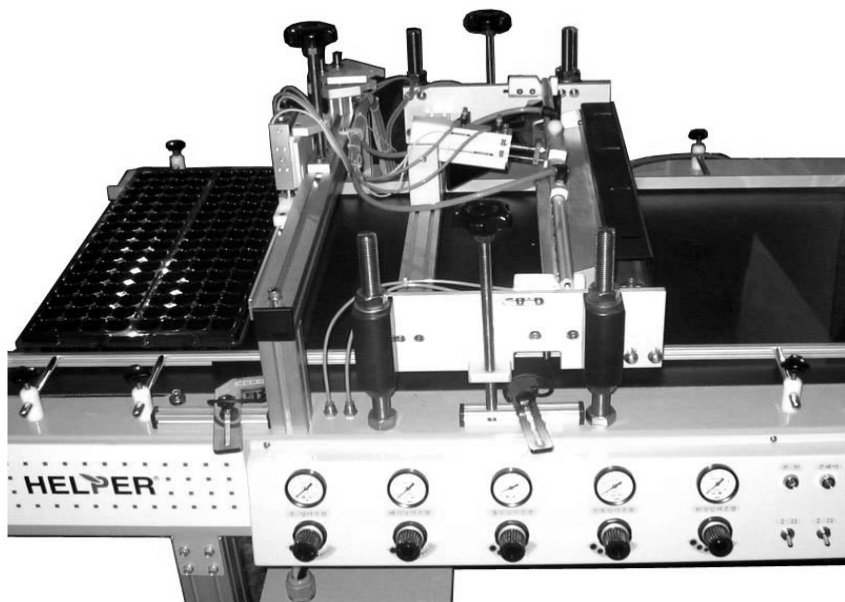


Fig. 7. SD-1800W automatic seeder used on experiment.

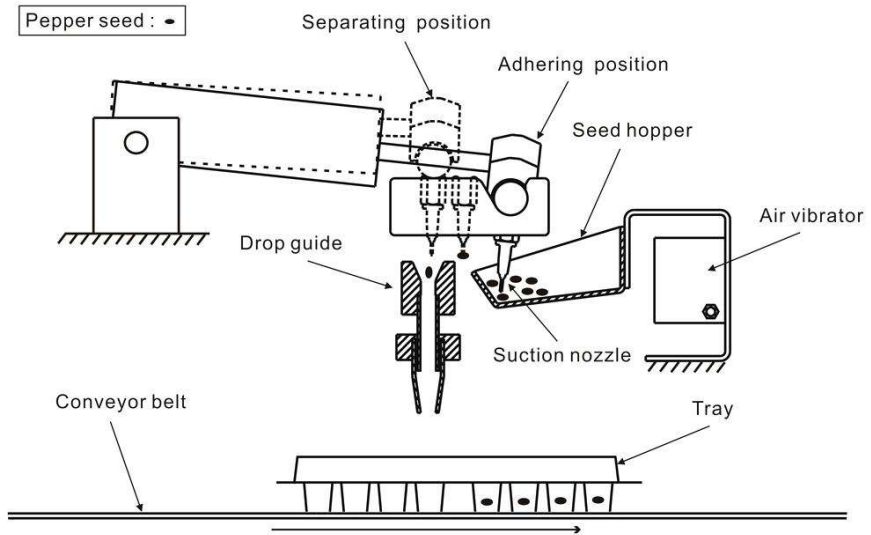


Fig. 8. Schematic of seeding part of the SD-1800W.

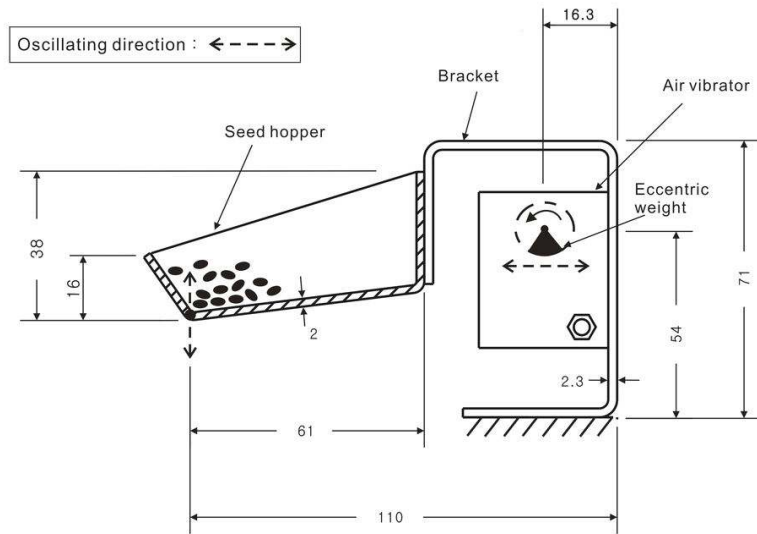


Fig. 9. Details of the seed oscillating part.

그림 7은 종자의 진동 및 배종 시험 장치로 사용된 진공노즐식 파종기가 설치된 SD-1800W형 자동파종시스템이다. 이 시스템의 규격은 길이 1800 mm, 폭 790 mm, 높이

1300 mm이고, 진압, 파종, 복토를 한 공정으로 하고 있으며, 128셀 트레이를 기준으로 하였을 때 시간당 400매의 배종된 트레이를 생산할 수 있다. 그리고 파종트레이나 종자의 형상이 바뀌면 진압대와 노즐대, 드롭가이드를 교환함으로써 파종이 가능하게 한다.

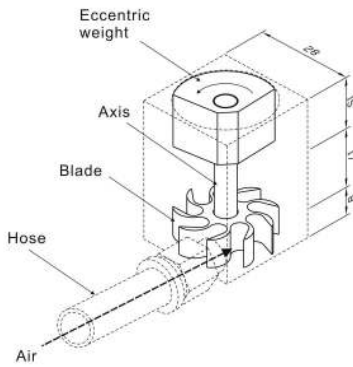
그림 8은 실험에 이용한 파종기시스템에 탑재되어 있는 파종기의 구성도를 나타낸 것이다. 종자관으로부터 종자를 파종트레이로 배종하는 원리는 다음과 같다. 공기진동자(air vibrator)에 의하여 종자관(seed hopper)이 진동하면 여기에 담겨진 종자들이 진동→충돌→도약을 반복하는데, 이때 흡입노즐(pickup nozzle, suction nozzle)이 튀어 오른 종자를 흡착한다. 그리고 파종트레이(tray)가 정해진 위치에 왔을 때 흡입노즐에 흡착된 종자는 드롭가이드(drop guide)로 옮겨지는데, 그 때 흡입노즐의 흡입압을 제거시키면 종자는 드롭가이드를 통해 파종트레이의 각 셀로 떨어지면서 배종이 완료된다.

그림 9는 종자 진동부의 상세도이다. 종자 진동부는 종자를 담고 있는 종자관, 종자관과 공기진동자를 고정하는 브래킷(bracket), 그리고 브래킷을 진동시키는 공기진동자로 구성되어 있다. 공기압축기에서 공급된 압축공기는 공기압조절밸브를 거치면서 조정된 공기압(이하 진동공기압)으로 공기진동자에 공급되는데, 그 때 브래킷은 좌우로, 종자관은 상하로 진동하게 되고, 종자관이 상하로 진동할 때 종자관에 놓여있는 종자들이 종자관과 충돌하여 진동하게 된다.

그림 10는 공기진동자의 구조도와 사진이다. 공기압조절밸브에서 조정된 공기압을 갖는 압축공기가 공기호스를 통해 분출되면서 공기진동자의 날개(blade)를 회전시키고, 날개의 회전에 의해 편심추(eccentric weight)가 회전하게 되는데, 편심추가 회전할 때 발생하는 원심력에 의해 진동이 발생하게 된다.

그림 11은 공기진동자에 진동을 발생시키는 공기진동자의 편심추의 개략도와 사진이다. 실험에 사용된 진동추의 규격은, 경험적, 시행착오적으로 개발되어 현재 여러 장치에 사용되고 있는 두께 14 mm, 질량 2.66 g인 편심추를 기준으로 하였다. 즉, 종자관의 진폭과 진동수를 변화시키기 위해, 편심추의 다른 치수들은 기존의 것과 같게 하고, 또 편심추의 회전중심에서 무게중심과의 거리를 같게 하기 위해 두께만 15 mm, 13 mm으로 변경하여 제작하였는데, 표 4는 진동용으로 제작된 편심추의 두께와 질량을 정리한 것이다.



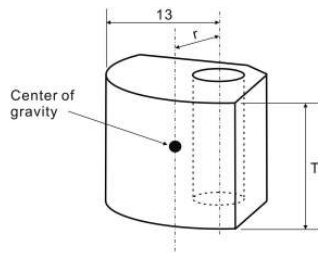


(a) Schematic drawing

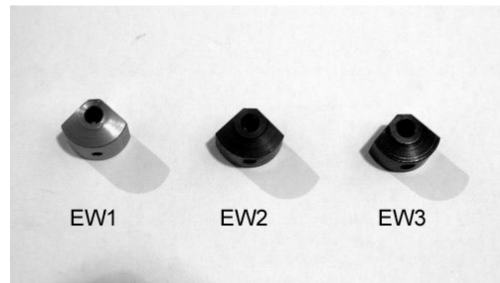


(b) Photograph

Fig. 10. Air vibrator.



(a) Schematic drawing



(b) Photograph

Fig. 11. Eccentric weight for oscillation of the seed hopper.

Table 5. Specifications of the eccentric weights for oscillation

Item	Parameter		
	EW1	EW2	EW3
Thickness (mm)	15	14	13
Mass (g)	2.84	2.66	2.49
Center of gravity (r)	4.8 mm		

## 다) 시험 방법

### (1) 종자 반발계수 측정 시험

고추종자의 반발계수 측정을 위하여, 종자를 높이 1 m에서 파이프를 통해 자유낙하 시키고, 고속카메라로 종자가 밀판과 충돌하는 순간을 초당 1,000프레임으로 촬영, 녹화 하였다. 녹화된 촬영 데이터를 1프레임씩 재생하여 충돌하기 직전에 촬영된 두 프레임 으로부터 종자의 이동거리를 측정하고 0.001 s로 나누어 충돌전의 속도( $v$ )를 구하고, 밀판과 충돌직후의 두 프레임을 분석하여 종자의 이동거리 측정하고 0.001 s로 나누어 충돌후의 속도( $v'$ )를 구한 다음, 식 (1)을 이용하여 고추종자의 반발계수를 구하였다. 구형(球形)의 등방성(等方性) 물체의 반발계수의 측정은 낙하 전후의 높이의 평방근의 비로 계산할 수 있으나, 본 실험에 사용된 고추종자와 같이 이방성(異方性) 물체의 경우는 낙하 상태에 따라 충돌 후의 궤적을 추적하는 것이 거의 불가능하다. 따라서 본 실험에서는 촬영된 사진 가운데 유의성(有意性)이 있다고 판단되는 것을 이용하여, 충돌 전후 종자의 높이를 간헐적으로 검산하는 데에 사용하였다. 시험은 50회 반복 실시 하였으며, 측정관 내에서의 공기의 저항은 무시하였다.

$$e_p = \frac{v'}{v} = \frac{\sqrt{h'}}{\sqrt{h}} \dots\dots\dots (1)$$

### (2) 종자관 가진에 따른 종자관과 종자의 진동 시험

가진되는 종자관에 충돌진동하는 종자의 거동을 정확하게 촬영 분석하기 위하여 그림 6의 셀호퍼에 1립의 고추종자만을 담고 진동공기압을 게이지압으로 0 kPa-gage(이하 게이지압은 kPa-g로 표시함) 에서부터 2.45 kPa-g(0.025 kg/cm<sup>2</sup>-g) 단위로 증가시키며 종자 관과 종자의 진동거동을 측정하였다.

그리고 다립(多粒) 종자 시험은 128셀 모종트레이의 16셀을 기준으로 하였을 때 일반적으로 공정육묘장에서 사용되는 최소단위인 셀당 200립을 기준으로 하였다. 즉, ±100립을 해서 셀당 100립(16×100립= 총 1600립), 셀당 200립(16×200립= 총 3200립) 및 셀당 300립(16×300립= 총 4800립)을 종자관에 담고 종자관과 종자의 진동거동을 고속카메라를 이용하여 초당 1,000프레임으로 2.184 s간 촬영하고, 0.001 s 단위인 1프레

임씩 재생하면서 종자판의 진폭과 종자판이 상하로 진동한 횟수(이하 진동수로 함)를 측정하였다. 그리고 1립 종자의 경우는 종자가 종자판의 진동에 의해 종자판과 충돌하여 도약한 높이(이하 진동도약높이, oscillating jump height)를 측정하였으며, 다립 종자의 경우는 촬영된 1프레임에서 종자판과 충돌-진동하여 도약한 종자들 중에 진동시키지 않았을 때 종자판에 적재된 종자의 높이를 기준으로 하여, 적재높이 보다 높게 도약한 종자들 중에 화면에 투영단면이 1/2 이상 나타난 종자의 높이(이하 순간도약높이, instant jump height)를 측정하였다. 이 때 종자판의 진폭, 종자의 진동도약높이와 순간도약높이는 무진동(無振動)일 때 종자판의 최저 바닥면을 기준으로 하였다.

위의 시험은 편심추 2.84 g, 2.66 g 및 2.49 g에 따라 각각 실시하였고, 각 시험을 10 회씩 실시하였다.

### (3) 종자판의 진동유형에 따른 파종을 시험

종자판의 진동유형에 따른 파종을 시험에서는 128셀 트레이를 사용하였다. 128(8×16) 셀 트레이의 세로줄인 16셀을 기준으로 하였으며, 한번에 16립의 종자를 배종하고 직경이 0.64 mm인 16개의 노즐이 부착되어 있는 노즐대를 사용하였다. 그리고 종자판에 셀당 100립(종자판에 총 1,600립), 셀당 200립(종자판에 총 3,200립) 및 셀당 300립(종자판에 총 4,800립)을 담고 진동공기압과 편심추에 따라 파종을 시험을 실시하였다.

흡입노즐의 흡입압은 게이지압력으로 각각 -2.7 kPa-g, -6.7 kPa-g 및 -10.7 kPa-g이며, 절대압력으로 각각 98.6 kPa-abs.(이하 절대압은 kPa-a로 표시함), 94.6 kPa-a 및 90.6 kPa-a로 (이하 흡입압은 절대압으로 표시함)하였으며, 파종트레이의 이동속도는 시험에 사용된 파종시스템의 최고속도인 시간당 400매를 기준으로 하여 한 파종트레이 당 9 s로 하고 5매씩 연속으로 파종하였다.

파종율은 640(128셀×5매)개의 셀에 대한 1립씩만 배종된 셀의 비율(比率)로 계산하였다.

### 3) 결과 및 고찰

#### 가) 고추종자 반발계수 측정 시험

표 5는 고추종자의 반발계수 측정시험의 결과를 정리한 것이다. 고추종자가 높이 1 m에서 자유낙하해서 종자판과 충돌하여 반발하는 시험을 50회 실시한 결과 충돌 직전의 평균속도는 3.5 m/s이었고, 충돌 직후의 평균속도는 2.5 m/s로 나타나, 고추종자의 평균 반발계수는 약 0.7로 계산되었다. 일반적으로 반발계수 1.0은 완전탄성체, 0.5는 탄소성체 그리고 0.0은 완전소성체로 분류되는데, 고추종자는 그 반발계수가 0.7 정도이므로 강탄성체로 볼 수 있다. 여기에서, 종자판 위에 고추종자를 올려놓고 종자판을 진동시켰을 때 고추종자의 충돌반발에 의해 지속적인 진동도약 거동이 이루어질 수 있을 것으로 판단되었다.

Table 6. Measured restitution coefficients

Item	Average
Before collision speed ( $v$ )	3.5 m/s
After collision speed ( $v'$ )	2.5 m/s
Restitution coefficient ( $e_p$ )	0.7
Standard dev. (S) of $e_p$	0.09

#### 나) 종자판 가진에 따른 종자판과 종자의 진동 시험

그림 12는 고추종자 1립을 시험용 종자판인 셀호퍼에 담고 진동공기압과 편심추의 질량 변화에 따른 종자판의 진폭과 진동수 변화를 나타낸 것이다.

진동공기압이 56.4 kPa-g(0.575 kg/cm<sup>2</sup>-g)보다 높을 경우 고추종자가 종자판을 이탈하였기 때문에 56.4 kPa-g까지만 시험을 실시하였다.

편심추의 종류와 무관하게, 진동공기압이 증가하면 종자판의 진폭과 진동수도 선형적으로 증가하였다. 먼저 종자판 진폭의 경우, 진동공기압이 44.1 kPa-g(0.450 kg/cm<sup>2</sup>-g)에

서 56.4 kPa-g로 증가함에 따라 진폭은 0.23 - 0.31 mm에서 0.71 - 0.77 mm로 증가하였는데, 편심추의 질량 2.49 g의 경우에는 0.23 mm에서 0.71 mm로, 편심추의 질량 2.66 g의 경우에는 0.28 mm에서 0.74 mm로, 또 편심추의 질량 2.84 g의 경우에는 0.31 mm에서 0.77 mm로, 각각 증가하였으며, 편심추의 질량 2.84 g의 경우 가장 높은 범위의 값을 나타내었다. 따라서 동일 진동공기압에서 종자판의 진폭을 편심추의 질량에 따라 비교해 보았을 때 종자판을 진동시키는 편심추의 질량이 증가할수록 증가하였는데 이것은 편심추의 질량이 무거울수록 회전 에 의해 발생하는 원심력이 크기 때문에 종자판의 진폭을 증가시킨 것으로 판단된다.

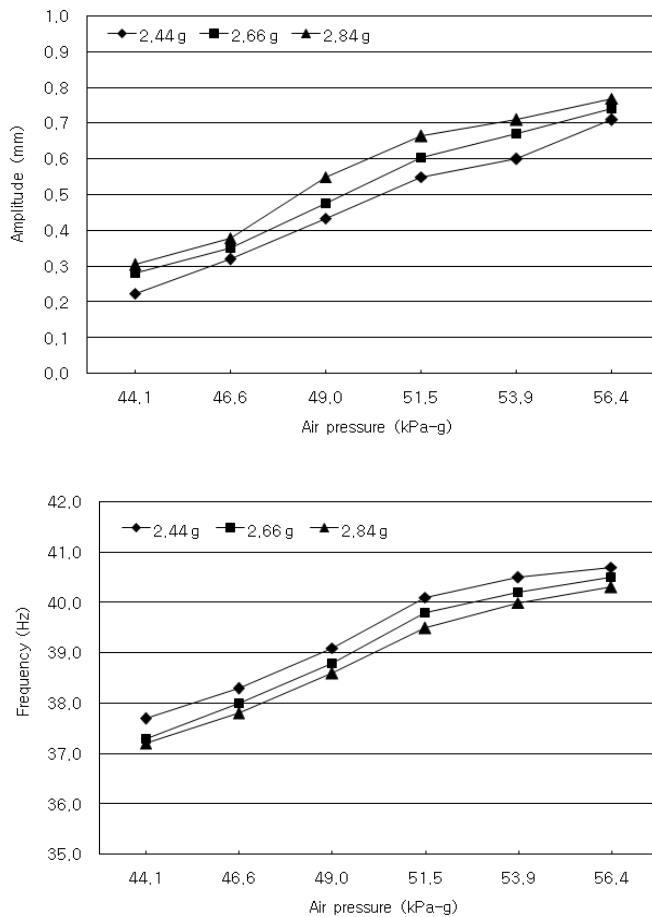


Fig. 12. Amplitudes and frequencies of the seed hopper under different eccentric weight and air pressure with 1 pepper seed.

종자판의 진동수의 경우, 진동공기압이 44.1 kPa-g에서 56.4 kPa-g로 증가함에 따라 진동수는 37.2 - 37.7 Hz에서 40.3 - 40.7 Hz로 증가하였는데, 편심추의 질량 2.49 g의 경우에는 37.7 Hz에서 40.7 Hz로, 편심추의 질량 2.66 g의 경우에는 37.3 Hz에서 40.5 Hz로, 또 편심추의 질량 2.84 g의 경우에는 37.2 Hz에서 40.3 Hz로, 각각 증가하였으며, 편심추의 질량 2.49 g의 경우 가장 높은 범위의 값을 나타내었다. 따라서 동일 진동공기압에서 종자판의 진동수를 편심추의 질량에 따라 비교해 보면 편심추의 질량이 증가할수록 종자판의 진동수는 감소하는 것으로 나타났는데 진동자 편심추의 질량이 가벼울수록 회전저항이 더 적고, 진동자 편심추의 질량이 무거울수록 회전저항이 더 크기 때문에 동일한 공기압에서 편심추를 회전시켰을 경우 편심추의 질량이 가벼울수록 더 많은 진동수가 발생한 것으로 사료된다.

이상의 결과에서 진동공기압과 공기진동자 편심추 질량의 조정으로 종자판의 진폭과 진동수를 원활하게 조절 가능한 것으로 판단된다.

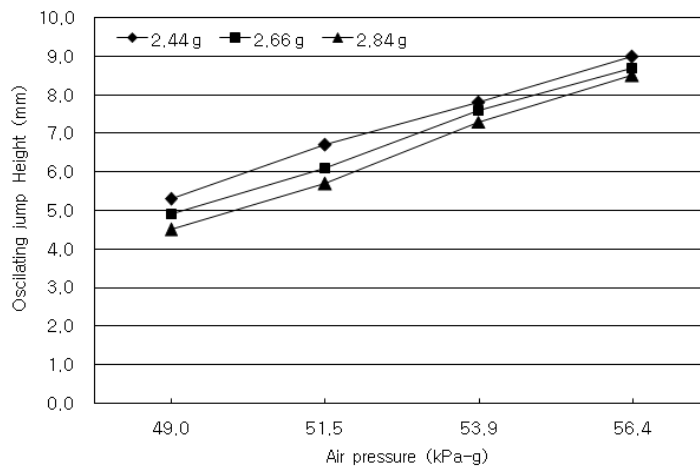


Fig. 13. Oscillating jump height of the seed under different eccentric weight and air pressure with 1 pepper seed.

그림 13은 셀호퍼에 담긴 고추종자 1립이 진동공기압과 편심추 질량에 따라 진동하는 종자판과 충돌진동하여 도약한 높이인 진동도약높이의 평균값을 나타낸 것이다. 전반적으로 진동공기압이 증가함에 따라 종자판의 진폭과 진동수가 증가한 것처럼 고

추종자의 진동도약높이도 증가한 것으로 나타났으며, 1립의 고추종자가 종자판 내에서 종자판과 충돌진동이 이루어진 진동공기압의 범위는 49.0 kPa-g(0.500 kg/cm<sup>2</sup>-g)에서 56.4 kPa-g까지로 나타났다. 진동공기압이 49.0 kPa-g에서 56.4 kPa-g로 증가함에 따라 고추종자의 진동도약높이는 4.5 - 5.3 mm에서 8.5 - 9.0 mm로 증가하였는데, 편심추의 질량 2.49 g의 경우에는 5.3 mm에서 9.0 mm로, 편심추의 질량 2.66 g의 경우에는 4.9 mm에서 8.7 mm로, 또 편심추의 질량 2.84 g의 경우는 4.5 mm에서 8.5 mm로, 각각 증가하였으며, 편심추의 질량 2.49 g의 경우 가장 높은 범위 값을 나타내었다. 따라서 고추종자의 진동도약높이를 종자판의 진폭과 진동수를 비교해 보았을 때 고추종자의 진동도약높이가 종자판의 진동수와 같이 동일 진동공기압에서 편심추의 질량이 가벼울수록 높게 나타난 것으로 보아 고추종자의 진동도약높이는 종자판의 진폭보다 진동수에 영향을 받는 것으로 사료된다.

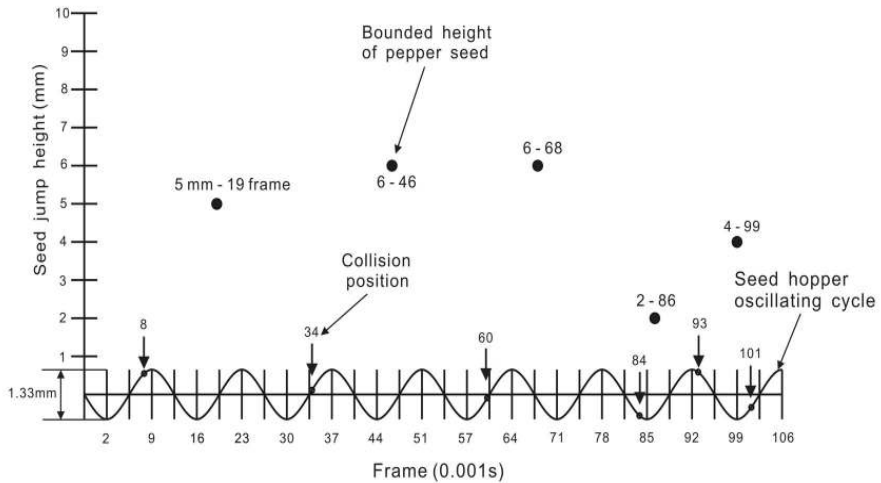


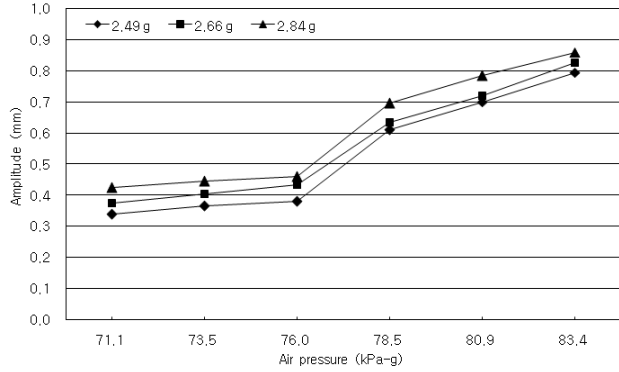
Fig. 14. Analysis of the seed jump height according to the seed hopper oscillating cycle.

그림 14는 진동공기압 49.0 kPa-g 이상일 경우 고추종자의 진동거동을 분석한 것으로, 고추종자가 처음 도약한 이후 낙하하여 종자판과 충돌하는 지점은 매번 달랐으나 충돌 지점에서 종자판의 상승속도가 큰 지점에서 부딪힐 때 고추종자의 진동도약높이는 높게 나타났다. 종자판의 최대 상승속도는 진동높이 0 mm 지점 즉, 상승변곡점이고 최소

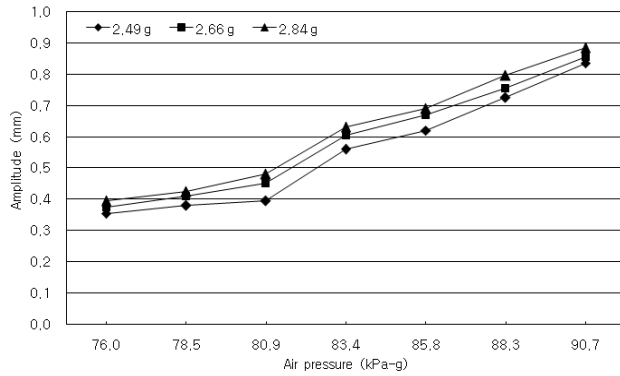
상승속도는 하강변곡점으로 부(-)의 속도를 가지므로 이 지점에서 고추종자가 낙하하여 충돌 시 최대, 최소의 진동도약높이를 갖게 될 것으로 판단된다. 진동공기압과 진동자 편심추의 질량 변화에 의한 모든 실험에서 고추종자의 진동도약높이는 0점과 최대 진동높이 사이에 무작위로 분산되어 나타났다 따라서 동일 진동도약높이에 존재하는 종자의 밀도는 평균진동도약높이가 낮은 때이므로 배종율을 높이기 위해서는 흡입노즐에 종자가 잘 흡착될 수 있는 평균진동도약높이로 되도록 낮게 하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

그림 15는 종자관에 고추종자를 셀당 100립(종자관에 총 1,600립), 셀당 200립(종자관에 총 3,200립) 및 셀당 300립(종자관에 총 4,800립)을 담고 종자관을 진동시켰을 때 진동공기압과 편심추의 질량에 따른 종자관의 진폭변화를 나타낸 것이다. 전반적으로 진동공기압이 증가하면 종자관의 진폭도 증가하였는데, 셀당 100립의 종자에서는 진동공기압이  $71.1 \text{ kPa-g}(0.725 \text{ kg/cm}^2\text{-g})$ 에서  $83.4 \text{ kPa-g}(0.850 \text{ kg/cm}^2\text{-g})$ 로 증가함에 따라 진폭은  $0.34 - 0.43 \text{ mm}$ 에서  $0.80 - 0.86 \text{ mm}$ 로 증가하였는데, 편심추의 질량  $2.49 \text{ g}$ 의 경우에는  $0.34 \text{ mm}$ 에서  $0.80 \text{ mm}$ 로, 편심추의 질량  $2.66 \text{ g}$ 의 경우에는  $0.38 \text{ mm}$ 에서  $0.83 \text{ mm}$ 로, 또 편심추의 질량  $2.84 \text{ g}$ 의 경우에는  $0.43 \text{ mm}$ 에서  $0.86 \text{ mm}$ 로, 각각 증가하였으며, 편심추의 질량  $2.84 \text{ g}$ 의 경우 가장 높은 범위의 값을 나타내었다. 셀당 200립의 종자에서는 진동공기압이  $76.0 \text{ kPa-g}(0.775 \text{ kg/cm}^2\text{-g})$ 에서  $90.7 \text{ kPa-g}(0.925 \text{ kg/cm}^2\text{-g})$ 로 증가함에 따라 진폭은  $0.36 - 0.40 \text{ mm}$ 에서  $0.84 - 0.89 \text{ mm}$ 로 증가하였는데, 편심추의 질량  $2.49 \text{ g}$ 의 경우에는  $0.36 \text{ mm}$ 에서  $0.84 \text{ mm}$ 로, 편심추의 질량  $2.66 \text{ g}$ 의 경우에는  $0.38 \text{ mm}$ 에서  $0.86 \text{ mm}$ 로, 또 편심추의 질량  $2.84 \text{ g}$ 의 경우에는  $0.40 \text{ mm}$ 에서  $0.89 \text{ mm}$ 로, 각각 증가하였으며, 편심추의 질량  $2.84 \text{ g}$ 의 경우 가장 높은 범위의 값을 나타내었다. 그리고 셀당 300립의 종자에서는 진동공기압이  $78.5 \text{ kPa-g}(0.800 \text{ kg/cm}^2\text{-g})$ 에서  $95.6 \text{ kPa-g}(0.975 \text{ kg/cm}^2\text{-g})$ 로 증가함에 따라 진폭은  $0.34 - 0.41 \text{ mm}$ 에서  $0.84 - 0.88 \text{ mm}$ 로 증가하였는데, 편심추의 질량  $2.49 \text{ g}$ 의 경우에는  $0.34 \text{ mm}$ 에서  $0.84 \text{ mm}$ 로, 편심추의 질량  $2.66 \text{ g}$ 의 경우에는  $0.38 \text{ mm}$ 에서  $0.86 \text{ mm}$ 로, 또 편심추의 질량  $2.84 \text{ g}$ 의 경우에는  $0.41 \text{ mm}$ 에서  $0.88 \text{ mm}$ 로, 각각 증가하였으며, 셀당 100립과 200립에서와 같이 편심추의 질량  $2.84 \text{ g}$ 의 경우 가장 높은 범위의 값을 나타내었다.

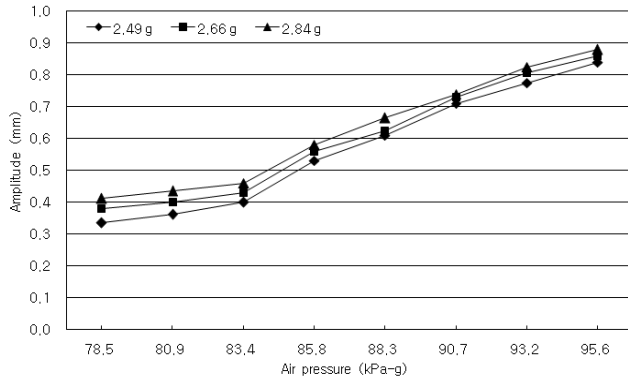




100-seed cell hopper

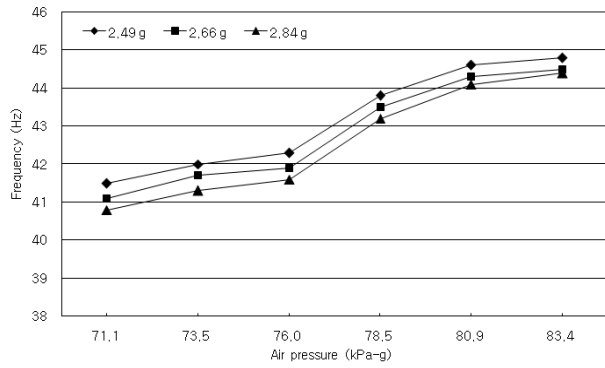


200-seed cell hopper

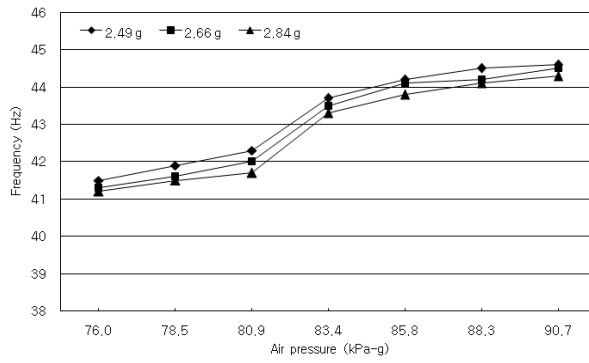


300-seed cell hopper

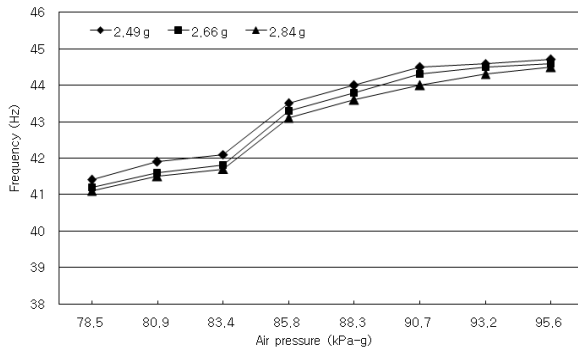
Fig. 15. Amplitude of the seed hoppers with 100-, 200- and 300-seed cell hopper.



100-seed cell hopper



200-seed cell hopper



300-seed cell hopper

Fig. 16. Frequency of the seed hoppers with 100-, 200- and 300-seed cell hopper.

다립종자 투입 시 진동자 편심추의 질량이 무거울수록 종자판의 진폭이 크게 나타났는데 1립 종자 투입 시와 마찬가지로 편심추의 질량이 무거울수록 회전에 의해 발생하는 원심력이 크기 때문인 것으로 판단된다.

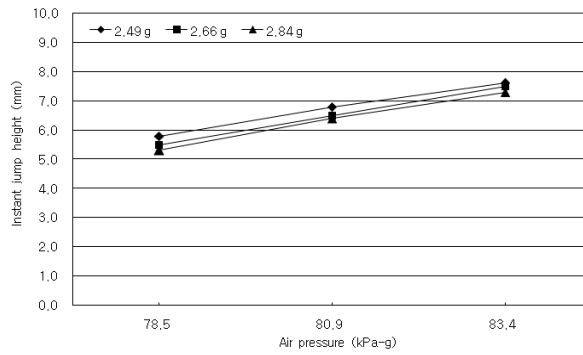
그림 16은 종자판에 고추종자를 셀당 100립, 셀당 200립 및 셀당 300립 담고 종자판을 진동시켰을 때 진동공기압과 편심추의 질량에 따른 종자판의 진동수 변화를 나타낸 것이다. 종자판의 진폭 변화에서와 같이 전반적으로 진동공기압이 증가하면 진동수도 증가하였는데, 셀당 100립의 종자에서 진동공기압이 71.1 kPa-g에서 83.4 kPa-g로 증가함에 따라 진동수는 40.8 - 41.5 Hz에서 44.4 - 44.8 Hz로 증가하였는데, 편심추의 질량 2.49 g의 경우에는 41.5 Hz에서 44.8 Hz로, 편심추의 질량 2.66 g의 경우에는 41.1 Hz에서 44.5 Hz로, 또 편심추의 질량 2.84 g의 경우에는 40.8 Hz에서 44.4 Hz로, 각각 증가하였으며, 편심추의 질량 2.49 g의 경우 가장 높은 범위의 값을 나타내었다. 셀당 200립의 종자에서는 진동공기압이 76.0 kPa-g에서 90.7 kPa-g로 증가함에 따라 진동수는 41.2 - 41.5 Hz에서 44.3 - 44.6 Hz로 증가하였는데, 편심추의 질량 2.49 g의 경우에는 41.5 Hz에서 44.6 Hz로, 편심추의 질량 2.66 g의 경우에는 41.3 Hz에서 44.5 Hz로, 또 편심추의 질량 2.84 g의 경우에는 41.2 Hz에서 44.3 Hz로, 각각 증가하였으며, 편심추의 질량 2.49 g의 경우 가장 높은 범위의 값을 나타내었다. 그리고 셀당 300립의 종자에서는 진동공기압이 78.5 kPa-g에서 95.6 kPa-g로 증가함에 따라 진동수는 41.1 - 41.4 Hz에서 44.5 - 44.7 Hz로 증가하였는데, 편심추의 질량 2.49 g의 경우에는 41.4 Hz에서 44.7 Hz로, 편심추의 질량 2.66 g의 경우에는 41.2 Hz에서 44.6 Hz로, 또 편심추의 질량 2.84 g의 경우에는 41.1 Hz에서 44.5 Hz로, 각각 증가하였으며, 셀당 100립과 200립에서와 같이 편심추의 질량 2.49 g의 경우 가장 높은 범위의 값을 나타내었다. 다립종자 투입 시 진동자 편심추의 질량이 가벼울수록 종자판의 진동수가 크게 나타났는데 1립 종자 투입 시와 같이 편심추의 질량이 가벼울수록 회전저항이 적게 발생하였기 때문인 것으로 사료된다.

이론적으로 종자판의 진폭(A)과 진동수(f)에 의한 최대가속도는  $(2\pi f)^2 A$ 로 계산가능하며, 셀당 100립의 종자에서 편심추의 질량이 2.66 g일 경우  $f=41.9$  Hz,  $A=0.44$  mm 정도이므로 최대가속도는  $30,496$  mm/s<sup>2</sup>로서 중력가속도  $9,810$  mm/s<sup>2</sup>보다 3배나 높은 값이다. 이론적으로는  $A=0.44$  mm일 때 중력가속도와 같은 종자판 최대가속도는 진동수가 23.8 Hz일 때이지만 실제로 고추종자의 도약이 이루어져 충돌진동이 증폭되는 진동수는 41.9 Hz보다 높은 곳에서부터 나타났다. 이것은 고추종자가 종자판 바닥면으로부터

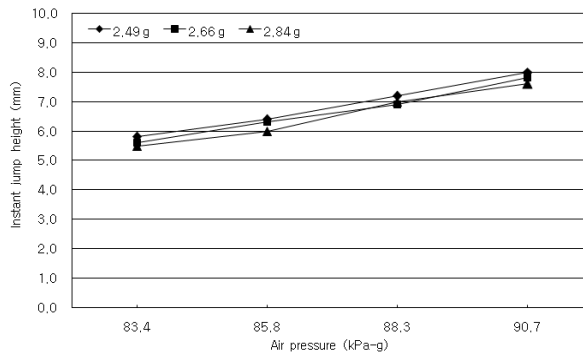
이탈도약되는 것은 23.8 Hz 이지만 42 Hz 이하에서는 도약높이가 낮아 자유낙하거리가 짧고 도약 후 종자판과 충돌 시 상대속도가 낮아 충돌반발력이 작은 것으로 생각된다. 따라서 고추종자의 도약 이후 진동도약높이가 급격히 상승하는 종자판의 진폭과 진동수가 존재하며 고추종자의 경우 진동수 약 42 Hz, 진폭 0.4 mm인 것으로 종자판 최대 진동가속도가  $27,827 \text{ mm/s}^2$ 일 때로 판단된다. 실제로 진공노즐식 파종기에서 종자판의 진폭이 커지면 담겨진 모든 종자를 같이 움직이는 에너지가 증가하고 최대진폭보다 5 mm 이상 떨어져 노즐팁을 설치하여야 하므로 종자의 최대진동도약높이를 높게 하여야 한다. 이와는 대조적으로 종자판의 진동수는 그 제공에 비례하여 종자판의 가속도를 만듦으로 진동수를 증가시켜 종자의 진동도약높이를 조절하는 것이 보다 합리적인 것으로 판단된다.

그림 17은 종자판에 고추종자를 셀당 100립, 셀당 200립 및 셀당 300립을 담고 종자판을 진동시켰을 때 진동공기압과 편심추에 따라 고추종자의 순간도약높이 변화를 나타낸 것이다. 고추종자의 진동도약높이가 증폭되어 안정된 진동도약높이가 유지되는 진동공기압은 각각 78.5 kPa-g, 83.4 kPa-g 및 85.8 kPa-g( $0.875 \text{ kg/cm}^2\text{-g}$ )로 나타났다. 또한 진동공기압이 증가할수록 종자의 진동도약높이는 증가하기 때문에 투입 종자수 100립, 200립 및 300립에서 진동공기압이 각각 83.4 kPa-g, 90.7 kPa-g 및 95.6 kPa-g를 초과할 때 종자가 너무 높게 튀어올라 종자판 밖으로 이탈되는 경우가 발생하였다. 따라서 그림 17은 고추종자의 안정된 충돌진동높이가 유지되는 진동공기압 범위 내에서 조사한 고추종자의 평균순간도약높이를 나타낸 것이다.

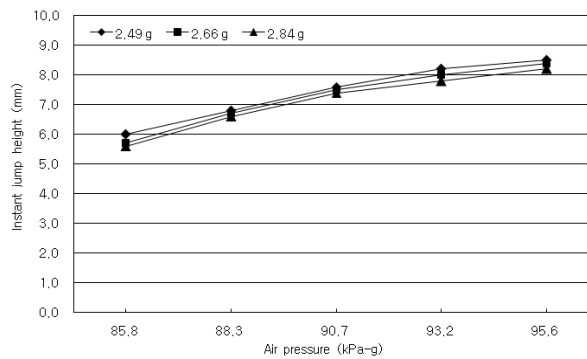
전반적으로 진동공기압이 증가하면 고추종자의 순간도약높이도 증가하였다. 셀당 100립의 종자에서는 진동공기압이 78.5 kPa-g에서 83.4 kPa-g로 증가함에 따라 순간도약높이는 5.3 - 5.8 mm에서 7.3 - 7.6 mm로 증가하였는데, 편심추의 질량 2.49 g의 경우에는 5.8 mm에서 7.6 mm로, 편심추의 질량 2.66 g의 경우에는 5.5 mm에서 7.5 mm로, 또 편심추의 질량 2.84 g의 경우에는 5.3 mm에서 7.3 mm로, 각각 증가하였으며, 편심추의 질량 2.49 g의 경우 가장 높은 범위의 값을 나타내었다. 셀당 200립의 종자에서 진동공기압이 83.4 kPa-g에서 90.7 kPa-g로 증가함에 따라 순간도약높이는 5.5 - 5.8 mm에서 7.6 - 8.0 mm로 증가하였는데, 편심추의 질량 2.49 g의 경우에는 5.8 mm에서 8.0 mm로, 편심추의 질량 2.66 g의 경우에는 5.6 mm에서 7.8 mm로, 또 편심추의 질량 2.84 g의 경우에는 5.5 mm에서 7.6 mm로, 각각 증가하였으며, 편심추의 질량 2.49 g의 경우 가장 높은 범위의 값을 나타내었다.



100-seed cell hopper



200-seed cell hopper



300-seed cell hopper

Fig. 17. Mean instant jump heights of the seeds with 100-, 200- and 300-seed cell hopper.

그리고 셀당 300립의 종자에서 진동공기압이 85.8 kPa-g에서 95.6 kPa-g로 증가함에 따라 순간도약높이는 5.6 - 6.0 mm에서 8.2 - 8.5 mm로 증가하였는데, 편심추의 질량 2.49 g의 경우에는 6.0 mm에서 8.5 mm로, 편심추의 질량 2.66 g의 경우에는 5.7 mm에서 8.4 mm로, 또 편심추의 질량 2.84 g의 경우에는 5.6 mm에서 8.2 mm로, 각각 증가하였으며, 셀당 100립과 200립에서와 같이 편심추의 질량 2.49 g의 경우 가장 높은 범위의 값을 나타내었다.

종자의 순간도약높이는 셀당 고추종자의 투입수에 관계없이 진동공기압이 증가할수록, 편심추의 질량이 감소할수록 높게 나타났다. 그러나 순간도약높이의 변화폭은 진동공기압의 변화 시가 편심추의 질량 변화 시 보다 훨씬 크게 나타났다. 진동수는 동일진동공기압일 때 편심추의 질량이 작을수록, 진동공기압이 증가할수록 증가하므로 셀호퍼 종자투입 수가 1립인 때와 같은 결과로서 고추종자의 순간도약높이는 종자판의 진폭보다 진동수에 더 영향을 크게 받는 것에 기인한 것으로 판단된다.

표 6, 7 및 8은 각각의 편심추에서 셀당 투입 종자수와 진동공기압에 따른 종자판의 진폭과 진동수, 종자판에 적재된 고추종자의 적재 높이와 고추종자의 평균순간도약높이 그리고 순간도약높이의 표준편차를 나타낸 것이다.

Table 6. Experimental results on eccentric weight at 2.49 g

Seeds per a cell	100			200				300				
Air pressure (kPa-g)	78.5	80.9	83.4	83.4	85.8	88.3	90.7	85.8	88.3	90.7	93.2	95.6
Frequency (Hz)	43.8	44.6	44.8	43.7	44.2	44.5	44.6	43.5	44.0	44.5	44.6	44.7
Amplitude (mm)	0.70	0.79	0.86	0.63	0.69	0.80	0.89	0.58	0.67	0.74	0.83	0.88
Loaded height of seeds in seed hopper (mm)	4.0			4.8				5.3				
Average Height (mm)	5.8	6.8	7.6	5.8	6.4	7.2	8.0	6.0	6.8	7.6	8.2	8.5
Standard dev. (S) of height	0.45	0.58	0.65	0.44	0.52	0.61	0.63	0.41	0.47	0.55	0.63	0.68

Table 7. Experimental results on eccentric weight at 2.66 g

Seeds per a cell	100			200				300				
Air pressure (kPa-g)	78.5	80.9	83.4	83.4	85.8	88.3	90.7	85.8	88.3	90.7	93.2	95.6
Frequency (Hz)	43.5	44.3	44.5	43.5	44.1	44.2	44.5	43.3	43.8	44.3	44.5	44.6
Amplitude (mm)	0.64	0.72	0.83	0.61	0.67	0.76	0.86	0.56	0.63	0.73	0.81	0.86
Loaded height of seeds in seed hopper (mm)	4.0			4.8				5.3				
Average Height (mm)	5.5	6.5	7.5	5.6	6.3	6.9	7.8	5.7	6.7	7.5	8.0	8.4
Standard dev. (S) of height	0.46	0.55	0.64	0.42	0.50	0.57	0.63	0.40	0.46	0.54	0.62	0.66

Table 9. Experimental results on eccentric weight at 2.84 g

Seeds per a cell	100			200				300				
Air pressure (kPa-g)	78.5	80.9	83.4	83.4	85.8	88.3	90.7	85.8	88.3	90.7	93.2	95.6
Frequency (Hz)	43.2	44.1	44.4	43.3	43.8	44.1	44.3	43.1	43.6	44.0	44.3	44.5
Amplitude (mm)	0.61	0.70	0.80	0.56	0.62	0.73	0.84	0.53	0.61	0.71	0.78	0.84
Loaded height of seeds in seed hopper (mm)	4.0			4.8				5.3				
Average Height (mm)	5.3	6.4	7.3	5.5	6.0	7.0	7.6	5.8	6.6	7.4	7.8	8.2
Standard dev.(S) of height	0.46	0.56	0.64	0.42	0.49	0.59	0.62	0.40	0.47	0.52	0.61	0.65

고추종자의 순간도약높이의 표준편차는 동일 조건에서 진동수가 증가할수록 즉, 고추 종자의 평균순간도약높이가 증가할수록 증가하는 경향으로 나타났다. 충돌진동으로 도약된 고추종자들의 순간도약높이의 표준편차는 종자의 평균순간도약높이가 증가할수록 증가하였으며 그 값은 종자의 평균순간도약높이에서 종자적재높이를 뺀 값의 1/3 정도로 나타났다. 이것은 종자들이 도약되어 있는 높이는 종자의 평균순간도약높이에  $\pm 3$ 배의 편차를 더한 공간 내에 전부 분포되어 있음을 뜻한다. 또한 촬영된 1프레임 내의 종자의 순간도약높이는 전공간에 고르게 분포하고 있음을 확인하였다. 그러므로 동일 셀 호퍼 종자 투입수에서 종자의 평균순간도약높이가 높을수록 종자의 순간도약높이 분산도가 높아지며, 곧 도약된 종자들의 공간밀도가 떨어지는 결과로 해석된다. 흡입노즐의

팁이 종자도약높이 공간 내 위치하여 종자를 팁에 흡입부착할 때 종자가 잘 부착될 확률은 도약된 종자의 공간밀도가 높을수록 높게 되는 것이 예상되므로 평균순간도약높이가 낮을수록 배종율은 높아질 것으로 예상된다. 또한 평균순간도약높이가 낮을 때 종자들의 운동속도가 낮아서 흡입노즐팁에 붙은 종자를 튀겨내지 않으므로 배종율 또한 이 높이가 낮을 때 증가할 것이 틀림없다.

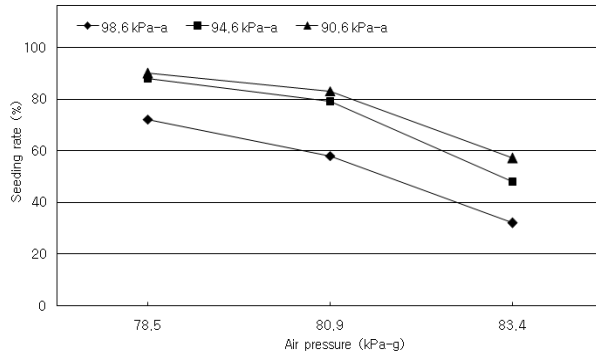
#### 다) 종자판의 진동유형에 따른 파종율 시험

그림 18, 19 및 20는 종자판에 고추종자를 셀당 100립, 200립 및 300립을 담고 진동 공기압과 흡입노즐의 흡입압에 따른 파종율 변화를 편심추에 따라 나타낸 것이다. 민 등<sup>14</sup>의 시험에서 최적의 종자 평균순간도약높이는 5 mm이고 종자흡착 시 흡입노즐팁의 위치가 평균순간도약높이 보다 0.5 mm 높은 곳에 위치할 때 파종율이 최대로 나타났다고 보고된 바 있고, 종자의 순간도약높이 분석에서도 평균순간도약높이에서 종자의 공간밀도가 높게 나타나 민 등<sup>14</sup>과 같이 흡입노즐팁을 평균순간도약높이보다 0.5 mm 높은 곳에 위치시켜 파종율 시험을 실시하였다.

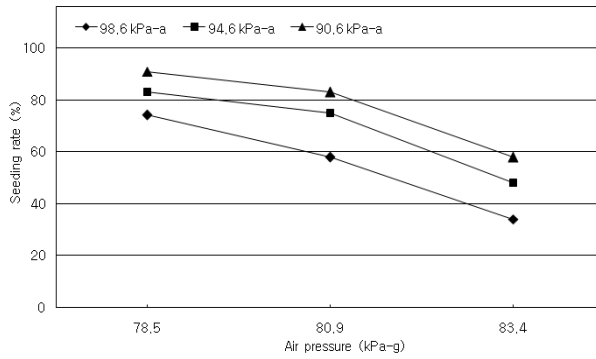
그림 18은 셀당 100립의 종자에서 진동공기압과 흡입노즐의 흡입압에 따른 파종율을 편심추에 따라 나타낸 것이다. 진동공기압이 낮을수록 높은 파종율을 보였고, 흡입노즐의 흡입압이 낮을수록 높은 파종율을 나타내었다. 이것은 진동공기압이 낮을수록 고추종자의 순간도약높이가 낮는데, 순간도약높이가 낮음에 따라 각 종자들의 순간가속도가 낮아져 흡입노즐팁에 흡착될 확률이 높아진 것으로 판단되며, 또한 흡입압이 낮은 경우에 파종율이 높게 나타난 것은 흡입압이 낮을수록 고추종자가 흡입노즐팁에 흡착될 확률이 높으며, 흡입압이 낮을수록 흡입노즐팁에 흡착된 종자가 다른 종자의 진동도약 시 발생하는 운동에 방해로 받아도 튀겨지지 않고 흡착이 유지될 수 있어 파종율이 높게 나타난 것으로 사료된다.

셀당 100립에서 가장 높은 파종율을 나타낸 시험조건은 진동자 편심추의 질량 2.84 g에서 진동공기압 78.5 kPa-g, 흡입노즐의 흡입압 90.6 kPa-a에서 파종율 92%로 나타났으며, 이 때 종자판의 진폭은 0.61 mm, 진동수는 43.2 Hz이고, 고추종자의 평균순간도약높이는 5.3 mm이었다.

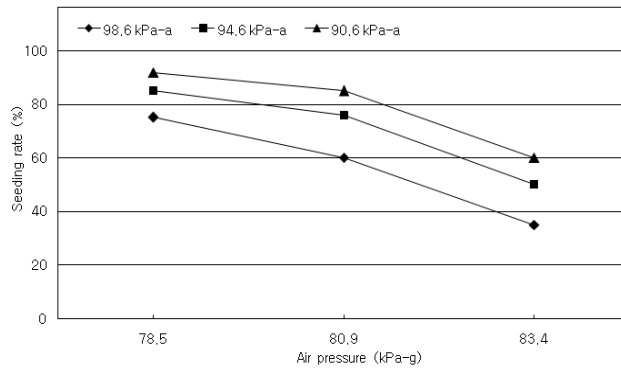




Eccentric weight 2.49 g



Eccentric weight 2.66 g



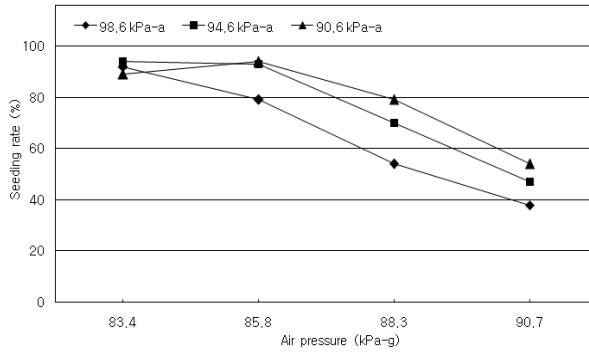
Eccentric weight 2.84 g

Fig. 18. Seeding rates of the 100 seeds per a cell under different air pressures, suction pressure, and eccentric weight.

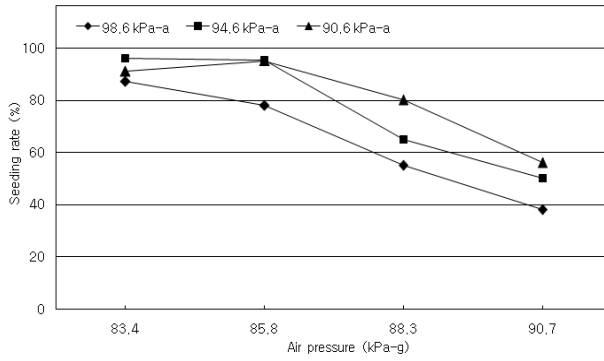
그림 19는 셀당 200립의 종자에서 진동공기압과 흡입압에 따른 과종율을 편심추에 따라 나타낸 것이다. 흡입압 98.6 kPa-a에서는 셀당 100립에서와 같이 진동공기압이 증가할수록 과종율이 감소하였는데, 이것은 종자가 진동도약 했을 때 공간밀도가 낮아지고, 종자의 진동도약높이가 높아짐에 따라 종자의 운동이 빨라져 흡입노즐팁에 흡착될 확률이 낮아진 것으로 판단된다. 흡입압 94.6 kPa-a에서는 진동공기압이 83.4 kPa-g과 85.8 kPa-g에서 흡입압 90.6 kPa-a보다 높은 과종율이 나타났는데, 이것은 흡입압 94.6 kPa-a에서는 고추종자가 2립 이상 과종되는 경우가 거의 일어나지 않아서 이고, 진동공기압이 88.3 kPa-g(0.900 kg/cm<sup>2</sup>-g)부터는 흡입압에 따라 종자의 흡착유지 때문에 과종율이 흡입압 90.6 kPa-a에서 보다 낮게 나타났고, 고추종자의 진동도약높이가 높아짐에 따라 공간밀도가 낮아져 과종율이 낮아진 것으로 사료된다. 흡입압 90.6 kPa-a에서는 진동공기압 83.4 kPa-g에서 2립 이상 과종이 발생되었고, 1립 이상 과종율은 100%로 나타났지만 1립만 과종율에 포함시켰기 때문에 진동공기압 85.8 kPa-g에서 보다 과종율이 낮게 나타났다. 진동공기압 85.8 kPa-g부터 과종율이 감소하였는데, 이것은 흡입압 94.6 kPa-a에서와 같이 종자의 진동도약에 따른 운동성과 흡착유지성 그리고 종자의 공간밀도가 영향을 준 것으로 생각된다.

셀당 200립에서 가장 높은 과종율을 나타낸 시험조건은 흡입노즐의 흡입압이 94.6 kPa-a일 때 진동자 편심추 질량 2.66 g과 2.84 g, 진동자의 진동공기압 83.4 kPa-g과 85.8 kPa-g에서 과종율 96%로 나타났으며, 이 때 종자판의 진폭은 0.67 mm와 0.63 mm, 진동수는 44.1 Hz와 43.7 Hz이고, 고추종자의 평균순간도약높이는 5.6 mm와 6.4 mm이었다.

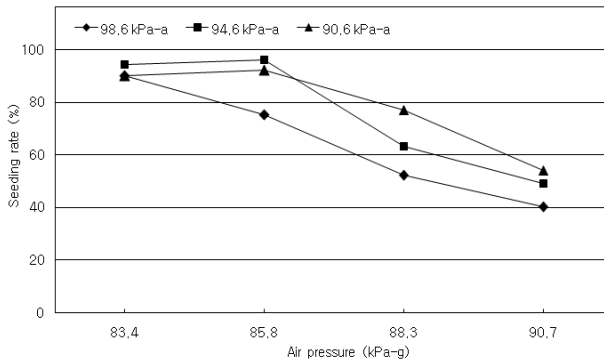
그림 20은 셀당 300립의 종자에서 진동공기압과 흡입압에 따른 과종율을 편심추에 따라 나타낸 것이다. 셀당 300립에서 흡입압이 98.6 kPa-a일 경우 셀당 100립, 200립에서와 같이 진동공기압이 증가할수록 과종율이 감소하였지만 전체적으로는 셀당 100립, 200립보다 과종율이 높아졌는데, 이것은 셀당 종자의 수가 증가하여 종자가 진동도약하였을 때 공간밀도가 높아졌고, 그 결과 종자가 흡입노즐팁에 닿을 확률이 높아졌기 때문인 것으로 판단된다. 셀당 300립에서 흡입압이 94.6 kPa-a일 경우 진동공기압이 85.8 kPa-g에서 2립 이상 과종이 발생하여 과종율이 88.3 kPa-g보다 낮았고, 모든 편심추에서 진동공기압이 88.3 kPa-g에서 과종율이 최고로 나타났으며, 90.7 kPa-g부터 과종율이 감소하였다.



Eccentric weight 2.49 g

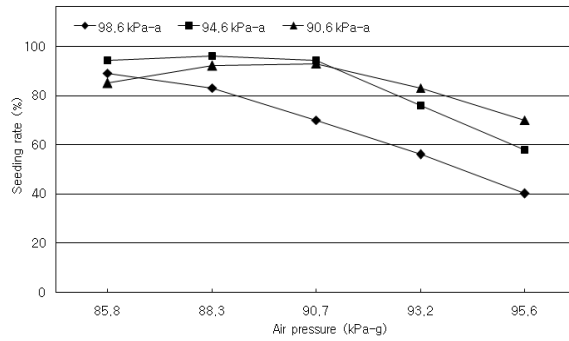


Eccentric weight 2.66 g

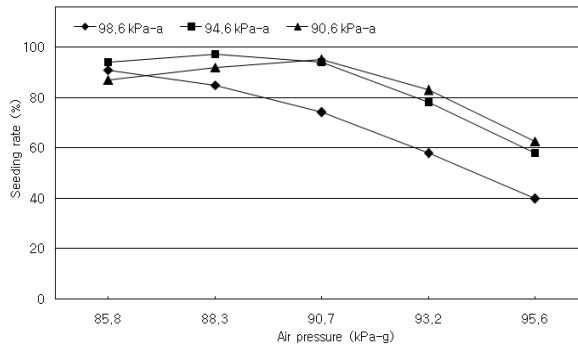


Eccentric weight 2.84 g

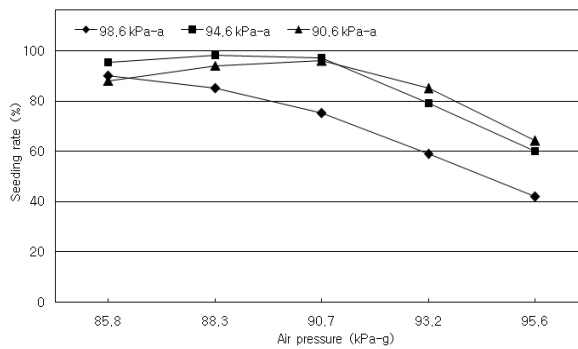
Fig. 19. Seeding rates of the 200 seeds per a cell under different air pressures, suction pressure, and eccentric weight.



Eccentric weight 2.49 g



Eccentric weight 2.66 g



Eccentric weight 2.84 g

Fig. 20. Seeding rates of the 300 seeds per a cell under different air pressures, suction pressure, and eccentric weight.

이것은 셀당 종자수가 늘어나 종자의 진동도약 시 공간밀도가 200립에서 보다 높아져 진동공기압 85.8 kPa-g에서 2립 이상 파종이 발생한 것으로 사료되고, 진동공기압 90.7 kPa-g부터 모든 편심추에서 파종율이 감소한 것은 200립에서와 같이 종자의 진동도약에 따른 운동성과 흡착유지성 그리고 종자의 공간밀도가 영향을 준 것으로 판단된다.

셀당 300립에서 흡입압이 90.6 kPa-a일 경우 진동공기압 85.8 kPa-g과 88.3 kPa-g에서 2립 이상 파종이 발생하였고, 1립 이상 파종으로 계산하면 100%로 나타났으며, 1립만을 파종으로 인정한 파종을 시험에서는 진동공기압 90.7 kPa-g에서 최고의 파종율이 나타났다. 흡입압 90.6 kPa-a에서 최고의 파종율이 흡입압 94.6 kPa-a에서 보다 높은 진동공기압에서 나타난 것은 상대적으로 흡입력이 크기 때문에 종자의 공간밀도가 낮아도 흡착이 더 잘 이루어졌고, 흡착유지성도 더 높은 것이 원인인 것으로 생각된다.

셀당 300립에서 가장 높은 파종율을 나타낸 시험조건은 진동자 편심추의 질량 2.84 g, 진동공기압 88.3 kPa-g, 흡입노즐의 흡입압 94.6 kPa-a에서 파종율 98%로 나타났고, 이 때 종자관의 진폭 0.61 mm, 진동수 43.6 Hz이며, 고추종자의 평균순간도약높이는 6.6 mm이었다.

본 시험의 파종율 시험을 토대로 하였을 때 공정육묘장에서 파종 시 일정량의 모종트레이를 파종하고 종자관에 종자를 보충하는 순서로 파종이 이루어지므로 파종율이 가장 좋은 셀당 300립을 종자관에 담고 파종을 시작하여 셀당 200립까지 파종을 하고 종자를 보충하는 형태를 유지한다면 모종트레이 12매를 연속으로 파종할 수 있으며, 이 때 가장 높은 파종율을 고려하면 흡입압 94.6 kPa-a일 때 종자관 진동의 최적조건은 진동수가 43.6 ~ 43.8 Hz 범위, 진폭은 0.61 ~ 0.62 mm, 고추종자의 평균순간도약높이는 6.0 ~ 6.6 mm이고 가능 파종율은 97%인 것으로 분석되었다.

실제 파종작업 시 고정된 작업조건을 고려하면 셀당 300립에서 셀당 200립까지 흡입압 94.6 kPa-a로 파종 시 최대 파종율은 88%이고, 그 때 고정값의 최적조건은 종자관의 진폭 0.62 mm, 진동수 43.6 Hz로 추정되었고, 이런 작업이 계속 이어져 원활한 파종이 이루어질 수 있게 하려면 적절한 시기에 정확한 수의 종자를 공급할 수 있는 종자공급장치가 필요할 것으로 사료된다.

#### 4) 요약 및 결론

진공노즐식 파종기에서 종자관의 진동에 의한 종자의 도약높이는 기계의 배종율에 영향을 준다. 본 연구에서는 이 배종율을 향상시키기 위한 종자관의 진동조건을 구명하기 위해, 고추종자의 반발계수 측정실험, 공기진동자의 진동공기압과 편심추 변화에 따른 종자관의 진동실험, 종자관 진동에 따른 종자의 진동실험 및 파종실험을 실시하였다. 종자관과 종자의 진동거동에 관한 모든 실험은 고속카메라로 촬영하고 분석하였던바, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 알루미늄 재질의 종자관과 고추종자의 충돌시험에서 평균반발계수는 0.7로 나타나, 고추종자는 강탄성체로 판단되었다.
2. 고압공기분출에 의해 작동하는 공기진동자를 부착한 종자관의 진동시험 결과, 진동공기압 조정과 편심추 변경에 의해 종자관의 진폭과 진동수의 조절이 가능한 것으로 판명되었다.
3. 종자관 공간에 셀호퍼를 설치하여 고추종자 1립을 셀호퍼에 투입한 진동시험 결과, 충돌지점과 진동도약높이는 고르게 분산되어 나타났다.
4. 종자관의 셀호퍼 내에 고추종자를 100립, 200립 및 300립을 투입하고 종자관을 진동한 결과, 1립을 투입했을 때와 마찬가지로 종자의 연속진동충돌의 시작점이 존재하였다.

진폭 0.4 mm, 진동수 42 Hz에서 진동도약높이가 급격히 상승하는 현상이 나타났으며, 이 이상의 진동수에서 종자의 순간도약높이는 진폭과 진동수가 증가할수록 높게 나타났으나 진폭의 영향은 미미하였고, 진동수의 영향이 매우 크게 나타났다. 또한 종자의 순간도약높이의 공간밀도는 평균순간도약높이가 낮을수록, 즉 진동수가 낮을수록 높게 나타났다.

5. 종자관의 진동수와 흡입압에 따른 배종율의 실험 결과, 흡입압이 94.6 kPa-a일 때 셀당 300립에서 종자관의 진폭 0.61 mm, 진동수 43.6 Hz인 경우 98%로 가장 좋은 것으로 나타났으며, 종자관 진동의 최적조건은 진동수 43.6~43.8 Hz, 진폭 0.61~0.62 mm인 것으로 분석되었고, 실제 파종작업 시 고정된 작업조건을 고려하면 셀당 300립에서 셀당 200립까지 흡입압 94.6 kPa-a로 파종 시 최대 파종율은 88%이고, 그 때 고정값의 최적조건은 종자관의 진폭 0.62 mm, 진동수 43.6 Hz로 추정되었다.

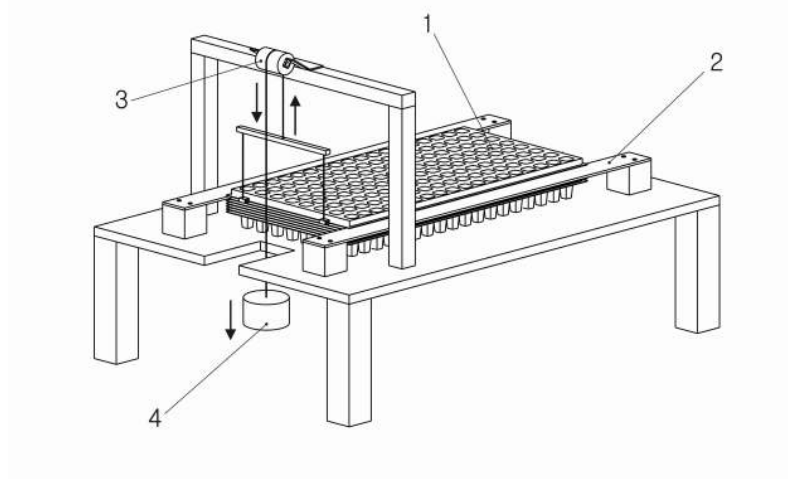
## 다. 기계별 최적 구조 도출

### 1) 파종트레이 자동공급기 고안

프러그묘 육묘를 대상으로 하는 파종작업은 파종트레이에 기저상토를 일정량 다져넣고 종자를 1립 떨어뜨려 복토와 관수를 하는데, 자동파종시스템에서 처음작업은 파종라인 벨트에 트레이를 올려놓는 것이다. 지금까지는 이 파종트레이 공급작업을 인력으로 하고 있다.

#### 가) 파종트레이 분리시험

파종트레이는 보다 저가격으로 생산을 위해 플라스틱을 재료로 얇게 제작되고 있고, 공장에서 출하 시 100장단위로 눌러 포개어 포장부피를 줄여 운반비 저감을 꾀하고 있다. 그러기 때문에 100장씩의 단위포장으로부터 파종트레이를 1장씩 떼어내는 데는 파종트레이의 상호 끼임현상 때문에 기계화가 어려워 인력에 의존하고 있는 실정이다. 이러한 파종트레이의 분리가 기계로 가능한가를 시험한 장치는 그림 21과 같다.



1. 파종트레이 2. 파종트레이 고정막대 3. 롤러 4. 추

그림 21. 트레이분리 실험장치

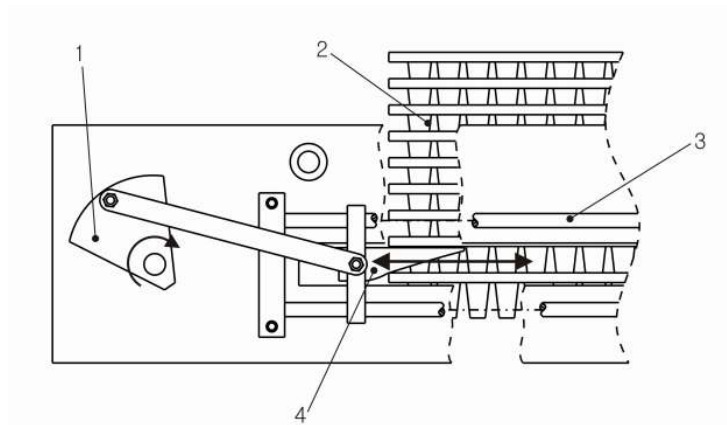
그림 21은 파종트레이 분리 시험장치로서 트레이(1)의 한 면에 두개의 집계를 사용하여 트레이를 잡고, 다른 트레이는 트레이 고정바(2)를 이용하여 바닥에 고정시킨 다

음 추(4)의 무게에 의해 파종트레이(1)를 분리하는 데 걸리는 힘을 조사하는 장치이다. 분리시험은 추(4)의 무게를 500 g에서 시작하여 100 g 씩 증가시키면서 파종트레이가 분리되는 현상을 관찰하였다.

공장에서의 출하시의 상태에서 10장단위의 포장으로 파종트레이(1)를 1장씩 5장까지 분리시험을 하였으며, 100번 반복시험을 하였다. 시험결과 파종트레이는 평균 1.5 kg에서 1열이 완전히 분리되어지나 3열이 분리되는 시점에서 추의 누르는 힘을 멈추면 계속해서 분리 작업이 진행되는 확률은 63%이었다. 이는 횡방향(광폭)의 시험에서도 같은 현상을 보여 기계에 의한 자동분리작업에 어려움이 있을 것이 예상되었다.

## 나) 파종트레이 자동공급기 고안

그림 22는 고안된 파종트레이 자동공급기의 설명도이다. 파종트레이 자동공급기의 작업순서는 100장단위의 파종트레이 적재받침대에 적재, 맨 밑의 파종트레이 1매 가장자리 쇠기박기 방법으로 쇠기왕복에 의해 분리하는 방법을 이용하였다.



1. 크랭크 2. 파종트레이 3. 레일 4. 쇠기

그림 22. 고안된 파종트레이 자동공급기

쇠기(4)의 왕복운동은 크랭크(1)와 레일(3)을 이용하여 기존에 정·역회전하던 모터를 정회전만으로 트레이를 분리할 수 있게 하여 정·역회전에 따른 불필요한 전력과 시간을 감소시켰으며, 트레이 분리시간을 모터의 회전속도조절만으로 가능하게 하여 조



작을 단순화하였다. 이 구조의 원리로 장치를 제작하여 길이 10cm 높이 3cm 규격의 쇄기를 장착하고 공장출하시의 100장단위 파종트레이를 적재하여 분리시험을 해 본 결과 완전분리가 되는 확률은 68%였다. 분리가 되지 않는 이유는 트레이의 셀간 끼임에 의한 마찰저항이 높은 것이 원인이며, 앞 열과 제 2열만 분리되다 마는 경우와 제 2열 3열의 중간이 굽힘 파괴와 셀의 파손이 일어나는 경우가 30% 정도였다. 이러한 트레이의 끼임저항을 없애지 않는 한 쇄기형 방법으로는 트레이가 분리되지 못할 것으로 판단하였다. 시험 후 이 문제를 해결하는 한 방법으로 트레이 셀의 중간에 돌기(끼임방지턱)를 만들어 트레이를 포깁 때 셀 간의 끼임이 발생하지 않도록 하는 방법이 제안되었고 실제 이 방법으로 설계제작한 시작기가 트레이 분리작업이 잘 작동되었다.

## 2) 상토공급충전기 고안

상토충전기는 상토를 모종트레이에 일정량 충전하는 기계로, 일반적인 구조는 파종시스템의 이송라인 인 이송벨트상에서 이송되고 있는 모종트레이 위에 상토를 부어내려 덮어 상토가 모종트레이의 셀에 채워지도록 한 후 여분의 상토를 모종트레이 상부레벨에 맞추어 밀어내는 구조로 되어 있다. 상토혼합기에서 완전 혼합 후 배출된 상토를 저장호퍼에 받은 후 이를 이송시켜 벨트구동라인 위의 트레이에 상토를 충전시키는 방식은 벨트 컨베이어 방식, 버킷엘리베이터 방식, 수직 스크류컨베이어 방식 및 스크레이퍼 컨베이어 방식이 있다. 본 연구에서는 혼합된 상토를 자동으로 긁어 모아 운송할 수 있고, 충전 후 여분의 상토를 받아서 재충전 가능한 스크레이퍼 컨베이어식 상토공급장치를 사용하도록 고안하였다.

그림 23은 기존의 상토충전기의 구조를 나타낸 것으로 바닥면에 적재함에 상토를 부어놓은 상태에서 스크레이퍼식 컨베이어로 상토를 긁어 올려 상부의 가이드호퍼에 떨어지게 하면 상토가 모종트레이 상부에만 쏟아지도록 한 것으로 상토가 많이 충전되는 트레이를 기준하여 상토이송량을 정해 놓은 관계로 파종트레이를 덮고 남는 여분의 잉여상토가 바닥으로 떨어지게 된 구조이다. 본 연구에서는 기존의 파종속도의 1.5배 이상의 속도로 파종하는 것을 목표로 하므로 상토공급유량도 기존의 2배는 되어야 한다. 그림 24는 고안된 상토공급충전기의 구조를 나타낸 것으로, 고속의 충전을 위해 스크레이퍼 컨베이어의 폭을 1.5배로 키우고 상토공급통로 밑에 설치된 상토 제거브러쉬의 방해 없이는 방향으로 고안하였다. 파종트레이 상부에 있는 여분의 상토를 제거하는 브러쉬는 상토공급통로의 후방에 설치하였다.

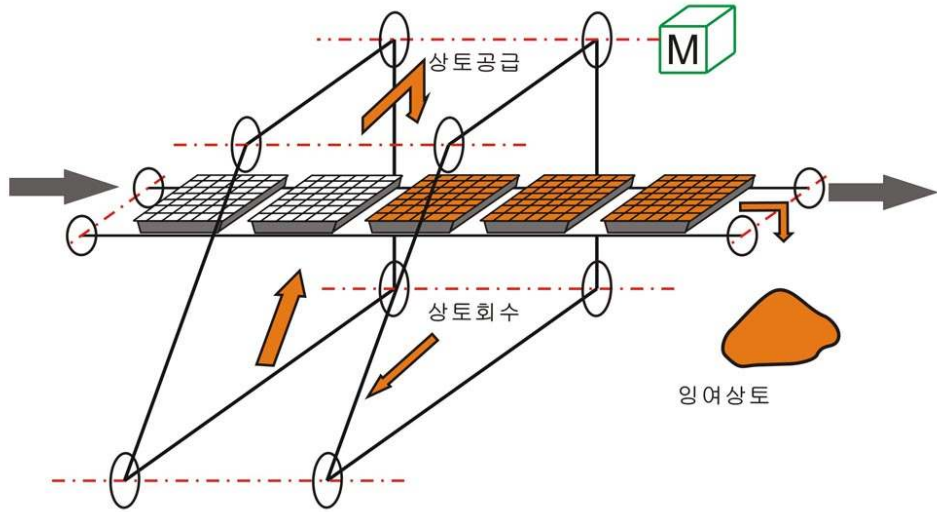


그림 23. 기존의 상토충전기

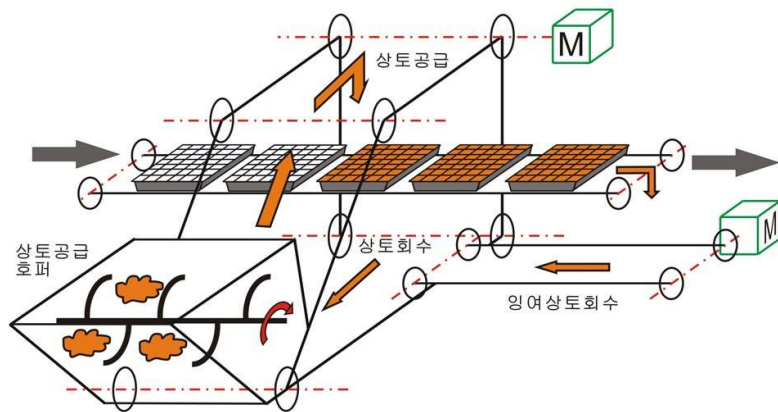


그림 24. 고안된 상토공급충전기

따라서 잉여상토는 상토공급틀로 상부와 상토제거브러쉬가 설치된 부분까지 넓은 영역으로 발생한다. 이 잉여상토를 회수하기 위한 잉여상토회수용 컨베이어를 설치하는 방안이 제안되었다. 또한 상토투입호퍼겸 간이식 상토파쇄혼합기를 파종라인 측면 후반

부인 스크레이퍼 컨베이어 시작부에 설치하였다. 근래의 상토들은 상토조제 회사별로 필요한 성분을 미리 섞어 혼합한 완전상토를 포대에 넣어 공급하므로 예전처럼 상토조제혼합기가 따로 필요 없는 경우가 많다. 그러나 상업용 상토가 운반중이나 보관 중에 굳어져 있으므로 이를 파쇄하는 장치가 필요하며, 약간의 수분 공급과 영양제 공급이 필요한 경우가 많다. 이와 같은 파쇄와 수분 및 영양제 공급을 위해 간이식 상토파쇄혼합기를 고속 상토충진기에 장착하여 기계가격은 낮추고 효율은 증가시키는 방법을 시작기 제작시 고려할 것을 제안하였다.

### 3) 자동진압기 개선 고안

상토 진압기는 트레이에 충전된 상토를 각 셀별로 파종 종자의 파종깊이만큼 눌러 종자파종 자리를 만드는 것으로 셀의 중앙을 가장 깊게 진압하는 것이다. 일반적으로 이용되고 있는 진압기는 전판동력 압축식, 무동력 롤러식, 1열 동력 압축식으로 용도에 따라 회사에 따라 파종설비에 이용되고 있다.

#### 가) 진압기의 종류 분석

##### (1) 전판동력 압축식

트레이 구멍수와 크기에 맞는 돌기판을 트레이와 맞추어 충전된 상토를 눌러 진압하는 방식으로 한번 진압 행정시 1개의 트레이 공수 모두를 진압하게 한 것으로 트레이 이송 벨트상의 진압위치를 광전센서로 파악하고 공기압 실린더를 작동시켜 자동작업토록 하고 있다. 빠른 작업속도를 요하지만 필요동력이 크고, 다른 방식에 비해 가격이 비싸다.

##### (2) 무동력 롤러식

이 방식은 무동력 돌기롤러 구조로 되어 있어 컨베이어 벨트를 타고 들어오는 트레이의 셀과 같은 간격의 돌기롤러에 의해 자동으로 진압이 이루어지게 한 것이다. 진압의 정도는 롤러의 높이 조절에 의해 조정되게 하고, 트레이의 셀수에 따라 규격 롤러로 교체하도록 하고 있다.

##### (3) 1열동력 압축식

이 방식은 파종기의 파종작업과 연계하여 1열씩 압축 이동하게 한 것으로 전판동력

압축식과 같은 구조이지만 작업공정제어가 파종기 제어와 동시에 이루어지므로 전체 시스템의 라인길이 축소 및 경량화에도 유리한 것으로 분석되었다.

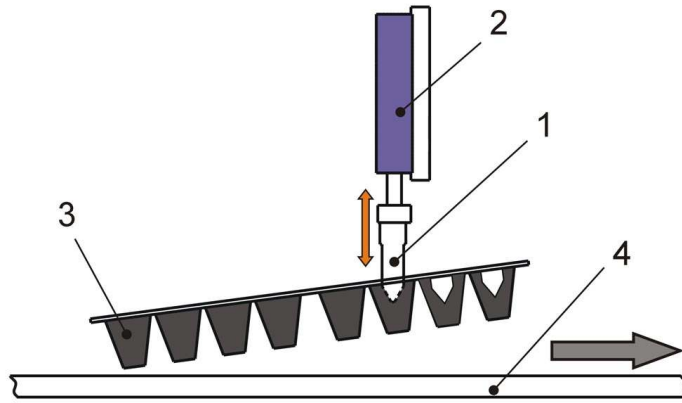
#### (4) 각 방식별 비교

표 9는 진압기의 방식별 특성을 비교한 것이다. 파종시스템의 작업속도는 시스템의 구성장치 중 가장 작업속도가 느린 파종장치(기)에 의해서 정해지므로 진압기의 진압속도는 이 파종장치의 파종속도 이상의 성능을 가지면 된다. 따라서 종류별 3개의 방식 중 문제점이 발생되지 않고, 가장 경제적인 1열동력 압축식을 고안 개발 대상으로 선정하였다.

표 10 진압기 방식별 특성 비교

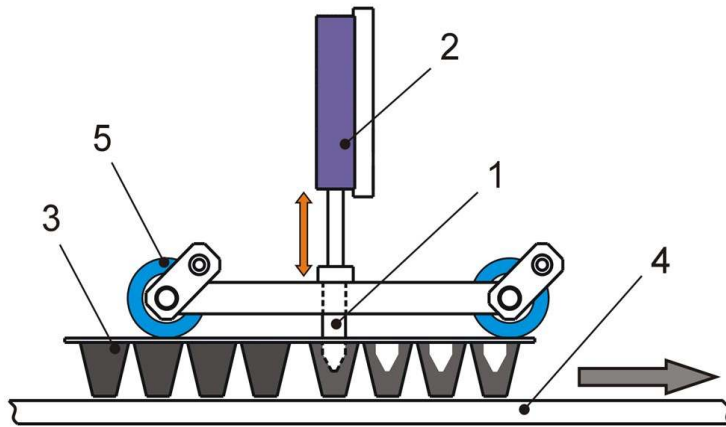
진압방식	전판압축식	무동력 롤러식	1열 압축식
특징	·작업속도 빠름 ·파종기와 연계작업시 쉬는 시간이 김 ·트레이 규격별 압축판 제작비 높음	·동력불요 ·규격별 제작비 높음 ·균일 압축성 저조 ·트레이 손상 초래	·제어회로 간단 ·설치면적 적음 ·경제적임 ·진압성능 양호
작업능력	최대 600매/시간 표준 420매/시간	최대 180매/시간 표준 150매/시간	최대 180매/시간 표준 150매/시간
자동작업	·광전센서 연계 전판단속 자동	·트레이 요철부에 맞추어 자력 작업	·광전센서 연계 1열 단속 자동

그림 25는 기존의 1열동력 압축식을 나타낸 것이며, 광폭파종용으로 이미 상품화되어 있어서 더 개선할 여지는 없는 것으로 판단하였다.



- 1. 진압봉 2. 에어실린더
- 3. 트레이 4. 벨트컨베이어

그림 25. 기존의 진압기



- 1. 진압봉 2. 에어실린더 3. 트레이
- 4. 벨트컨베이어 5. 롤러

그림 26. 고안 개선한 자동진압기

그러나 이 방식은 이송벨트상에서 이송되고 있는 상토가 채워진 파종트레이를 1열씩 차례로 눌러서 진압하는 관계로 가장자리의 셀열을 누를 때 트레이의 반대쪽이 급작히

들러올라가 상토가 유실되고 트레이의 뒤틀림에 의해 다음 열 진압 시 진압기 돌기열과 트레이 셀이 어긋나 트레이의 파손이 일어나는 경우가 2%정도 발생하며, 전년도 사용한 뒤틀림이 발생한 트레이나 무사히 진압되어 이송되는 트레이도 정위치에서 약간의 이동이 있는 관계로 다음 파종공정에서 파종된 씨앗이 셀의 중앙에 위치하지 않는 경우가 8%정도 나타나게 되는 것으로 조사되었다. 그림 26은 진압 시 트레이 튀어오름과 위치 이동의 문제점을 개선한 진압기 고안도로서 진압열의 전후에 트레이 누름롤러를 설치한 것이다.

#### 4) 정밀 고속 파종기 고안

##### 가) 파종기 종류별 비교

파종기는 트레이 셀에 1립의 종자를 착지시키는 것으로 plug묘 종자 파종기 원리는 진공흡입이 있는 구멍에 종자를 흡착하여 정해진 위치에 옮겨 진공을 해제하여 낙하시키는 방식이 일반적이다. 지금까지 세계적으로 많이 이용된 종류로는 드럼형, 평판형, 노즐형이며 그 개략적 구조는 다음과 같다,

##### ① 드럼형 파종기

드럼형 파종기는 밀봉된 원통형 드럼 원주에 종자 부착용 구멍을 내고 드럼 위에 종자판을 얹고 드럼을 회전시켜 면서 드럼내부에 부압을 걸어 종자를 붙혀 하부에서 부압을 제거하면 종자가 종자판에 낙하하는 방식이다. 광전 스위치에 의한 트레이 진입 위치 확인으로 드럼을 작동하며, 드럼 끝부분의 리드 스위치에 의해 카운터 센서로서 트레이를 한줄씩 전진시키면서 드럼작동을 하고 드럼 흡입홀에 덧붙은 종자는 콤프레샤 공기로 제거하며, 종자의 크기에 따라 드럼의 규격이 달라지므로 (예 0.3Φmm 또는 0.5Φmm) 작업성에 따라 용이하게 바꿔 끼울 수 있는 구조로 제작한다.

##### ② 노즐형 파종기

노즐식 자동파종기는 주사기 바늘의 끝을 평평하게 가공하여 그 바늘 구멍에 부압(負壓, 眞空壓)인 흡입공기압(吸入空氣壓, pickup air pressure)을 발생시켜 종자를 바늘 끝에 1립(粒)씩 부착시켜 드롭가이드(drop-guide) 상단으로 이동한 후 그 흡입압을 제거시켜 배출하고, 드롭가이드로부터 안내된 종자는 모종(苗種)트레이 셀(cell)의 중앙에 낙하시켜 파종하는데, 모종트레이의 셀 수와 종자의 종류에 따라 노즐대, 드롭가이드 그리고 진압대의 교체로 파종이 가능하다. 종자의 진동에 의해 종자를 노즐 끝 부근에

도약하게 하면 노즐내 진공압에 의해 종자가 노즐 끝에 흡착되는데 일반적으로 종자의 (부피/질량)이 클수록 잘 흡인된다고 한다. 고추, 배추, 무, 들깨, 참깨 등의 시험결과 진공압 0.3~0.5kg/cm<sup>2</sup>에서 가능하다고 하며, 종자 노즐 끝을 메우고 있을 때 종자크기보다 노즐 구멍이 너무 작으면 종자의 중량과 작업진동의 관성력 때문에 종자가 탈락되는 경우가 생긴다.

### ③ 평판형 파종기

육묘공장에는 자동라인 파종시스템을 도입하여 상토 충전부터 관수까지 일관 작업화하여 시간당 표준트레이 150매 이상을 처리할 수 있는 기종이 필요하다. 그러나 소규모 농장에서는 소량의 종자를 손쉽게 파종할 수 있어야 한다. 이를 위하여 취급이 간편하며 구조가 단순한 파종기가 평판형 파종기이다. 납작한 구형판상의 상자의 일면에 종자 흡입용 구멍이 있고 아래에는 손잡이를 설치하고 손잡이 중앙에 진공펌프와 연결되는 후렉시블 호스를 설치하고, 구형판 내부에 진공압을 걸거나 해제하여 종자를 흡착 또는 탈락 시키는 구조를 갖는다. 작동과정은

- 가. 파종전 진압된 트레이를 준비하고 파종하고자 하는 종자를 종자흡입용 알미늄 판재에 쏟는다.
- 나. 손잡이의 스위치를 켜면 진공펌프가 작동하여 파종판의 구멍을 통하여 흡입한다.
- 다. 종자가 규정된 모든 구멍에 흡입될 수 있도록 파종판을 좌우로 두세번 흔든다.
- 라. 종자의 100% 흡입을 확인하고 대기시킨 트레이 셀과 일치시킨다.
- 마. 셀의 정위치에서 발눌림 스위치를 이용 진공압을 해제시켜 파종한다.
- 바. 이때 파종되지 않는 여분의 종자는 판재 곡부에 모이게 되므로 다음번 파종에 활용한다.

### 나) 파종형식별 비교

표 10은 파종기의 방식별 특성을 비교한 것이다. 노즐형 파종기가 성능, 제작가격, 제어조작성, 파종부 교체성의 면에서 가장 우수한 것으로 조사되었다. 본 연구에서는 노즐형 파종기를 상품화 시제품 개발대상으로 초점을 맞추었다. 각 형식별 성능에서 드럼형은 작업속도(300트레이/시간)가 노즐형 (150트레이/시간)보다 빠르지만 고추 파종시 파종율은 72%로서 노즐형(95%)에 비해 저조하고, 드럼형은 종자형태에 따라 선택적이거나 노즐형은 가능 종자의 범위가 큰 것으로 나타났다. 따라서 상품화 시제품은 노즐형

의 성능을 최대한으로 향상시킬 수 있는 조건에서 개발하였다.

표 11 파종방식별 비교

구 분	드럼형	노즐형	평판형	
특 징	·파종속도가 빠르다 ·트레이 규격에 상응한 드럼의 교체작업 불편 ·드럼의 제작비 높음 ·흡입구의 청소 불편 ·종자특성에 따른 파종율의 변동 폭이 큼	·파종속도가 느다 ·모든 종자에 대응하여 파종율이 높다 (니들교체) ·트레이 규격에 상응한 노즐대 제작비가 낮다	·자동화가 어렵다 ·작업이 번거롭다 ·결종확인 가능 ·가격은 중간 ·규격관 제작비가 높다 ·종자특성에 따른 파종율 변동 폭이 크다	
자동화 적응	중간	높음	낮음	
파종율	원형 종자	80~90%	95~98%	85~90%
	장방형 종자	75~83%	90~98%	60~82%
	납작형 종자	60~75%	86~98%	50~74%
작업 능력 (128공)	최대 420매/시간 표준 300매/시간	최대 180매/시간 표준 150매/시간	최대 150매/시간 표준 100매/시간	

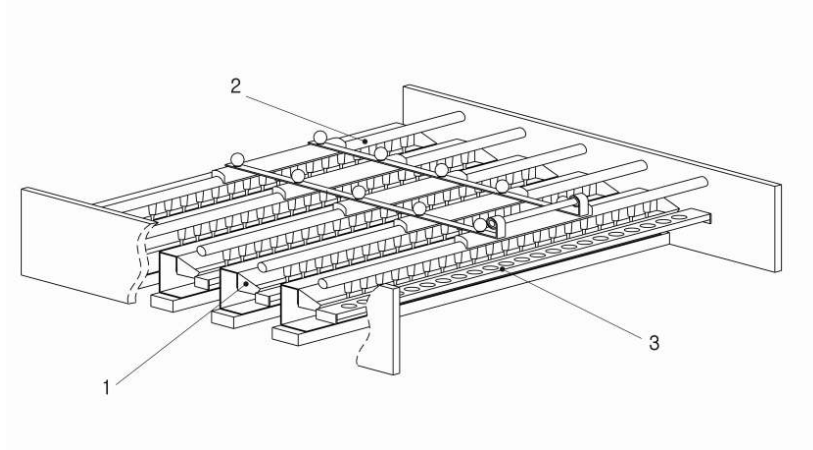
- o 당사 헬퍼로보텍의 노즐형 파종기의 1차모델의 상품화 시제품 개발 시 고려된 사항
  - 진공흡입, 압축공기 배출조작
  - 니들을 이용 (주사기 바늘)
  - 흡입압력 조절장치 (종자별 적정압 조절)
  - 광전센서에 의한 트레이 1열 감지 및 파종작업제어
  - 1열 작업기와 연동작동
  - 트레이 규격에 따른 노즐대 교체형



- 노즐막힘 방지 장치 : 압축공기 일시 분출 (종자 배출 직후)
  - 국내 표준 트레이(10여종) 및 지피포트, 페이퍼트레이 겸용
- o 헬퍼로보텍의 노즐형 파종기의 2차모델의 상품화 시제품은 트레이를 광폭으로 하고 고속화 작동을 시도하여 128공트레이 기준으로 400매/시간의 파종작업이 가능하였다.
- o 외국 등에서 개발한 파종시스템의 작업능률은 128공 기준으로 180~130트레이/시간으로 완벽 파종작업 최적 작업속도는 150트레이/시간으로 조사되었다.

#### 다) 정밀 고속 파종기 고안

자료조사 결과 정밀파종은 파종위치가 정확하고 가장 높은 파종율을 보이는 노즐형 파종기를 이용하는 것이 바람직하고, 또한 파종실패(결과)된 셀의 보충파종(보파)장치를 이용하므로써 고도정밀파종을 이룰 수 있는 것으로 판단하고 본 연구에서 파종기의 방식은 노즐형으로 확정하였다.

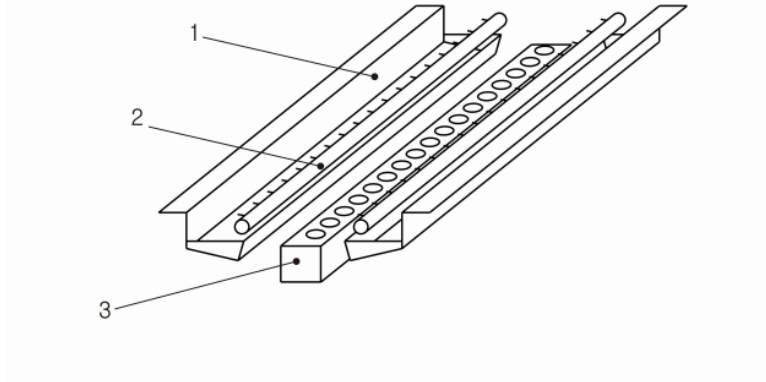


1. 종자트레이 2. 노즐대 3. 드립가이드

그림 27. 1차 고안 파종몰드(5열파종)

여기서는 노즐형파종기의 파종속도를 기존의 1.5배 이상으로 증가시킬 수 있는 장치를 고안하고자하였다. 그림 27은 1차로 고안한 파종몰드로서 기존 광폭 노즐형파종기의 노즐대 5개를 연결하여 기존 파종기보다 약 2.5배(1000매/h)에 가까운 파종속도를 구현

하려 하였으나 현장전문가의 검토 결과 진공펌프의 흡입압력을 증가시키는 것에 따른 진공펌프의 소음과 비용의 문제 그리고 노즐대 5개가 동시에 움직임에 따라 발생하는 진동문제가 제기되어 실제로 제작하지는 못하였다.



1. 종자트레이 2. 노즐대 3. 드립가이드

그림 28. 2차 고안 파종모드(2열파종)

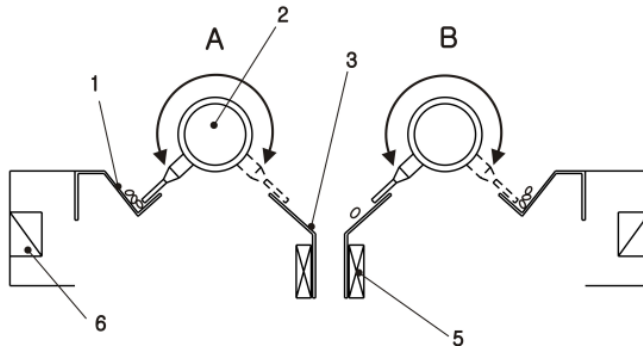
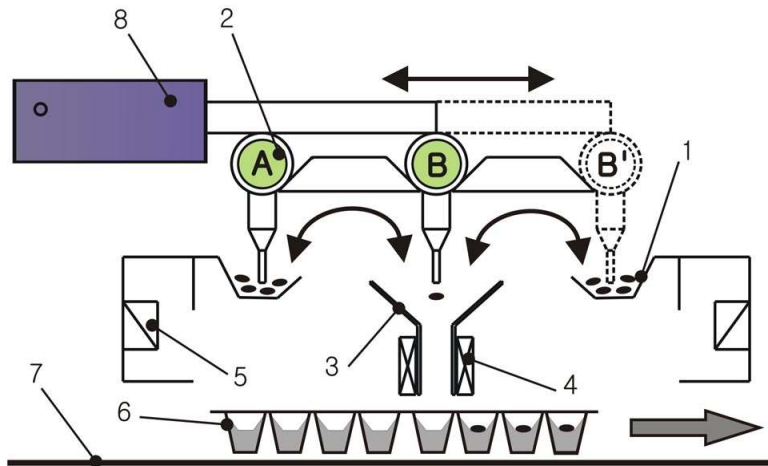


그림 29. 2차 고안 파종모드의 작동단면도

그림 28은 중간에 드립가이드를 놓고, 드립가이드 양쪽에 노즐대를 설치하여 번갈아 드립가이드에 종자를 놓는 형태의 파종모드를 고안하여 기존 파종기의 1.5배(600매/h)의 파종속도를 얻을 수 있도록 고안하였다. 그림 29는 2차 고안한 파종모드의 작동을 설명

하기위한 단면도이다. 파종물드는 중간에 하나의 드롭가이드(1)가 위치하고, 드롭가이드 (1) 양옆에 노즐대(3)와 종자트레이(2)가 위치하고 있다. 노즐대B가 드롭가이드(1)에 흡착하고 있는 종자를 놓으면 그 순간 노즐대A는 종자트레이(2)에서 종자를 흡착하고, 각 노즐대를 회전시키는 스텝모터(4)에 의해 노즐대B의 노즐은 종자트레이(2)로, 노즐대A의 노즐은 드롭가이드(1)로 회전하게 되며, 이 과정이 반복되어 파종이 이루어지도록 고안하였다. 이 방식을 설계 제작하여 시험한바 종자를 노즐 끝에 붙혀 드로우오버의 이송시 종자가 노즐 끝에서 이탈되는 현상이 빈번하였다. 이를 개선하기 위하여 그림 30과 같은 더블식 파종기를 고안하여 시작기로 설계 제작할 것을 제안하였다. 이 방식은 중앙에 종자 드롭가이드(3) 한 조를 설치하고, 상부에 기존의 파종노즐(2)을 2조로 설치하여 노즐대(8)를 직선왕복시 파종노즐 2조가 교대로 배종작업을 하도록 고안한 것이다.

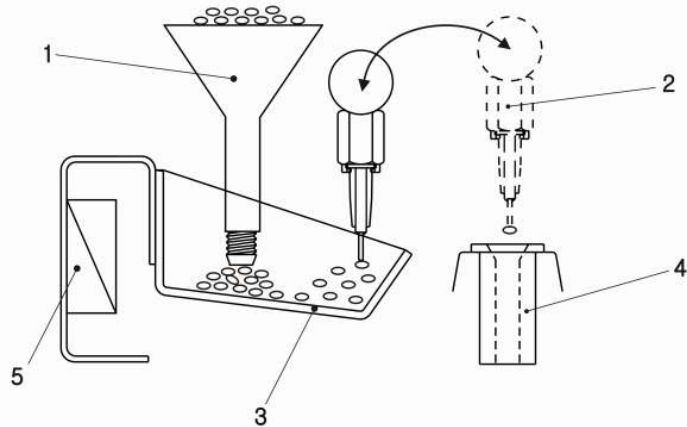


- 1. 종자 트레이 2. 노즐대 3. 드롭가이드
- 4. 파종감시장치 5. 공기진동자 6. 트레이
- 7. 벨트컨베이어 8. 에어실린더

그림 30. 3차 고안 더블식 파종기

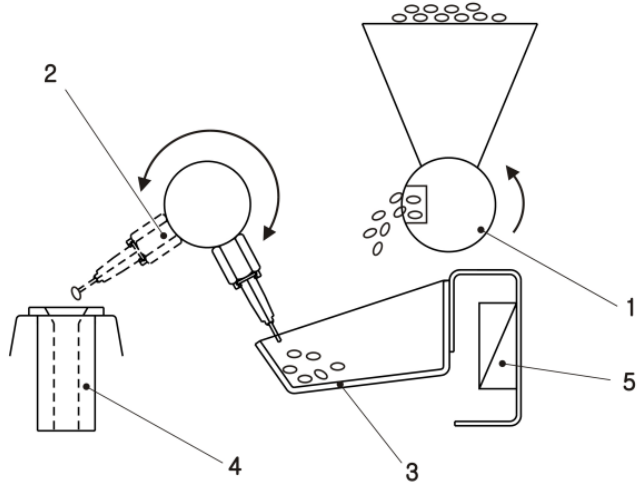
## 5) 사용종자 자동보충기 고안

노즐식 파종기에서는 종자트레이에 담겨진 종자를 부압이 작용하는 노즐의 끝에 1립씩 부착시켜 노즐을 이동시켜 파종트레이의 셀 상부에 낙하시켜 파종을 하는 구조이다. 이때 종자대기판이 진동을 하지 않은 상태에서는 노즐이 종자를 집어 낸 자리가 점차 넓어져 마침내 종자가 노즐 끝에 붙지 않게 되고 만다. 종자를 집어낸 자리에 옆의 종자를 밀어 넣어야 하는데 종자대기판을 진동시키는 방법을 이용한다. 또한 이 진동방법은 종자를 노즐 끝의 높이로 도약하게 하여 노즐 끝에 종자가 1립씩만 부착하게 하는데 매우 효과적이다. 그리고 종자트레이의 종자량이 일정량 상한범위에서 종자가 도약 진동을 하며 일정량에 미달 시는 도약 종자의 밀도가 낮아 노즐끝에 종자가 붙지 않게 되어 종자를 보충 공급하여야 된다. 가장 파종율이 높은 종자의 채움량은 종자의 종류와 종자트레이의 모양에 따라 다르나 그 적정채움량은 정해져 있으므로 적정채움량을 늘 유지한다면 높은 파종율을 유지하는데 도움이 되고, 자동화장치로 한다면 인력투입의 비용을 줄일 수 있다.



1. 갈대기형 종자 호퍼 2. 파종 노즐대 3. 종자트레이  
4. 드롭가이드 5. 에어진동자

그림 31. 1차 고안 갈대기형 사용종자 자동보충기



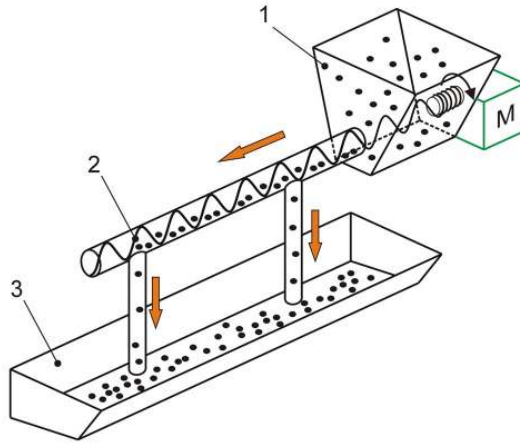
1. 홉플러 2. 노즐대 3. 종자트레이  
4. 드롭가이드 5. 공기진동자

그림 32. 2차 고안 홉플러형 사용종자 자동보충기

그림 31은 1차로 고안한 사용종자 자동보충기이다. 갈대기 모양의 종자통을 종자트레이에 올리고 종자의 안식각을 이용하여 사용종자를 공급하려 하였으나 종자트레이가 진동하고 있어 안식각이 형성되지 않아 필요이상의 종자를 공급하게 되어 적용할 수 없었다.

그림 32는 2차로 고안한 홉플러형 사용종자 자동보충기로서, 종자트레이 위에 종자통을 놓고, 지난 간 트레이 수를 계산하여 일정량에 종자를 배출하는 홈이 있는 드럼을 설치하여 종자를 자동 공급하는 장치를 고안하여 설계 제작하고 시험한바 소량의 공급이 힘들고 공급율을 일정하게 유지하기가 어려웠다.

그림 33은 3차로 고안한 스크류식 사용종자 자동보충기로서 종자호퍼(1)에 종자를 채워 놓으면 모터 M과 연결된 스크류(2) 축의 회전에 의해 종자를 종자트레이(3) 상부로 이송하고, 스크류 케이스 하방에 종자 낙하홈을 통해 종자가 가이드 호스를 따라 종자트레이에 공급되는 방식이다. 이 방식은 무단변속모터의 회전수 조절에 의해 종자별 파종속도에 따라 일정량의 종자를 자동으로 종자트레이에 공급하는 방식이다.



1. 종자통 2. 스프링 3. 종자트레이

그림 33. 스크루식 사용종자 자동보충기

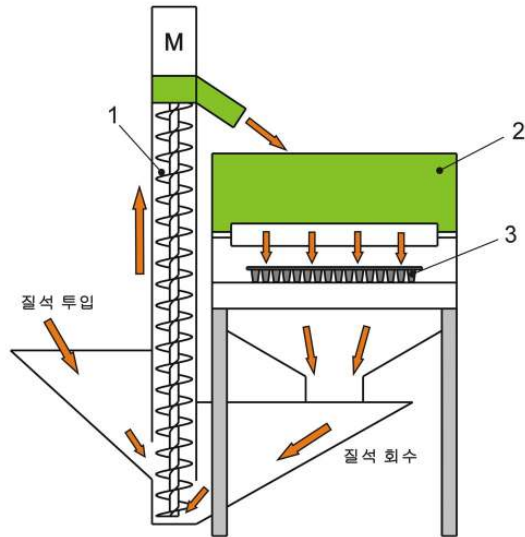
## 6) 자동관수장치 고안

관수장치는 파종작업이 끝난 파종트레이에 복토를 하고서 종자의 발아에 필요한 수분을 공급하는 장치로서 지금까지 이용되고 있는 종류로는 노즐형과 샤워형이 있다. 노즐형은 균일관수 불량과 복토유실의 문제가 있어서, 물조루와 물구멍 있는 샤워파이프를 이용한 샤워형이 많이 채용되고 있다. 헬퍼로보텍에서는 그동안 샤워파이프형 급수장치로서 별 문제점을 발견하지 못하였다. 그러나 복토전 관수를 하여 복토시 종자의 흐트러짐을 막고, 기존의 1.5배의 파종속도에 대비해 기존의 관수장치보다 샤워파이프를 1개 더한 3조의 샤워파이프를 설치토록하고, 물방울이 외부로 튀어나오는 것을 방지하기 위한 투명케이스를 설치할 것을 제안하였다.

## 7) 자동복토기 고안

복토기는 복토용 토양(질석 등)을 파종된 트레이 상부에 고르게 복토하여야 하며 복토량은 파종후의 셀 상부공간을 덮을 정도여야 한다. 지금까지 상품화된 가장 효율적인 복토기는 상토저장호퍼 밑단에 롤러구동형 벨트를 설치하여 벨트가 배출구 쪽으로 이

동시 호퍼내 저장된 상토를 배출하도록 한 구조이며, 복토 잔량은 하부의 경사형 호퍼에 담기게 하고, 담겨진 량이 많아지면 인력으로 상부의 상토저장호퍼에 퍼 올리는 구조이다. 기존의 이 구조가 별 문제점이 발견되지 않아, 본 연구에서는 과중속도가 기존의 400매/시간에서 600매/시간으로 증가하는데 따른 배출속도의 증가만 피하고, 고속 다량 배출에 의한 복토 잔량이 많기 때문에 복토 잔량 회수용 스크류컨베이어를 설치하도록 고안하였다. 또한 광전스위치에 의한 트레이 인식 및 복토작업, 복토 잔량의 주기적 회수의 제어장치도 함께 고려하였다. 그림 34는 고안된 자동 복토기의 구조를 나타낸 설명도이다.



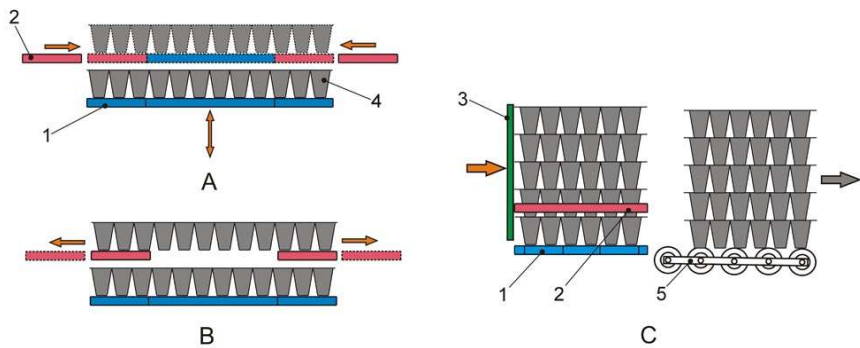
1. 스크류컨베이어
2. 공급호퍼
3. 트레이

그림 34. 자동복토기

#### 8) 과중트레이 자동적재장치 고안

자동과중시스템 상의 벨트 이송라인을 따라 과중트레이 공급 - 상토충전 - 상토진압 - 과중 - 결과확인 - 보파 - 관수 - 복토 - 관수 작업을 마친 과중트레이는 일정단위 (10매)로 포개어 이동대차 싣고 발아실로 이동하여 발아실 선반에 정렬하게 된다. 트레

이의 적재는 위에서 1매씩 포개기와 밑에서 1매씩 밀어올리기의 방법으로 생각해 볼 수 있는데 본 연구에서는 밀어올리기 방법을 택하였다. 그 이유는 과중시스템의 이송라인의 끝에서 적재된 트레이가 발아실 이송대차에 실리는 작업의 편리성을 감안하면 적재 트레이의 밑면 높이가 과중시스템의 이송라인과 같은 높이를 유지하는 것이 좋기 때문이다. 그림 35는 벨트라인으로 이송되어온 각개 과중트레이를 10매씩 포개어 적재하는 자동적재장치의 고안된 원리의 설명도이다. A도에서 과중을 끝낸 모종트레이(4)가 적재기의 위치에 이송되어오면 3부분으로 나누어진 밀받침(1)의 중앙부가 모종트레이를 트레이높이의 1.5배정도 일정높이로 밀어올리고, 이 올림이 끝나면 밖으로 빠져있던 위받침(2)이 안으로 들어오고, 위받침의 들어움이 끝나면 밀받침이 내려와 이송라인 상에 위치하며, 또 한 개의 과중트레이가 적재기 위치로 이송되어오면 위받침(2)가 먼저 빠져서 이미 포개져있는 상부트레이단위를 모두 약간 내려 하부의 새로 적재할 트레이에 포개고, 다시하부의 밀받침(1)의 중앙부가 적재트레이를 밀어올리고, 상부 위받침이 들어와 올려진 적재트레이 모두를 받쳐들고, 밀받침이 내려와 다음 과중트레이가 이송되어 오기를 기다린다. 이와 같은 적재과정은 설정한 트레이 개수(10매) 만큼 적재됨을 감지하는 위치센서에 신호가 올 때까지 계속된다. 정해진 매수의 적재가 되면 밀판(3)이 적재트레이를 롤러컨베이어 위로 밀어놓게 되어 트레이 자동적재 작업이 완료 되도록 고안하였다.



1. 밀받침 2. 위받침 3. 밀판 4. 과중트레이
5. 롤러컨베이어

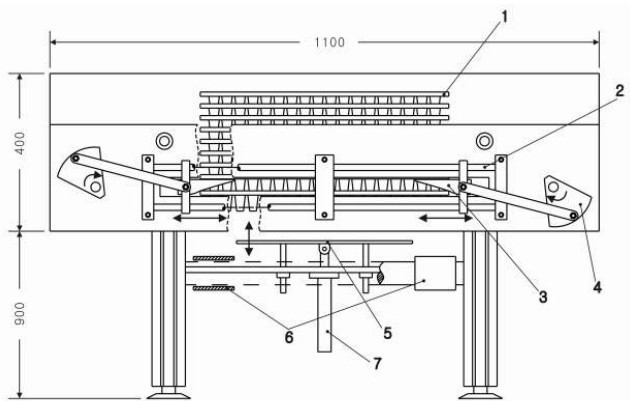
그림 35. 고안된 자동적재장치 원리



## 2. 기계별 마스터 설계

제1연구과제의 제1절에서는 정밀고속 파종로봇 시스템의 구성에 필요한 각 기계 및 장치의 기계적 최적구조를 연구하는 내용으로 먼저 최적구조를 자료조사와 시험을 통하여 구명하였고 이 결과를 토대로 주요설계제원을 제시한 마스터 도면을 설계하여 제3과제인 시작기개발 팀에 제시하여 상세제작도면을 작성하고 기계를 제작하면 각 기계를 시험분석한 후 개선 또는 새로운 구조의 기계고안의 과정을 거쳐 각 기계와 장치를 개발하였다. 본 단원에서는 기계적 최적구조가 구명된 각 기계의 마스터 도면을 설계한 개략적 내용을 서술하였다. 본 마스터 도면 설계는 복잡한 과정을 거치고 도면도 스케치나 개략도를 통한 설명도 위주이고 상세한 기계의 구조, 사양 및 성능은 제3과제인 제3절 시작기 개발의 보고에서 다루었으므로 본 단원에서는 개략적 구조와 사양을 설명하였다.

### 1) 파종트레이 자동공급기



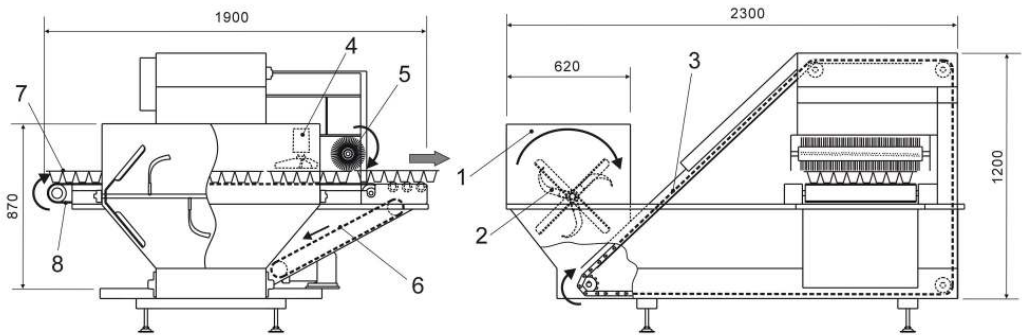
1. 트레이 2. 레일 3. 췌기 4. 캠  
5. 트레이 받침 6. 벨트컨베이어 7. 에어실린더

그림 36. 파종트레이 자동공급기 마스터 설계

그림 36은 파종트레이 자동공급기의 마스터 도면 설계의 주 개략도이다. 적재된 트레이(1)의 밑 부분이 트레이 받침(5)에 의해 정해진 위치에 놓이게 되고, 캠(4)의 회전에

의해 췌기(3)가 양옆에서 레일(2)을 따라 중간으로 직선운동을 하게 되며, 췌기(3)는 아래의 트레이는 밀어내고 위의 트레이는 받치는 역할을 하며, 췌기(3)가 아래의 트레이를 서서히 밀어냄과 동시에 트레이 받침(5)은 에어실린더에 의해 벨트(6)보다 아래로 위치를 이동하고, 분리되지 않은 트레이(1)는 중간으로 이동하는 췌기(3)에 의해 받쳐지게 되며, 분리된 트레이는 벨트(6)로 자유낙하하게 되고, 일정한 속도로 움직이는 벨트(6)를 따라 분리된 트레이는 상토공급기로 이동하게 되며, 트레이 분리 속도는 캠(4)을 회전시키는 모터에 의해 조절되도록 설계하였다..

## 2) 상토공급충전기



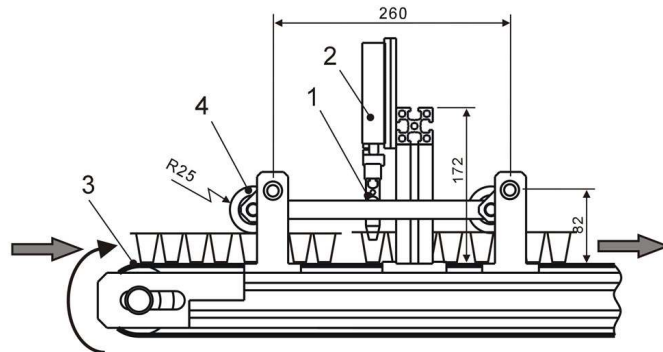
1. 공급호퍼 2. 로터리 3. 체인컨베이어 4. 고르개  
5. 브러시 6. 회수용 벨트컨베이어 7. 트레이 8. 벨트컨베이어

그림 37. 상토공급충전기 마스터 설계도면

그림 17은 고속 상토공급충전기 마스터 도면 설계의 주 개략도이다. 파종트레이 공급장치에서 벨트컨베이어(8)에 의해 공급된 파종트레이(7)가 고속 충전기(그림 17)로 오게 되면 공급호퍼(1)에서 로터리(2)에 의해 혼합된 상토를 체인 스크레이퍼 컨베이어(3)에 의해 파종트레이 상부로 퍼 올려지며, 퍼 올려지는 상토는 상부에서 열린 가이드호퍼에서 떨어져 파종트레이 위에 충분히 쏟아지게 된다. 그리고 파종트레이가 상토 낙하충전부를 조금 지나면 파종트레이에 위에 쌓인 상토는 고르개(4)에 의해 일차적으로 제거가 되고, 고르개 다음에 위치한 수평 브러시(5)에 의해 파종트레이 상부면을 수평으로 깨끗하게 하면서 상토가 파종트레이 밖으로 쓸려지게 되고, 파종트레이는 다음

과정인 고속 진압기로 이송되게 된다. 그런데 파종트레이 위에 쌓인 상토를 고르고, 쓸면서 흩어지게 된 잉여상토는 회수용 벨트컨베이어(6)에 의해 회수되어 앞의 과정을 반복하게 된다. 기존의 상토충전기와 다른 점은 상토고르개와 수평브러시의 밑으로 떨어지는 상토의 회수컨베이어가 설치되었으며, 충전 상토유량을 기존의 2배로 하였으며, 상토 혼합, 파쇄, 영양제 혼합 등이 가능하도록 간이식 상토혼합기가 상토투입호퍼를 대신한 것이다.

### 3) 자동진압기



- 1. 진압봉 2. 에어실린더
- 3. 벨트컨베이어 4. 롤러

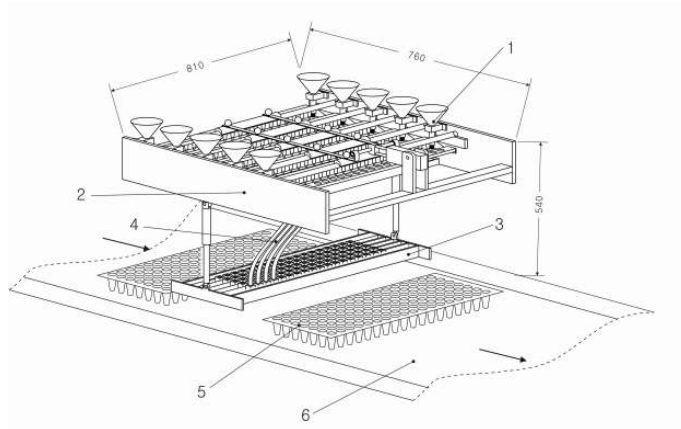
그림 38. 자동진압기 마스터 설계

그림 38은 고속 자동진압기 마스터 도면 설계의 주 개략도이다. 고속 상토공급충전기에서 상토를 담고 벨트컨베이어(3)에 의해 고속 진압기로 이송된 트레이는 트레이 들림 방지용 롤러(4)에 물리고, 두 롤러 사이에 위치한 진압봉(1)이 에어실린더(2)에 의해 상하 운동을 하면서 트레이에 종자가 놓일 수 있게 상토를 진압하게 된다. 그리고 진압이 된 트레이는 고속 파종로봇으로 옮겨지게 된다. 기존의 진압기와 다른 점은 들림방지용 롤러를 설치하여 가장자리의 셀열을 누를 때 트레이의 반대쪽이 급작히 들러 올라가 상토가 유실되고 트레이의 뒤틀림에 의해 다음 열 진압 시 진압기 돌기열과 트레이 셀이 어긋나 트레이의 파손이 일어나는 것을 방지하고, 트레이의 위치변동이 없게

하여 다음 단계의 파종작업의 정밀성을 유지토록 한 것이다.

#### 4) 정밀 고속 파종기

정밀 고속 파종기의 설계요점은 기존의 광폭파종기보다 파종속도를 1.5배로 높이고 결과를 1%이하로 유지하도록 하는 것이다. 파종속도를 높이기 위하여 1차로 고안한 파종모드는 기존의 1열파종을 그림 39와 같은 5열파종방식으로 바꾸는 것이었는데, 5열식 파종기는 복잡성과 제작비용의 증가에 비해 성능이 저조하고, 농가의 조작불편이 예상되고, 2열파종으로도 1.5배이상의 파종속도를 개선할 수 있어서 그림 28과 29에서 설명한 2열파종방식으로 파종기를 그림 40과 같이 마스터 설계하였다.



1. 종자공급장치 2. 파종모드(상) 3. 파종모드(하)  
4. 호스 5. 트레이 6. 벨트

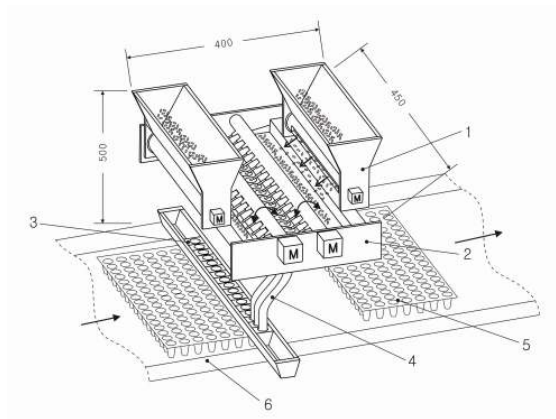
그림 39. 1차 고안 5열파종방식 파종기 마스터 설계

표 12. 정밀고속파종기의 설계성능

종류	기존파종기	제1설계장치 (5열파종기)	제2설계장치 (2열파종기)
파종속도	400매/h	1000매/h	600매/h
파종율(고추, 128공)	95%	90%	95% 이상

표 11에서 2열파종기의 경우에 파종율을 기존의 95%수준으로 설계하여도 파종율 향

상을 위하여 전자식 보파장치를 붙일 경우 99% 이상의 파종율이 예상된다.

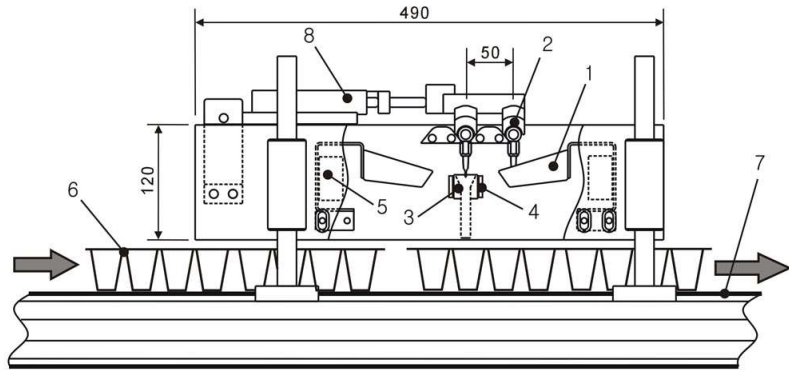


- 1. 종자공급장치 2. 파종몰드(상)
- 3. 파종몰드(하)
- 4. 호스 5. 트레이 6. 벨트

그림 40. 2차 고안 2열파종방식 파종기  
마스터 설계

그림 40의 2차고안 2열식 파종기의 설계제작 후 시험한 결과 그림 29에서 설명한 노즐의 오버헤드 운동에 의한 파종종자 이송 시 종자의 노즐 끝에서의 이탈이 문제가 발생되었다. 이를 개선하기위하여 종자를 수평으로 이송하는 2열식 파종기로 수정하였다.

그림 41은 3차고안 2열식인 더블식 파종기의 마스터 설계도이다. 고속 자동진압기에 서 벨트컨베이어(7)에 의해 운반된 트레이(6)는 더블식 파종기(그림 41)로 오게 된다. 공기진동자(5)에 의해 종자트레이(1)가 진동을 하고, 종자트레이의 진동에 의해 종자가 진동도약을 하게 된다. 그리고 진동도약하는 종자를 노즐대(2)의 노즐에 흡입력을 발생시켜 종자가 노즐에 흡착되고, 트레이가 정해진 위치에 오게 되면 에어실린더에 의해 두 개의 노즐대가 종자트레이, 드롭가이드(3)를 번가라 왕복하게 되고, 종자트레이에서는 종자를 흡착하고, 드롭가이드에서는 흡입력을 제거하여 종자를 자유낙하시켜 트레이의 각 셀로 종자를 파종한다. 그리고 파종유무를 드롭가이드에 설치된 파종 감시센서(4)에 의해 결과 유무를 판단하게 되고, 그 데이터는 컴퓨터에 저장되어 보파 시에 이용되게 된다.

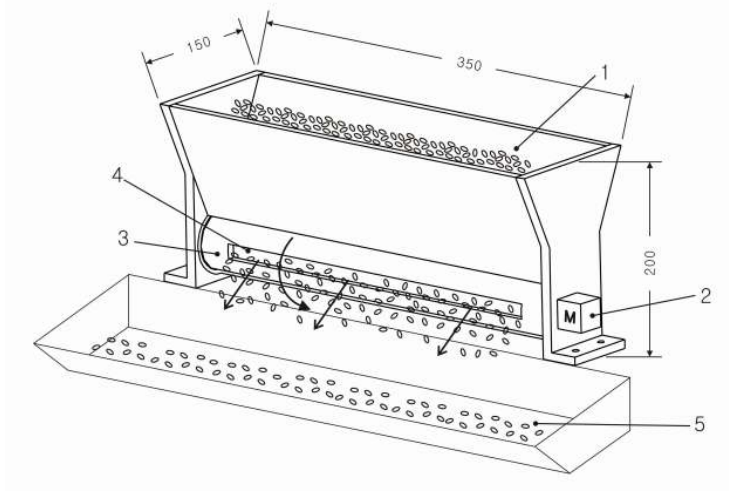


1. 종자트레이 2. 노즐대 3. 드롭가이드 4. 파종감시장치 5. 공기진동자 6. 트레이 7. 벨트컨베이어 8. 에어실린더

그림 41. 더블식 파종기

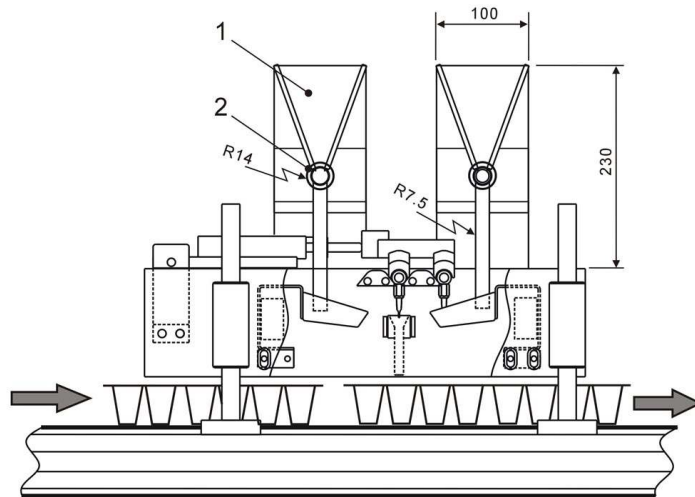
### 5) 사용종자 자동보충기

노즐식 파종기는 진동도약하고 있는 종자를 노즐에 붙여 파종하는 까닭에 종자트레이에 항상 일정량의 종자가 담겨 있어야 높은 파종율을 유지한다. 한번 적정한 일정량의 종자를 담아 파종이 계속되면 종자트레이의 종자가 줄어들고 계속 높은 파종율을 유지하기 위해서는 종자를 계속하여 공급하여야 한다. 이와 같은 목적으로 종자를 자동으로 공급하는 그림 30과 같은 깔대기형 장치를 고안하고 기초 시험한 결과 종자배출이 원활히 이루어 지지 않았다. 그림 42는 그림 31의 원리로 2차로 고안한 사용종자 자동보충기의 마스터 설계 도면이다. 이 사용종자 자동보충기는 파종몰드 상부에 위치하여 일정량에 트레이가 지나가면 종자배출드럼(3)이 스텝모터(2)에 의해 회전하여 드럼홈(4)에 담겨 있는 종자를 진동하고 있는 종자트레이(5)에 공급하게 되도록 설계하였다. 이 2차로 고안한 방식은 홈롤러구동방식으로 실제 제작하여 시험한 결과 종자의 미소량배출의 어려움과 배출유량의 변동량이 커서 부적합 하였다.



1. 종자통 2. 스텝모터 3. 종자배출드럼  
4. 종자배출드럼 홈 5. 종자트레이

그림 42. 2차 고안 사용종자 자동보충기 마스터 설계

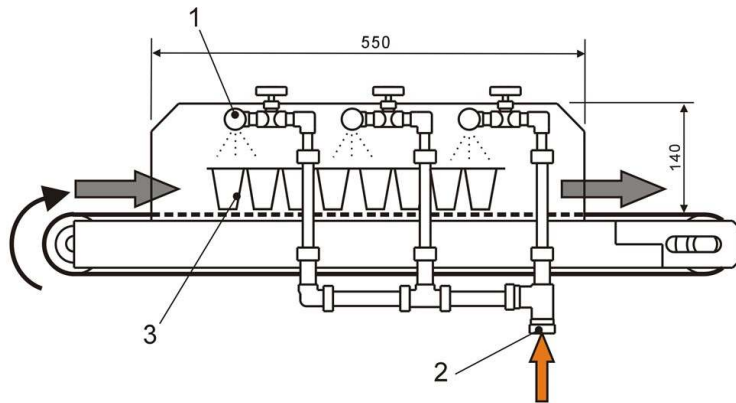


1. 종자통 2. 스프링

그림 43. 3차고안 사용종자 자동보충기 마스터 설계

최종 3차로 고안한 그림 33의 원리를 적용한 스크류식의 종자 자동공급장치의 마스터 설계도면은 그림 43과 같으며 더블식 파종기 위에 위치하여 종자통(1)에 담겨진 종자를 스프링으로 되어있는 스크류식 컨베이어(2)의 회전에 의해 종자가 종자트레이로 공급도록 설계하였다. 자동공급의 방법은 일정량의 트레이가 파종되는 것을 카운터하여 주기적인 종자공급을 하는 것으로 설계하였다.

## 6) 자동관수기



1. 관수노즐 2. 액비주입구 3. 트레이

그림 44. 자동관수기 마스터 설계

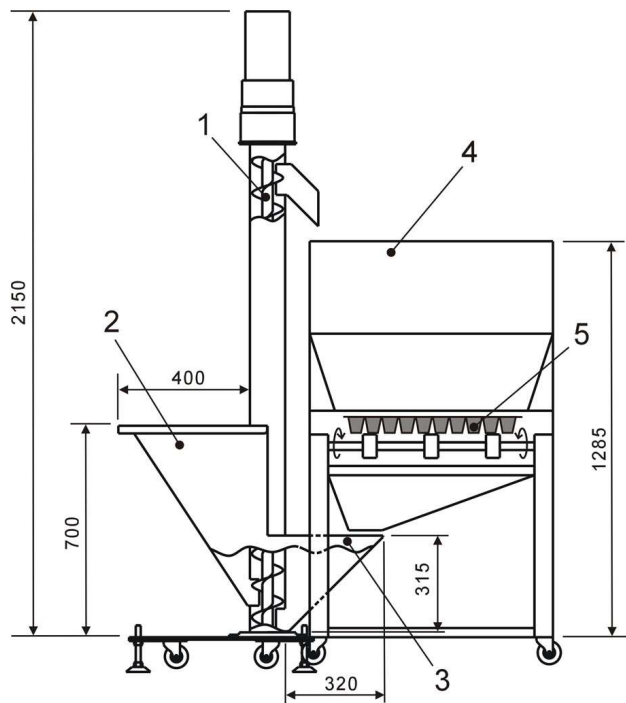
복토기에서 복토를 마치고 운반된 트레이(3)는 관수기(그림 44)로 운반되며, 액비주입구(2)에서 주입된 액비가 관수노즐(1)에서 분사되어 트레이 위에 뿌려지게 된다. 기존의 관수기의 성능이 양호하여 관수유량만 1.5배로하기 위하여 샤워형 관수노즐을 3조를 설치하도록 설계하였다.

## 7) 자동복토기

자동 보파기에서 운반된 트레이는 복토기로 옮겨지게 되는데 그림 45는 기존의 복토기에 자동으로 복토재인 질석을 공급하는 장치이다. 기존의 복토기 구조가 별 문제점이



발견되지 않아, 본 연구에서는 파종속도가 기존의 400매/시간에서 600매/시간으로 증가하는데 따른 배출속도의 증가와 관련하여 고속 다량 배출에 의한 복토 잔량이 많기 때문에 복토 잔량 회수용 스크류컨베이어를 설치하도록 설계하였다. 특히 잉여질석 회수구에 질석이 쌓이는 것을 방지하기 위해 질석투입구와 잉여질석 회수구의 높이를 다르게 하여 잉여질석이 먼저 공급호퍼로 운반되게 하였다. 또한 광전스위치에 의한 트레이 인식 및 복토작업, 복토 잔량의 주기적 회수의 제어장치도 함께 고려하였다. 구성 구조를 설명하면, 자동 보파기에서 운반된 트레이(5)는 자동복토기(그림 45)로 옮겨지게 된다. 고속 복토기에 트레이가 지나가는 동안에 공급호퍼 하부에 설치된 롤러구동 벨트컨베이어가 회전하여 복토재를 낙하하여 일정두께로 복토를 수행한다.

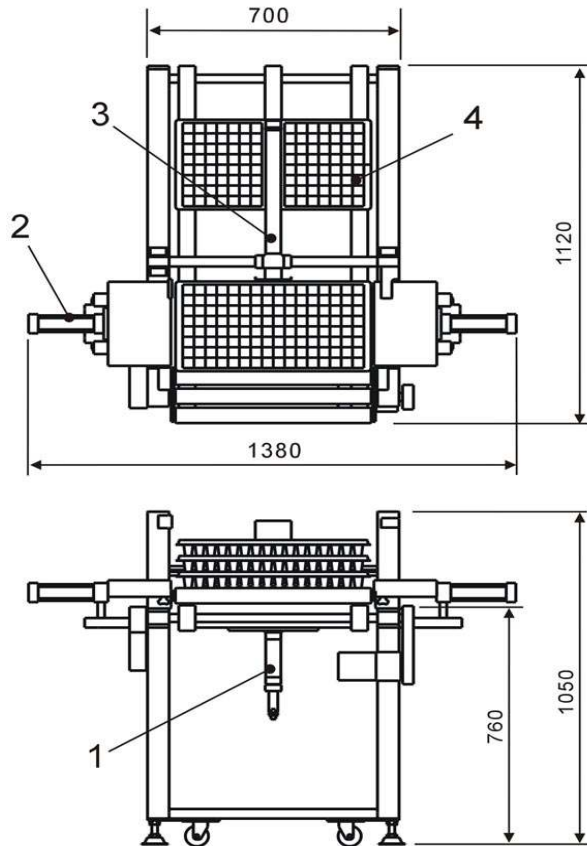


1. 스크류컨베이어 2. 질석투입구 3. 잉여질석 회수구  
4. 공급호퍼 5. 트레이

그림 45. 자동복토기 마스터 설계

복토재 공급장치는 크게 질석투입구(2), 잉여질석 회수구(3), 스크류컨베이어로 구성되

어 있다. 질석투입구에 질석을 넣으면 스크루컨베이어가 질석을 공급호퍼(4)로 운반하고, 운반된 질석은 트레이 위로 떨어져 공급된다. 트레이에 복토되지 않고 옆으로 떨어진 잉여질석은 잉여질석 회수구로 모여 다시 스크루컨베이어에 의해 공급호퍼로 운반되며, 특히 잉여질석 회수구에 질석이 쌓이는 것을 방지하기 위해 질석투입구와 잉여질석 회수구의 높이를 다르게 하여 잉여질석이 먼저 공급호퍼로 운반되게 설계하였다.



1. 밑받침 에어실린더 2. 위받침 에어실린더  
3. 밀기 에어실린더 4. 트레이

그림 46. 트레이 자동적재장치

#### 8) 파종트레이 자동적재장치

그림 46은 파종트레이 자동적재장치의 마스터설계의 개략도이다. 관수기에서 운반

된 트레이(4)는 트레이 적재기로 오게 되고, 트레이가 이송되어 적재기 밀받침에 위치하면 밀받침 에어실린더(1)가 트레이를 올리고, 다음 에어실린더(2)에 위받침을 밀어 넣어 전체트레이를 받치고 밀받침은 다시 아래로 내려오게 된다. 그리고 다음 트레이가 도착하면 위받침이 양쪽으로 빠지게 되어 앞에 적재트레이가 다음 트레이 위에 놓이게 되고, 앞의 과정을 반복하여 트레이를 적재하게 설계하였다. 적재트레이 높이 감지센서의 위치 변동에 의해 일정량(5-10매)의 트레이가 적재된 것을 감지하면 밀기 에어실린더(3)가 적재된 트레이를 밀어내어 발아실 운반대로 이송하게 설계하였다.

### 3. 기계별 시험 및 분석

정밀 고속 파종로봇 시스템의 각 단위 기계들이 고안되고 시작품이 설계 제작되면 성능 시험을 통해 문제점을 분석하였다. 문제점이 발견되며 기계를 수정하거나 새로운 원리로 고안하여 개발과정을 반복하였고, 원하는 성능이 얻어지는 기계는 정밀 고속 파종로봇 시스템의 단위기계로 최종확정하고 파종라인을 구성하여 전체 시스템을 완성하였다. 시험 분석한 내용은 주로 기계의 원활한 작동성, 작업속도와 정밀성을 기초로 한 성능이며, 그 내용은 제 3절의 시작기 개발에 논술하였으므로 여기서는 생략하였다.

## 제 2 절 자동화장치 연구

### 1. 서 언

노즐형 파종기의 최대 파종율은 95%정도로서 파종기 자체의 구조적 특징 때문에 아무리 구조를 개선하여도 이 이상의 파종율을 달성하기는 어렵다. 파종율을 향상시키는 한 방법으로 1차적으로 파종기가 모종트레이의 각 셀에 파종한 상태를 센싱하여 파종율을 계산하고 파종율이 설정치 이하이면 1차적으로 결과된 셀에만 보충하여 파종(보파)한다면 이론적으로 99.5%의 파종율을 확보할 수 있다.

본 연구에서는 컴퓨터시스템을 이용하여 95%이상의 파종율 설정치에 맞추어 파종율을 확보하기 위한 파종결과 감시장치와 자동보파기를 개발하였다.

### 2. 파종결과 감시장치

#### 가. 기본사양

- 드롭가이드에 트레이 셀 숫자와 동일한 드롭홀
- 드롭 홀 앞뒤 측벽에 광센서 설치
- 종자가 드롭홀을 관통할 때 광센서 감지-> 신호화
- 정상파종- 청색, 결과 - 적색램프로 육안 상황 판단
- 모니터 화면에 종합적인 결과 위치표시
- PC에 저장된 데이터로 자동 보파기에 명령

#### 나. 1차 시작품

- 듀얼 파종기의 2개의 파종봉에 부착된 니들에 의해 흡착된 종자는 드롭가이드 상부로 이동하면 배기압에 의해 드롭하여 드롭가이드를 통과하여 아래쪽에서 컨베이어를 타고 들어오는 트레이의 일렬 단위 셀의 중앙 위치에 종자가 떨어지게 하여 파종
- 따라서 드롭가이드 구멍의 좌우측면에 투광기와 수광기의 센서를 부착하여 종자

- 의 통과 여부를 감지하는 원리로 센서 구성
- 파종 트레이 셀 단위마다 발광 다이오드가 있어서 색깔로 결과 여부를 체크하여 표시토록 구성  
(파종 : 청색, 결과 : 적색)
  - 투광·수광의 센서를 통한 데이터는 PC로 연결되어 후단의 자동보파기에 정보를 제공할 뿐 아니라 모니터를 통해 실시간 그림판으로도 명시
  - 현장의 파종 상태 표시를 위하여 파종종자 낙하 드롭가이드 측면에 기판을 부착토록 고안 설계 제작
  - 검출용 전기회로는 센서감도를 높이기 위하여 미분회로를 사용하고, 신호처리회로는 검출신호에 따라 각 셀의 검출결과를 ON/OFF신호로 컴퓨터에 전송할 수 있도록 하고, 또 자동 보파기용 보파 신호를 위해 솔레노이드 작동 입출력 연결 단자열을 두었다.

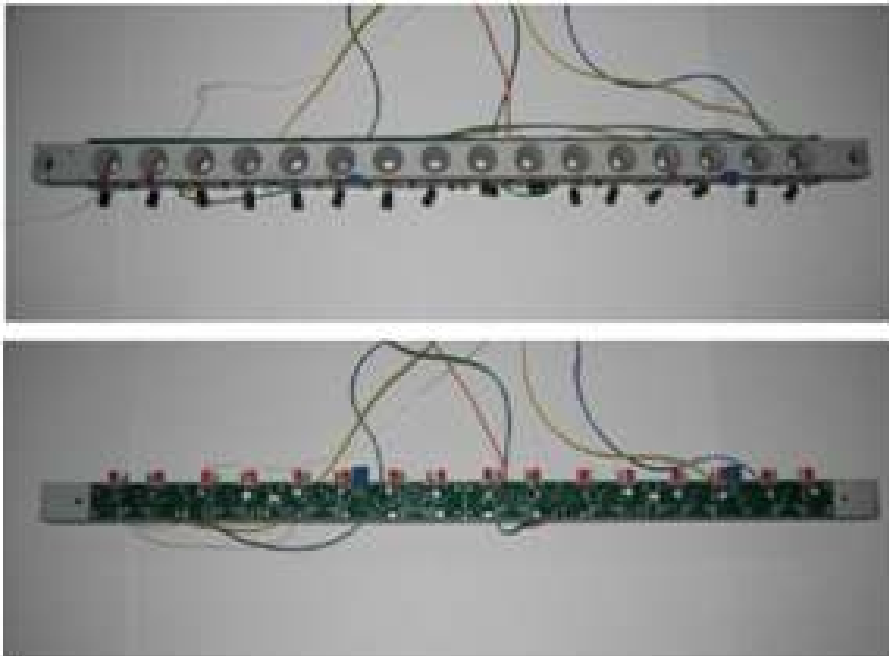


그림 47. 1차 고안 제작한 파종종자 감지 센서

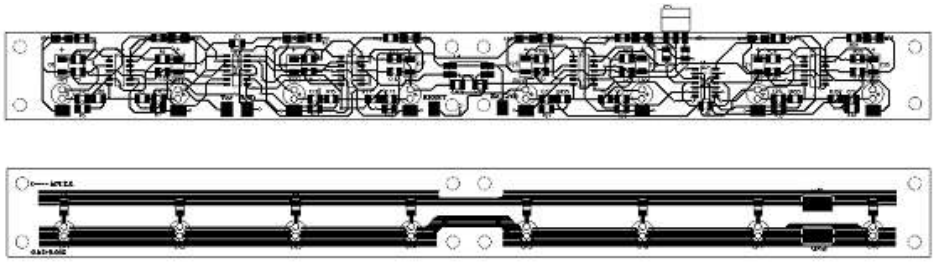


그림 48. 1차 고안 제작한 파종종자 감지 센서의 설계기판

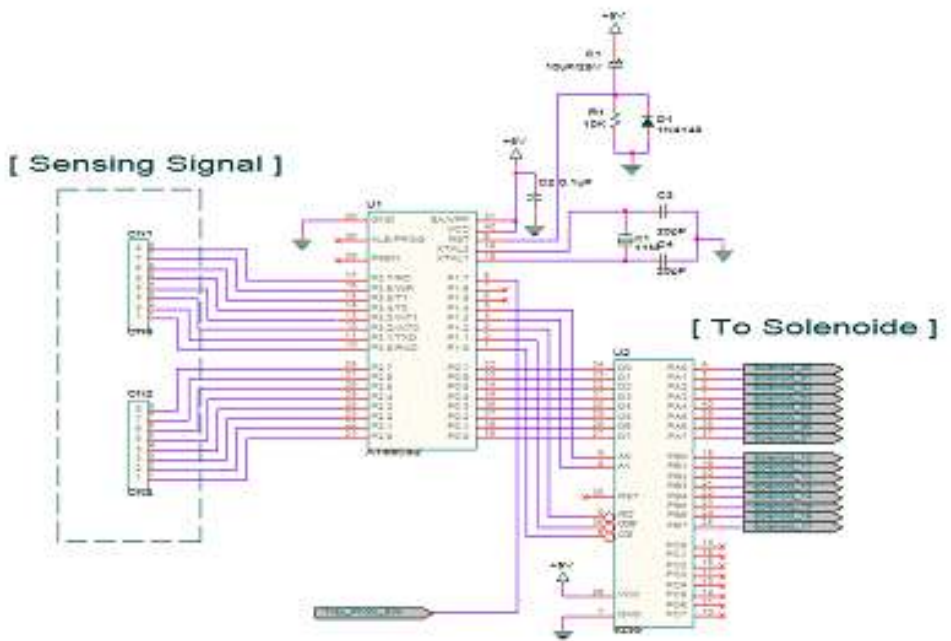


그림 49 1차 고안 제작한 파종종자 감지 센서 신호처리회로

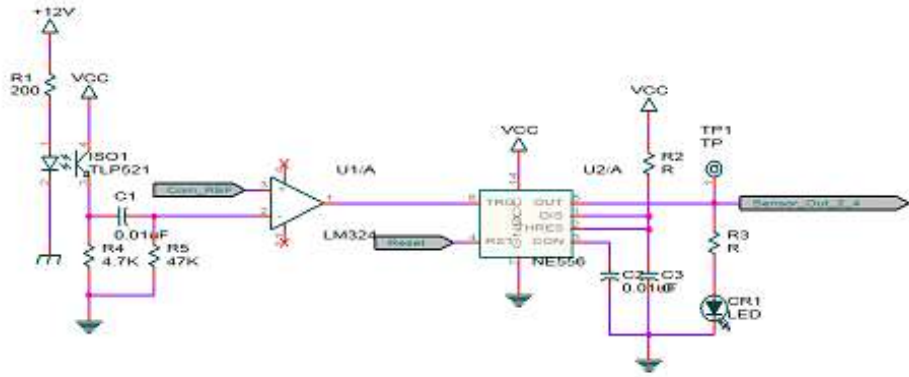


그림 50. 1차 고안 제작한 파종종자 검출회로

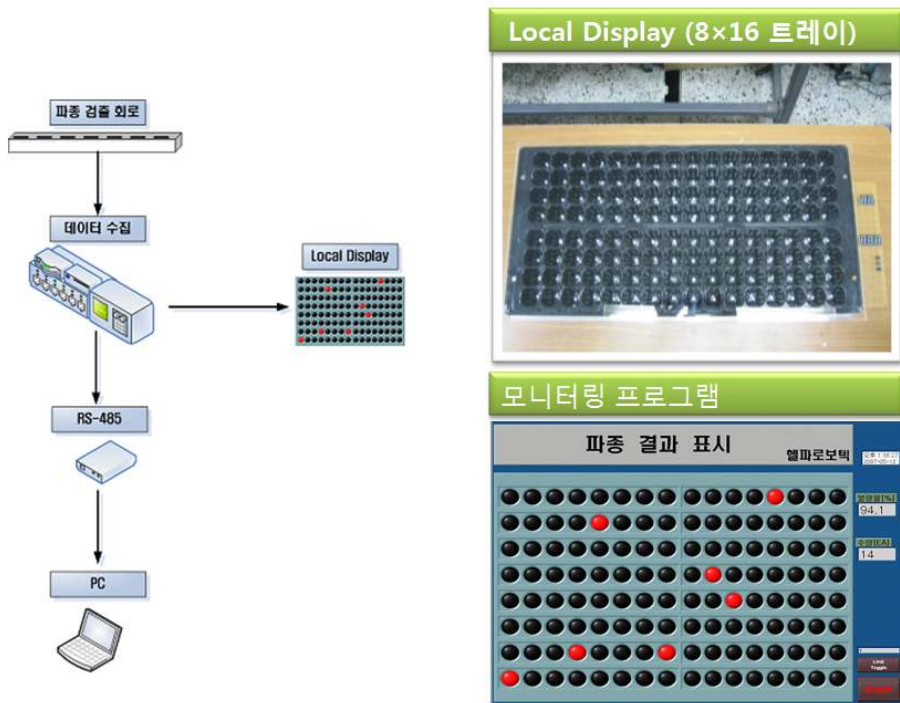


그림 51 1차 고안 제작한 파종결과 감시장치 시작품

- 위의 그림들은 1차로 고안 설계 제작한 검출센서, 회로들로서 제작 후 기초 시험한 결과 센서감도가 낮고 발광-수광 부위에서 약간만 종자의 낙하 위치가 어긋나도 종자를 감지하지 못하는 결과를 얻었다.

#### 다. 2차 시작품

- 드롭가이드 내로 빠르게 통과하는 파종종자의 검출 감도를 높이고, 가이드 홀 내의 어느 부위로 종자가 낙하하더라도 종자를 신속하게 감지할 수 있는 센서를 선택하여 2차로 고안 설계 제작한 검출센서, 검출회로 및 모니터 표시의 연구내용은 다음과 같다.



그림 52 검출회로 기판(수광부)

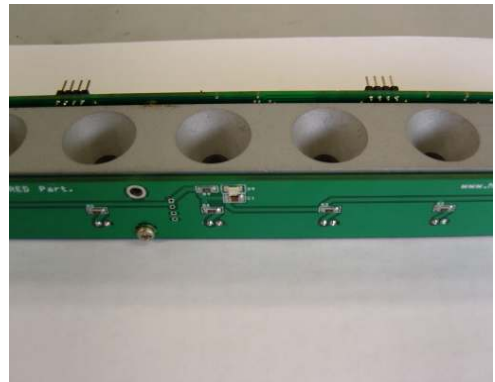


그림 53 검출회로 기판(발광부)

- 센서 주요사양
  - 투광부
    - . 투광 센서 : SI5321-H



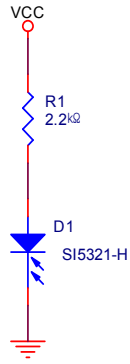


그림 54  
투광부  
회로

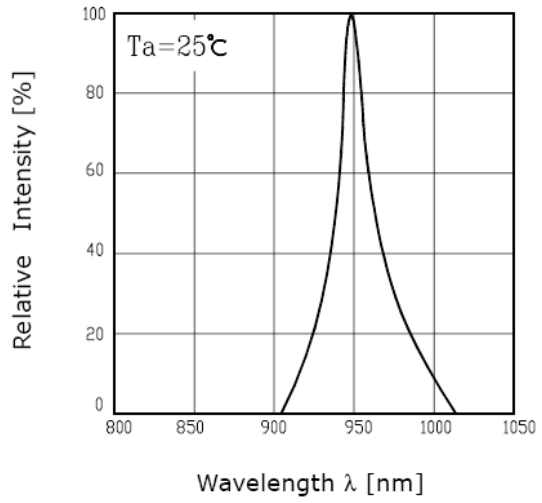


그림 55 투광 LED 특성

— 수광부

수광센서 : ST581

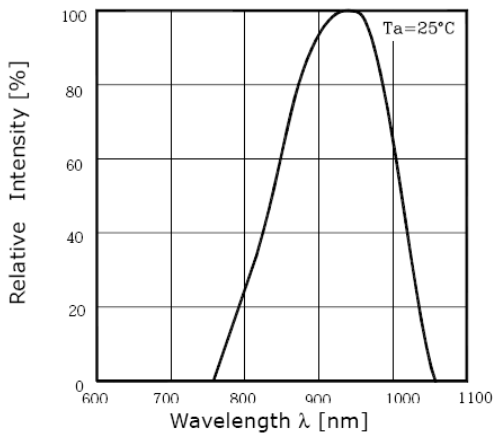


그림 56 수광 LED 특성

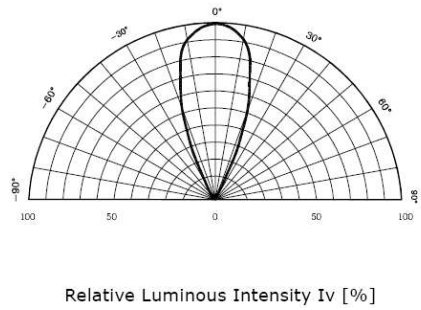


그림 57 수광 지향성

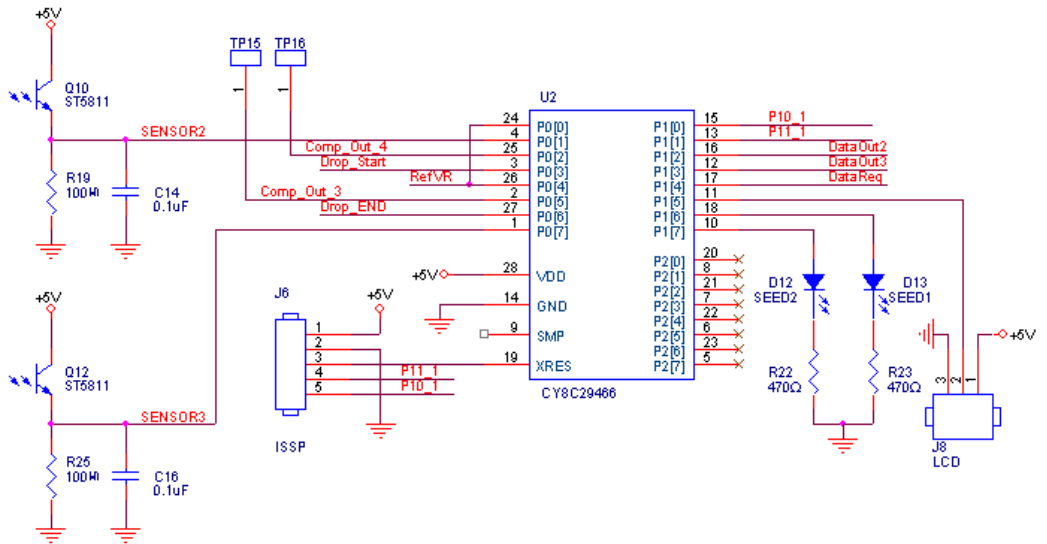


그림 58 1차 고안 제작한 파종결과 감시장치 신호처리회로

○ 감지 센서 회로의 설계 특징

- 투광부와 수광부의 신호 감도는 사용 환경(온도, 습도등)이나 렌즈에 낀 이물 등에 따라 달라질 수 있다.
- 낙하하는 씨앗을 감지할 경우 매우 미세한 신호의 변화를 잡아내야 하기 때문에 수동으로 변화되는 신호의 레벨을 설정하기가 매우 어렵다.
- 수광부에서 출력되는 아날로그 신호에 대하여 자동으로 신호의 레벨을 설정할 수 있도록 하기 위하여 PSoC Chip을 사용하였다.
- 드롭가이드에서 씨앗을 배기하는 신호를 받아 일정 시간동안 씨앗의 떨어짐 여부를 감지하고 이를 출력하기 위하여 최적의 알고리즘을 적용하였다.
- 한 셀의 작업이 완료될 경우 이를 즉시 컴퓨터와 보파기로 전송하여 현재 파종 진행 상태를 표시할 수 있도록 하며, 작업된 트레이에 대한 보파 처리를 준비하도록 한다.

- 매 셀 단위마다 발광 다이오드가 있어서 램프의 점등 상태로 결과 여부 체크
- 투광·수광의 센서를 통한 데이터는 PC로 연결되어 후단의 보파기에 정보를 제공할 뿐 아니라 PC 모니터를 통해 실시간 화면으로도 진행 중인 트레이의 파종 상태와 파종율을 확인할 수 있음.

○ 파종결과 모니터



그림 59 파종결과 모니터

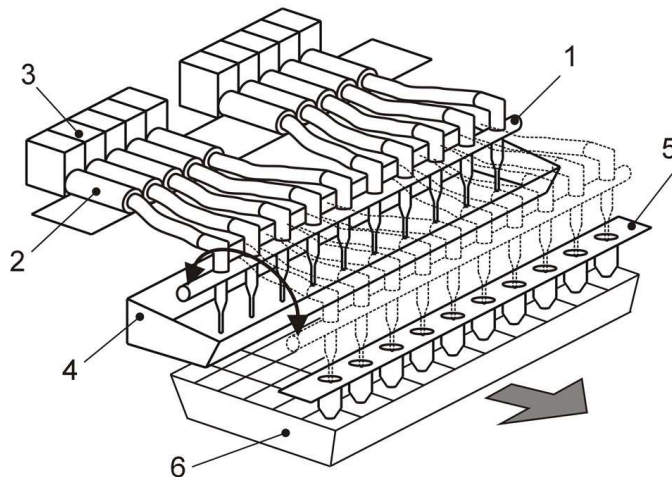
- 파종열 단위로 파종은 청색, 결과는 적색 표시
- 파종판 단위로 고유번호 부여하고 파종 정보 저장하여 보파기로 데이터를 전송하고 파종율 표시
- 세팅된 파종율이 미달 될 시는 경고음 발생으로 관리자 호출 기능
- 파종 로트(lot) 단위로 전체 파종 정보 리뷰 기능 및 종합 파종율 확인 가능
- 터치스크린 방식으로 관리자가 용이하게 접근
- 모니터 규격 : 15 Inch Touch Screen
- 적용 소프트웨어 : LabVIEW 를 이용하여 설계
- 설치 방법 : 정상 운전시는 관리자가 보기 쉬운 위치로 하고 수리·보수시 장애가 될 시는 이동시킬 수 있는 유연한 마운팅 구조

- 과종결과 감시 장치 - 과종결과 표시 모니터는 PC와 연결되어 있으며 설정된 프로그램에 따라 자동 보파기를 작동시킴
- 따라서 언제든지 원할 때 네트워크를 구축하여 전체 시스템의 작동 상황을 원방에서 확인 할 수 있게 되어 원방 A/S의 길이 열리게 됨

### 3. 자동보파기

#### 가. 구조 고안

그림 60은 자동보파기의 고안된 구조를 나타낸 것으로 보파가 이루어져야하는 모종 트레이 해당 셀에만 과종을 할 수 있는 구조로 고안되었다. 보파가 필요한 트레이(6)의 셀에만 솔레노이드밸브(3)를 작동시켜 진공발생기(2)에서 흡입력을 발생시키고, 흡입력이 발생된 노즐에만 종자가 흡착되고, 노즐대(1)가 드롭가이드(5)로 종자를 옮겨 흡입력을 제거하여 보파가 필요한 셀에 종자가 과종된다.

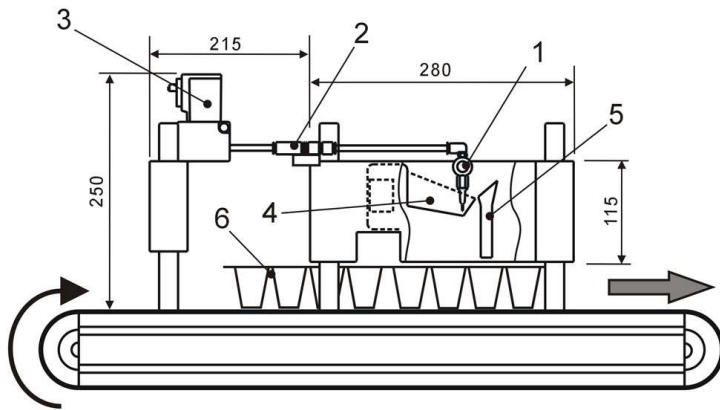


1. 노즐대
2. 진공발생기
3. 솔레노이드밸브
4. 종자트레이
5. 드롭가이드
6. 트레이

그림 60. 자동 보파기

#### 나. 설계 제작

그림 61은 자동보파기의 설계된 총조립도이다. 더블식 파종기에서 운반된 트레이(6)가 자동 보파기(그림 24)로 운반되면 컴퓨터에 저장된 데이터에 의해 보파가 필요한 각 셀의 솔레노이드밸브(3)가 작동하여 진공발생기(2)에 의해 각 노즐에 흡입력이 발생되고 종자트레이(4)에서 보파가 필요한 노즐에만 종자를 흡착하여 드롭가이드(5)로 옮겨져 보파가 이루어지도록 설계하였다. 그림 16은 제작하여 파종시스템에 장착한 자동보파기이다.



1. 노즐대 2. 진공발생기 3. 솔레노이드밸브  
4. 종자트레이 5. 드롭가이드 6. 트레이

그림 61. 자동보파기 설계 총조립도

○ 주요사양

- 규격(mm) : 790 W × 1,000 H × 920 D
- 중량(kgs) : 100 kgs
- 제어부 : 마이크로프로세서 PIC 사용
- 컨베이어 : 2LRA4M-OF
- 구동 모터 : SPG S9I40WB-V12
- 파종 실린더 : TPC TCM2E20-25

- 과중 밸브 : CKD 4KA210
- 개별 흡입발생기 : SMC ZU07S
- 개별 배기밸브 : SMC VQ21M1-5YH-C6
- 센서 : TAKENAKA DL-S10
- 전원 : 1φ 220v 40W
- 제어방식
  - 입구관에 트레이가 진입하면 앞단의 과중결과 감시 모니터 상에서 부여된 번호가 검지
  - PC에 저장된 해당번호의 결과 정보가 마이크로프로세서에 전달
  - 제어 프로그램에 따라 노즐대의 해당 번호 노즐이 흡입작동
  - 보파 개시



그림 62 제작하여 과중시스템에 장착한 자동보파기 시작기

#### 다. 제어 프로그램

- 그림 17은 자동보파기 제어프로그램의 제어흐름도이다.
- 과중기에서 진행된 트레이에 대한 과중결과 감시장치의 데이터가 넘어오면 해당 트레이가 진입할 때까지 대기하였다가 결과 데이터에 따라 각 셀의 결과 위치에

각각의 벨브어하여 씨앗을 파종한다.

- 파종 후 완료 데이터를 PC 로 송신하여 결과 부분에 대한 보충 파종여부를 모니터에 표시한다.
- 파종열 단위로 파종은 청색, 결과는 적색 표시
- 파종관 단위로 고유번호 부여하고 파종 정보 저장하여 보파기로 데이터를 전송하고 파종을 표시
- 세팅된 파종율이 미달 될 시는 경고음 발생으로 관리자 호출 기능
- 파종 로트(lot) 단위로 전체 파종 정보 리뷰 기능 및 종합 파종을 확인 가능
- 터치스크린 방식으로 관리자가 용이하게 접근할 수 있도록 프로그램

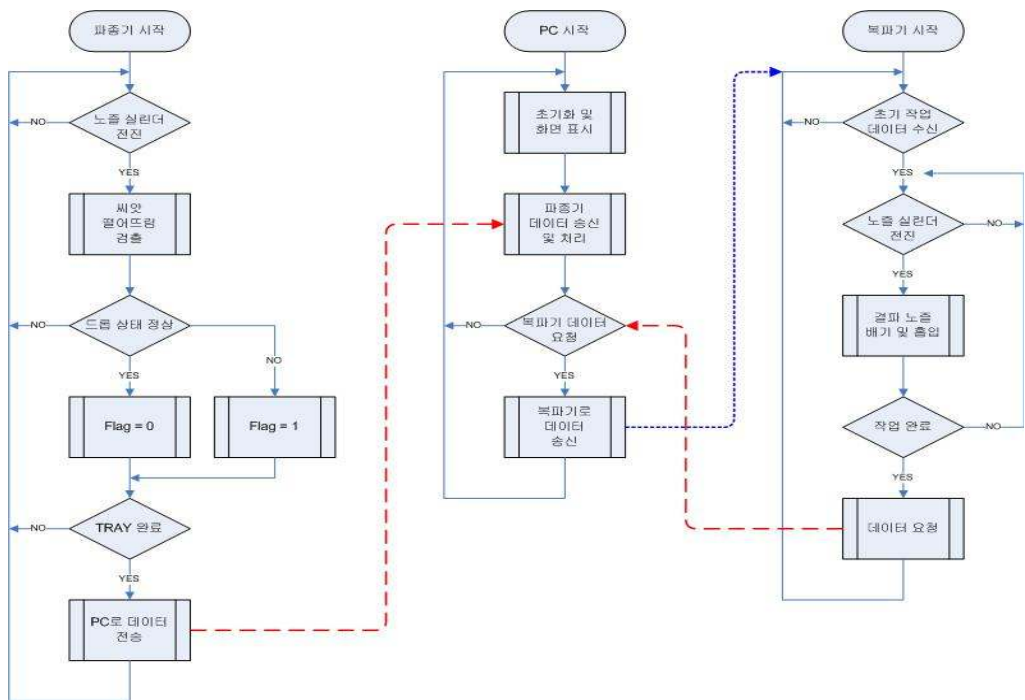


그림 63 자동보파기 제어흐름도

#### 4. 연구결과 요약

노즐형 파종기의 최대 파종율은 95%정도로서 파종기 자체의 구조적 특징 때문에 아무리 구조를 개선하여도 이 이상의 파종율을 달성하기는 어렵다. 본 연구에서는 컴퓨터 시스템을 이용하여 95%이상의 파종율 설정치에 맞추어 파종율을 확보하기 위한 파종결과 감시장치와 자동보파기를 개발하였다. 파종결과 감시장치의 시험결과 고추종자 기준 100회 작동에서 에러발생율 5% 이내로 나타났다. 자동보파기의 시험결과 설정파종율을 95%~100%로 했을 때 보파에 의한 최대 파종율은 99.5%로 나타났다.



## 제 3 절 시작기 개발

### 1. 자동 파종시스템의 단계별 기술

#### 가. 당사 헬퍼로보텍의 관련기술 개발 요약

##### 1) 자동파종시스템 기술개발 인증사례

###### 가) 특허등록

- 특허 제 105777호 (1996년) 자동파종시스템
- 실용신안 제 102414호 (1997년) 노즐식자동파종장치

###### 나) 산업기술표준원 마크 획득

- NT마크
- EM마크 획득

###### 다) 과기부 산하 한국산업기술진흥협회 기술상 수상

- IR-52 장영실상 수상

##### 2) 자동파종시스템의 개발보급

###### 가) 1단계 : 1993년 ~ 2000년

- 표준형 파종시스템(SYS-200)
  - 상토충전기, 진압파종기, 복토기, 관수기
  - 플라스틱 성형 트레이를 가로 방향(좁은 변)으로 투입
  - 시간당 200장(20,000셀) 정도 파종

###### 나) 2단계 : 2001년 ~ 현재

- 광폭형 파종시스템 (SYS-400)
  - 상토충전기, 진압파종기, 복토기, 관수기
  - 플라스틱 성형 트레이를 세로 방향(넓은 변)으로 투입
  - 시간당 400장(40,000셀) 정도 파종



그림 64 제 1단계 1993-2000년 헬퍼로보텍의 개발보급 자동파종시스템

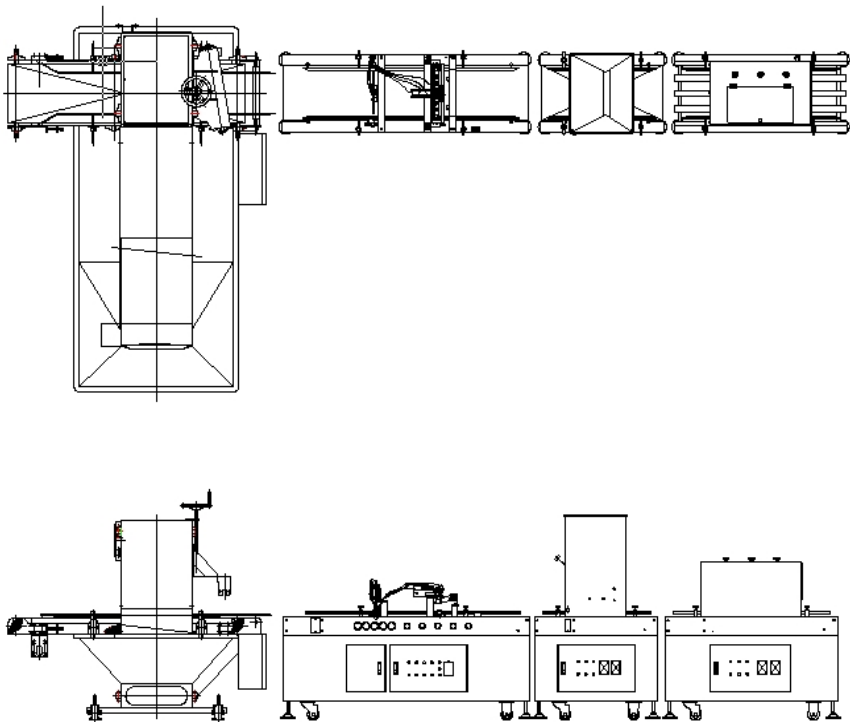


그림 65 제 1단계 개발보급 자동파종시스템 구성도



그림 66. 제 2단계 2000-2008년 헬퍼로보텍의 개발보급 자동파종시스템

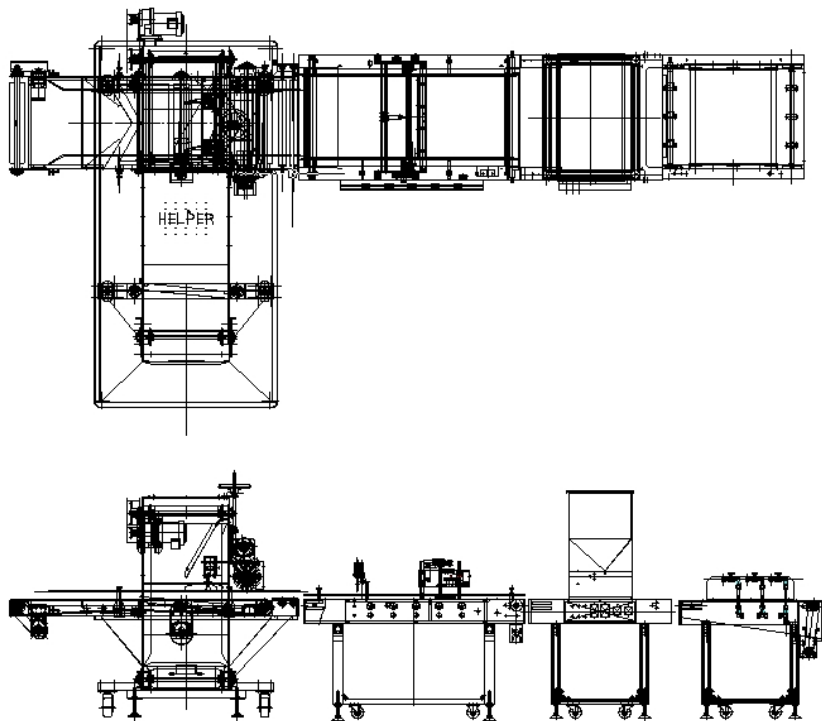


그림 67. 제 2단계 개발보급 자동파종시스템의 구성도

## 나. 정밀 고속 파종로봇 시스템의 개발 요약

### 1) 헬퍼로보틱의 3단계 개발품 : 2009년 ~ 미래 형

- 2006년 ARPC 연구비 지원과제로 개발
- 각 단위기계의 작업고속화 및 정밀화의 실현, 모델을 SYS-600으로 명명
  - 파종트레이 자동공급기 : 세계 최초 완전실용화 개발 부착
  - 고속 상토충전기 : 상토 공급 충전, 상토+영양제+물의 파쇄혼합용 간이혼합기 부착
  - 진압기 : 트레이파손, 이송위치변동 방지용 가이드롤러 부착
  - 정밀 고속 파종기 : 듀얼파종기, 95%이상 파종율, 시간당 600매 이상 파종
  - 종자 자동공급장치 : 종자트레이의 사용종자 자동공급, 세계최초 개발
  - 파종결과 감시 장치 : 세계최초 개발, 결과종자 센싱기술 확보
  - 파종결과 표시 모니터 : 파종결과 감시장치와 연동
  - 자동 보파기 : 세계최초 개발, 감시장치와 연동하여 결과된 셀의 보충파종, 99% 이상의 파종율 달성
  - 고속 복토기 : 먼지방지 밀폐형, 잉여복토의 회수장치 부착
  - 고속 관수장치 : 균일관수
  - 파종트레이 자동적재기 : 세계최초 개발
- 플라스틱 성형 모종트레이를 세로 방향(넓은 변)으로 투입
- 1인 시간당 600장(60,000셀) 이상 파종 기존 2단계 모델의 4.5배의 능률 : 기존 2단계모델은 3인 400장/시간
- 컴퓨터에 의한 보파장치의 도입으로 작업자의 파종상태 모니터링이 가능하고, 파종율을 99%이상 달성, 기존 2단계모델의 파종율 95%.



그림 68 개발완료한 정밀 고속 파종로봇 시스템 시작기

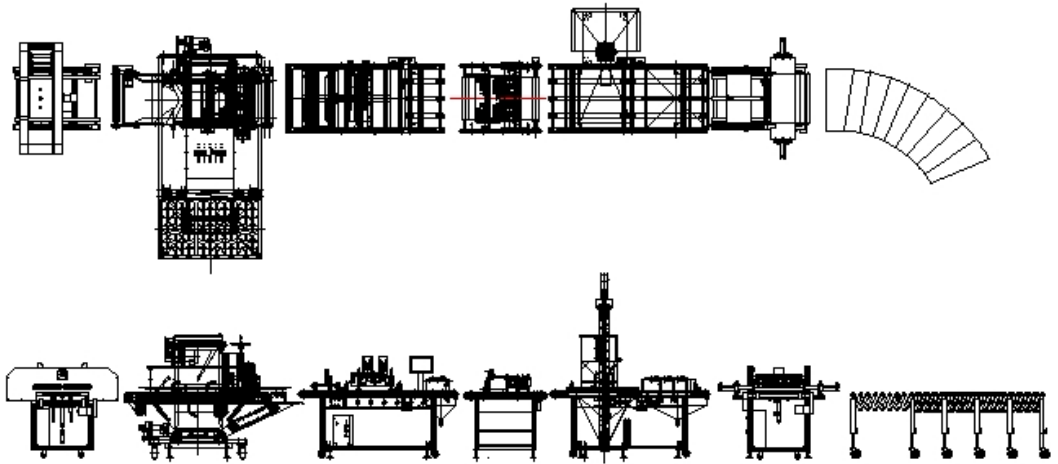


그림 69 개발완료한 정밀 고속 파종로봇 시스템 시작기의 구성도

## 2. 각 단위 기계의 시작기 제작

### 가. 파종트레이 자동공급기

#### 1) 특징

- 파종시스템이 시간당 600장 규모의 생산성을 유지하기 위해서는 6초당 한 장씩의 투입이 요구됨
- 트레이 메이커에서 100장씩 포장되어 오는 트레이는 상하의 요철 부분이 서로 끼임 상태로 되어 있어서 인력으로 낱장을 분리하여 연속적으로 신속히 컨베이어 라인에 투입하는 작업은 곤란
- 그래서 트레이 자동 공급기가 필요한 장치이나 시제품 제작 후 실험 결과 난관 봉착
- 기계적 원리는 트레이 적재 봉치를 상부에서 투입하고 하부에서 한 장씩 낱장 분리하여 컨베이어 벨트로 받아내는 방식
- 낱장 분리 메커니즘은 적재 측면 최하단 부위의 앞 뒤쪽 중앙에서 좌, 우측 끝단을 향해 분리용 칼날(썰기)을 틈새에 넣어 훑어 찢는 동작을 캠식으로 반복할 수 있게 만들어 짐
- 기존 트레이의 적재 측면 틈새가 일정치 않고 트레이간 끼임압력이 높아 작동 중간에 잦은 오류 발생
- 해결 : 트레이 메이커와 상의하여 자동 공급기용 트레이를 특별히 제작(요철부분을 추가로 설정하여 틈새 간격을 균일하게 유지하는 방식)하므로서 완전 해결

#### 2) 주요사양

- 규격(mm) : 1260 W × 1100 H × 980 D
- 중량(kgs) : 150 Kgs
- 구동 모터 : SPG S9I60GBH-V12 60W
- 컨베이어 모터 : SPG S9I40GBL-V12 40W
- 상하구동 실린더 : TPC TCM2F40-150B-XC8-C73KL
- TRAY 센싱 : AUTONICS BMS2M-MDT

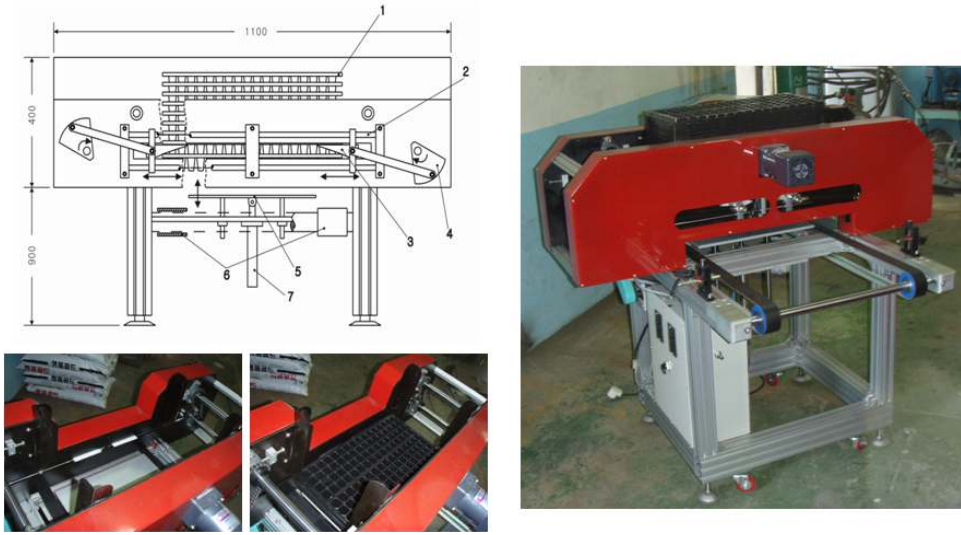


그림 70 파종트레이 자동공급기 시작기

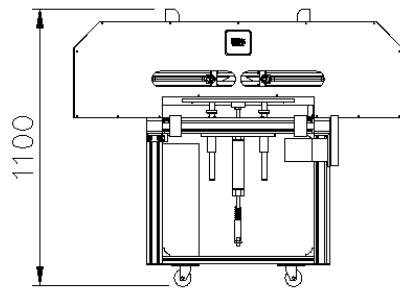
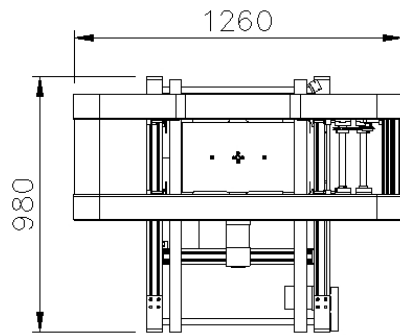


그림 71 파종트레이 자동공급기  
총조립도

- 캠구조
- 1회 최대 투입량 : 100매
- 투입부 규격 : 가로 520 × 세로 285  
(적용 트레이) - TLC 트레이 32,40,50,72,105,128,162,200,288,406
- 전원 : 1φ 220v ( 100 )W

## 나. 상토공급충전기

### 1) 특징

- 원예용 상토는 피트모스 섬유재질로 구성되어 있어 흡습 소요 시간이 길며 입자 간 밀도가 서로 상이
- 사용 직전 충분한 가수(加水) 상태에서 물과의 혼합, 공기와의 혼합은 적정 수분, 균밀도 유지에 필요. 이것은 균일 육묘 생산에 기초적인 요건
- 그래서 간이 혼합기를 상토 충전기 호퍼위에 설치하므로 공간적, 기능적으로 편리하게 설계
- 시간당 600장 생산을 위한 고속 작동을 위해서는 많은 양의 상토가 상부로부터 아래로 떨어질 수 있도록 리프트 컨베이어 설계
- 이동 컨베이어 하단에는 진동 바이브레타 설치
- 트레이 상부에 수북이 담긴 상토를 주변으로 흩어주고, 다져주고, 쓸어주는 3가지 기능(3F)의 높이 조절은 트레이 종류마다 각기 달리 적용해야 하므로 별도의 독립적인 공간으로 설계
- 3F의 최저 레벨은 공장 조정으로 결정되어 있고 전체 장치의 상하 조정을 나사식 핸들 하나로 해결 되도록 설계
- 속도 조절 장치
  - 투입 컨베이어 속도
  - 상토를 퍼 올리는 리프트 컨베이어 속도
  - 진동 장치 모터의 진동 세기 조정





그림 72 상토공급충전기 시작기

## 2) 주요사양

- 규격(mm) : 2,530 W × 1,400 H × 2,050 D
- 중량(kgs) : 550Kgs
- 구동 모터
  - 투입 컨베이어 : 180W S9I180GBL-V12 60:1
  - 리프트 컨베이어 : 400W 세진기연 TGM4040
  - 스프레다 : 25W x 2 SPG S8I25GB 25:1
  - 브러시 : 60W SPG S9I60GBH-V12 9:1
  - 간이 혼합기 : 400W 세진기연 TGM4040
  - 바이브레이터 : 60W SPG S9I60GBH-V12 9:1
- 간이 혼합기 1회 최대 용량(L) : 300 L
- 재료
  - 투입 컨베이어 : 요철 표면 고무벨트

- 리프트 컨베이어 : # 2080 번 SUS체인벨트
- 간이 혼합기 날 : 단조 강
- 브러시 : STRIP BRUSH Ø170-600L
- 전원 : 3φ 380v 1,150W
- 제어방식 : 컨베이어, 브러쉬, 바이브레이터 SPEED CONTROL UNIT로 개별적인 속도 조절
- 특기사항 : 조제상토를 TRAY에 투입 전에 가수와 공기 혼합으로 발아율 향상

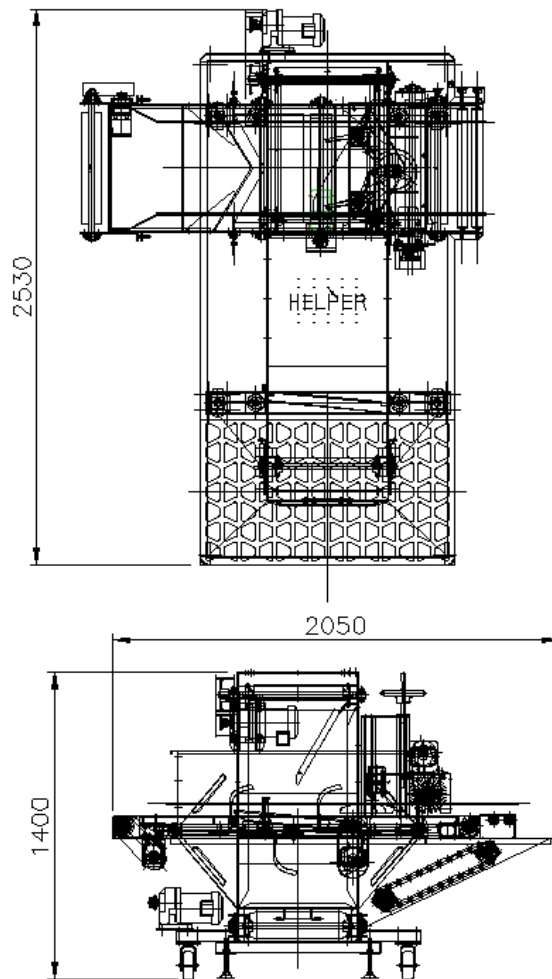


그림 73 상토공급충전기 시작기 총조립도

## 다. 자동진압기

### 1) 특징

- 육묘장에서 사용되는 트레이는 재활용 되는 것도 있어서 비틀림으로 평면유지가 어려운데 있음
- 트레이 가장자리 열을 진압봉이 누를 때 반대편 쪽이 튀어 오르는 경우에는 진압시 트레이 파손이 되며, 약간의 오차로 진압이 되어도 다음 단계의 파종위치가 맞지 않아 정밀파종에 문제가 있음
- 비틀린 트레이를 앞·뒤쪽에서 눌림 로라 기능으로 눌러 주므로써 진압 작업중에 더 방지토록 설계
- 눌림 롤러의 눌림 정도는 자중에 의한 자유 체결 방식으로 구성하여 트레이 종류에 관계없이 적응토록 설계
- 진압봉은 트레이 종류에 관계없이 사용하도록 하되 진압 공기를 대·중·소로 준비하여 교체가능 구조로 제작
- 셀의 크기에 따라, 종자의 크기에 따라 진압 공기의 규격을 선정하여 진압봉에 꽂아 고정토록 조치
- 진압 깊이는 작동 실린더의 스트로크 조정 기능으로 해결

### 2) 주요사양

- 진압 실린더 : SMC CXSM20-25
- 컨베이어 벨트 : 2LRA4M-OF
- 위치 센서 : TAKENAKA DL - S10
- 진압 밸브 : SMC SY5120-4LZ-01
- 누름 롤러 : MISUMI HRO50-513 x 2
- 제어 방식 : TLC TRAY의 하부 SEL을 SENSING후 구동

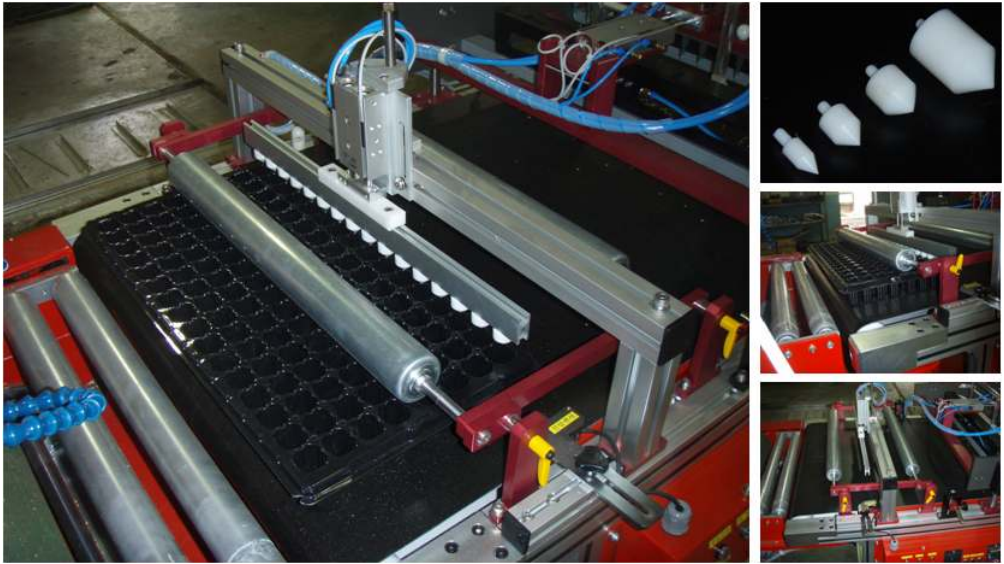
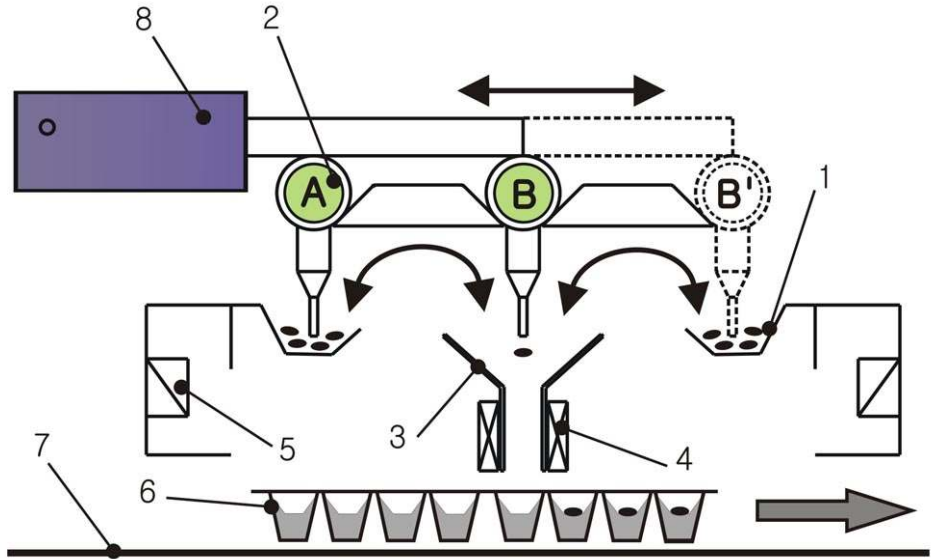


그림 74 자동진압기 시작기

라. 정밀 고속 파종기



그림 75 정밀 고속 파종기(더블식 파종기) 시작기



1. 종자 트레이 2. 노즐대 3. 드롭가이드 4. 파종감시장치 5. 공기진동자  
6. 트레이 7. 벨트컨베이어 8. 에어실린더

그림 76. 정밀 고속 파종기(더블식 파종기) 원리

### 1) 특징

- 노즐식 파종 장치의 원리
  - 종자 대기관의 종자는 적당한 진동으로 파종 픽업 대기 중
  - 주사 바늘 형태의 노즐이 종자 가까이 접근하여 흡입 압력 작동
  - 노즐 끝에 종자 한 개가 부착
  - 노즐이 여러 개가 취부 된 파종봉(Manifold)이 실린다 작동으로 드롭가이드 상부로 이동
  - 드롭가이드 상부에서 흡입을 해제함과 동시에 배기압 작동
  - 상기와 같은 한 사이클이 파종 동작인데 흡입에 충분한 시간을 줄때 부착율이 상승되지만 전체 생산성 문제로 볼 때는 저속 운전이 문제가 됨
- 따라서 본 개발품에서는 듀얼 파종(Dual Seeding) 방식으로 정밀 파종과 고속 파종을 동시에 해결
- 즉 매니폴드 A가 종자관 위에서 흡입중일 때 B는 드롭가이드 위에서 배기작동,

- A가 드롭가이드 위에서 배기작동을 할 때 B는 종자관 위에서 흡입 작동하는 형태로 흡입과 배기가 교호적으로 항시 일어날 수 있는 메커니즘으로 개발
- 따라서 싱글 파종(Single Seeding) 메커니즘과 비교할 때 2배의 속도와 정밀성을 얻을 수 있음
  - ※ 특허 출원 중

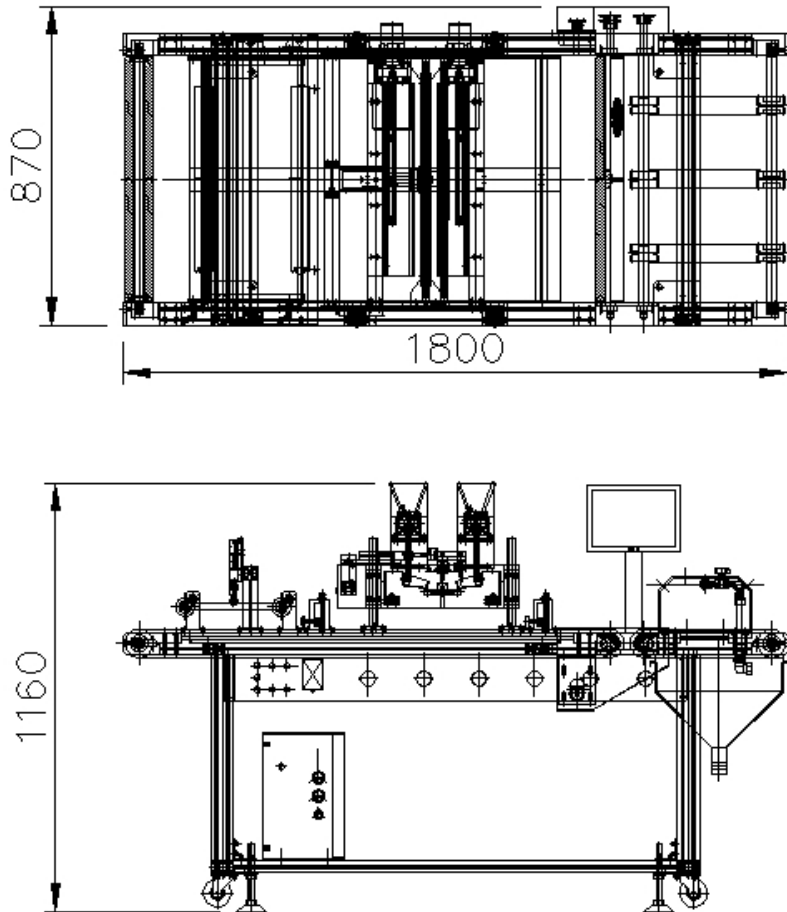


그림 77 정밀 고속 파종기 시작기 총조립도

## 2) 주요사양

- 컨베이어 : 2LRA4M-OF
- 노즐대용 에어 실린더 : SMC CXSM20-50
- 노즐대 : 광폭형 트레이에 맞추어 특별 가공 제작  
(알루미늄 자체 일반 후관 사용)
- 센서 : TAKENAKA DL-S10
- P.L.C : LS MASTER-K80S
- 흡입 발생기 : SOLVAC DV-20HS
- 배기 벨브 : SMC SY5120-4LZ-01
- 제어 방식
  - 원 사이클 구분 동작
  - 연속 자동 동작
  - 펄지 에어 자체 막힘 청소 동작
- 전원 : 1φ 220v 40 W
- 특기사항
  - 예비 노즐대, 예비 노즐대 박스, 예비 부품 공구 박스
  - 에어 콤프레셔 5HP 소요
  - 막힌 바늘 청소용건 비치
  - 잉여 종자 회수 장치 CV - 15HS

## 마. 사용종자 자동보충기

### 1) 특징

- 종자판에는 파종대기중인 적정량의 종자가 있어야 한다.
  - 너무 많은 양이 있으면 : 진동이 부족해서 정밀 파종에 불리
  - 너무 적은 양이 있으면 : 과다 진동으로 종자가 비산 우려
  - 적정량 : 초기 조절해 둔 최적의 진동상태 유지 → 정밀 파종
- 그런데 매 1회 파종시마다 노즐의 수량만큼 종자가 사용되어지므로 이에 비례하여 인력으로 적정량 보충하기가 어려움
- 따라서 적정량을 적시에 보충한다는 기계 장치의 의미는 정밀 파종을 할 수 있

는 기본 요건의 조성이 됨

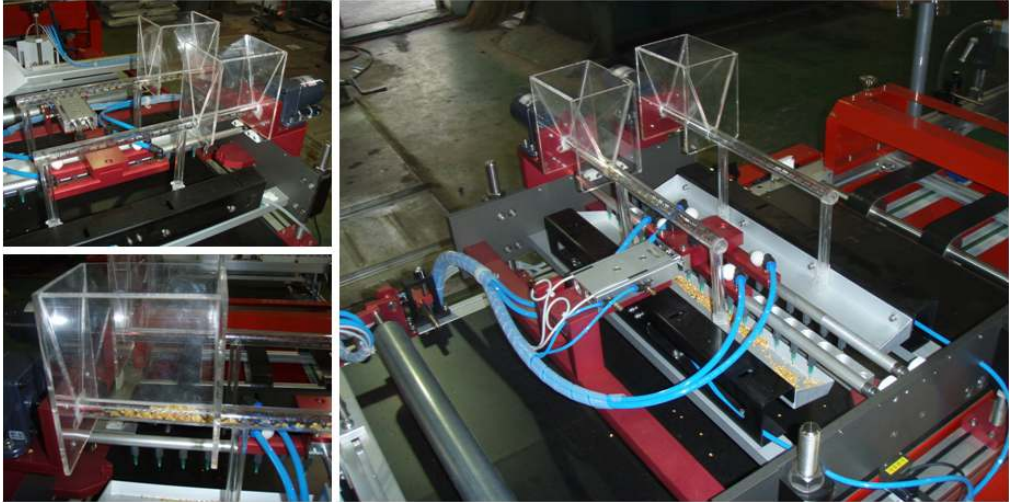


그림 78 사용종자 자동보충기 시작기

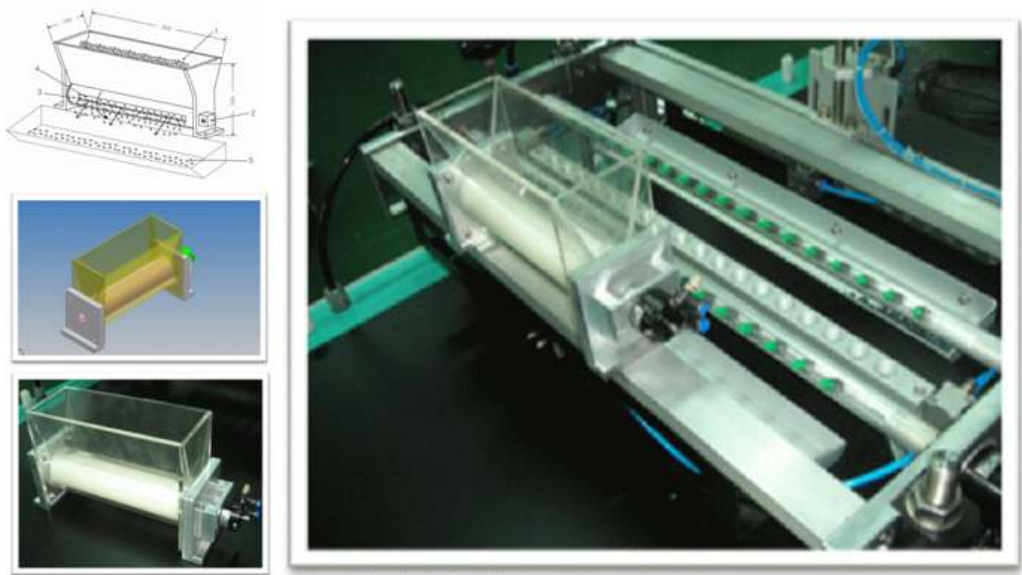


그림 79 호퍼-드럼식 종자 자동보충기(실패작)



- 다양한 실패 사례
  - 호퍼와 드럼 홈을 이용하는 방식
    - : 드럼 홈에 다수의 종자 혼입 부서지는 현상 발생, 종자 공급유량 불균일
  - 호퍼와 하단부 평벨트 컨베이어 방식
    - : 종자의 크기에 따라 게이트 간격 조정이 어려움, 종자 공급유량 불균일
  - 호퍼와 흘러내리는 틈새를 이용하는 방식
    - : 종자의 형상이 다양하므로 끼임으로 원활치 못함, 종자공급유량 불균일
- 호퍼와 무추 스프링 방식으로 개발
  - 투명 아크릴 재질로 호퍼 제작, 리필 시기 판단용이
  - 무추 스프링 방식으로 종자 끼임 파손 사고 없음
  - 수박에서부터 배, 무까지 폭 넓게 사용 가능
  - 공급량은 스프링 회전 모터의 속도 제어로 해결
  - 즉 매니폴드 작동 회수만큼 비례하여 모터 속도 제어
    - ※ 특허 출원 중

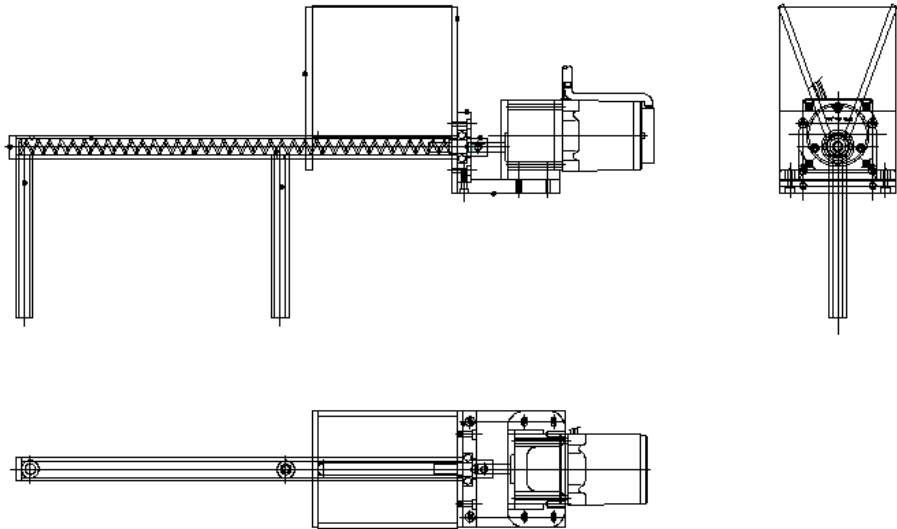


그림 80 사용종자 자동보충기 시작기 총조립도

## 2) 주요사양

- 무축 스프링 : 자체 가공 제작 선경1.5Ø\*P15\*370L
- 스프링 구동 모터 : 6W x 2개 S6I06GB-V12
- 종자 공급관 : ACRYL PIPE 가공
- 제어 방식 : SPG DIGITAL SPEED CONTROLLER로 속도 제어

## 바. 파종결과 감시장치

### 1) 감지 센서

#### 가) 특징

- 듀얼 파종기의 2개의 파종봉에 부착된 니들에 의해 흡착된 종자는 드롭가이드 상부로 이동하면 배기압에 의해 드롭(파종)
- 아래쪽에서는 컨베이어를 타고 들어오는 트레이의 일렬 단위 셀의 중앙 위치가 되도록 센서로 세팅
- 128공의 트레이를 예로 들면 8열(16개 셀)로 구성되어 있는데 트레이 한 장의 파종을 6초 안에 할 수 있어야 시간당 600장 생산이 가능해진다.
- 즉 1열 파종에 소요되는 시간은 6/8초(0.75초)가 되므로 육안으로 정상적으로 파종이 잘 되고 있는지 감시가 곤란
- 파종이 잘 되지 않는 결과의 원인으로는
  - 종자 불량 (깨진 것이 섞여 있거나 불균일 상태)
  - 먼지 등 불순물이 섞여서 흡입 노즐의 막힘 사고 유발
  - 압축 공기의 불량(물의 혼입 또는 압력 불균일)
- 결과 원인을 방치한 상태로서의 고속 운전은 무의미
- 따라서 드롭가이드 구멍의 좌우측면에 투광기와 수광기의 센서를 부착하여 종자의 통과 여부를 체크
- 매 셀 단위마다 발광 다이오드가 있어서 색깔로 결과 여부 체크  
(파종 : 청색, 결과 : 적색)
- 투광·수광의 센서를 통한 데이터는 PC로 연결되어 후단의 보파기에 정보를 제공할 뿐 아니라 모니터를 통해 실시간 그림판으로도 명시

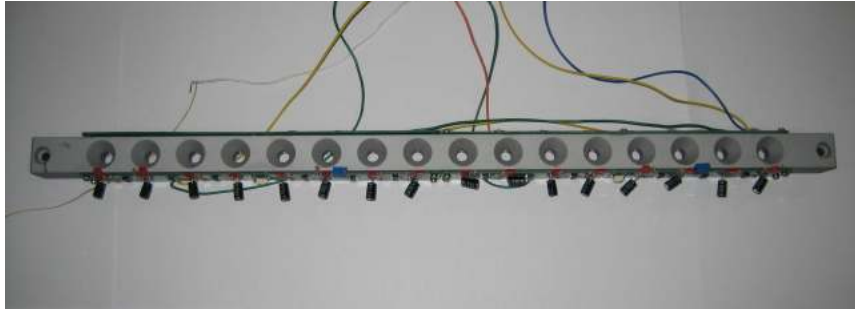


그림 81 드롭가이드에 떨어지는 종자의 감지센서(평면도)

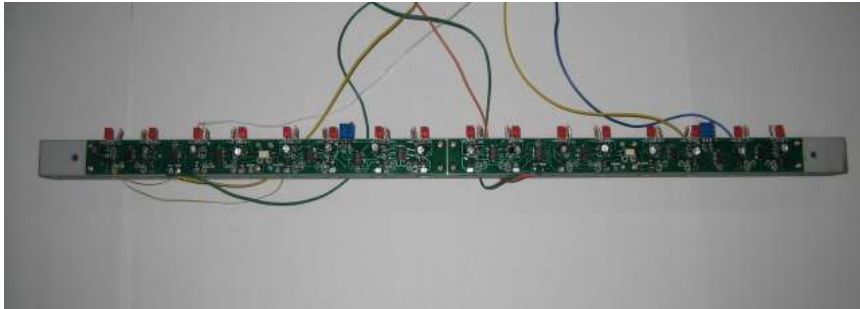


그림 82 드롭가이드에 떨어지는 종자의 감지센서(정면도)



그림 83 파종결과 모니터

## 나) 주요사양

- 투광센서 : 포토커플러 발광부
- 수광센서 : 포토커플러 수광부
- 기관(PCB) : 별첨 회로 설계 제작(제 2과제)
- 종자가 낙하순간 고속 인식용 센서 개발 : 특허 출원

## 2) 파종결과 모니터

### ○ 모니터에 표시되는 사양

- 파종열 단위로 파종은 청색, 결과는 적색 표시
- 파종판 단위로 고유번호 부여하고 파종 정보 저장하여 보파기로 데이터를 전송하고 파종율 표시
- 세팅된 파종율이 미달 될 시는 경고음 발생으로 관리자 호출 기능
- 파종 로트(lot) 단위로 전체 파종 정보 리뷰 기능 및 종합 파종율 확인 가능
- 터치스크린 방식으로 관리자가 용이하게 접근

### ○ 주요사양

- 모니터 규격 : 삼성 LED Display 19"
- 개발 적용 S/W : Lab View 5.5
- 설치 방법 : 정상 운전시는 관리자가 보기 쉬운 위치로 하고 수리·보수시 장애가 될 시는 이동시킬 수 있는 유연한 마운팅 구조
- 파종결과 감시 장치 - 파종결과 표시 모니터는 PC와 연결되어 있으며 설정된 프로그램에 따라 자동 보파기를 작동시킴
- 따라서 언제든지 원할 때 USB등 저장매체를 통해 전체 시스템의 작동 상황을 원방에서 확인 할 수 있게 되어 원방 A/S의 길이 열리게 됨

## 사. 자동보파기

### 1) 특징

- 관리자가 95% 이상의 파종율을 원하고 조정해 놓을 경우 듀얼 파종기에서 85%의 파종율이 시현되었다고 하면 추가 10%의 보파기 작동이 필요하게 됨
- 물론 95% 이상의 파종율이 시현된 파종판의 경우는 보파기의 작동 없이 그냥

통과하게 되는 원리임

- 다시 정리하면 1번 트레이는 추가 10%의 보파 작동을 하고 2번, 3번..트레이는 파종율이 95% 이상이므로 보파 작동 없이 그냥 통과함
- 아래 그림과 같이 파종결과 표시 모니터에서 결과 표시(×)가 아래 그림과 같이 나왔다면 해당 좌표에 해당하는 노즐을 통해 보파하게 됨

F																				
E																			×	
D																				
C				×																
B										×										
A																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	..	..	19	20								

- 즉 파종율이 B위치에 왔을 때 8번 노즐이 파종작동을 하고 D위치에 왔을 때 4번 노즐이 파종 작동을 하게 됨
- 상기 보파 작동으로 목표치 95% 이상의 설정 조건이 달성되면 E열 19번 보파는 생략하게 됨 (생산 속도 감안 관련)
- 제어방식
  - 입구관에 트레이가 진입하면 앞단의 파종결과 감시 모니터 상에서 부여된 번호가 검지
  - PC에 저장된 해당번호의 결과 정보가 PLC에 전달
  - PLC의 제어 프로그램에 따라 노즐대의 해당번호 노즐이 흡입작동 → 보파개시

## 2) 주요사양

- 규격(mm) : 790 W × 1,000 H × 920 D
- 중량(kgs) : 100 kgs
- PLC : LG MASTER-K10S1      - 컨베이어 : 2LRA4M-OF
- 구동 모터 : SPG S9I40WB-V12      - 파종 실린더 : TPC TCM2E20-25
- 파종 밸브 : CKD 4KA210      - 개별 흡입발생기 : SMC ZU07S
- 개별 배기밸브 : SMC VQ21M1-5YH-C6
- 센서 : TAKENAKA DL-S10      - 전원 : 1φ 220v 40W



그림 84 자동보파기 시작기

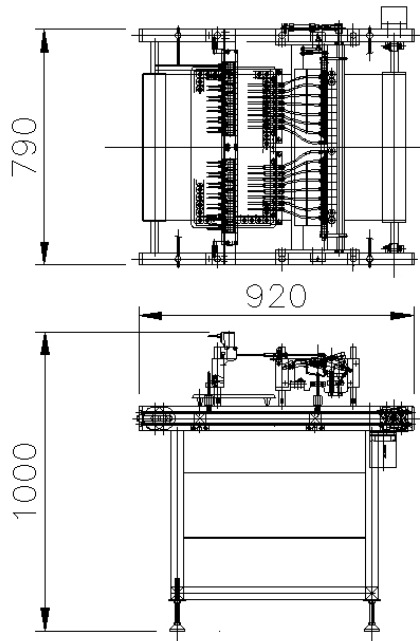


그림 85 자동보파기 시작기 총 조립도

## 아. 자동관수기

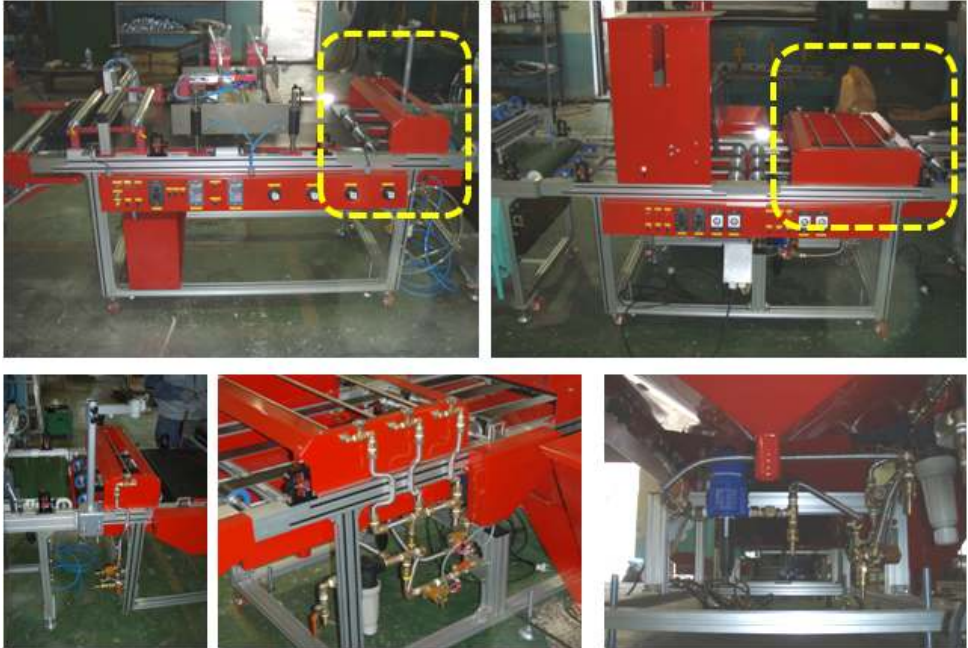


그림 86 자동관수기 시작기(복토기 전후에 설치)

### 1) 특징

- 본 연구에서는 복토 전 간이 관수와 복토 후 본 관수 2가지로 설치
  - 간이 관수 효과 : 과중된 종자가 상토에 밀착시켜 발아 확실히 함
  - 본 관수 : ·과다하면 복토 재료가 쓸려 나갈 우려  
·부족하면 발아실 3일 동안 수분 부족 우려
- 따라서 본 관수 노즐은 물줄기가 미세하면서 균일해야하고 한 번이 아닌 다단계로 나누어져야 한다.
- 본 관수에서는 0.15mm(?) 미세 구멍으로 된 동봉을 3단계로 시설하여 각각 밸브를 두어 독립 조작 가능
- 관수용수에는 기능성 용액을 혼합하여 살수하므로서 묘소질의 차별화 시도가 가능하도록 도사트론 정밀 비레 혼입기를 적용하여 다 기능화
  - 사용할 때는 혼입기 라인 활용

- 불 사용시는 바이패스 라인 활용
- 관수에 사용되는 용수의 청정도가 문제 될 수 있으므로 입구에 디스크 타입
- 잉여 관수는 배수구로 연결되도록 연결구 설치
- 제어방식
  - 컨베이어를 타고 복토된 트레이가 들어오면 센서가 감지하여 관수용 노즐봉에 용수를 공급하는 솔레노이드 밸브를 작동
  - 관수 노즐봉을 통과 후 트레이가 감지된 후 t초 이후에 후속 진입 트레이가 감지되지 않으면 솔레노이드 밸브는 작동 정지필터를 설치

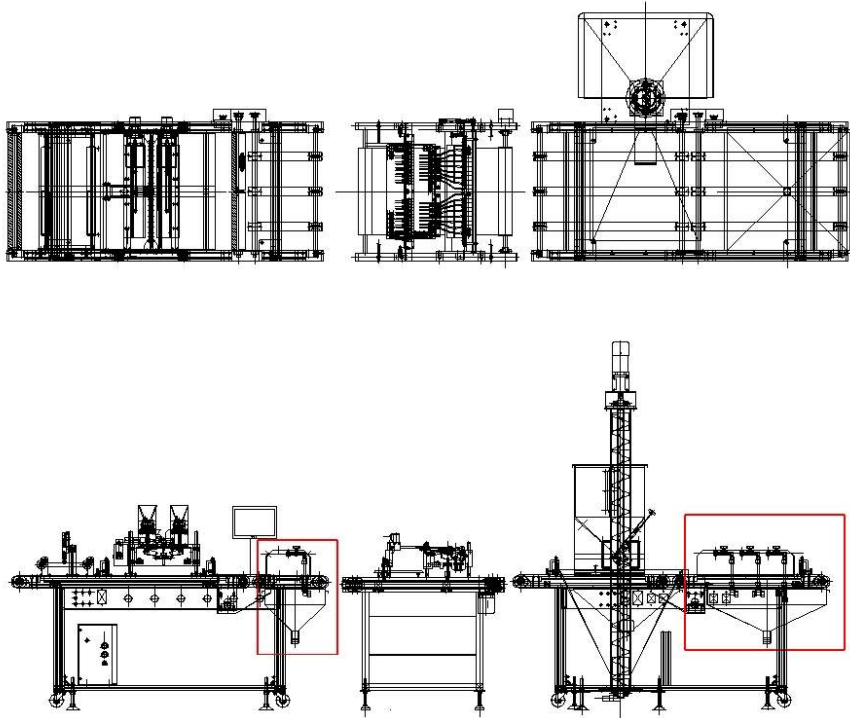


그림 87 자동관수기 시작기 총조립도

## 2) 주요사양

- 규격(mm) : 790 W × 930 H × 1,000 D (※복토기포함)
- 중량(kgs) : 300kgs(※복토기포함)



- 컨베이어 : 2LRA4M-OF
- 관수용 노즐봉 : SUS PIPE 1/4 1T
- 요구되는 수압(FLOW RANGE) : 0.19 to 42.0 LPM
- 정밀 비례 혼입기 : DOSATRON D25RE2
- 혼입 비율 조정 범위 : DOSAGE RATIO 1:500-1:50
- 공급수 여과 필터 : TEEJET 126 STRAINER 200PSI/14BAR
- 잉여수 집수 호퍼 : SUS 1.5T
- 전원 : 1φ 220v 40 W

#### 자. 자동복토기



그림 88 자동복토기 시작기

## 1) 특징

- 복토에 사용되는 재료는 질석 광석을 고온에서 튀겨 만든 펄라이트 재질이다.  
이는 가벼워서 식물의 발아에 영향을 주지 않을 뿐 아니라 입자가 다공(多孔)으로 되어 있어 수분 유지의 매개체가 되기 때문이다.
- 그런데 취급 과정에서 쉽게 부서져서 분말 형태가 될 수 있으며 사용 중 미세 분진을 야기 시켜 주변 환경(파종기의 종자 대기관)에도 나쁜 영향을 줄 뿐 아니라 작업자의 호흡기에도 영향을 줄 수 있어 특별 대책이 요구된다.
- 본 과제에서는 잉여 복토재를 회수하여 새 복토재와 함께 호퍼속으로 리필하는 사이클 전체를 폐쇄구조로 하므로써 미세 분진 비산을 최대한 방지하였다.
  - 정밀 파종에 기여
  - 청정 환경 유지에 기여
  - 작업자 건강 유해 요인 제거
- 호퍼속의 펄라이트가 하단의 드럼 표면 홈을 따라 회전하면서 컨베이어를 타고 들어오는 트레이 상부에 떨어지므로 낙하 비산 먼지가 발생 할 수 있다.
- 앞뒤쪽에 투명 비닐 커튼을 설치하므로써 비산 먼지의 확산을 방지
- 제어방식
  - 컨베이어를 타고 파종된 트레이가 들어오면 센서가 감지하여 t1 초 이후부터 복토 드럼이 작동
  - 복토 드럼 하부를 통과한 트레이가 빠져 나오면서 센서를 감지하면 t2 초 이후에 복토 드럼 작동 정지
  - t1, t2 는 작업자가 설정 할 수 있음
  - 복토 두께는 호퍼와 드럼 사이에 게이트가 있어 간격을 조절하므로써 복토 두께 조절
  - 최종 단계에서 고정으로 설치된 브러시를 통과하므로써 균일 두께로 조정

## 2) 주요사양

- 규격(mm) : 790 W × 2,150H × 1,800D (※관수라인포함)
- 중량(kgs) : 300kgs(※관수기포함)
- 컨베이어 : 2LRA4M-OF
- 복토드럼 : PE Ø76-560L

- 스크류 컨베이어 : 은성플랜트 100\*100\*34
- 복토 드럼 구동 모터 : SPG S8I25GB-V12 60:1
- 컨베이어 구동 모터 : SPG S9I40GBL-V12 60:1
- 스크류 컨베이어 구동 모터 : 신명모타 EP+단상V/T
- 복토 호퍼 용량(L) : 100 L
- 대기 호퍼 용량(L) : 40 L
- 센서 : TAKENAKA FB0760
- 전원 : 1φ 220v 65W

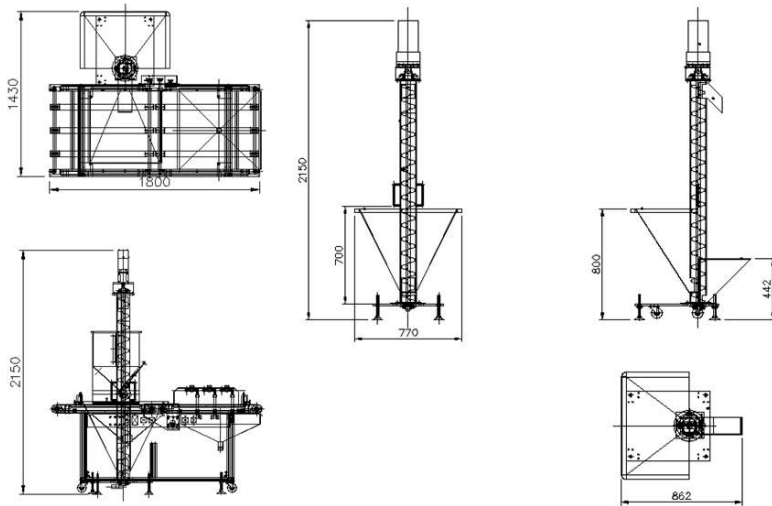


그림 89 자동복토기 시작기 총조립도

#### 차. 파종 트레이 자동적재장치

##### 1) 특징

- 상토 충전 - 파종 - 복토 - 관수를 마치고 나오는 트레이의 무게는 종류에 따라 각각 다르지만 대략 2~3.6kg쯤 된다.
- 시간당 600장 생산의 본 파종 라인에서는 6초당 한 장의 트레이가 흘러 나오

- 므로 이를 받아서 발아대차로 이동해야 하는 노동력은 악성이 될 수 있다.
- 그래서 5장 단위(필요시 임의 숫자만큼 설정 가능)로 자동 적재를 한 후 5장 블록 단위로 물류 처리를 하면 작업에 효율을 높일 수 있다.
  - 5장 단위 블록이 발아대차로 옮겨지고 발아대차 단위로 발아실로 이동하게 되므로 지금까지의 발아율 공간 이용율을 5배로 높일 수 있게 된다.
  - 포개는 적재로 인해 발아에 문제가 생기지 않는가하는 우려는 기존 관행에도 시준 때는 2~3장을 포개서 적재하는데 이는 발아 초기 단계(상토 밖으로 싹이 나오지 않는 단계)에서 반출하기 때문에 무방하다.
  - 개선점 : 5장 단위 블록이 적재 되었을 때 푸셔가 밀어서 대기 컨베이어로 이동시키게 되어있는데 이 푸셔의 스트로크를 절반 이하로 줄여서 기계를 스마트하게 할 필요가 있다. 바닥면을 대기 컨베이어 쪽으로 적절한 경사를 제공하면 될 것이다.



그림 90 파종트레이 자동적재장치 시작기

○ 제어방식

- 컨베이어를 타고 들어온 트레이가 작동 베드 위에 오면 위치 센서가 작동하여 상하 실린더가 위를 작동
- 좌우 실린더가 작동하여 트레이 하단부를 잡아 인수하게 되면 상하 실린더는 다시 원위치 작동
- 상기와 같은 사이클로 연속 작동 후 5매 적재가 카운팅 되면 푸싱 실린더가 작동하여 대기 컨베이어로 이동

2) 주요사양

- 규격(mm) : 1,380 W × 1,045 H × 1,120 D
- 중량(kgs) : 95kgs
- 컨베이어 : 2LRA4M-OF M형가이드부착
- 좌우 작동 실린더 : SMC CDA2F40 - KRT10J
- 푸싱 실린더 : SMC CDM2RK40-300-C73
- 상하 작동 실린더 : SMC CDM 2F40-75B-C73L-XC8
- 컨베이어 작동 모터 : SPG S9I40GBL-V12
- 위치 센서 : TAKENAKA FB0790
- 전원 : 1φ 220v 40W

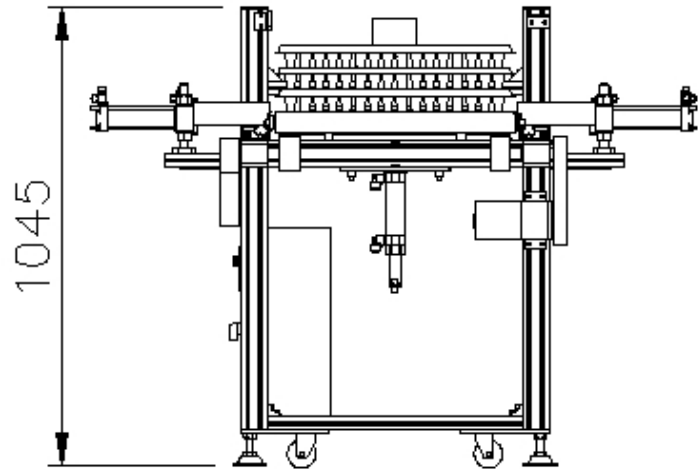
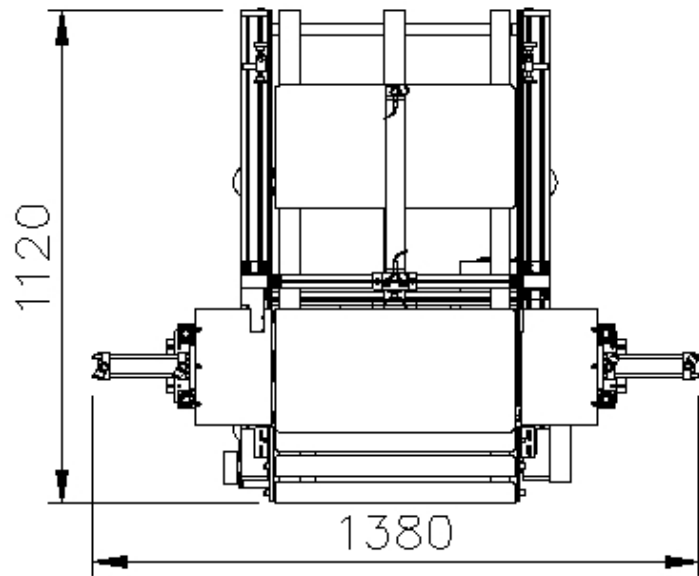


그림 91 파중트레이 자동적재장치 시작기 총조립도

### 3. 각 단위기계 및 장치의 개발 요약

NO	개발 대상	당초 목표	연구 내용	연구 결과	
				목표	달성
1	과종트레이 자동공급기	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 불균일 스크류바 방식으로 날장 분리</li> <li>○ 진동으로 결속이완</li> <li>○ 전용 트레이 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 캠방식 분리 메커니즘</li> <li>○ 앞뒤, 좌우 분리방식</li> <li>○ 끼임 간격이 일정하게 추가 요철 구조가 있는 전용 트레이 개발</li> </ul>	6초당 1매 분리	전용 트레이는 가능, 일반 트레이는 작동중 오류 발생
2	상토공급충전기	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고속 상토 충전기 개발</li> <li>○ 진동, 브러싱 모터의 속도조절 기능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시장 요구에 부응 간이 혼합기 추가</li> <li>○ 충분한 상토 공급 공간 확보를 위해 흩어주기, 눌러주기, 쓸어주기(3F) 기능의 조절 장치를 독립 구조</li> </ul>	시간당 600장 이상 생산	600장/시간 충분히 가능 완성 표면 정리기능 우수
3	자동 진압기	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 드럼식 자동진압 (드럼 표면 진압공이 부착 형상)</li> <li>○ 과종판의 종류가 바뀌면 드럼통 교체</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 예비 드럼통 구비가 고 비용이므로 상하 진압식으로 변경</li> <li>○ 재사용 트레이의 변형 구조로 진압 오류 발생 방지하기위해 전후 누름 로라 적용</li> <li>○ 진압 작업 중 확실한 평면 유지</li> </ul>	시간당 600장 이상 생산 진압 위치, 깊이의 정밀성 유지	600장/시간 충분히 가능 전후 누름 장치로 정밀성 유지 방안 해결

NO	개발 대상	당초 목표	연구 내용	연구 결과	
				목표	달성
4	정밀 고속 파종기	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 파종몰드 개발 트레이당 1회 파종 방식</li> <li>○ 몰드비용 고가로 시장 조사에서 고객 외면</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 파종봉을 복수(2개)로 하여 흡입과 배기를 상호 교호적으로 시행</li> <li>○ 흡입시간 충분 →정밀파종</li> <li>○ 파종시간 절반 →신속파종</li> </ul>	시간당 6만셀 이상 파종을 95% 전후	시간당 6만셀 이상 파종을 95% 이상
5	사용종자 자동 보충기	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 매 한판 작동시 마다 해당 량의 종자 자동 보충</li> <li>○ 파종판별로 조절 기능</li> <li>○ 다양한 규격 종자 대응 기능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 매 파종열 단위 작동시 마다 해당량 종자 자동보충</li> <li>○ 무축 스프링 밀어내기 방식이므로 배추-수박에 이르기까지 파손 없이 공급 가능</li> <li>※정밀한량을 정확한 타이밍에 보충한다는 의미는 최적 진동을 유지할 수 있어 정밀 파종에 상당한 연관이 있음</li> </ul>	오차율 10% 이내의 정밀 보충	파종판 단위의 보충보다 정밀한 파종열 단위의 자동 보충으로 정밀성 제고
6	파종결과 감시 장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 비전 카메라로 몰드 표면 종자 부착 촬영</li> <li>○ 컴퓨터분석결과 색출</li> <li>○ 미달시는 경보 표시와 결과 출력</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 듀얼 파종기 중간에 단일 드롭가이드 설치</li> <li>○ 드롭가이드 구멍 좌우측 센서설치 -파종결과 센싱</li> <li>○ LED램프 색깔로 파종/결과 구분 표시</li> </ul>	연속 100회 작동후 에러 발생율 5% 이내	고추종자 기준 95% 이상 감시율 시현



NO	개발 대상	당초 목표	연구 내용	연구 결과	
				목표	달성
7	과종결과 모니터	<ul style="list-style-type: none"> <li>과종을 모니터 표시</li> <li>설정 된 과종을 미달시 경고 발생</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>과종상태를 전체 셀 분포 그림으로 표시</li> <li>과종(청색), 결과(적색)으로 색상 구분</li> <li>해당 과종판 단위 과종을 표시</li> <li>전체 작업 로트(lot) 단위 누적 과종을 표시</li> <li>저장 데이터를 자동 보파기로 연결</li> </ul>	연속 100회 작동 후 에러 발생을 5% 이내	고추 종자 128공 트레이 기준 95% 이상 시현
8	자동보파기	<ul style="list-style-type: none"> <li>설정치 과종을 미달 과종판은 사이드 컨베이어로 아웃</li> <li>자동 보파 테이블에서 X-Y-Z 과종 장치 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>아웃사이드가 아닌 원 컨베이어 라인 유지 보파기 설치</li> <li>모니터 PC에서 제공된 결과 정보를 받아서 해당 좌표만 보파작동 (독립적 노즐 방식)</li> <li>기계 가격 저렴, 사용방법 용이</li> <li>과종율이 설정치 이상이면 무작동 통과</li> </ul>	자동 보파의 정밀성 여부	과종율 95% 이상의 설정치 실현
9	자동복토기	<ul style="list-style-type: none"> <li>시간당 600장 이상 복토 능력</li> <li>복토 두께 자동조절</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>복토 재료는 광물질 미세분진 비산 우려 대상 이므로 밀폐 구조로 개발</li> <li>회수,리필 단일 공급방식</li> <li>복토 두께, 표면 정리 임의 조정 가능</li> </ul>	시간당 600장 이상 두께 조정	시간당 600장 이상 두께 조정

NO	개발 대상	당초 목표	연구 내용	연구 결과	
				목표	달성
10	자동관수기	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 다단계 관수 기능</li> <li>○ 컨베이어 속도조절</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 파종직후 복토 이전 간이 관수 장치 적용으로 정밀 발아에 기여</li> <li>○ 액비 정밀 비례 혼입기 설치로 기능성 관수 가능</li> <li>○ 3단계 관수 노즐대 적용 미세 정밀 관수 기능</li> </ul>	시간당 600장 이상 정밀 관수 조정	시간당 600장 이상 정밀 관수 조정 기능 복토 이전 간이 정밀 비례 혼입기로 기능성 관수
11	트레이 자동적재장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 복토 후 트레이를 10장 단위로 적재</li> <li>○ 지그재그 겹침</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현장 요구대로 5장 단위로 자동 적재</li> <li>○ 지그재그 겹침은 현장 이동시 안정감 저해로 정상 겹침 구조</li> <li>○ 블록 단위 완료 후 대기 컨베이어로 이동하기 용이 하도록 경사 구조 설정</li> </ul>	시간당 600장 이상	시간당 600장 이상

## 제 4 장    목표 달성도 및 관련 분야에의 기여도

### 1. 목표달성도

년도	목표	가중치	평가착안점	결 과	달성도
1차년 (2006)	파종트레이 자동공급기 개발	10	6초당 1매 분리	전용 트레이는 가능, 일반 트레이는 작동중 오류발생	10
	정밀고속 파종기 개발	15	시간당 600장이상, 파종율 95% 전후	시간당 600장 이상, 파종율 96%	15
	사용종자 자동보충장치 개발	15	오차율 10% 이내의 정밀 보충	파종열 단위의 자동보충 오차율 6%, 정밀성 제고	15
	파종결과 감시장치 개발	10	연속 100회 작동후 감시 에러 5%이내	고추종자 기준 감시에러 5% 이내	10
2차년 (2007)	상토공급충전기 (간이 혼합기 겸용)	5	시간당 600장 이상 생산	600장/시간 이상, 완성 표면 정리기능 우수	5
	자동 진압기	5	시간당 600장 이상, 진압 위치, 깊이의 정밀성 유지	600장/시간 이상, 전후 누름장치로 정밀성유지	5
	파종결과 표시 모니터	10	연속 100회 작동 후 에러 발생을 5% 이내	고추 종자 128공 트레이 기준 95%이상 시현	10
	결과부분 자동 보파기	15	자동 보파의 정밀성 여부	파종율 95%~98% 이상의 설정치 실현	15
	밀폐형 자동 복토기	5	시간당 600장 이상 두께 조정	시간당 600장 이상 (최대 720장)	5
	자동 관수기	5	시간당 600장 이상 정밀 관수 조정	시간당600장 이상 (최대 720장, 정밀 비례 혼입기로 기능성 관수)	5
	자동적재장치	5	시간당 600장 이상	시간당 최대 720장	5
	합 계	100			100

## 2. 관련 분야에의 기여도

### o. 학회 논문발표

1) 진공노즐식 파종기의 배종율 향상을 위한 종자관 진동조건, 한국농업기계학회  
2007년 동계학술대회 논문집 13(1):373-376, 서울대학교

### o. 관련 연구의 자료제공

- 학계, 연구소, 기업 등 관련분야 파종장치 개발 기술자료 제공

### o. 추가연구 자료제공

- 헬퍼로보텍의 임업용 임목류 육묘용 파종시스템 개발에 응용

### o. 기업 활성화

- 개발기술의 2008년 후반기부터 기업화로 중소기업 활성화 및 고용안정 증대(20%)

### o. 국제경쟁력 강화, 수입대체효과

- 세계 최초로 노즐식 파종기로 파종율 98%, 파종속도 600매/시간/1인 으로  
기존의 4.5배의 능률확보로 국제경쟁력 확보

- 수입대체효과 : 국내 200세트 × @7천만원(추정가격) = 140억원

- 외화획득 : 30세트 × 10년 × @7천만원(추정가격) = 210억원

### o. 국제경쟁력 강화, 수입대체효과

- 국내 300여 개소의 기존 육묘공장의 고품질 육묘, 인력절감 30%

- 묘질 향상으로 작목 농가의 수량증대(2%) 예상

## 제 5장 연구개발 결과의 활용 계획

### 1. 정밀·고속 파종로봇시스템의 시장 배경

- 1993년도 이후 지금까지 전국에 건설된 공정육묘장은 300여 개소
- 공정육묘장은 농업 분야 중 가장 부가가치 높은 기술 산업장으로 자리 매김
- 공정육묘장에서 파종 시준이 도래하면 10일 이내의 단기간에 파종작업을 완료해야 하므로 파종시스템의 생산 능력 한계로 애로, 야간 작업등 과로 요인
- 10년 전후의 노후 기계 속출로 기계 교체 시기 도래
- 과채류 접목묘 생산 확대로 균일묘 생산, 정밀 파종 요구 증대
- 내수 시장 규모
  - 국내 영세 규모 육묘장(100여 개소)을 제외한 규모있는 육묘장 200여 개소는 향후 10년 이내 무조건 구입 대상 (노후대체, 내구 수명 10년 간주)
  - 200세트 × @7천만원(추정가격) = 140억원
- 수출시장 규모
  - 거대한 중국이 우리나라와 동일한 파종 트레이를 사용하도록 표준화되었으므로
  - 우리 회사 제품이 세계제일로 대중국 수출 경쟁력 확보
  - 중국 시장 규모
    - 30세트 × 10년 × @7천만원(추정가격) = 210억원
  - 유럽 및 북미 시장은 우리나라와 파종 트레이가 상이하고 종자도 팔레타이징 처리한 구형 종자이므로 부적합

### 2. 추가연구, 타 연구에의 응용

- 그동안 사용자의 요구에 따라 다양한 파종기 모델이 자체 개발되어 왔음
  - 스텝핑 파종기 : 정지간에 파종, 원하는 입자 숫자만큼 동일 셀에 연속 파종 가능
  - 대립 파종기 : 접목묘의 대목으로 사용하는 호박, 박의 파종

- 곡물 파종기 : 콩, 옥수수과 같은 곡물류의 파종
- 임목류 파종시스템 추가 연구의 필요성
  - 본 과제에서 개발한 시스템은 채소류, 화훼류에 적용
  - 임목류 육묘용 트레이는 깊고, 무겁고 특별함
  - 임목류 종자 역시 크기와 형상이 매우 특이
  - 채소류 파종시스템을 1톤 화물에 비유한다면 임목류 육묘 파종시스템은 덤프트럭에 비유
  - 북한지역 산림복구용 산림묘목 대량 생산, 황사지역 식재용 산림 대량생산 지원 프로젝트의 추진에 대비하여 추가 연구의 필요성 있음
- 우리 회사에서 최근 생산 시판하면서 호평을 받고 있는 접목로봇을 이용한 과채류 접목이 확대 발전되려면 대목과 접수의 균일육묘 즉 정밀 육묘 기술 보급이 긴요함

### 3. 기업화 추진방안

- 본 과제는 제조업체인 헬퍼로보텍이 주관연구기관이며 지금까지 광폭형 파종시스템을 제조·판매하고 있으므로 연구 결과물의 기업화는 2008후반기부터 바로 이루어짐

### 4. 홍보 및 마케팅 방안

- 본 제품은 국내 300여 개소의 기존 육묘공장을 대상으로 홍보하게 되므로 비교적 용이함
  - ※ 잠재적 신규 고객도 기존 육묘장 어딘가와 연결되어 있음
- 브로셔를 만들어 신제품의 장점과 특징을 D/M 발송
- 홈 페이지를 개편하여 신제품 반영
- 금년도 11월 달에 서울 COEX에서 개최 될 SIEMSTA에 출품

## 제 6 장 연구개발 과정에서 수집한 해외 정보

### 1. 이태리 아트란틱만사의 최신 카탈로그

## 제 7 장   참 고 문 헌

1. 농촌진흥청. 2005. 2005공정육묘장 현황. www.rda.go.kr.
2. Guarella, P., Pellerano, A. and Pascuzzi, S. 1996. Experimental and theoretical performance of a vacuum seeder nozzle for vegetable seeds. J. of the Agr. Engng. Res. 64:29-36.
3. Ted, H. Short and Samuel G. Huber. 1970. The development of a planetary-vacuum seed metering device. Transactions of the ASAE 13(6):803-805.
4. Hassan, Awatif E. 1981. Precision drum seeder for uniform spacing. Transactions of the ASAE 24(4):879-883.
5. Fallak, S. Sial and Sverker, P. E. Persson. 1984. Vacuum nozzle design for seed metering. Transactions of the ASAE 27(3):688-696.
6. Bryan, W. Maw, Harold L. Brewer, and Steven, J. Thomson. 1986. Photoelectronic transducer for detecting seedlings. Transactions of the ASAE 29(4):912-916.
7. Zulin, Z., Upadhyaya, S. K., Shafii, S. and Garrett, R. E. 1991. A hydropneumatic seeder for primed seed. Transactions of the ASAE 34(1):21-26.
8. Giannini, G. R., Chancellor, W. J. and Garrett, R. E. 1967. Precision planter using vacuum for seed pickup. Transactions of the ASAE 10(5):607-610, 614.
9. 小中俊雄, 堀部和雄, 長谷川雅博. 1974. 穀粒の空氣吸着特性について. 日本農業機械學會誌 36(3):433-439.
10. 伊藤道秋, 端 俊一, 岡村俊民. 1976. 吸引式播種裝置に關する研究. 日本農業機械學會誌 37(4):526-532.
11. Choi, C. H., Noh, K. M., Lee, K. C. and Kim, J. M. 1996. Research



- Paper ( Farm Power and Machinery ) : Study on Automation of Integrated Seedling Production System - Planting Device -. Journal of Biosystems Engineering. 21(2):123-133.
12. Min, Y. B. and Moon, S. D. 1998. Automatic Feeding and Transplanting Mechanism for Plug Seedling Transplanter. Journal of Biosystems Engineering. 23(3):259-270.
  13. 농림부. 1998. 농가용 Plug묘 파종장치 개발. 경상대학교 시설원예연구소, 농림부연구보고서 pp 79-89.
  14. Min, Y. B., Kim, S. T. and Chung, T. S. 2000. Optimum Operating Conditions of a Vacuum Nozzle Seeder. Journal of Biosystems Engineering. 25(6):463-470.
  15. Kim, D. E., Jang, Y. S., Kim, S. H. and Lee, G. I. 2003. Facilities for Bio-production and Environmental Engineering : Development of Vacuum Nozzle Seeder for Cucurbitaceous Seeds(1) -Design factors for vacuum seeding large sized seeds-. Journal of Biosystems Engineering. 28(6):525-530.
  16. Chang, Y. S., Kim, D. E., Kim, H. H., Kim, J. K. and Kim, S. K. 2006. Development of the seeding machine adjustable row-spacing. Proceedings of the KSAM 2006 Winter Conference. 11(1):61-64.
  17. 박상근. 1994. 공정육묘 시스템의 도입 필요성과 전망. 공정육묘 온실의 자동화시스템 개발 심포지움, 경상대학교 시설원예연구소보. 1:1-12.
  18. 박중춘. 1994. 공정묘 생산 온실의 모델설정과 자동화 시스템. 공정육묘 온실의 자동화시스템 개발 심포지움, 경상대학교 시설원예연구소보. 1:31-54.
  19. 박중춘, 민영봉 외 .1994. 공정육묘온실의 자동화시스템 개발(심포지움. 워크샵), 경상대학교 시설원예연구소 . 대한시설원예기술연구회
  20. 박중춘, 박상근, 민영봉 외 14인. 1994. 공정육묘 자동화를 위한 부대장치 및 기기 개발, 경상대학교 시설원예연구 창간호, pp 261 - 332.
  21. 박중춘, 민영봉 외. 1997. 공정육묘 온실의 표준모델 및 자동화 시스템개발과 활용

- 기술 연구, 경상대학교 시설원예연구 4(1):1-447.
22. 손영걸, 박봉식, 김시론, 임동희, 박중춘. 1996. 고추프러그 육묘에 있어서 상토 혼합 비율이 생육에 미치는 효과. 한국원예학회 발표요지 14(2):250-251.
  23. 日本施設園藝協會, 1991. 園藝用育苗資材, 裝置利用の手引. PP.168
  24. 日本施設園藝協會, 1991. 園藝用育苗培地利用の手引. PP.139
  25. (社)日本施設園藝協會. 1994. 三訂施設園藝 ハントフック : 198-232
  26. 山田 進, 1992. 播種機の種類と関連機材, 野菜の成型苗利用と生産システム 18-27, 誠文堂新光社