

최 종  
연구보고서

대추수확기 개발에 관한 연구

**Mechanical Harvesting of  
Jujube (*Zizyphus Jujuba* Miller) Fruits**

연구 기관  
충남대학교

농 립 부

## 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “대추수확기 개발에 관한 연구” 과제의  
최종보고서로 제출합니다.

2002 년 12 월 14 일

주관연구기관명 : 충남대학교

총괄연구책임자 : 이 상 우

세부연구책임자 : 허 윤 근

연 구 원 : 서 정 덕

연 구 원 : 맹 성 렬

연 구 원 : 민 경 선



# 요 약 문

## I. 제목

대추수확기 개발에 관한 연구

## II. 연구 개발의 목적 및 필요성

### 1. 목적

가. 제 1 세부 과제 : 수확기 개발에 관한 기초연구

- 1) 대추나무의 생태학적 및 재배학적 특성을 구명하여 수확시작기의 기본 형태의 설계에 활용한다.
- 2) 대추열매, 가지, 잎줄기, 잎 등의 물리적 및 역학적 특성을 구명하여 탈과 메카니즘의 연구에 활용한다.
- 3) 열매, 잎, 잎줄기 등의 종말속도를 측정 분석하여 열매정선장치의 설계요인으로 활용한다.
- 4) 열매 - 기계 시스템의 연구에서 수형과 열매 분포 특성을 기초하여 탈과, 집과, 정선 및 운반 작업의 연계성을 분석 검토한다.

나. 제 2 세부 과제 : 대추 수확 시작기 개발

- 1) 수확기의 주요구조를 ㉠탈과장치, ㉡탈과작업 조종장치, ㉢집과장치, ㉣정선장치, ㉤제어장치, ㉥프레임 및 주행장치로 분류하여 각 장치의 구조를 설계 제작하여 기능을 분석 보완하고, 이들을 종합하여 최종적으로 대추수확기계를 개발한다.

### 2. 연구 개발의 필요성

대추는 우리나라 국민들이 가장 좋아하는 기호식품중의 하나로 수목의 규모가 300수 이상의 과수원을 가진 농가수가 5000여 가구에 도달하고 대추 산업농가가 전국적으로 3000여 가구로 정착 단계에 이르고 있다.

그러나 대추작물의 재배 및 수확작업이 완전히 인력에 의존하고 있는 실정에서 일정한 수확기간 동안 수확작업인력을 구하기가 쉽지 않으며, 높은 인건비는 재배농가의 소득 증대에 큰 장애 요인이 되고 있다. 이러한 인력작업의 환경은 안정적인 영농기반을 위협하기에 이르렀고, 국제 경쟁력의 취약점으로

작용하고 있어 현재 우리나라 대추 재배농가는 수확작업의 기계화를 절실히 요구하고 있다.

작업효율이 낮고 작업환경이 열악한 인력수확작업을 높은 작업효율과 쾌적한 작업환경을 갖춘 기계수확작업으로 발전 전환시키는 것이 우리나라 대추 생산원가를 감소시킬 수 있고 부족한 노동력을 대체시킬 수 있는 중요한 당면과제이다. 아울러 본 연구에서 개발된 대추수확기가 장차 농장에서 실용적으로 사용될 때 다음과 같은 시너지 효과를 창출하리라 기대된다.

- 가. 기계수확작업을 통하여 노동력을 절감하고 생산비를 낮추어 안정적인 대추 영농기반을 구축한다.
- 나. 열악한 수확작업환경을 편리하고 쾌적한 작업환경으로 개선한다.
- 다. 국제 경쟁력을 증대시키어 국내에서 생산한 양질의 대추를 국민에게 안정적으로 제공할 수 있다.
- 라. 대추를 재배하는 외국에 대추수확기를 수출하는 경우에는 우리나라 농업 기계 산업발전에 크게 기여할 수 있다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

#### Ⅲ-1. 연구 개발 내용

본 연구 과제에의 연차별 연구개발 내용과 범위를 분야별로 요약하면 다음과 같다.

##### 1. 제 1 세부과제 : 수확기 개발에 관한 기초연구

###### 가. 1차 년도

- 1) 수확작업의 기계화를 위한 생태학적 및 재배학적 특성의 조사 분석
- 2) 대추열매, 나뭇가지, 잎줄기, 잎 등의 물리적 및 역학적 특성의 측정 분석
- 3) 열매 정선요인으로 사용하고자 대추열매, 잎, 잎줄기 등의 종말속도 측정 분석

###### 나. 2차 년도

- 1) 관리 및 수확작업의 기계화에 편리한 재배법의 정립
- 2) 수확시의 열매의 비산 및 손상 현상을 조사하여 고품질의 상품성을 유지하기 위한 기준 설정
- 3) 열매 - 기계 시스템을 분석하여 탈과, 집과, 정선, 운반 작업등의 연계성을 분석 검토하여 시작기 설계 요인으로 활용

##### 2. 제 2 세부과제 : 대추 수확 시작기 개발

###### 가. 1차 년도

- 1) 진동형 탈과 특성과 충격형 탈과 특성 연구를 위한 실험장치의 설계 및 제작
- 2) 진동 및 충격 탈과 특성을 분석하고 탈과 모델 선정
- 3) 탈과 및 집과 시스템의 기초연구
- 4) 정선장치 설계 및 검토

###### 나. 2차 년도

- 1) 탈과장치 개발  
대추열매 및 잎줄기의 손상 없이 탈과 기능을 갖는 타격(충격)식 탈과

## 장치의 설계 및 제작

### 2) 탈과조종장치 개발

대추나무의 수많은 탈과 위치에 탈과장치를 임의로 이동 조종하는 탈과조종장치의 설계 및 제작.

### 3) 집과장치 개발

탈과 되어 낙하하는 열매를 집과 할 수 있는 집과장치의 설계 및 제작

### 4) 정선장치 개발

탈과 후 집과 된 열매에는 잎과 잎줄기가 포함되어 있으므로 이들 잎줄기와 잎을 분리 제거하는 정선장치의 설계 및 제작

### 5) 제어장치

탈과장치, 탈과조종장치, 정선장치, 주행장치, 유압발생장치 등의 제어 기능을 갖는 회로도와 작동 판넬의 설계 및 제작

### 6) 프레임 및 주행장치

프레임과 후륜 구동 전륜 조향의 4륜 주행장치의 설계 및 제작

### 7) 동력원

탈과장치의 동력원의 중량을 가능한 경량화 시키고, 탈과작업의 조종 기능을 발휘할 수 있는 연계성을 고려하여 전동기와 동력원으로 엔진부착형 발전기를 선정

### 8) 시작기 설계 및 제작

위에서 서술한 주요장치를 종합하여 시작기를 설계 및 제작

### 9) 시작기 성능 시험 분석

각 주요장치의 기능을 검토하고 작업성능을 검토하여 취약점을 개선 보완

## Ⅲ-2. 연구 개발 범위

### 1. 대추나무의 생태학적 및 재배학적 특성

- 가. 대추나무의 수형, 수고 및 수폭
- 나. 대추나무의 재식 거리 및 간격
- 다. 대추열매의 분포특성과 잔가지 및 잎줄기 형상

### 2. 대추열매, 잎, 잎줄기의 물리적 및 역학적 특성

- 가. 열매의 탈과력과 잎 및 잎줄기의 탈리력
- 나. 열매, 잎, 잎줄기 등의 중량, 크기, 형상
- 다. F/W (Force-to-weight ratio)
- 라. 종말속도 (Terminal velocity)

### 3. 대추 잔가지의 역학적 특성

- 가. 탄성 계수
- 나. 강성 계수

### 4. 탈과장치

- 가. 탈과 메커니즘
- 나. 회전속도의 적정 범위
- 다. 탈과봉 및 실린더블록

### 5. 탈과조종장치

- 가. 조종 동력화
- 나. 조종장치 전·후진운동
- 다. 조종장치 좌·우 회전운동
- 라. 조종장치 상·하(전후)회전운동
- 마. 탈과장치 상·하(전후)회전운동

### 6. 집과장치

- 가. 탈과장치 부착형



- 1) 집과살
- 2) 탈과물 이송관
- 3) 자루걸이

나. 독립형

## 7. 정선장치

- 가. 적정 송풍량의 송풍기 선정
- 나. 앞줄기 분리기
- 다. 정선판의 요동운동

## 8. 운전 판넬(Electric Control Panel)

## 9. 프레임 및 주행장치

- 가. 프레임 크기
- 나. 주행속도
- 다. 조향장치

## 10. 시작기 설계 및 제작

- 가. 작업 효율성 검토
- 나. 기계 안전성 검토

## 11. 시작기 성능 평가

- 가. 탈과작업 성능
- 나. 탈과 조종작업 성능
- 다. 집과성능
- 라. 정선성능
- 마. 작업 안정성

## 12. 시작기 개선점

## IV. 연구 개발 결과 및 활용에 대한 건의

### 1. 연구 개발 결과

수행한 주요 연구 결과를 세부 과제 별로 요약하면 다음과 같다.

#### 가. 제 1 세부과제 : 대추수확기 개발에 관한 기초연구

##### 1) 대추나무의 생태학적 및 재배학적 특성

- 자연 상태의 대추나무의 수고(樹高)가 6 m 정도로 큰 관목이지만 관리가 편한 3m 정도의 수고로 전지관리하여 단위 면적당 생산성을 증대시키는 6 m×4 m 재배법이 기계화에 유리하였다.

##### 2) 대추 열매, 잎, 잎줄기의 물리적 및 역학적 특성

- 대추 열매의 탈과력의 범위는 3.34~9.34 N 이었고, 잎의 탈리력의 범위는 1.89~7.36 N 이었다.
- 대추 열매의 종말속도의 측정치는 14.7~19.4 m/s 이었고 잎과 잎줄기는 각각 0.9~1.3 m/s 과 1.3~2.3 m/s 이었다.

##### 3) 잔가지의 역학적 특성

- 대추가지의 탄성계수의 평균치는  $7.01 \times 10^8$  N/m<sup>2</sup> 이었고 강성계수의 평균치는  $5.2 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup> 이었다.

#### 나. 대추수확시작기 개발

##### 1) 탈과장치

가) 충격(타격)형 탈과 모델을 선정하였고, 탈과 실린더블록(Cylinder block, 그림 22)과 이에 부착되는 탈과봉를 개발하였다.

나) 탈과장치의 회전수가 400 rpm, 탈과시간 3초일 때 열매의 큰 손상 없이 탈과율이 약 96%이었다.

##### 2) 탈과작업 조종 장치

가) 탈과작업 조종을 유압시스템으로 동력화 하였고, 탈과작업 높이는

지상 3 m정도로 설정하였다.

나) 탈과작업조종대의 기능은 전후진, 좌우회전, 상하(전후)회전운동을 동시에 할 수 있도록 설계 제작하였다.

다) 탈과작업을 수형의 변화에 적응되도록 탈과장치의 상하(전후)회전 운동 기능을 부여하였다.

### 3) 집과장치

가) 탈과장치 부착형 집과장치의 주요구조는 집과살, 탈과물 이송관, 자루로 구성하였다. 한번 탈과 후 집과살이 대추나무 가지에 걸려서 후진 없이 이동이 불가능한 점이 문제점이었다.

나) 독립형 집과장치는 수확기계의 비일체형으로 별도로 구성하여서 탈과작업 조종기능을 자유롭게 하는 장점이 있지만 대추나무의 한 그루마다 설치하고 퇴치하는 번거로움이 있었다.

### 4) 정선장치

가) 정선판, 송풍기, 요동캠, 에어닥트로 구성하였고 정선 용량은 탈과 성능에 맞추었다.

나) 송풍기의 용량은 정선용량을 기준하였고 풍량은 대추열매, 잎, 잎줄기의 종말속도를 기준하여 풍속이 15 m/s 전후가 되도록 설계하였다.

다) 정선판 위에 잎줄기를 분리 제거하기 위하여 잎줄기 분리 가이드 봉을 부착하였다.

### 5) 프레임 및 주행장치

가) 프레임의 규격은 1700(L)×1320(W)×230(H) mm로 설계·제작하였고 바퀴는 직경과 폭이 각각 400 mm와 110 mm인 관리기의 바퀴를 이용하였고, 전륜 조향 - 후륜 구동 시스템으로 주행속도 12 cm/s 정도로 설계 제작하였다.

나) 조향은 4절 링크 시스템을 이용하였고 전후진은 투웨이 스위치 (two-way switch)로 간편하게 조작하도록 하였다.

### 6) 시작기 설계 및 제작

가) 대추 수확시작기의 주요장치는 ㉠탈과장치, ㉡탈과조종장치, ㉢집과장치, ㉣정선장치, ㉤제어장치, 그리고, ㉥프레임 및 주행장치 등

으로 구성되었다.

- 나) 작업효율성을 제고하고자 각 장치의 작업공정특성을 연계하여 자주식(self-propelled)으로 종합 설계 및 제작하였다(그림 36).
- 다) 프레임 상의 주요장치의 배치는 기계안정성을 고려하여 각 장치의 무게 비율에 따라 안배하였다.

#### 7) 시작기의 작업성능 평가

- 가) 탈과장치 속으로 투입된 열매의 탈과는 약 5초 동안에 순조롭게 이루어 졌다.
- 나) 한 부위의 탈과작업이 종료된 후 다음 부위로 탈과장치를 이동 조종함은 유압시스템의 반응시간과 가속시간 때문에 10~15초 정도 걸리므로 작업성능제고에 제한요인으로 작용하였다.
- 다) 탈과장치 부착형의 집과살은 집과 기능을 98%이상 발휘하였지만 탈과 조종 작업의 번거로움이 있었다.
- 라) 독립형 집과장치는 집과기능도 양호하고 탈과조종작업은 별개의 장치이므로 탈과조종작업에 번거로운 영향을 주지 않았지만, 대추 나무 밑에 한번씩 설치 퇴치의 작업이 수반되었다.
- 마) 정선장치의 기능은 큰 문제점 없이 발휘하였다. 부착형 집과장치를 이용 할 때는 작업의 연속성으로 편리하였다. 그러나 독립형 집과장치를 이용 할 때는 집과물을 투입하는 작업을 추가해야하며, 앞줄기에 붙어있는 열매의 정선은 집과물 즉 열매와 앞으로부터 별도로 분리 처리하여야 하였다.
- 바) 바퀴형 주행장치는 지면이 비교적 평평한 곳에서는 큰 지장 없이 주행이 가능하였지만, 경사가 가파르거나 습한 곳에서 주행능력이 약하였다.

#### 8) 시작기 개선점

- 가) 주행과 수확작업의 안정성을 제고하기 위해서는 바퀴형시스템을 무한 궤도시스템으로 전환시켜야 한다.
- 나) 사람이 장대로 터는 정도의 탈과작업성능의 수준으로 본연구의 시작기의 작업성능을 향상시키고, 실용화수준까지 올리기 위해서는 다음과 같은 개선이 필요하였다.

- (1) 탈과장치를 수직 및 수평으로 수형에 따라 작동시킬 때 집과살이 나뭇가지에 걸리지 않도록 부착형 집과장치를 독립형 집과장치로

교체한다.

- (2) 탈과작업조종으로 탈과장치를 좌우 및 상하로 조종 이동하면서 탈과작업이 진행되어야 한다.
- (3) 시작기의 유압시스템을 보완하여 조종대의 작동을 보다 원활하게 작동되도록 한다.
- (4) 독립형 집과장치의 구조를 개선하여 설치 및 퇴치가 보다 더 간편하도록 한다.

## 2. 활용에 대한 건의

### 가. 제 1세부과제 : 대추수확기 개발에 관한 기초연구

기계화작업에 편리하고 생산성을 제고할 수 있는 대추나무의 생태학적 및 재배학적 특성은 다음과 같이 정리되었고, 이 내용을 대추재배 농민에게 홍보하고, 권장할 것을 건의한다.

- 1) 대추나무의 재식거리를 6 m×4 m로 한다.
- 2) 수고 3 m와 지면으로부터 밑가지의 공간을 1 m정도 유지한다.
- 3) 식재의 위치는 종과 횡으로 열을 유지한다.

### 나. 제 2세부과제 : 대추수확시작기 개발

본 연구에서 개발한 대추수확기의 연구내용 요약문 내지 연구보고서를 관련산업체에 홍보하면서, 산업체로 하여금 연구자와 함께 실용화 내지 산업화를 위한 공동연구의 필요성을 갖도록 권유 또는 지원할 것을 건의함.

## **Summary**

### **I. Title**

#### **Mechanical Harvesting of Jujube (*Zizyphus jujuba* Miller) Fruits**

### **II. Research and Development Objectives and Necessities**

#### **1. Objectives**

##### **1) Sub-Project No. 1: Basal study of development of jujube harvester**

- (1) Investigate ecological and cultural characteristics of jujube tree and use these information to design a prototype of jujube harvester for practical application purpose.
- (2) Investigate the physical and mechanics of the jujube fruits, branches, and leaf stems, and leaves and use these information to study the detachment mechanism of jujube fruits for practical application purpose.
- (3) Measure and analyze the terminal velocity of jujube fruits, leaves, leaf stems and use the terminal velocity to design the jujube fruits cleaning unit for practical application purpose.
- (4) Analyze the liaison of detachment, collection, screen, and transportation operation of the jujube harvester based on the information of the tree shape of jujube and distribution of the fruits.

##### **2) Sub-Project No. 2: Development of prototype jujube harvester**

- (1) Design and manufacture major components of prototype jujube harvester such as 1) a detachment unit, 2) a control unit for the detachment, 3) a collecting unit, 4) a cleaning unit, 5) a control panel, and 6) a frame and a traveling unit of the prototype jujube harvester.

(2) Analyze and complement the function of each unit.

(3) Develop a prototype mechanical jujube harvester by integrate each unit discussed in A.

## **2. Necessities**

Jujube is one of the nation's most favorite fruits. The number of jujube farmers cultivating over 300 jujube trees per farm is almost 5000 and the number of specialized jujube farmers is about 3000 throughout the nation and the jujube industry is close to stabilized stage in agriculture.

Cultural practice and harvesting operation of the jujube farming, however, completely depend on hand labor. The labor required to harvesting operation is not easy to supplement during a limited harvesting season and dwindling labor with the high labor cost is a major issue of jujube farmers. The labor intensive jujube cultural practice reached to threaten the stabilized farming and to weaken the international competitiveness of the jujube industry. Thus, nation's jujube farmers acutely require the mechanization of the jujube harvesting.

Change the hand-picking jujube harvest operation that is less effective and poor operation condition with highly effective and pleasant operation condition of mechanical harvesting becoming nation's facing prominent figure that could reduce nation's jujube production cost and substitute dwindling labor. Also, if a mechanical jujube harvester developed from this project could be used at the jujube farm in the future, following synergy effects will be expected.

- A. Stabilized jujube farming structure by reduce the labor required and the production cost with mechanical jujube harvesting.
- B. Improve the poor jujube harvesting condition to convenient and pleasant condition.
- C. Increase the international competitiveness of the jujube industry and offer nation's high quality jujube continuously to consumer.
- D. Contribute growth of nation's agricultural machinery industry once the jujube harvester can be exported to foreign countries.

### **III. Research and Development Contents and Extents**

#### **III-1 Research and Development Contents**

Summary of annual research and development contents and extents of this project is as follow.

#### **1. Sub-project No. 1: Basal study of development of prototype jujube harvester**

##### **1) The first year**

- (1) Investigate and analyze ecological and cultural characteristics of jujube for the mechanical jujube harvesting.
- (2) Measure and analyze physical and mechanical characteristics of jujube fruits, branches, leaf stems, and leaves.
- (3) Measure and analyze the terminal velocity of jujube fruits, leaves, and leaf stems to obtain data for the screening of the jujube fruits.

##### **2) The second year**

- (1) Establish the cultural practice method of jujube for convenient management and mechanical harvesting of jujube fruits.
- (2) Establish a standard of a high quality market value of jujube fruits based on scattering and damage of fruits by the mechanical harvest.
- (3) Establish various design factors to design prototype of the jujube harvester based on liaison of the detachment, collection, screen, and transportation operation after analyze the fruits-machine system.

#### **2. Sub-Project No. 2: Development of prototype jujube harvester**

##### **1) The first year**

- (1) Design and construct an experimental jujube fruits detachment system to analyze the detachment characteristics of jujube fruits with a vibration



and an impulse method.

- (2) Analyze the detachment characteristics of the vibration and the impulse method and select the detachment model.
- (3) Basal research of detachment and collection unit.
- (4) Design and examine the cleaning unit.

## **2) The second year**

- (1) Development of a detachment unit: design and construct the impulse type detachment unit that is not damages on jujube fruits and leaf stems.
- (2) Development of a control unit to locate the detachment unit: design and construct a control unit to operate the detachment unit for various positions of detachment operation around jujube tree.
- (3) Development of a collection unit: design and construct a collection unit to collect the detached fruits.
- (4) Development of cleaning unit: design and construct a cleaning unit to screen jujube fruits among foreign materials.
- (5) Control panel: design and construct an electric control panel to control the detachment unit, the control unit for detachment, the cleaning unit, traveling unit, and the hydraulic system.
- (6) Frame and traveling unit: design and construct a frame and a traveling unit with a rear wheel drive and a front wheel steering.
- (7) Power source: select an engine generator as light weight as possible for a power source the electric motor and other units, and for consideration of the liaison of easy of operation for the detachment unit .
- (8) Design and construct prototype jujube harvester: design and construct the harvester by integrating each unit discussed above.
- (9) Test and analyze the performance of the prototype jujube harvester: evaluate capacity of each major component of the prototype jujube harvester and operation performance of the prototype harvester, and complement improvable points of the prototype jujube harvester.

## **III-2. Research and Development Extents**

**1. Ecological and cultural characteristics of jujube tree.**

- A. Shape, height, and width of the jujube tree.
- B. Planting distance and interval of the jujube tree
- C. Distribution of jujube fruits on branches and shape of the branches and leaf stems.

**2. Physical and mechanical characteristics of jujube fruits, leaves, and leaf stems.**

- A. Detachment force of fruits, leaves, and leaf stems.
- B. Weight, size, and shape of fruits, leaves, and leaf stems.
- C. Force-to-weight ratio (F/W Ratio)
- D. Terminal velocity.

**3. Mechanical characteristics of jujube branches.**

- A. Elastic modulus
- B. Rigidity

**4. Detachment unit.**

- A. Detachment mechanism.
- B. Proper range of rotational speed.
- C. Detachment rod telescopic cylinder.

**5. Control unit to locate the detachment unit.**

- A. Power control.
- B. Control of back and forth movement.
- C. Control of side to side rotation movement.
- D. Control of up and down and side to side (rotation) movement.
- E. Control of up and down movement of the detachment unit.

**6. Collection unit.**

- A. Detachment adherent type
  - 1) Circular collection tooth
  - 2) Flexible transfer guide tube
  - 3) Hook for bagadherent to the detachment unit.
- B. Independent type

**7. Screen unit.**

- A. Selection of a blower with proper air flow rate.
- B. Leaf stem separation unit.
- C. Vibratory motion of screen panel.

**8. Electric control panel.**

**9. Frame and traveling unit.**

- A. Size of frame.
- B. Travel speed.
- C. Steering unit.

**10. Design and construct prototype.**

- A. Examine operational effectiveness.
- B. Examine safety.

**11. Evaluate the prototype performance.**

- A. Performance of detachment.
- B. Performance of control unit of detachment.
- C. Performance of collection
- D. Performance of screen
- E. Safety

**12. Required improvement of prototype.**

## **IV. Results of Research and Development and Suggestions of Application**

### **1. Results of Research and Development**

Following is summary of results of each sub-project of the research and development carried out.

#### **1) Sub-Project No. 1: Basal study of development of prototype jujube harvester**

##### **(1) Ecological and cultural characteristics of jujube tree**

The jujube tree was shrubbery of around 6 m tall with natural state. The cultural practice management, however, with the planting distance of 6 m × 4 m and tree height of 3 m could be beneficial for productivity and for mechanization of harvest.

##### **(2) Physical and mechanical characteristics of jujube fruits, leaves, and leaf stems.**

A. The detachment force of jujube fruits ranged 3.34 - 9.34 N and of leaves ranged 1.89 - 7.36 N.

B. The terminal velocity of jujube fruits ranged 14.7 - 19.4 m/s and of leaves and leaf stems ranged 0.9 - 1.3 m/s and 1.3 - 2.3 m/s, respectively.

##### **(3) Mechanical characteristics of branches**

- The elastic modulus of branches averaged  $7.01 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  and rigidity of branches averaged  $5.2 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ .

#### **2) Sub-Project No. 2: Development of prototype jujube harvester**

##### **(1) Detachment unit**

- A. Selected the impulse type detachment model and developed detachment cylinder block (Fig. 25) and detachment rod attached to cylinder block.
- B. The detachment rate of detachment unit with 4000 rpm was around 96% without any damage on fruits.

(2) The control unit of detachment operation

- A. The detachment operation was power controlled using hydraulic system and the height of detachment operation was selected around 3 m from the ground.
- B. The detachment operation locating boom, which was capable of movement of back and forth, side to side rotation, and up and down movement at the same time, was designed and constructed that was.
- C. The up and down movement of detachment unit was allowed to adapt the variety of tree shape in detachment operation.

(3) Collection unit

- A. The collection unit adherent to the detachment unit consisted of a circular collection tooth, a flexible transfer guide tube, and a bag. The controversial point, however, was difficulty of next movement of the circular collection tooth caught by branches after detachment operation if it had no backward movement.
- B. Independent collection unit separated from the harvester had advantage for easy of control for the detachment operation, but, it was cumbersome to set and withdraw the collection unit one tree to the other.

(7) Evaluation of the operation performance of the prototype harvester.

- A. The detachment of fruits by the detachment unit was smoothly achieved within 5 seconds.

- B. The movement of the detachment unit from one portion to the other after detachment took around 10 - 15 seconds and it appeared as limitation factor to raise the operational efficiency.
- C. Even though the collection efficiency of the circular collection tooth adherent to detachment unit was around 98%, it was a cumbersome for the control of the detachment operation.
- D. The collection efficiency of the independent collection unit was satisfactory. The collection unit did not affect the control of the detachment unit since it was separated from the harvester, but, required to set and withdraw operation at each tree.
- E. The efficiency of the cleaning unit was satisfactory. Using with the collection unit adherent to detachment unit, it was convenient of operational continuance. But, using with independent collection unit, manual input operation of the collected material required. The screen operation of the fruits with leaf stem was carried out after separated it from the fruits and leaves.
- F. The traveling unit with rubber tire was capable of easy of traveling on flat ground. However, it showed weak traveling capability on uphill or wet ground.

(8) Required improvement of prototype jujube harvester.

- A. The traveling unit with rubber tires should be changed to a crawler type traveling unit to raise the traveling capability and for operational safety.
- B. To raise the detachment efficiency of the harvester as manual detachment operation (with bamboo pole) efficiency, following improvement of the prototype jujube harvester is necessary.
  - a. Change the adherent type collection unit to independent type collection unit so it does not caught by branches when the detachment unit moves horizontally and vertically according to tree shape.
  - b. The detachment operation could be continuously carried out when the detachment unit moves side to side and up and down during

controlling the detachment operation.

- c. Improve the operation of the control bar more smoothly by improving the hydraulic system of prototype.
- d. Improve the functional efficiency of the independent collection unit by upgrade the structure of the collection unit.

## **2. Suggestions of Application**

### **1) Sub-Project No. 1: Basal study of development of jujube harvester**

Following is ecological and cultural characteristics of jujube tree for easy of mechanization of harvest and to raise the jujube productivity, and suggest and inform the following to farmers.

- a. Planting distance of  $6 \times 4$  m.
- b. Tree height of 3 m and space of 1 m between the ground and lower branch of tree.
- c. Keep the vertical and horizontal planting line of tree.

### **2) Sub-Project No. 2: Development of prototype jujube harvester**

This research suggest to inform this research report or summary of the jujube harvester to related industries and support industries to have a necessity of cooperation research with this research team for a practical application or industrialization of the jujube harvester.

## CONTENTS

Chapter 1. Summary of research and development	29
Section 1. Necessity of research and development	29
Section 2. Objectives of research and development	30
Section 3. Contents of research and development	31
Chapter 2. Current status of technical development in nation and foreign countries	32
Chapter 3. Contents and results of research and development achievement	33
Section 1. Ecological and cultural characteristics of jujube tree	33
1. Ecological characteristics of jujube tree	33
2. Cultural characteristics of jujube tree	33
Section 2. Physical and mechanical characteristics of jujube fruits, branches, leaf stems, and leaves	35
1. Physical and mechanical characteristics of jujube fruits	35
2. Physical characteristics of jujube branches	38
3. Physical characteristics of jujube leaf stems	44
4. Physical characteristics of jujube leaves	45
5. Terminal velocity of jujube fruits, leaves, and leaf stems	46
Section 3. Detachment unit	50
1. Basal study of detachment unit	50
2. Impulse type detachment system	51
3. Detachment unit design and construction	62
Section 4. Detachment control unit	63
1. Design outline	63
2. Detachment control unit design and construction	63
Section 5. Collection unit	67
1. Collection unit adherent detachment unit	67
2. Independent collection unit□	70



Section 6. Cleaning unit	72
1. Design standard	72
2. Design and construction	72
Section 7. Frame and traveling unit	74
1. Frame and traveling unit	74
2. Traveling system	75
Section 8. Control unit	76
1. Control function	76
2. Diagram of electric circuit and control panel	77
Section 9. Prototype design and construction	81
1. Prototype design and construction	81
2. Required improvement	82
Section 10. Evaluation and required improvement of prototype	83
1. Detachment unit	83
2. Detachment locating and control unit	83
3. Collection unit	84
4. Cleaning unit	85
5. Frame and traveling unit.	86
Chapter 4. Achievement of objectives and contribution to associated area	87
Section 1. Basal study for development of harvester	87
Section 2. Development of prototype jujube harvester	87
Section 3. Self evaluation of achievement associated with evaluation viewpoint	89
Section 4. Contribution to associated area	89
Chapter 5. Plan of application of research and development results	90
Chapter 6. Collected foreign science and technology information during research and development	91

References · · · · · 92

Appendices · · · · · 94

# 목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 . . . . .	29
제 1 절 연구개발의 필요성 . . . . .	29
제 2 절 연구개발의 목적 . . . . .	30
제 3 절 연구개발의 범위 . . . . .	31
제 2 장 국내외 기술개발 현황 . . . . .	32
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과 . . . . .	33
제 1 절 대추나무의 재배학적 및 생태학적 특성 . . . . .	33
1. 대추나무의 재배학적 특성 . . . . .	33
2. 대추나무의 생태학적 특성 . . . . .	33
제 2 절 대추열매, 가지, 잎줄기, 잎의 물리적 및 역학적 특성 . . . . .	35
1. 대추열매의 물리적 및 역학적 특성 . . . . .	35
2. 대추가지의 물리적 특성 . . . . .	38
3. 대추나무 잎줄기의 물리적 특성 . . . . .	44
4. 대추나무 잎의 물리적 특성 . . . . .	45
5. 대추열매, 잎, 잎줄기의 종말속도 . . . . .	46
제 3 절 대추 탈과장치 . . . . .	50
1. 대추의 탈과장치의 기초연구 . . . . .	50
2. 충격형 탈과시스템 . . . . .	51
3. 탈과장치의 설계 및 제작 . . . . .	62
제 4 절 탈과조종장치 . . . . .	63
1. 설계 방향 . . . . .	63
2. 탈과조종장치의 설계 및 제작 . . . . .	63
제 5 절 집과장치 . . . . .	67
1. 탈과장치 부착형 집과장치 . . . . .	67
2. 독립형 집과장치 . . . . .	70

제 6 절 정선장치 . . . . .	72
1. 설계 기준 . . . . .	72
2. 설계 및 제작 . . . . .	72
제 7 절 프레임 및 주행장치 . . . . .	74
1. 프레임 및 주행장치 . . . . .	74
2. 주행시스템 . . . . .	75
제 8 절 제어장치 . . . . .	76
1. 제어기능 . . . . .	76
2. 회로도 구성 및 작동 판넬 . . . . .	77
제 9 절 시작기 설계 및 제작 . . . . .	81
1. 시작기 설계 및 제작 . . . . .	81
2. 개선점 . . . . .	82
제 10 절 시작기의 평가 및 개선점 . . . . .	83
1. 탈과장치 . . . . .	83
2. 탈과작업 조종제어장치 . . . . .	83
3. 집과장치 . . . . .	84
4. 정선장치 . . . . .	85
5. 프레임 및 주행장치 . . . . .	86
<b>제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 . . . . .</b>	<b>87</b>
제 1 절 수확기 개발을 위한 기초연구 . . . . .	87
제 2 절 대추수확시작기 개발 . . . . .	87
제 3 절 평가의 착안점에 따른 달성도의 자체평가 . . . . .	89
제 4 절 관련분야의 기여도 . . . . .	89
<b>제 5 장 연구개발 결과의 활용계획 . . . . .</b>	<b>90</b>

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 . . . . . 91

참고문헌 . . . . . 92

부록 . . . . . 94

## 제 1장 연구개발 과제의 개요

### 제 1절 연구개발의 필요성

대추는 국내에서 생산되는 대표적인 임산작물의 하나로 최근 재배면적 및 생산력이 급증하여 1996년 현재 재배면적이 약 4500 ha로서 연간 생산량은 19,600 M/T에 이르고 있다. 대추의 소비는 생과와 건과로 건강식품, 제수용 및 한약 재료 등으로 우리나라 국민이 널리 애용하는 식품이며, 근래에는 대추차, 대추술, 생과 등으로 가공하여 소비가 촉진되고 있다. 재배현황으로는 수목수가 300수 이상의 과수원을 가진 농가수가 5000여 가구에 이르러 농가수입원으로 중요한 위치를 점하고 있다(97년도 과수 실태조사, 농림부).

우리나라 대추 과수원의 규모는 수목수가 몇 백에서 몇 천까지 다양하지만 대추 수확기간 동안 중간규모(3000여 평)이상 과수원에서 특히 경북 경산지구 같은 밀집지역인 경우 양질의 인력을 구하기가 쉽지 않은 실정이다. 또한 적숙대추가 수확기간 동안에 비를 맞으면 열매에 균열이 발생되어 상품가치가 크게 저하된다. 양질의 완숙열매는 수확기간 약 20 여일 동안에 3회로 구분하여 수확함이 가장 바람직하다. 대추나무의 재배학적 특성에서 대추나무의 수형은 자연형에서 정지형으로 관리되어오고 있으며, 재배기술도 크게 향상되어 대추전업농가가 전국적으로 3000여 가구로 정착단계에 이르고 있으나 대추작물의 재배 및 수확작업이 완전히 인력에 의존되어 있어서 작업기반이 허약한 실정임으로 수확작업의 기계화가 절실히 요구되고 있다.

## 제 2절 연구개발의 목적

### 1. 수확기 개발에 관한 기초 연구 : 설계요인 및 조건

- 가. 대추나무의 생태학적 및 재배학적 특성 파악
- 나. 대추열매의 물리적 및 역학적 특성 파악
- 다. 대추나무의 가지, 잎줄기, 잎 등의 물리적 및 역학적 특성 파악
- 라. 열매 정선요인 구명

### 2. 수확기계의 시작기 개발

- 가. 탈과기능
- 나. 집과기능
- 다. 정선기능

등을 갖춘 자주식 수확기계의 개발

## 제 3절 연구개발의 범위

### 1. 수확기 개발을 위한 기초연구

- 가. 대추과수원의 기반환경 및 재식방법
- 나. 대추나무의 수형, 수고, 수폭
- 다. 열매, 잎, 잎줄기 등의 탈리력, 크기, 형상, 중량
- 라. 나뭇가지의 탄성계수 및 강성계수
- 마. 열매, 잎, 잎줄기 등의 종말속도

### 2. 대추수확기 시작기 개발

- 가. 탈과모델 선정
- 나. 충격형 탈과장치
- 다. 집과장치
- 라. 정선장치
- 마. 탈과조종장치
- 바. 제어장치
- 사. 프레임 및 주행장치
- 아. 대추수확기 시작기 설계 및 제작
- 자. 시작기 평가 및 개선점



## 제 2장 국내외 기술개발 현황

대추는 최근 재배면적 및 생산력이 급증하여 과잉공급과 가격폭락 등 국내 대추 농업에 큰 어려움을 야기하여 이를 극복하고자 수확 후 대추의 가공이나 저장 혹은 유통에 관한 연구 및 육종, 재배학적인 연구들은 많이 진행되고 있으나, 대추의 수확 방법에 관한 연구는 없는 실정이다. 최근 과일 및 야채 등 몇가지 품목을 기계적 혹은 자동으로 수확하기 위한 수확작업의 기계화에 대한 연구개발이 활발하게 진행되고 있어 발작물 및 임산작물에 대한 기계화 수확작업이 부분적으로 실현 될 수 있을 것으로 전망된다.

본 연구진에서는 노동집약적인 구기자 수확 작업을 기계화 수확방법으로 대체하고자 진동식 구기자 수확기 개발에 관한 연구를 수행했으며, 본 연구에서 품종별 구기자 열매 및 가지에 대한 물성 및 역학적 특성 등에 대한 기초 조사와 구기자 열매의 탈과력 그리고 진동시험장치를 이용하여 진동특성에 따르는 구기자 열매의 탈과율등에 대한 분석을 하였고 이들의 기초 자료를 이용하여 진동식 구기자 수확기를 개발했다(이상우 외, 1999).

구미 여러 나라에서는 1960년대부터 노동 생산성 향상을 위한 곡물, 과일 및 야채 등의 기계적 수확을 위한 연구 활동이 매우 활발하게 진행되어 왔으며 (Markwardt et al., 1964; Monroe and Levin, 1966; Nyborg and Coulthard, 1969; Soule, 1969; Rehkugler et al., 1969; Ruff and Holmes, 1976; Parsons and Rehkugler, 1966; Coppock et al., 1969; Barnes, 1969; Nyborg and Courtyard, 1969; Tennes et al, 1969; Stafford and Diener, 1973; Pellerin et al., 1979; Studer, 1981; Ruff et al., 1980) 이러한 노력의 결과로 많은 종류의 기계들이 실용화되어 농가에 보급되어 왔다. 또한 작업 기계 혹은 자동수확기 개발에 필수적인 곡물, 야채, 과일 등에 대한 물리적 혹은 역학적 특성에 관한 연구가 선행되어 이를 토대로 밀, 옥수수 등의 곡물과 사과, 체리, 포도, 베리 등의 과일, 토마토, 양배추 등의 채소류의 수확작업의 기계화가 이루어져 있으며 최근에는 로봇을 이용한 과일이나 채소류의 수확장치의 연구가 진행 중에 있다(Edan and Miles, 1996).

국내에서도 최근에 와서 배추, 감자, 사과 등을 기계적 방법 혹은 자동으로 수확하기 위한 수확작업의 기계화에 대한 연구개발이 활발하게 진행되고 있어 발작물의 기계화작업이 부분적으로 실현 될 수 있을 것으로 전망된다(윤진하, 1996). 한편, 대추수확기 개발을 위한 연구는 국내·외적으로 전무한 실정이며 기계적 수확기 개발을 위한 대추 줄기 및 열매에 대한 물리적 혹은 역학적 특성에 관한 연구도 아직까지 수행되지 않았다.

## 제 3장 연구개발 수행 내용 및 결과

### 제 1절 대추나무의 재배학적 및 생태학적 특성

#### 1. 대추나무의 재배학적 특성

대추나무의 수형은 자연형과 정지형으로 크게 분류할 수 있었다. 자연형은 농가의 부근 또는 밭의 두둑 등에 몇 그루씩 식재 되어 있었으며, 수형은 거의 정지나 전지를 하지 않은 자연 상태로 수고(樹高)가 6 m 정도로 큰 관목이었다. 수관 내부의 잔가지와 잎의 밀도는 비교적 크게 보였으며, 열매 결실부위는 수관외부에 치중되어 있었으며 내부에 결실되어 있는 열매는 많지 않았다.

자연형 수형은 수고가 너무 커서 관리하기에 어려움이 많고 열매의 수확과정을 기계화하기에는 부적합한 수형으로 사료되었다. 정지형 수형은 과수원에 식재되어 있는 대추나무를 매년 정지와 전지작업을 통하여 관리해온 수형이었다.

농가에서 재배 방법에 따른 재식거리는 6 m×4 m 와 8 m×6 m를 택하고 있었다. 지형이 평평하고 토질이 비옥한 밭과 같은 경우에는 8 m×6 m의 재식거리로 수고가 4 m~5 m 정도로 나무가 커서 관리가 불편할 뿐만 아니라 장대로 두드려서 대추열매를 털어서 수확하는 작업도 쉽지 않았다. 6 m×4 m 재배방법은 8 m×6 m의 재배방법보다는 밀식재배 방법으로서 단위면적당 생산성을 증대시킬 수 있지만 대추나무의 크기를 제한하는 전지작업을 매년 실시하고 있었다. 수고는 약 3 m로 제한하여서 장대로 대추열매를 터는데 용이하게 하였고, 나무와 나무가 서로 닿지 않도록 일정한 재식폭을 유지하고 있었으며, 지상부와 제 1주지(첫 가지)간의 간격은 20 cm~60 cm 이였고, 나무와 나무 사이로 경운기가 겨우 지나갈 공간이 있었다. 본 연구에서 개발할 대추수확기계는 기계의 특성을 고려하여 수고가 약 3 m 되는 대추나무를 대상으로 선정하였다.

#### 2. 대추의 생태학적 특성

수확시기를 전후하여 열매를 중심으로 기계 수확시에 고려할 생태학적 특성을 열거하면 다음과 같았다.

가. 대추의 열매 크기가 2~3 cm(길이)로서 비교적 작았다.

나. 열매의 수량이 매우 많았다.

다. 다른 과일나무에서 볼 수 없는 잎줄기가 잔가지의 마디에 몇 개씩 잘 발

달되어 있어 대추열매는 하나의 잎줄기에 여러 개가 매달려있었다.

라. 잎줄기의 길이는 13~30 cm 정도이고 물성은 매우 유연하고 이에 열매와 잎이 혼재되어 있었고 아래방향으로 늘어져 있었다.

마. 잎줄기가 붙어 있는 잔가지는 수량적으로 몇 가지씩 잘 발달되어 있어서 잔가지의 밀도가 큰 편이었다.

바. 잎줄기와 가지가 함께 붙어 있는 잔가지의 마디의 형상은 직선으로부터 약간씩 구부러져 있었다.

사. 한 그루의 열매의 숙기는 어느 시기에 다 달으면 거의 일정하여 일시 수확하지만 수확기간(개략 20일)동안 숙기에 따라 3차로 나누어 수확하였다.

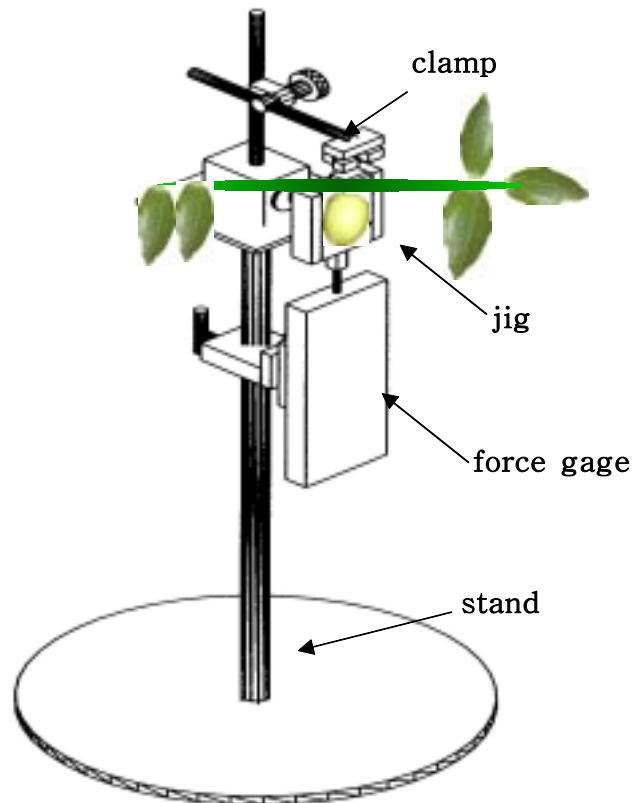
아. 열매를 건과용 목적으로 수확할 때 수확시의 충격으로 인한 열매의 가벼운 상처는 건조과정에서 큰 문제가 되지 않지만 생과용 열매는 상처가 없어야한다.

## 제 2절 대추열매, 가지, 잎줄기, 잎의 물리적 역학적 특성

### 1. 대추열매의 물리적 및 역학적 특성

본 연구 수행에 사용한 시료는 충북 보은지방에서 재배되고 있는 보은대추로써 적기에 있는 시료를 농장에서 무작위로 채취하여 실험을 실시하였다.

#### 가. 대추의 물리적 특성



**Fig 1. Schematic diagram of the detachment force test experiment apparatus.**

대추열매의 장경 및 단경은 버어니어 캘리퍼스(Model CD-20CP, Mitutoyo Crop)를 이용하여 측정하였고, 대추열매의 무게는 디지털 저울(Model EK-1200G, A&D Co)을 이용하여 측정하였다. 또한, 대추의 부피는 대추 날개를 일정한 양의 물이 담겨 있는 메스 실린더(mass cylinder)에 넣은 후

수위가 증가하는 것을 측정하여 대추의 부피를 조사하였다.

**Table 1. Physical characteristics of jujube fruits (Boeun)**

Sample No	Detachment force (N)	Major axis (mm)	Minor axis (mm)	Weight (N)	Force-to-weight ratio
1	5.22	36.02	26.32	0.1245	41.94
2	3.71	30.96	24.39	0.0813	45.61
3	7.22	33.27	26.14	0.1039	69.50
4	8.18	34.52	24.52	0.0902	90.73
5	6.48	33.32	27.77	0.1098	59.04
6	9.34	34.34	27.51	0.1205	77.48
7		33.5	25.12	0.1009	
8	3.34	24.52	19.93	0.0529	63.11
9	6.86	31.35	22.91	0.0794	86.42
10	3.75	24.6	21.58	0.0519	72.20
11	6.53	29.25	21.99	0.0764	85.43
12	5.57	31.74	21	0.0725	76.81
13	5.47	34.91	22.26	0.0853	64.16
14	5.52	29.19	19.31	0.0510	108.32
15	4.02	32.55	19.96	0.0657	61.22
16	4.94	29.8	19.96	0.0559	88.44
17	4.47	28.57	21.24	0.0617	72.40
18	4.01	30.58	21.92	0.0686	58.45
19		32.45	24.04	0.0902	
20	4.83	29.66	23.71	0.0755	64.01
21	4.83	28.56	24.25	0.0823	58.67
22	4.36	35.18	27.3	0.1225	35.59
23	6.55	32.94	25.06	0.0941	69.62
24		33.37	24.56	0.0911	
25	4.31	30.77	24.24	0.0745	57.87
26	5.7	31.8	24.36	0.0921	61.88
27	6.24	35.32	27.3	0.1205	51.77
28	6.04	34.39	26.24	0.1186	50.94
29	4.88	34.75	26.03	0.1039	46.98
30	4.28	38.36	26.58	0.1245	34.39
Mean	5.43	32.02	23.92	0.0881	65.93

대추의 탈과력은 대추의 앞줄기에서 대추의 과병이 이탈될 때 필요한 힘을 나타내는 것으로 인장 및 압축을 측정할 수 있는 force-gauge(Model AFG 50 N, Mecmesin LTD)를 사용하였으며, 이 실험은 그림 1에서와 같이 force-gauge를 수직 스탠드에 고정시킨 후 대추가 매달린 앞줄기를 물림장치에 걸은 후 아주 작은 속도로 당기면서 탈과가 되기까지 최대 인장력으로 나타냈다.

녹숙대추의 장경의 범위는 24.50~38.40 mm, 평균은 32.02 mm로 나타났고, 단경의 평균은 23.9 mm로 나타났다. 한편, 대추의 무게는 그 범위가 5.2~12.8 g이었고, 평균은 9.1 g로 나타났다. 녹숙대추의 부피는 그 범위가  $8.0 \times 10^{-6} \sim 12.1 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ 로 나타났고, 그 평균은  $10.0 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ 로 나타났다.

#### 나. 대추의 역학적 특성

대추를 탈과 하는데 중요한 요인 중에 하나인 Force-to-Weight Ratio (F/W)는 각각의 시료의 탈과력을 대추의 무게로 나누어 표기하였다.

대추열매의 평균 탈과력은 5.7 N으로 나타났으며, 무게에 대한 대추의 탈과력은 대추 무게가 증가하면서 탈과력 역시 증가하는 경향을 나타냈다(그림 2). 한편, 무게에 대한 F/W는 무게가 증가하면서 감소하는 경향을 나타냈다(그림 3).

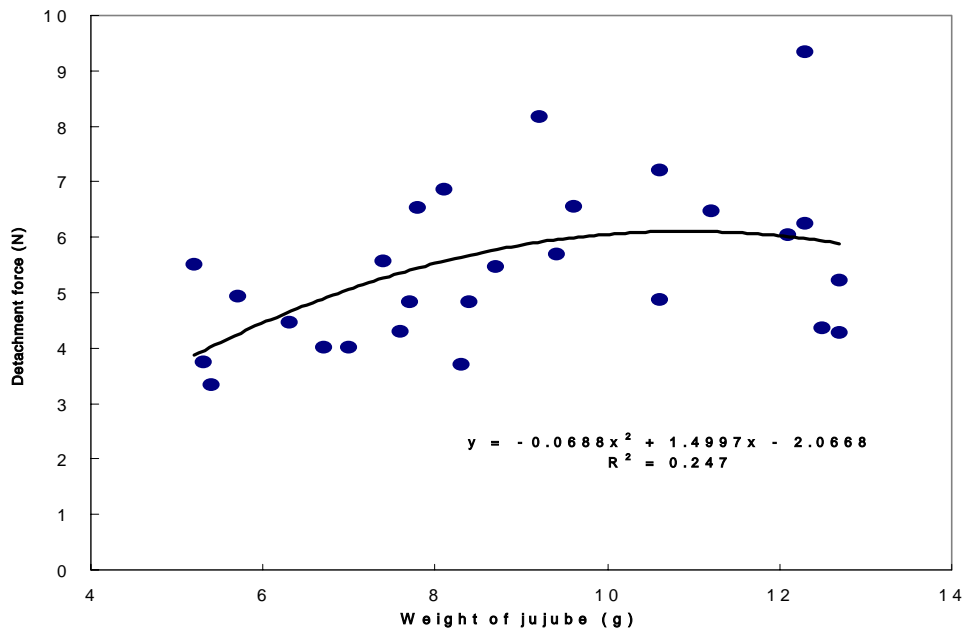
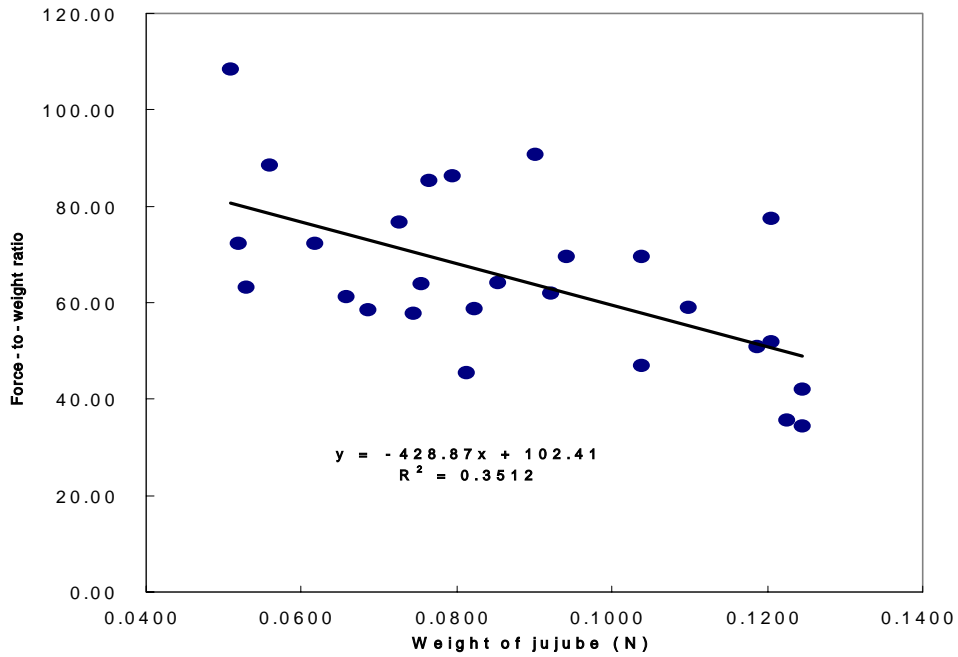


Fig 2. Relationship between detachment force and weight of jujube fruits.



**Fig 3. Relationship between force-to-weight ratio and weight of jujube fruits.**

## 2. 대추가지의 물리적 특성

### 가. 탄성계수(Modulus of Elasticity)

본 실험에 사용된 대추나무가지의 시료는 보은대추농장에서 재배되고 있는 보은대추를 무작위로 채취하였으며, 가지는 직경이 5 mm 이내인 잎줄기가 매달린 부분의 가지(3차지)를 선택하여 굽힘실험장치 및 물림장치(그림 4)를 이용하여 굽힘실험을 한 후 식(1)을 이용하여 탄성계수를 계산하였다(Ghate and Rohrbach, 1975).

$$E = \frac{PL^3}{48Y_c I} \quad (1)$$

여기서 E = 탄성계수(N/m<sup>2</sup>)

P = 시료중앙에 작용하는 하중(N)

L = 시료길이(m)

Y<sub>c</sub> = 휨량(m)

I = 시료의 단면 2차 모멘트(m<sup>4</sup>)

d = 시료의 평균직경(m)



**Fig 4. Elastic modulus experiment apparatus for jujube branch.**

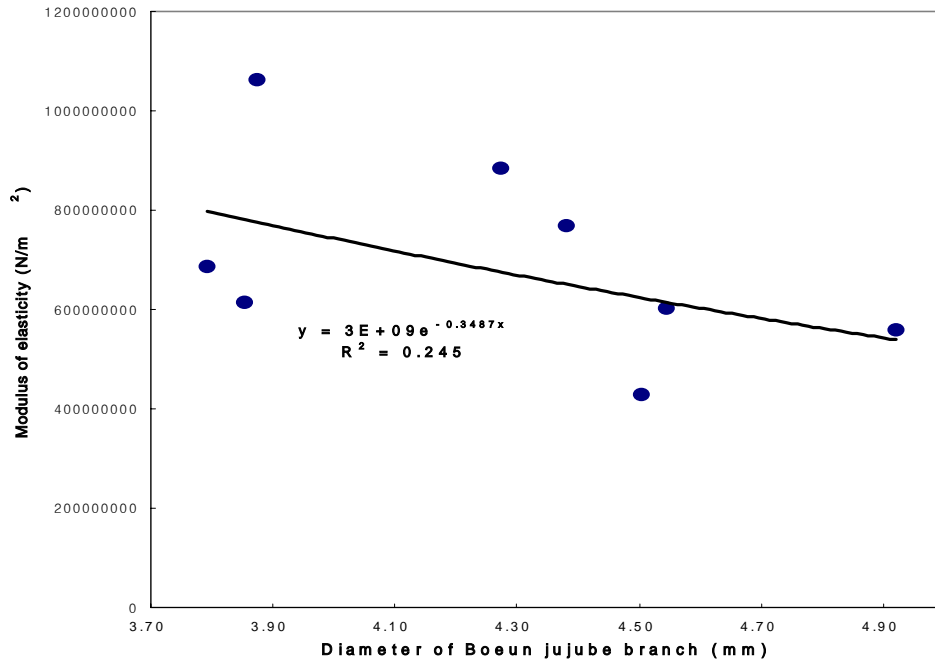
**Table 2. Physical characteristics and modulus of elasticity of jujube branch.**

Sample No.	Length h (mm)	Average diameter (mm)	Tension (N)	Deflection (mm)	Area moment of inertia (m <sup>4</sup> )	Modulus of elasticity (N/m <sup>2</sup> )
1	81.73	3.87	17.13	16.6	1.10431E-11	1062828929
2	65.35	3.79	19.9	16.6	1.01586E-11	686130655.
3	84.63	4.27	19.13	16.7	1.63613E-11	884124709.
4	55.93	3.85	30.26	16.6	1.08167E-11	614268244.
5	86.18	4.92	20.29	16.8	2.87482E-11	560197171.
6	66.57	4.38	37.28	16.5	1.8057E-11	769024678.
7	65.88	4.54	34.63	16.4	2.09049E-11	601700121.
8	58.35	4.50	34.36	16.4	2.01784E-11	429738832.
<b>Mean</b>	<b>70.58</b>	<b>4.27</b>	<b>26.62</b>	<b>16.58</b>	<b>1.70335E-11</b>	<b>701001667.</b>
					<b>1</b>	<b>8</b>

대추나무가지의 탄성계수는 가지의 굵기가 증가하면서 일반적으로 감소



하는 경향을 나타냈으며(그림 5), 이는 다른 작물들의 경향과 비슷하게 나타냈다. 대추가지의 평균 탄성계수는  $7.01 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  였고, 구기자 가지의 평균 탄성계수보다 약간 작게 나타냈다. 이들 가지의 평균직경은 4.3 mm 였다(표 2).



**Fig 5. Relationship between branch diameter and modulus of elasticity of jujube branch.**

나. 강성계수(Rigidity)

대추가지의 비틀림 강성(torsional rigidity)은 그림 6과 같이 최대허용직경이 10 mm인 두 개의 척(chuck)이 부착된 물림 장치를 제작하여 비틀림 실험을 한 후 식 (2)을 이용하여 대추나무가지의 강성계수를 계산하였다.

$$G = \frac{TL}{\phi J} \quad (2)$$

여기서  $G$  = 강성계수( $\text{N/m}^2$ )

$T$  = 토오크( $\text{Nm}$ )

$L$  = 시료의 길이( $\text{m}$ )

= 비틀림 각( $\text{radian}$ )

$$J = \frac{\pi d^4}{32} \quad : \text{극 2차 모멘트}(\text{m}^4)$$

d = 시료의 직경(m)



**Fig 6. Torsional rigidity experiment apparatus for jujube branch.**

본 실험에 사용한 지그는 직사각형 알루미늄 판 위에 두 개의 척, 폴리, 베어링 및 축을 설치하여 제작하였고, 이를 UTM 본체에 장착하였다. 지그의 오른쪽은 한 개의 척이 고정되어 있고, 왼쪽은 직경이 20 mm인 알루미늄 축에 베어링, 폴리 및 척을 고정시켜 축이 회전하면서 폴리 및 척이 동시에 회전 되도록 하였다. 또한, 폴리과 계기의 연결 고리 사이에 케이블을 연결하여 UTM의 크로스헤드(cross head)가 위쪽으로 수직 이동하면서 시료에 비틀림을 가하도록 하였으며 이때의 인장력을 측정하여 토크를 계산하였다.

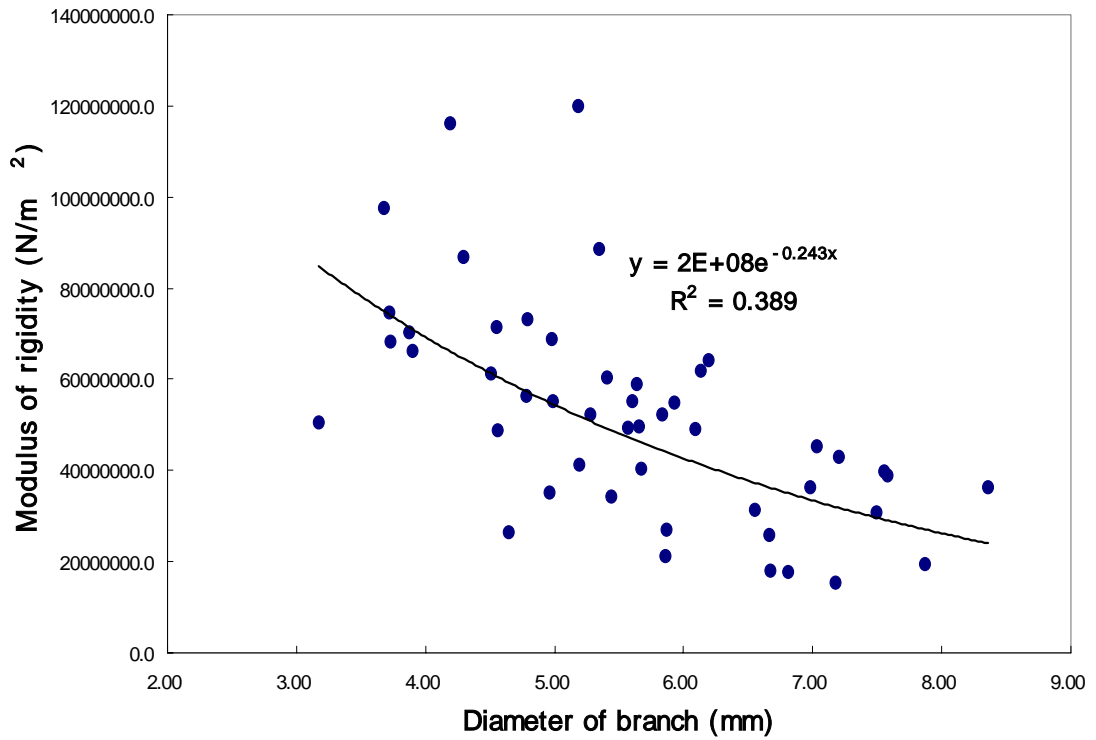
다만, 척과 척 사이의 간격은 자유로이 조절 할 수 있도록 하여 시료의 길이에 맞게 적절하게 위치를 고정시킨 후 실험을 실시하였다. 비틀림 각은 두 개의 척에 시료를 고정시킬 때 폴리과 계기 사이에 연결되어 있는 케이블이 하중을 받지 않은 상태에서 팽팽하게 직선이 되도록 유지하면서 고정시킨 다음 계기가 위로 이동한 변위 즉 수직 이동거리를 변위측정기(그림 6의 계기 우측)로 측정한 후 폴리의 직경(48 mm)을 이용하여 비틀림 각(radian)으로 환산하였다.

시료를 척에 고정시켰을 때 폴리의 위치는 폴리에 고정되어 있는 케이블 연결고리와 폴리 센터의 연장선이 지그의 바닥면과 수평을 이루면서 케이블 연결고리가 앞에서 보았을 때 정면을 향하도록 하였으며, 계기의 연결고리 및 폴리과 케이블이 이루는 접선은 수직으로 하였다.

본 실험에 사용한 시료는 농장에서 채취한 보은 대추의 2차지에 나와있

는 3차지를 선택적으로 절단하여 사용하였다. 표 3은 시료들의 비틀림 강성을 계산하기 위한 물리적 특성 및 그 결과를 나타낸 것으로 49개 가지의 평균 굵기는 5.6 mm, 평균길이는 65 mm였다.

보은 대추가지의 비틀림 강성은 그림 7과 같이 가지의 굵기가 증가하면서 일반적으로 강성계수가 음의 지수 함수적으로 감소하는 경향을 나타냈으나, 데이터가 일정한 범위에 산재해 있어 가지의 굵기에 따른 강성계수 변화 특성은 일정한 경향으로는 나타나지 않았다. 한편, 본 실험에 사용한 시료들의 평균 비틀림 강성은  $5.2 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup>로 나타났다.



**Fig 7. Relationship between the diameter and the modulus of rigidity of jujube branch.**

**Table 3. Physical characteristics and torsional rigidity of jujube branches.**

Sample No	Diameter (mm)	Length (mm)	Torque (N · m)	Twisted angle (rad)	Area moment of inertia (m <sup>4</sup> )	Modulus of rigidity (N/m <sup>2</sup> )
1	4.99	70.30	0.29	6.08	6.0839E-11	55114756.3
2	4.96	41.02	0.31	6.08	5.9389E-11	35216597.6
3	3.90	53.74	0.17	6.08	2.27006E-11	66191909.0
4	3.95	43.89	0.01	6.08	2.38874E-11	
5	6.66	83.82	0.36	6.08	1.93053E-10	25708100.7
6	6.67	43.63	0.49	6.08	1.94215E-10	18104840.7
7	6.81	66.64	0.34	6.08	2.11042E-10	17658028.3
8	4.64	55.96	0.13	6.08	4.54833E-11	26306670.6
9	5.19	81.07	0.22	6.08	7.11949E-11	41203126.7
10	3.17	43.42	0.07	6.08	9.9087E-12	50450742.4
11	6.13	80.00	0.65	6.08	1.38555E-10	61727430.1
12	5.65	111.66	0.27	6.08	9.99939E-11	49588885.5
13	4.56	83.90	0.15	6.08	4.24267E-11	48787728.7
14	5.44	68.99	0.26	6.08	8.5936E-11	34330540.8
15	7.18	80.66	0.30	6.08	2.60782E-10	15261543.1
16	4.79	45.00	0.51	6.08	5.16561E-11	73073075.6
17	5.87	47.74	0.40	6.08	1.16502E-10	26959184.6
18	4.78	50.26	0.35	6.08	5.12261E-11	56480130.7
19	5.67	52.88	0.47	6.08	1.01417E-10	40306382.3
20	7.87	53.44	0.83	6.08	3.76425E-10	19380383.4
21	3.87	55.30	0.17	6.08	2.20102E-11	70250099.5
22	5.93	56.13	0.72	6.08	1.21338E-10	54780440.0
23	5.41	53.14	0.58	6.08	8.4056E-11	60308320.5
24	6.55	51.45	0.67	6.08	1.80611E-10	31391475.7
25	5.18	56.04	0.92	6.08	7.06478E-11	120028303.0
26	5.28	56.44	0.43	6.08	7.62633E-11	52340337.8
27	4.55	58.97	0.31	6.08	4.20557E-11	71493076.5
28	3.72	61.02	0.14	6.08	1.87911E-11	74773073.2
29	4.98	60.04	0.42	6.08	6.03527E-11	68720981.5
30	5.86	64.53	0.23	6.08	1.1571E-10	21096761.2
31	6.19	63.22	0.89	6.08	1.4406E-10	64238982.4
32	7.49	62.39	0.93	6.08	3.08821E-10	30902058.8
33	6.98	62.94	0.82	6.08	2.32917E-10	36444806.7
34	3.73	65.72	0.12	6.08	1.89939E-11	68290489.3
35	4.51	65.71	0.23	6.08	4.05962E-11	61230793.4
36	7.20	66.08	1.04	6.08	2.637E-10	42863747.6
37	5.57	65.94	0.43	6.08	9.44497E-11	49375711.7
38	5.64	67.32	0.53	6.08	9.92878E-11	59104467.9
39	4.19	66.83	0.32	6.08	3.02438E-11	116300638.4
40	5.60	75.26	0.43	6.08	9.6501E-11	55156577.8
41	5.83	70.75	0.51	6.08	1.13358E-10	52352708.2
42	6.09	75.82	0.53	6.08	1.34974E-10	48967420.9
43	4.29	79.77	0.22	6.08	3.3236E-11	86846007.0
44	7.03	76.62	0.86	6.08	2.39663E-10	45220571.8
45	5.35	80.21	0.54	6.08	8.03887E-11	88618398.9
46	3.68	82.09	0.13	6.08	1.79958E-11	97534684.7
47	7.58	80.53	0.95	6.08	3.23934E-10	38843757.4
48	8.36	78.47	1.35	6.08	4.79297E-10	36352063.0
49	7.55	75.75	1.02	6.08	3.18836E-10	39857655.9
<b>Mean</b>	<b>5.57</b>	<b>65.15</b>	<b>0.47</b>	<b>6.08</b>	<b>1.24E-10</b>	<b>52198634.74</b>

### 3. 대추나무 잎줄기의 물리적 특성

잎줄기의 물리적 특성은 잎줄기에 매달린 잎의 수, 잎줄기 길이, 잎줄기 무게, 잎줄기에 매달린 잎들의 평균 장경 및 단경 등을 조사 분석하였다. 본 실험에서 사용한 잎줄기의 시료는 21개이고, 보은대추농장에서 재배하고 있는 대추나무에서 채취하였다.

잎줄기의 평균 무게, 잎수, 그리고 잎줄기 길이는 각각 0.73 g, 6.6개, 그리고 12.2 cm로 나타났다(표 4참조).

**Table 4. Physical characteristics jujube leaf stem.**

Sample No.	Weight of leaf stem (g)	No. of leaves (ea)	Major axis diameter (mm)	Minor axis diameter (mm)	Length of leaf stem (cm)
1	1.0	7.0	3.1	4.6	11.0
2	0.9	7.0	2.9	5.0	11.0
3	1.1	7.0	3.3	5.3	12.9
4	0.7	5.0	2.8	4.3	11.1
5	0.7	6.0	2.8	4.2	11.6
6	0.9	5.0	3.0	5.5	10.7
7	0.9	6.0	2.6	4.3	10.2
8	1.7	10.0	3.3	6.0	14.4
9	1.3	8.0	3.4	5.9	18.0
10	0.7	6.0	2.8	4.8	10.0
11	0.6	5.0	3.0	5.2	15.3
12	0.4	8.0	2.8	3.7	12.2
13	0.9	9.0	2.8	5.0	16.9
14	0.2	4.0	2.1	3.6	9.7
15	0.4	5.0	2.5	3.9	11.9
16	0.1	4.0	1.9	2.0	3.0
17	0.9	10.0	3.0	4.3	15.6
18	0.5	6.0	2.2	4.4	13.2
19	0.4	5.0	2.7	4.3	9.5
20	0.5	8.0	2.2	4.2	12.2
21	0.6	8.0	2.1	4.2	15.3
<b>Mean</b>	<b>0.7</b>	<b>6.6</b>	<b>2.7</b>	<b>4.5</b>	<b>12.2</b>

#### 4. 대추나무 잎의 물리적 특성

대추 잎의 물리적 특성에 대한 연구는 잎의 장경, 단경, 무게, 면적 등을 조사 분석하였다. 대추 잎의 탈리력은 본 연구에서 설계 제작한 물성실험장치(그림 1)을 이용하여 측정하였으며, 대추 잎의 면적은 잎면적측정기(Model LI-3100, LI-책)를 이용하여 측정하였다. 본 실험에 사용한 총 시료의 수는 30개이었고, 보은 대추농장에서 재배되고 있는 보은대추에서 무작위로 채취하였다.

대추 잎의 평균 잎면적은 약 13 cm<sup>2</sup>로 나타났고, 평균무게는 0.2 g으로 나타났으며, 대추 잎의 평균 탈리력은 약 4.4 N으로 나타났다(표 5 참조).

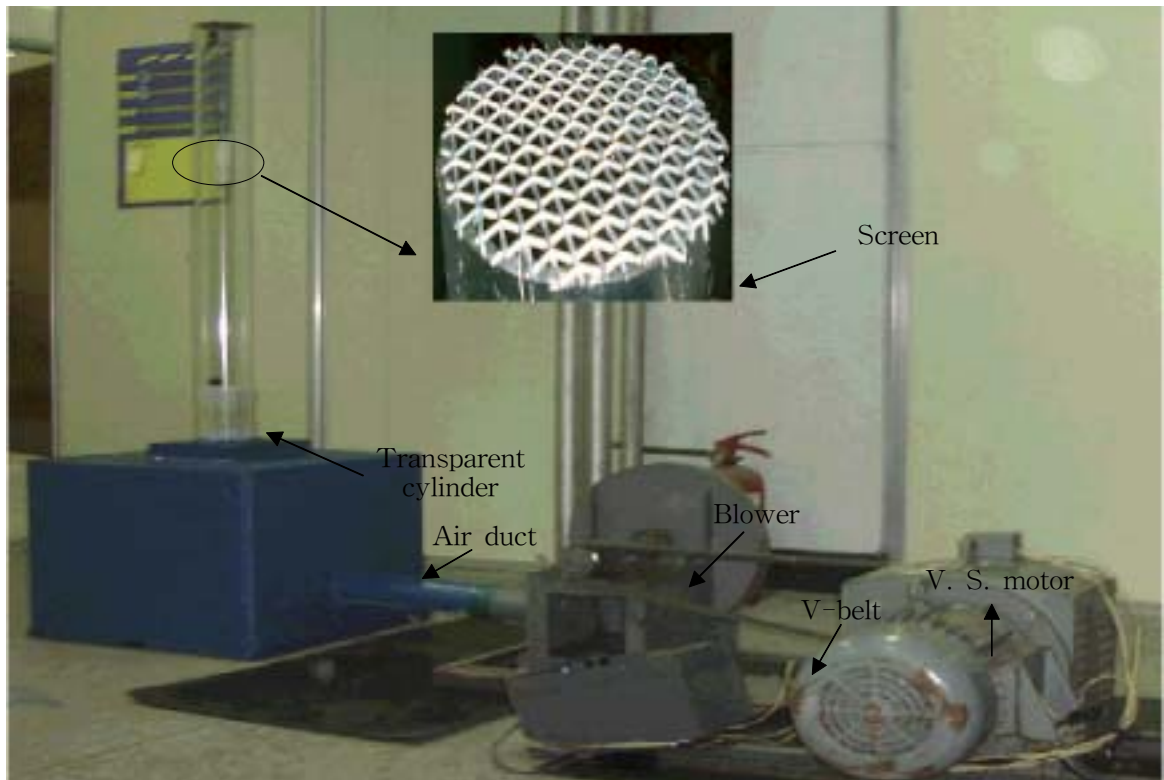
Table 5. Physical and mechanical characteristics of jujube leaves.

Sample No	Major axis(cm)	Minor axis(cm)	Weight(g)	Area (g)	Detachment force (N)
1	5.3	2.9	0.19	9.63	1.89
2	5.9	4.2	0.27	15.36	4.89
3	5.4	3.2	0.25	12.39	1.94
4	4.7	3.0	0.15	9.42	4.93
5	4.6	3.5	0.16	9.74	1.93
6	6.4	3.2	0.26	15.06	5.72
7	5.6	3.1	0.19	11.62	4.18
8	7.0	4.4	0.32	20.35	3.35
9	6.9	4.1	0.27	20.15	3.03
10	6.9	4.1	0.28	19.84	6.16
11	7.0	4.0	0.28	18.93	4.23
12	5.5	3.2	0.19	11.84	5.87
13	6.8	3.4	0.18	14.91	2.95
14	4.2	2.8	0.13	8.63	4.48
15	4.8	3.6	0.19	11.64	5.02
16	5.7	3.6	0.22	14.08	6.77
17	5.8	3.8	0.22	14.20	7.36
18	6.5	3.6	0.22	15.72	5.83
19	4.4	2.4	0.08	6.52	3.20
20	5.7	2.9	0.16	10.61	4.90
21	6.0	3.1	0.17	11.41	4.49
22	6.5	3.6	0.25	20.41	5.35
23	6.8	3.6	0.21	16.07	3.23
24	6.9	3.8	0.23	16.15	6.40
25	3.2	1.8	0.07	4.00	2.92
26	4.4	2.5	0.12	7.77	3.38
27	5.2	2.2	0.12	8.91	3.08
28	5.6	3.2	0.17	11.45	4.38
29	6.1	2.7	0.16	11.20	4.73
30	5.4	3.1	0.21	11.43	5.04
<b>Mean</b>	<b>5.7</b>	<b>3.3</b>	<b>0.20</b>	<b>12.98</b>	<b>4.39</b>

#### 5. 대추열매, 잎, 잎줄기의 종말속도

탈과장치에 의해 탈과 된 대추의 정선 즉, 수확할 때 함께 섞여있는 이물질 (e. g., 대추잎, 대추 잎줄기 등)을 풍력을 이용하여 정선하고자 이들의 종말속도 (terminal velocity)를 측정 분석하였다. 대추열매, 잎, 잎줄기 등의 종말속도를 측정하기 위해서 종말속도 실험 장치를 그림 8과 같이 설계 제작하였다.

각 시료들을 실린더 내에 투입한 후 송풍기를 작동하여 내경이 100 mm인 실린더의 상부에서 공기 중에 부유, 유동하도록 한 다음 점차적으로 송풍기의 속도를 감소시켜가면서 이들이 낙하하는 순간의 공기속도를 측정하였다. 공기속도의 측정은 실린더의 중간부분에 있는 직경 10 mm의 구멍을 통하여 실린더 내부에 설치된 풍속측정기(Model 37000-00, Cole-Parmer Instrument Company)로 측정하였다.



**Fig 8. Terminal velocity experiment apparatus.**

표 6은 대추열매, 대추잎, 잎줄기들의 종말속도를 나타낸 것으로 대추열매의 평균 종말속도는 16.71 m/s로 나타났고, 잎줄기 및 잎의 평균 종말속도는 각각 1.81 m/s 및 1.07 m/s 로 나타났다. 이 실험 결과에서 대추열매의 종말속도가 대추잎 혹은 대추잎줄기 보다 약 9배 내지 16배정도 큰 것으로 나타났다.

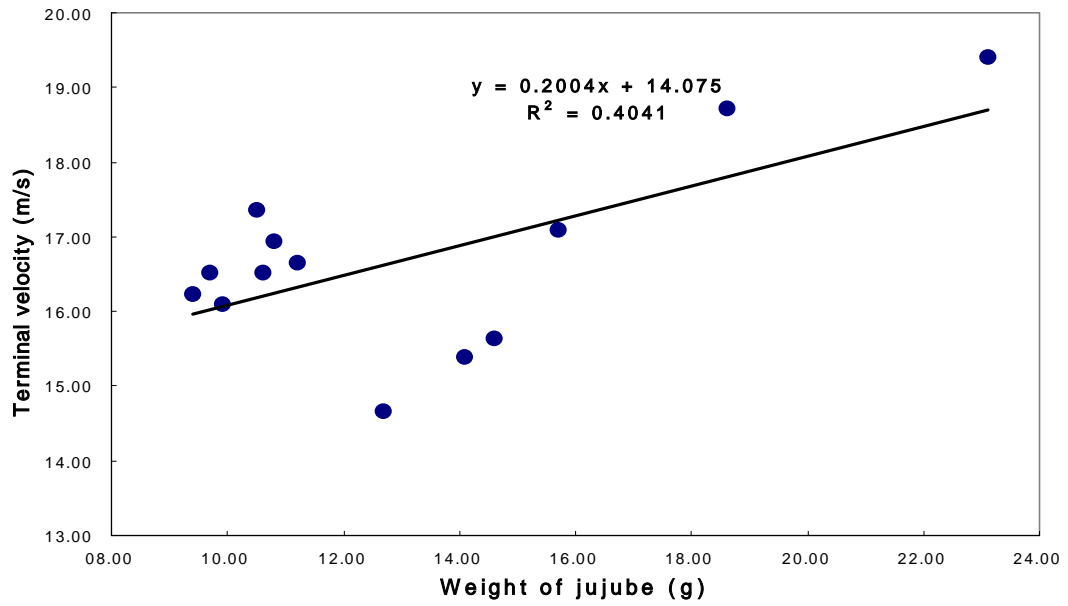
대추의 종말속도는 대추의 무게가 증가하면서 일반적으로 증가하는 경향을 나타냈고(그림 9), 대추잎의 종말속도는 대추잎의 무게 혹은 대추잎의 면적이

증가할수록 감소하는 경향을 나타냈다(그림 10 및 11). 한편, 잎줄기의 종말속도는 잎줄기 무게 혹은 잎줄기에 매달린 잎의 수와는 거의 영향을 받지 않는 것으로 나타났고, 잎줄기의 길이가 증가할수록 약간씩 증가하는 경향을 나타냈다(그림 12).

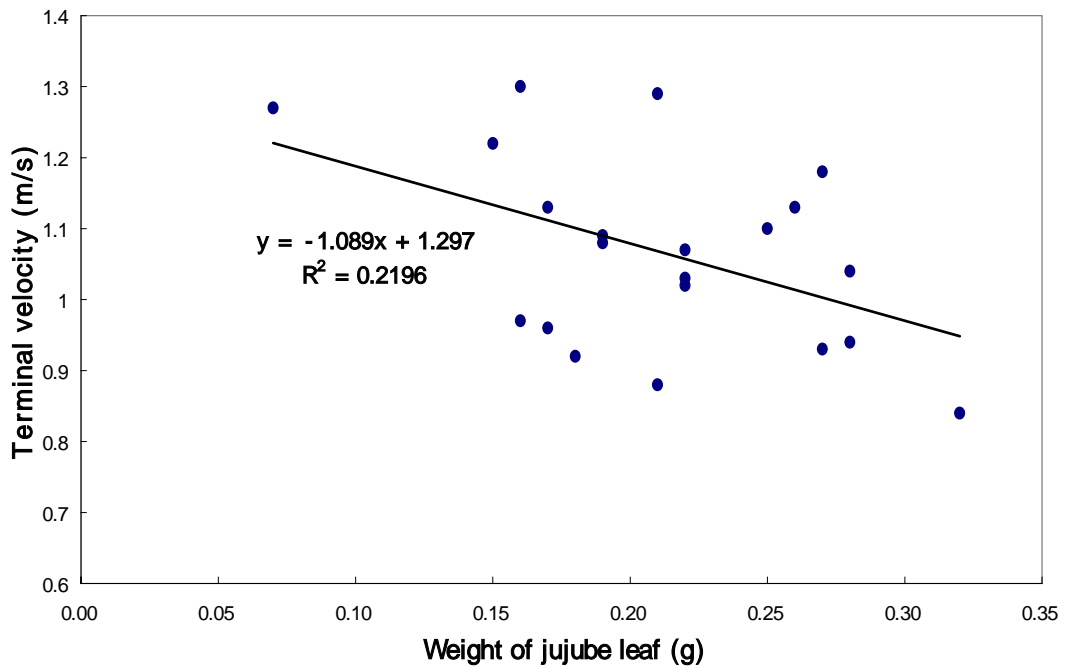
**Table 6. Terminal velocity of leaves, leaf stems, and jujube fruits.**

<b>Sample No</b>	<b>Leave (m/s)</b>	<b>Jujube (m/s)</b>	<b>Leaf stem (m/s)</b>
1	1.18	15.64	1.51
2	1.10	16.09	1.93
3	1.22	17.36	2.12
4	1.30	16.52	2.00
5	1.13	16.23	2.14
6	1.09	16.66	2.09
7	0.84	16.52	1.68
8	0.93	16.94	2.08
9	0.94	19.41	1.91
10	1.04	18.71	2.34
11	1.08	17.09	2.32
12	0.92	15.40	1.92
13	1.07	14.66	1.71
14	1.02		1.39
15	1.03		1.35
16	1.13		1.99
17	0.88		1.57
18	1.27		1.96
19	0.96		1.57
20	0.97		
21	1.29		
<b>Mean</b>	<b>1.07</b>	<b>16.71</b>	<b>1.81</b>





**Fig 9. Relationship between the terminal velocity of jujube fruits and weight of jujube fruits.**



**Fig 10. Relationship between the terminal velocity of leaf and jujube leaf weight.**

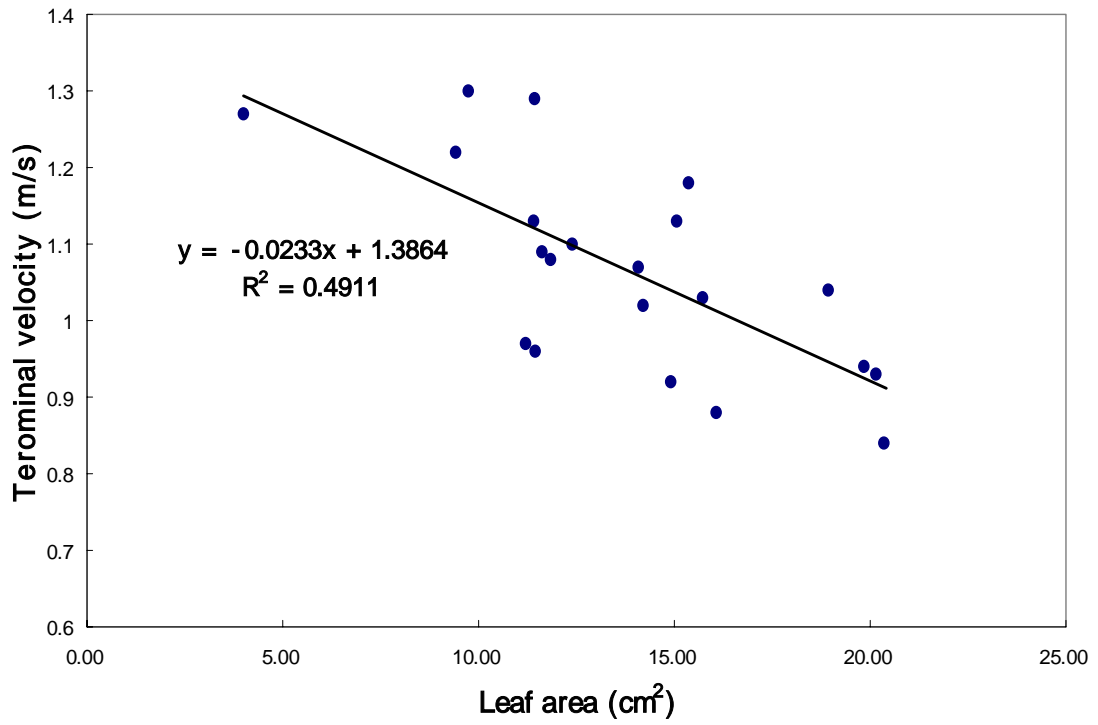


Fig 11. Relationship between the terminal velocity of jujube leaf and the area of leaf.

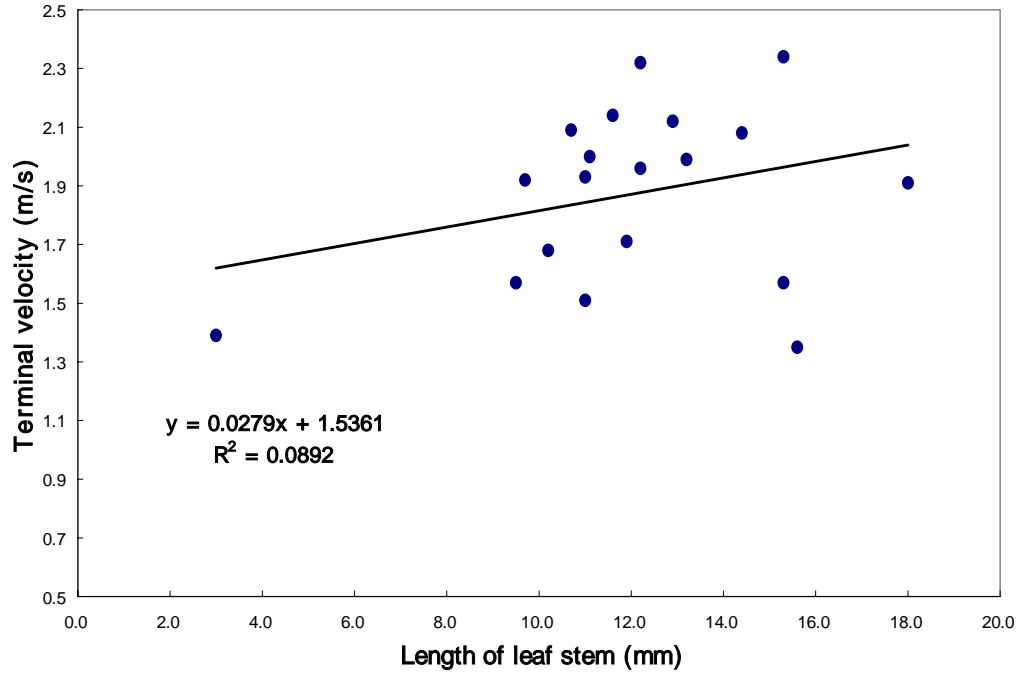


Fig 12. Relationship between the terminal velocity of leaf stems and the length of the leaf stem.

### 제 3절 대추탈과장치

#### 1. 대추의 탈과장치의 기초연구

##### 가. 탈과실험장치

대추열매 수확시에 고려될 생태학적 특성을 이용할 때 탈과 방법으로서 강제 진동형과 충격형이 고려될 수 있었다. 탈과 실험장치의 기본 기능은 ①진폭은 0~6 cm 범위에서 자유롭게 가변 할 수 있어야하고, ②진동수는 0~1800 rpm 범위에서 가변적으로 하며, ③일정한 탈과 시험시간 동안 회전수는 일정하게 유지되어야하며, ④진동형 및 충격형 탈과실험에 병용되어야 한다는 설계조건으로 다음과 같은 탈과시험장치를 설계 제작하였다. 탈과실험장치의 기본구조는 그림 13과 같이 ㉠변속모터, ㉡전자클러치-브레이크, ㉢제어장치, ㉣탈과시스템으로 구성하였고 이 실험장치를 기본 장치로 하여 진동형 및 충격형 탈과 실험에 활용하였다.

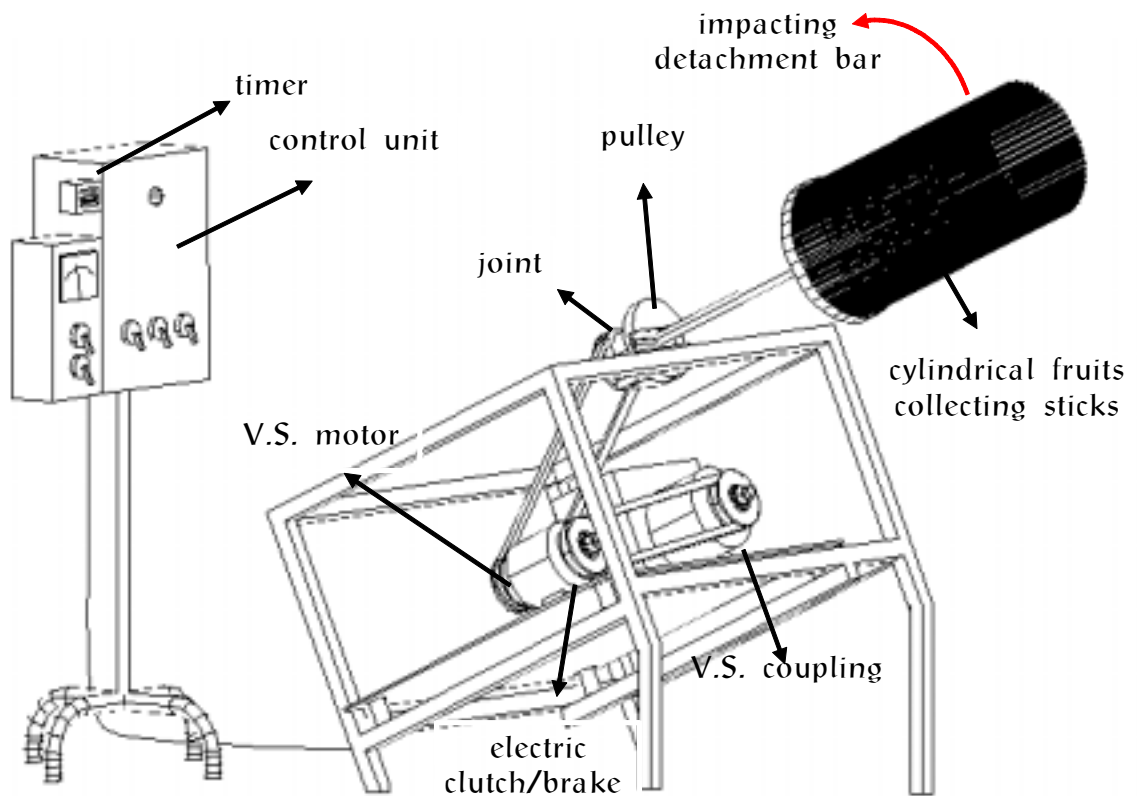


Fig 13. Schematic diagram of an experimental impact detachment system for jujube fruits.

## 나. 진동형 탈과특성

진동형은 ㉠수확시기의 열매의 탈과력이 2~9 N정도로 크지 않았고, ㉡대추열매의 크기가 비교적 작으면서 수량이 많았고, ㉢잎줄기가 붙어 있는 잔가지의 밀도가 커서 작업공간이 좁은 점 등의 생태학적 특징에 얼마나 적합한지에 대한 가능성을 검토하기 위한 실험을 실시하였다.

대추가지 시료 크기를 50~70 cm정도로 준비하였고, 탈과 실험 조건으로는 진폭을 4 cm로 고정하고, 진동수를 1000~1800 rpm까지 증가시키면서, 진동을 주었을 때, 진동수 1800 rpm과 가진시간 2초에 탈과는 60~80%의 부분 탈과가 이루어졌고, 탈과율을 높이기 위하여 3초 이상 계속 가진하였을 때도 100%의 완전 탈과가 되지 않았으며, 이때 잎과 잔가지의 파손도 발생하였다.

진동형에 의한 탈과 성적이 부진한 원인은 가진하는 1차 가지로부터 2~3차 분지가 형성되어 있고, 이 분지에 다시 잎줄기가 13~30 cm로 잘 발달되어 있어서 전체적인 진동전달이 불량한 이유로 사료되었다. 특히 잎줄기의 진동전달효율이 저조한 점이 문제점이었고, 이 진동형 시스템을 대추수확시작기에 응용하였을 때 수많은 잔가지에 진동고리(hook)를 정확하게 걸어 작동시키는 일도 매우 번거롭고 비효율적 방식이라 사료되었다.

## 2. 충격형 탈과시스템

충격형 탈과는 대추나무의 잔가지와 잎줄기에 충격적인 진동을 직접 가하는 방식으로서 진동형의 특징과 다른 점은 ㉠충격을 받는 잔가지 및 잎줄기의 열매를 쉽게 완전 탈과시킬 수 있었고, ㉡수많은 잔가지에 진동고리를 일일이 거는 번거로운 작업을 생략 할 수 있는 점을 고려하여 본 연구에서는 충격형을 탈과 모델로 선정하였다. 그러나 충격을 일으키는 충격장치는 잔가지로 밀집된 작은 공간을 활용하는 점과 열매 및 잎줄기의 손상을 방지하는 점이 중요한 과제로 대두되었다.

### 가. 탈과봉의 작동 및 장착방법

작동방법으로는 회전형과 왕복형을 검토하였다(그림 14). 회전형은 일정한 속도로 작동시키기에 간단한 시스템이고 탈과봉이 대추와 충돌할 때의 속도( $V = r\omega$ ,  $\omega$ 는 각속도( $rad/s$ ))를 임의로 조절하여 편리하게 응용할 수 있으며, 왕복형은 작동시스템이 회전형에 비하여 시스템이 복잡하고 탈과봉이 대추와 충돌할 때의 속도( $V \rightarrow 0$ )는 매우 작기 때문에 비효율적이라 생각되어서 본 연구에서는 회전형 작동방법을 선정하였다.

탈과시스템의 장착방법은 작업폭을 증대시키고 작업성능향상을 위해서는 탈과축에 탈과시스템을 90° 방향으로 장착함이 바람직하나 잔가지 사이의 작은 공간이 허용하지 않기 때문에 탈과축과 평행하게 장착시켰다.

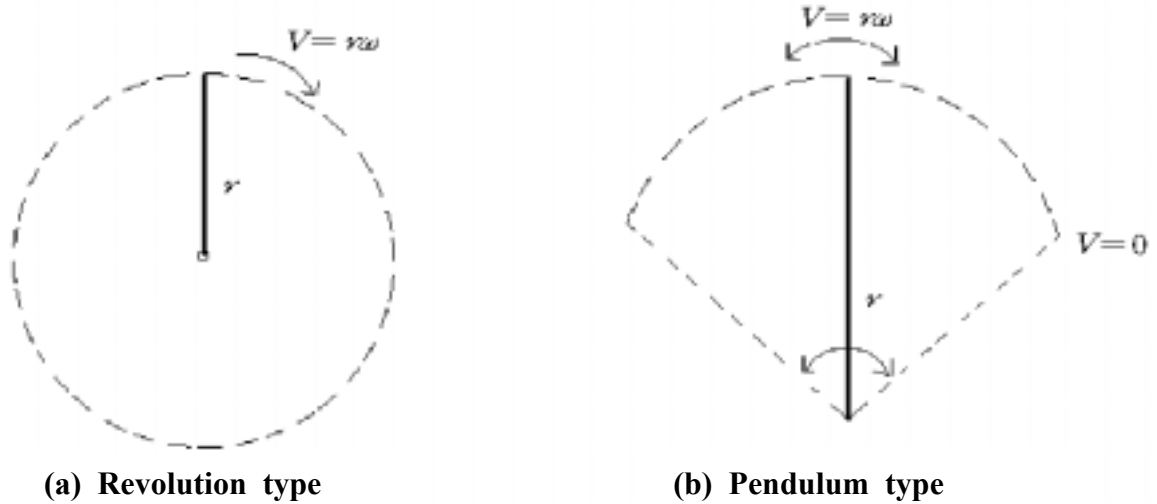


Fig 14. Impact motion types.

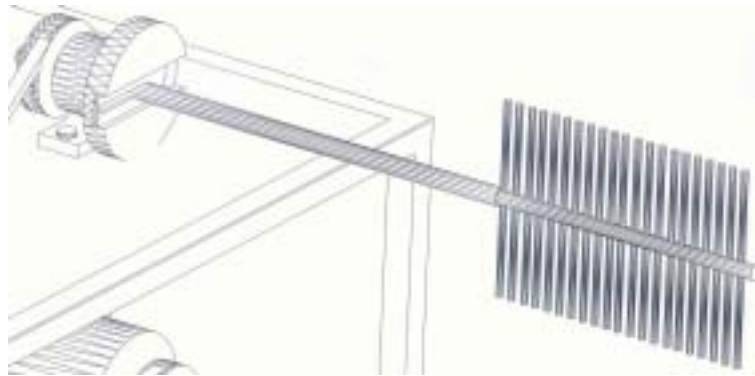
#### 나. 탈과시스템의 기본구조 및 작동방법

탈과시스템의 기본구조 및 작동방법을 설정하고자 다음과 같이 설계 조건을 두었다.

- ① 열매의 완전 탈과를 위해 충격형 탈과방식을 택한다.
- ② 충격운동은 타격력의 효율을 증대하고자 회전형으로 한다.
- ③ 탈과시스템의 크기는 잔가지의 공간이 협소하므로 가능한 작아야 한다.
- ④ 탈과시스템의 기능은 대추나무의 수관 외부는 물론 내부에서도 작업이 유지되어야 한다.
- ⑤ 탈과작업은 한 나무에서 완속과의 정선수확이 가능하도록 한다.
- ⑥ 탈과작업은 집과기능과 연계성을 갖도록 한다.

상기의 설계조건에 기초하여 그림 15(a)와 같이 ㉠탈과(동력전달)축과 ㉡탈과봉로 구성된 기본 구조로 탈과 시험장치를 설계 제작하여 탈과 특성에 관한 실험을 수행하였다.

탈과특성의 주요인자로서는 ㉠탈과봉의 재질, ㉡탈과봉의 직경, ㉢탈과봉의 길이, ㉣탈과봉의 배열간격, ㉤회전수 등이며, 이들의 특성을 구명하고자 그림 15(b)와 같이 실험 설계에 의한 탈과 실험을 수행하였다.



(a) Impacting bar

구분 \ Type		A	B	C	D	E
		탈과축 (mm)	직경	15		
구멍 직경	3		4	5	6	7
길이	300					
탈과봉 (mm)	직경	2.7	3.7	4.9	5.6	6.8
	간격	10	11	12	13	14
	길이	40,60,80,100,120,140,160				

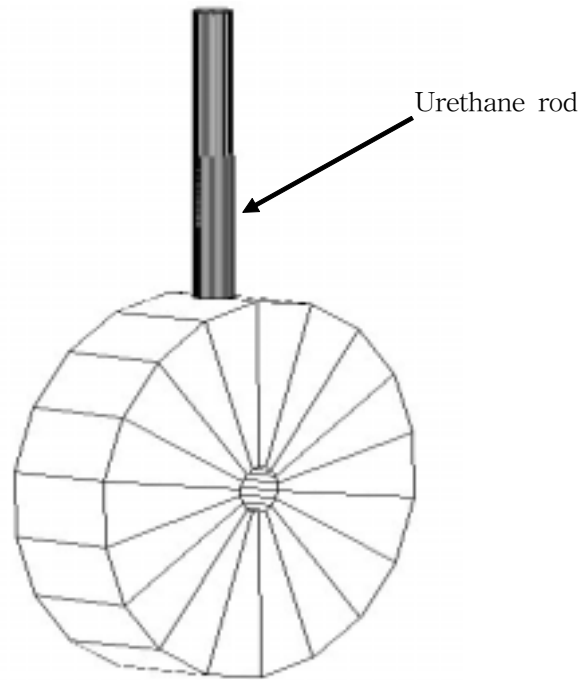
(b) Experimental design

Fig 15. Impact rods and experimental design specification.

1) 실린더 블록(Cylinder block)

탈과시스템의 동력 전달축으로 직경 15 mm의 강봉인 탈과동력전달축을 직접 장착하여 회전축으로 사용하였다. 회전수가 약 200 rpm에서 강봉인 탈과축에 앞과 앞줄기가 휘감기는 현상이 심하게 나타났고, 회전수가 증가함에 따라 잔가지까지 탈과동력전달축에 감기어서 탈과기능을 발휘하지 못하였다. 휘감기는 현상을 방지하기 위하여 회전축에 그림 16과 같이 우레탄으로 직경 110 mm, 두께 40 mm의 실린더 블록(cylinder block) 9개를 제작하여 회전축에 장착하였다. 실린더 블록의 머리부분은 원추형(tapered block)으로, 끝부분은 반원형으로 제작하여 잔가지의 사이로 왕복직선운동을 할 때 잔가지와의 걸림을 최소화시켰다. 실린더 블록의 표면의 매끄러움과 선속도의 증가로 인한 원심력의 작용으로 회전축에 실린더 블록을 설치함으로써 앞과 앞줄기의 휘감기는 현상을 방지할 수 있었다.

실린더 블록의 1개의 길이를 잔가지의 마디 4~5 cm을 기준하여 4 cm로 제작하였으나 탈과봉의 배열간격의 특성을 구명하고자 최소 길이 3 cm로 다시 제작하여 실험을 계속하였다.



**Fig 16. Cylinder block for fixed detachment rod.**

## 2) 우레탄봉

탈과봉의 재질 및 재료로서 갖추어야 할 물성 및 조건은 ㉠대추가지 및 잎줄기에 충격을 줄 수 있을 정도의 일정한 수준의 강도를 가질 것, ㉡일정한 기간 동안 작업이 지속 될 수 있도록 내구성이 있을 것, ㉢잔가지 또는 대추열매와 부딪칠 때 잔가지 및 열매 그리고 잎줄기에 주는 손상을 최소화시키도록 부드러워야 할 것, ㉣충격을 가한 후에는 봉이 원형으로 회복 될 수 있는 일정한 탄성을 가질 것, ㉤가격이 싸고 손쉽게 구입할 수 있을 것 등이다. 상술한 내용을 기초로 하여, 생고무를 코팅한 강선, 예초기의 와이어(줄), PVC의 압력호스, 우레탄봉 등을 검토한 결과에서 우레탄봉이 가장 적합한 재료로 사료되어서 우레탄봉(그림 17) 직경 3, 4, 5, 6, 7 mm을 사용하여 탈과실험을 수행하였다.

열매가 붙은 잎줄기가 가장 많이 달려 있는 대추나무의 잔가지의 강도와 비슷한 우레탄봉 5 mm(4.9 mm)을 중심으로 회전수 400 rpm까지 탈과 특성을 구명하며 탈과율이 의외로 저조하였다.

우레탄봉을 이용하여 탈과 실험을 한 결과 열매 및 잎줄기 그리고 잔가지의 상처는 거의 없었으나 우레탄봉의 재질이 너무 부드러워 타격력 낮아 탈과 기능을 전반적으로 발휘하지 못하였다.

따라서, 탈과율을 증가시키고자 회전수를 400 rpm이상으로 증가시켰

을 때 탈과율은 다소 증가되었으나, 우레탄봉 자체가 나뭇가지에 휘감기어 잎줄기와 잔가지를 크게 손상시키는 현상이 발생하였다.



**Fig 17. Urethane rod.**

### 3) 강선봉

우레탄봉을 실린더 블록에 장착하여 대추열매를 탈과 할 때 우레탄봉이 나뭇가지에 휘감기어 잎줄기와 잔가지를 크게 손상시키는 현상을 방지하기 위하여 우레탄봉의 강도보다 큰 강도의 탈과봉을 그림 18과 같이 조립 제작하였다.



**Fig 18. Urethane hose and assembly of stainless wires used as detachment rod.**

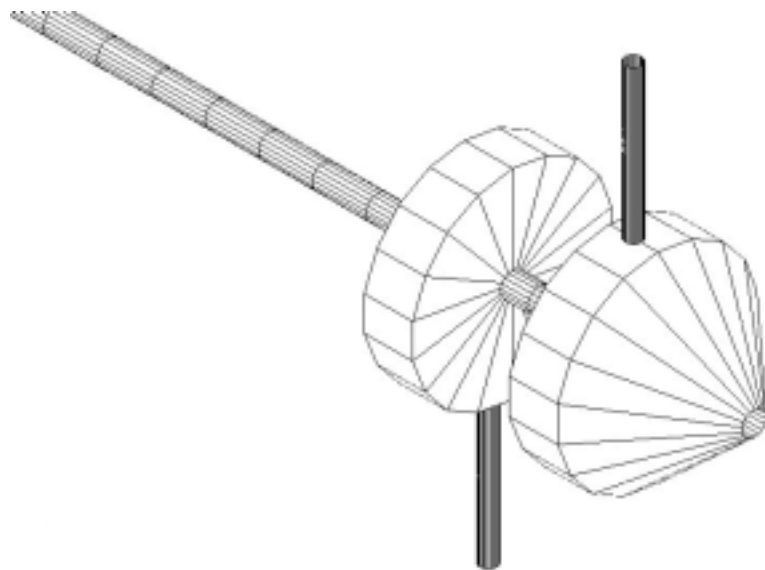


강선봉의 구조로는 직경 1 mm의 강선 2개와 3개로 강도를 조절하고 아울러 길이를 2단 또는 3단으로 조절하여 회전 할 때 선속도에 의한 균일한 타격력을 발휘하도록 설계하였고, 이들 강선을 우레탄호스에 끼워 조립함으로 열매, 잎줄기 및 잔가지와의 부딪침에 의한 손상을 최소화되도록 설계 제작하였다.

탈과봉의 길이를 잔가지의 수형을 고려하여 95 mm와 75 mm로 조정하였고 이를 실린더 블록에 장착시키어서 탈과봉의 길이가 탈과축 중심으로부터 150 mm와 130 mm가 되도록 하였다(그림 19).

탈과 실험의 회전속도는 200에서 500 rpm까지 50 rpm간격으로 변화를 주면서 탈과율을 측정하였다.

본 실험의 시료는 대추농장에서 무작위로 대추열매가 매달린 가지를 절단, 채취하였으며, 본 실험은 채취된 시료가지를 손으로 잡은 후 탈과 장치의 탈과봉이 일정한 회전수로 회전하고 있는 동안 탈과 장치의 집과살 안으로 시료를 넣어 고정된 채 쥐고 있으면서 시료에 매달린 전체 대추열매의 수를 기준으로 탈과된 대추 및 탈리된 잎줄기, 그리고 탈리된 대추 및 잎줄기를 조사하여 탈과 장치의 탈과효율을 분석하였다. 또한 집과살 밖으로 이탈하는 대추를 조사하여 집과 장치의 기능을 분석하였다.



**Fig 19. Sketch of the impact detachment rod (urethane hose with stainless wires inserted inside of the hose) and cylinder block.**

강선봉이 나뭇가지를 휘감는 현상은 발생하지 않았고 타격력 발생도 전반적으로 양호하였다. 강선봉의 길이 95 mm와 75 mm가 회전수 250 rpm부터 탈과작용이 정상적으로 이루어졌고, 400 rpm이상에서는 강선

봉이 잔가지를 안고 회전하는 현상이 발생하기 시작하였다. 나뭇가지(시료)가 비교적 크고 잔가지의 밀도가 클 때, 잔가지가 탈과봉의 타격으로 밀려 나가지 못하고 빠른 회전속도에 의하여 탈과봉에 안겨서 회전하였다.

탈과봉의 길이 95 mm(탈과축 중심으로부터 150 mm)가 길이 75 mm(탈과축 중심으로부터 130 mm)보다 잔가지를 안고 회전하는 현상이 심하게 나타났고, 이때 잎줄기의 손상이 심하게 나타났고, 강선 3개봉이 강선 2개봉보다 안고 회전하는 현상이 심하게 나타났다.

열매의 탈과 현상에서 탈과봉이 열매나 열매가 붙어있는 잎줄기를 직접 타격 할 때 열매가 대부분 탈과 되었으며, 탈과봉이 잎줄기가 붙어있는 잔가지를 타격 할 때의 탈과는 잘되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 탈과봉이 열매나 열매가 붙어 있는 잎줄기를 직접 타격하는 탈과메커니즘이 양호한 것으로 사료되었다.

직접타격방식을 채택할 때, 탈과봉의 배열 간격은 1~2개의 탈과봉으로 잔가지의 마디를 타격하기 보다는 잎줄기가 붙어있는 잔가지 마디 길이 4~5 cm를 기준하여 여러 개의 탈과봉이 열매나 잎줄기를 직접 타격 할 때 탈과효율을 증가시킬 수 있었다. 여러 개의 탈과봉의 배열 방법은 균일한 토크(회전력)를 갖도록 원주 360°에 안배할 때 진동도 작았고, 회전속도도 균일하였다. 또한 배열 형식은 나선형 또는 스크류형으로 배열함으로써 탈과 된 열매 및 잎 등을 집과장치로 유도 이송함에도 효율적이었다.

표 7에 우레탄 호스 내에 강선 2개로 조립한 탈과봉을 이용한 대추탈과시험장치의 회전수변화에 따른 탈과율을 나타냈다. 탈과시험장치의 실험결과에서 회전수가 증가하면서 탈과율도 98%까지 증가하는 경향을 나타내고 있었다. 또한, 탈과시험장치의 회전수 증가에 의한 대추와 잎줄기의 탈리현상도 증가하는 경향을 보여주고 있었으나 회전수 350 rpm 이하에서는 잎줄기가 휘감기는 현상이 거의 없는 정상적인 탈과작업동안 잎줄기의 탈리현상은 7% 내외로 매우 적었고, 400 rpm 이상에서는 휘감기는 현상으로 인하여 급격히 증가하였다. 이러한 탈리현상에서 적절한 탈과시험장치의 회전수는 350~400 rpm으로 판단되었다.

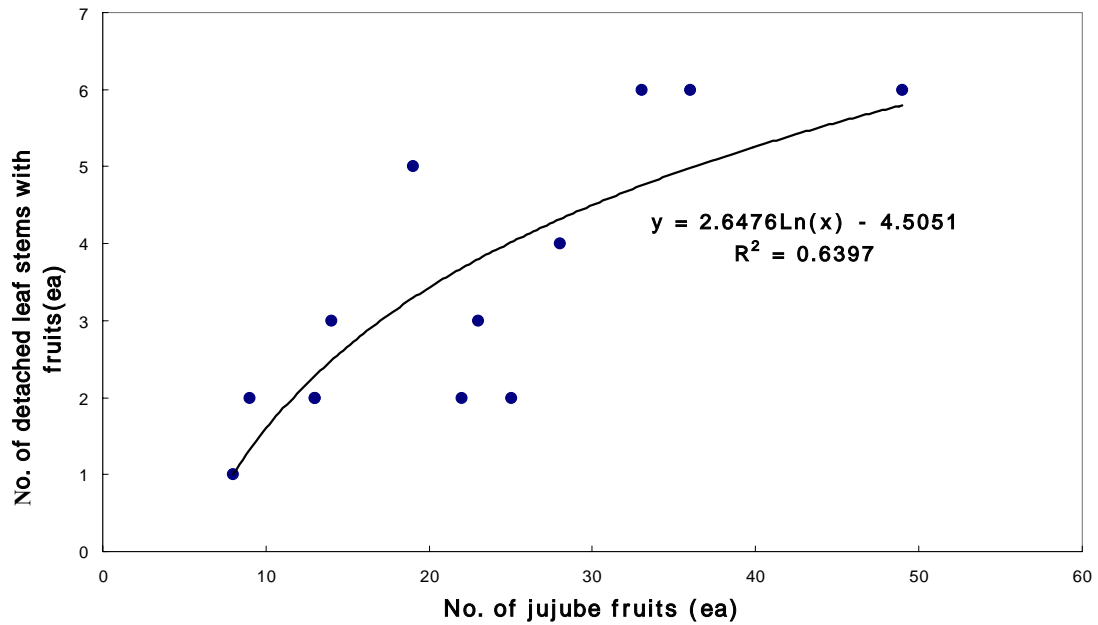
잎줄기 혹은 열매가 붙어있는 잎줄기의 탈리현상은 대추나무의 생리학적 감수영향을 줄뿐만 아니라 수확작업 후 대추의 정선과정에 있어서 장애요인으로 대추 수확시 최소화해야하는 중요한 요인이다. 잎줄기 혹은 열매가 붙어있는 잎줄기가 탈리되는 현상은 탈과봉이 잎줄기나 대추나무 잔가지 사이로 회전하면서 서로 엉기거나 탈과봉이 잎줄기나 잔가지를 안고 회전하는 현상 때문에 일어나고 있었다.

대추열매 수량과 잎줄기 탈리현상에서, 열매의 수량이 많을수록 잎줄기(그림 21)의 탈리현상도 급증하였고, 특히 열매가 붙어있는 잎줄기(그

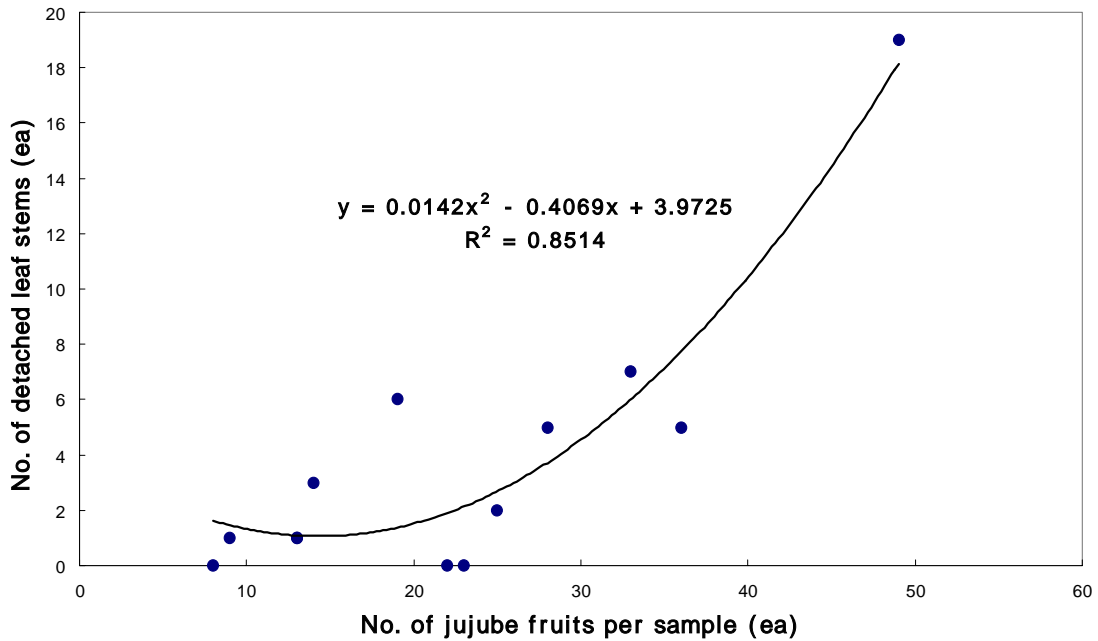
림 20)의 탈리도 현저하였다.

**Table 7. Detachment rate of jujube fruits with various speeds, and detachment of fruits and leaf stems (%) using urethane hose with two stainless wires inserted inside of urethane hose.**

rpm	Detachment Rate (%)	Detachment of leaf stems with fruits (%)	Detachment of leaf stems (%)	Loss (%)
250	97.2	23.6	11.1	5.4
300	91.2	12.1	7.7	5.4
350	92.7	16.4	6.8	6.8
400	97.3	15.1	17.1	3.8
450	98.9	14.8	26.5	4.2
500	99.2	16.2	37.5	2.3
<b>Mean</b>	<b>96.8</b>	<b>16.36</b>	<b>17.8</b>	<b>4.2</b>



**Fig 20. Relationship between number of jujube fruits per branch and detachment of leaf stems with jujube fruits using the detachment experiment system at 400 rpm.**



**Fig 21. Relationship between the number of jujube fruits per branch and detachment of leaf stems without fruits using the detachment experiment system at 400 rpm.**

이 실험의 결과를 요약하면 다음과 같다.

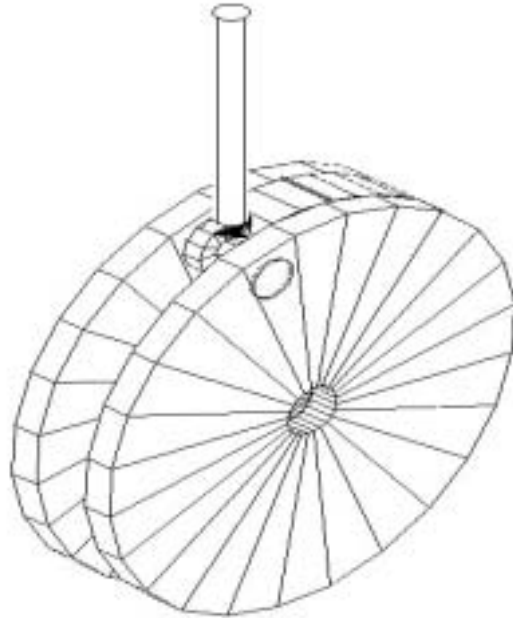
- ① 회전속도가 증가하면서 대추열매의 탈과율은 증가하는 경향을 보였으며 또한, 잎줄기의 탈리현상도 증가하는 경향을 나타냈다.
- ② 탈과장치의 회전수가 250 rpm 이상 되었을 때 탈과 작용은 정상적으로 이루어졌고, 대추열매의 탈과율은 96.8%로 나타났다.
- ③ 잎줄기의 탈리는 회전수 400 rpm 이상에서 탈과봉이 잔가지 및 잎줄기를 안고 회전할 때 급격히 발생하였다.
- ④ 탈과된 대추열매의 집과기능을 하고 있는 집과살(원통형 수집안내장치)의 미수집과율은 전반적으로 약 4.2%로 나타났다.
- ⑤ 우레탄봉에서 발생하였던 가지의 휘감김현상을 방지할 수 있었지만 회전수가 400 rpm 이상으로 회전할 때 강선봉은 나뭇가지를 안고 회전하는 현상을 발생시키었다.

#### 4) 힌지봉

강선봉을 이용한 탈과실험에서 강선봉이 잔가지를 안고 회전하는 문제점을 보완하기 위하여 탈과봉의 장착방법을 고정형에서 힌지형으로 변경하여 설계 제작하였다.

힌지형 탈과봉은 우레탄으로 제작한 직경 110 mm, 두께 30 mm의 실

린더 블록 중앙에 접선방향과 평행이 되도록 홈을 판 후 홈의 가장자리에 링(ring)을 삽입할 수 있도록 실린더 블록에 직경 6 mm의 구멍을 판 후 핀을 끼워 탈과봉을 장착하도록 하였다(그림 22).



**Fig 22. Cylinder block for hinge type detachment rod.**

탈과봉의 메커니즘은 실린더 블록이 회전하면서 원심력에 의해 탈과봉이 법선방향을 유지하면서 대추에 충격을 가한 후에는 곧바로 가지에 밀리어 탈과봉이 실린더 블록의 홈 속으로 회전하면서 들어가도록 하여 탈과봉과 나뭇가지와의 충돌을 방지하였다. 실린더 블록에 장착된 힌지봉은 탈과축의 회전속도가 200 rpm 정도에서 탈과봉이 법선방향을 유지하기 시작하였고, 법선방향으로 서있는 탈과봉이 앞줄기나 대추열매에 타격을 가하여 탈과작용이 되도록 하였다.

힌지형인 탈과봉의 길이를 1차로 115 mm로 설계 제작하여 실린더 블록에 설치할 때 탈과축 중심으로부터 160 mm가되고, 실린더 블록의 홈 속으로 탈과봉이 들어갔을 때는 실린더 블록 원주 끝에서 약 20 mm 돌출해 있도록 제작하여 탈과작업 범위를 최대화하면서 나뭇가지를 안고도는 현상을 예방하고자 시도하였다.

탈과봉의 재료로는 직경 6 mm의 강봉을 사용하였다. 이 탈과봉은 회전수 200 rpm에서 반경방향으로 기립하였고, 회전수를 400 rpm 내지 500 rpm까지 증속하면서 탈과실험을 실시하였으나, 타격력이 충분하지 않아 탈과 효율이 매우 저조하게 나타났다.

힌지봉의 질량을 증가시키기 위해 내경이 6 mm인 동관을 힌지봉에 삽입하여 탈과을 실험을 계속 실시한 결과 탈과 작용은 정상적으로 이

루어졌다 그러나, 동관에 의한 열매의 손상이 문제점으로 발생하였다. 따라서, 상술한 문제점을 보완하기 위해 직경 8 mm의 강봉을 내경 8 mm, 외경 12 mm인 우레탄호스에 삽입 조립한 결과 타격력을 증대시키면서 타격에 의한 대추열매의 손상을 방지 할 수 있었다. 그러나 350 rpm 이상의 회전수에서는 돌출부 20 mm가 가지를 안고 도는 현상을 일으켜 다시 돌출부를 제거하여서 안고 도는 현상을 방지하였다.

표 8은 위와 같이 제작한 힌지봉을 사용한 탈과실험장치의 회전수에 따른 탈과 효율을 나타낸 것으로, 회전수가 400 rpm일 때 최대 탈과율 95.8%을 보였으며, 회전수가 증가하면서 탈과율도 증가하는 경향을 나타냈다.

탈과봉의 타격에 의한 열매의 손상은 대체적으로 총 열매에 대해 10.0 ~ 11.6%정도 나타났다. 한편, 잎줄기의 탈리는 탈과장치의 회전수가 증가하면서 잎줄기의 탈리현상도 증가하는 경향을 나타냈다. 대추열매의 탈과율 그리고, 열매가 붙어있지 않은 잎줄기의 탈리현상, 열매손상, 열매가 부분적으로 붙어있는 잎줄기의 탈리현상을 종합적으로 고려할 때, 힌지봉을 사용했을 경우, 대추열매의 탈과율은 탈과장치의 회전수가 400 rpm일 때 약 96%로 가장 양호한 것으로 사료되었다.

**Table 8. Detachment rate of jujube fruits with various speeds and detachment of leaf stems (with fruits or without fruits) using the hinge type impact detachment rod.**

rpm	Detachment Rate (%) <sup>①</sup>	Fruit damage Rate (%) <sup>②</sup>	Detachment of leaf stems without fruits (%) <sup>③</sup>	Detachment of leaf stems with fruits (%) <sup>④</sup>
250	81.0	10.3		2.0
300	86.8	10.1	13.8	6.2
350	84.9	11.6	10.3	7.0
400	95.8	10.7	12.6	8.3

① Detachment rate (%) :  $\frac{\text{Detached No. of fruits}}{\text{Total No. of fruits}} \times 100$

② Fruit damage rate (%) :  $\frac{\text{No. of damaged fruits}}{\text{Total No. of fruits}} \times 100$

③ Detached leaf stems without fruits (%) :  $\frac{\text{Detached No. of leaf stems without fruits}}{\text{Total No. of leaf stems}} \times 100$

④ Detached leaf stems with fruits (%) :  $\frac{\text{Detached leaf stems with fruits (\%)}}{\text{Total No. of fruits}} \times 100$

### 3. 탈과장치의 설계 및 제작

탈과실험의 결과를 요약하여 그림 23과 같이 탈과봉을 설계 제작하였다.

- ① 탈과력 발생장치로는 충격(타격)형 모델을 선정하였으며,
- ② 탈과의 타격점으로는 잎줄기가 매달려 있는 잔가지로 결정하였고, 다) 탈과봉의 운동방법으로는 회전운동으로 결정하였고,
- ③ 탈과동력 전달축에 잎줄기 및 잔가지의 감김현상을 방지하기 위하여 실린더 블록(cylinder block)을 그림 23과 같이 우레탄으로 직경 110 mm와 두께 40 mm로 설계·제작하였으며,
- ④ 실린더 블록의 머리부분은 원추형(tapered block)으로, 끝부분은 반원형으로 제작하여 잔가지의 사이로 왕복직선운동을 할 때 잔가지와의 걸림을 최소화 하였고,

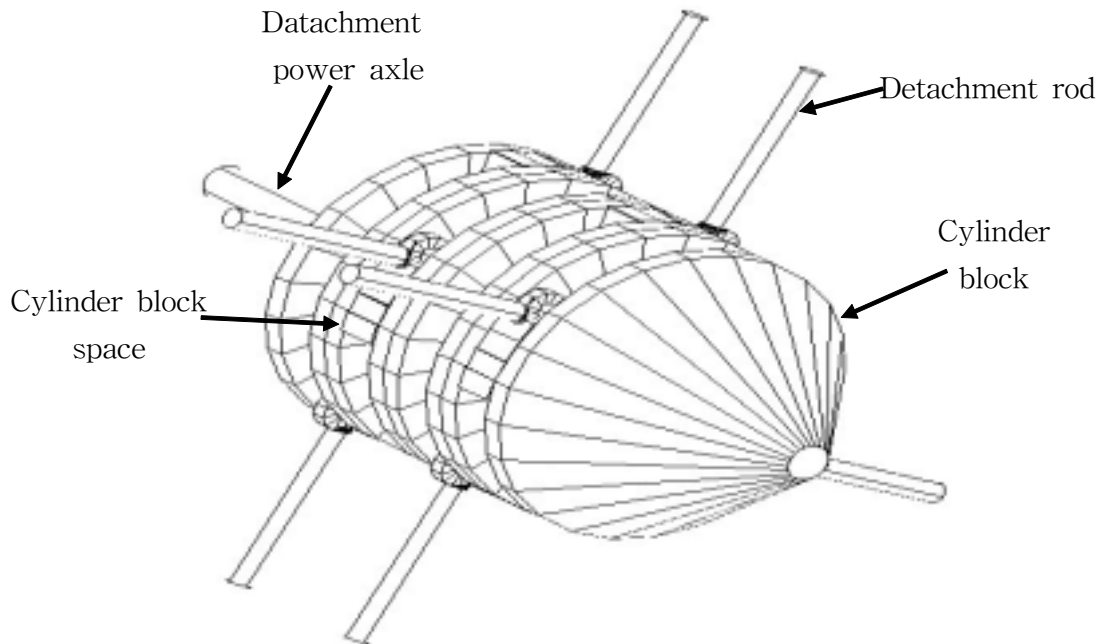


Fig 23. Detachment unit.

- ⑤ 탈과봉으로는 ①우레탄봉, ②우레탄피복강선, ③우레탄피복강봉 중에서 ③의 우레탄 피복 강봉을 선택하였고, 강봉의 직경 8 mm, 길이 75 mm인 우레탄호스(내경 8 mm, 외경 12 mm)에 삽입하여 조립하였고, 1개 실린더블록에 2개의 탈과봉을 부착하여 전체 4개의 실린더블록에 8개의 탈과봉을 45°간격으로 배열하였으며,
- ⑥ 탈과봉의 장착방법으로는 힌지형으로 설계 제작하여서, 타격시에는 기립하고, 타격 후에는 실린더 블록의 홈 속으로 들어가 회전할 때 타격봉으로 인한 가지나 잎줄기의 감김 현상이 없도록 하였고,
- ⑦ 탈과봉의 표준 회전수는 400 rpm으로 설정하였다.

## 제 4절 탈과조종장치

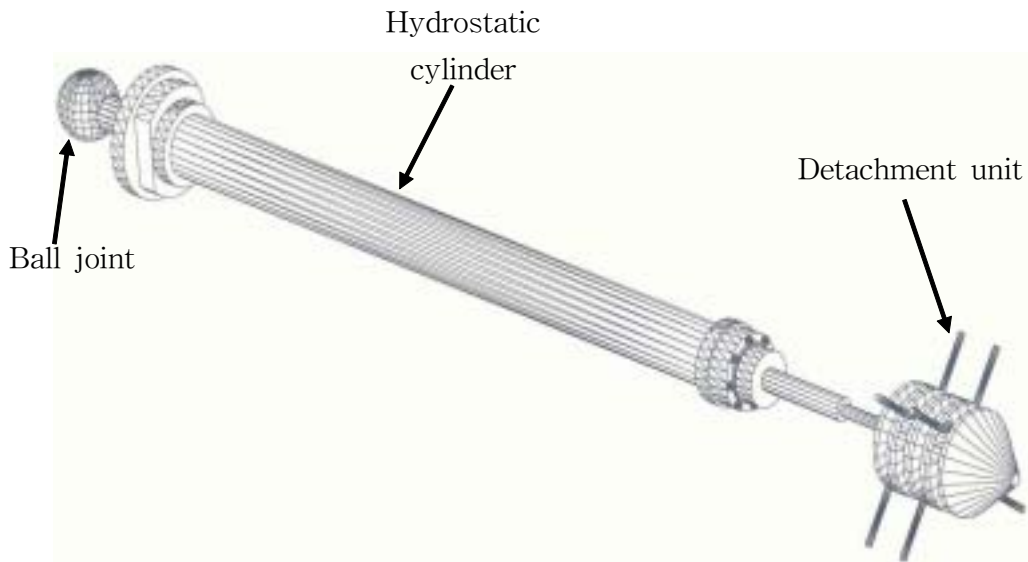
한그루 대추나무의 열매를 수확할 때 장대로 수없이 두드리는 것과 같이 1개 나무에서도 타격점이 매우 많고, 한 개의 작업지점에서 작업부위의 상하 좌우 위치의 많은 타격점에 대한 탈과작업이 가능해야 되고, 하루에 8시간 계속 작업하여도 경작업으로 큰 피로감을 느끼지 않을 정도이고, 작업성능이 수작업(手作業)의 수준 이상이어야 한다. 따라서 탈과조종장치의 설계 방향을 다음과 같이 설정하였다.

### 1. 설계 방향

- 가. 조종대(뿔)의 길이를 가변 작동되도록 한다.
- 나. 조종대를 상하 좌우 방향으로 자유롭게 작동되도록 한다.
- 다. 탈과장치의 실린더 블록의 접근방향이 수형에 맞도록 가변적이어야 한다.
- 라. 조종작업이 경작업이어야 한다.

### 2. 탈과조종장치의 설계 및 제작

#### 가. 1차 설계



**Fig 24. Detachment locating telescope type double acting hydrostatic cylinder.**

기계의 구조가 간편하면서도 조종대의 길이를 조절할 수 있고, 조종대의 방향전환을 좌우 상하 자유롭게 임의로 360° 조종할 수 있는 개념 하에서 그



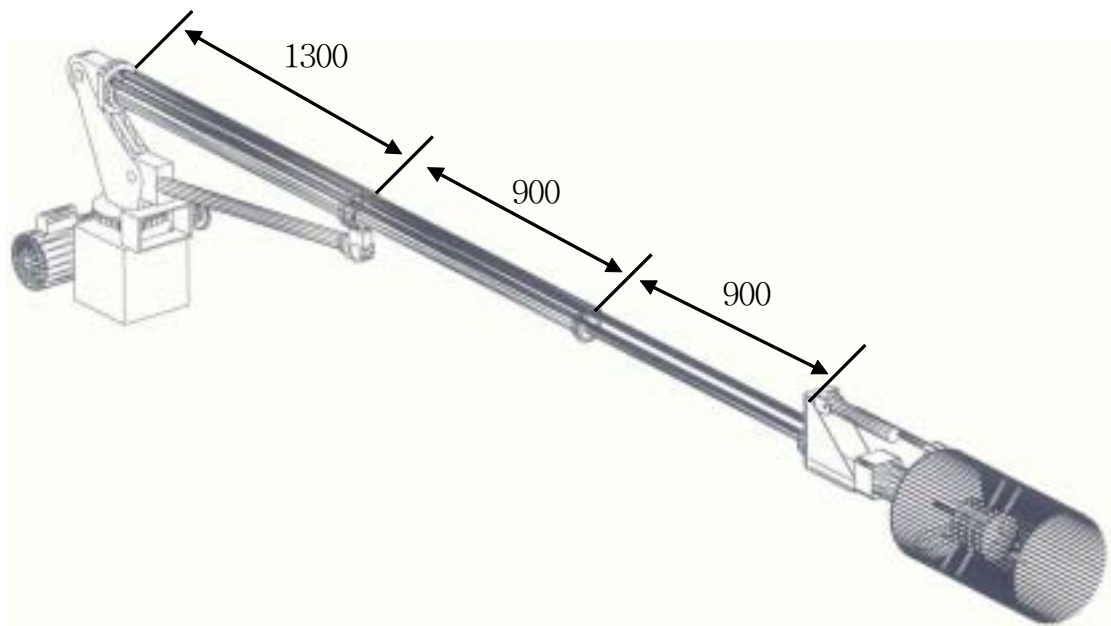
림 24와 같이 조종대는 2단 왕복 유압실린더를 이용하였고, 이 조종대의 하단은 프레임에 볼 조인트(Ball joint)로 장착시켰다.

작업의 편의성을 도모하고자 작업자는 앉은 자세에서 수행하도록 하였고, 조종대 상의 손잡이의 위치는 앉은 자세에서 손이 쉽게 닿을 수 있는 곳에 두고, 손잡이에 탈과장치의 스위치와 유압작동 스위치를 모두 부착시켰다.

탈과장치와 조종대의 하중이 작업각도가 클 때 즉 대추나무의 상부 수확 시에는 볼 조인트에 주로 미치므로 작업자에게 크게 부담이 되지 않지만, 대추나무의 하부작업 시에는 탈과장치와 조종대의 무게가 볼 조인트에게 주는 힘보다도 작업자에게 큰 하중을 미치므로 조종작업이 중작업(重作業)이 되리라 예상되어서 시스템을 재검토하게 되었다.

#### 나. 2차 설계 및 제작

탈과장치의 무게를 경량화하고자 전동기 180 W를 이용하였지만, 이에 실린더 블록, 탈과봉, 집과살의 무게가 가산되어서 합계가 약 20 kg이 되었고, 그리고, 조종장치의 자중 약 15 kg을 합산하면, 35 kg 이상이 되고, 탈과장치를 조종대의 끝부분에 장착시킴으로 작업자에게 주는 하중이 과다하다고 판단되어 제어기능을 모두 동력화 시켰다.



**Fig 25. The final design of the detachment unit.**

그림 25에서 보는 바와 같이 대추나무의 수고 3 m를 고려하여 탈과조종대로 길이 3100 mm의 2단 왕복유압실린더를 선정하였다. 이 실린더의 1단 스트로크 900 mm와 2단 스트로크 900 mm로 도합 1800 mm의 길이의 조절기

능을 갖도록 하였다.

조종대 실린더를 완전히 전진시켰을 때 실린더 끝부분에 장착시킨 탈과장치의 무게에 의한 휨발생을 방지하기 위하여 1단 실린더의 스톱퍼(stopper)는 50 mm에 두었다. 그러나 2단 실린더의 스톱퍼는 유로 때문에 여유의 물림을 갖지 못하였다.

따라서, 조종대 실린더의 휨강도를 보강하면서 실린더의 단면의 원형으로 인한 좌우 방향의 회전을 방지하기 위하여 직경 20 mm 가이드봉(그림 26)을 1단 실린더는 2단 실린더 위에, 2단 실린더는 회전판에 고정되어 있는 3단 실린더에 3개씩 고정시켜서 조종대 실린더의 좌우방향의 움직임을 방지하고, 오직 1단 및 2단 실린더는 실린더 축 방향으로만 작동하도록 하였다. 3개의 가이드봉이 서로 이탈하지 않고 함께 동시에 이동하도록 링에 부착시켰다. 실린더의 작동속도는 실린더의 가속도로 인한 진동과 수확작업 성능을 고려하여 50 mm/s로 설정하였고, 이에 맞는 유압발생장치를 구입·설치하였다.



**Fig 26. Assembly of supporting bar of the detachment locating hydrostatic cylinder.**

조종대의 전후 방향전환은 수직 90° 에서 수평 0° 까지 전환 작동될 수 있도록 조종실린더를 회전판과 3단 실린더 사이에 3절링크 시스템으로 장착시켰다.

조종대의 좌우 방향전환은 3단 실린더의 밑 부분과 프레임 사이에 베어링이 내장된 원판 회전판을 설치하여 탈과작업각도 이내에서 인력으로 손쉽게 회전시킬 수 있도록 설계·제작하였다.

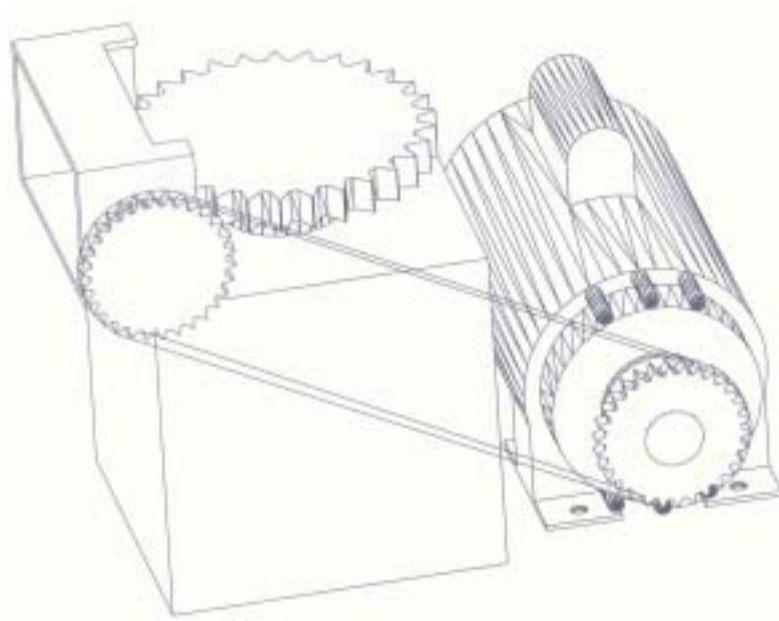
조종대가 타격점까지의 거리조종, 전후 및 좌우방향의 회전기능을 갖추었지만, 대추나무 높이 상중하 위치에 따라 수형이 크게 달라짐으로서 탈과장치의 실린더블록 중심축을 수형의 변화에 잘 적용되도록 실린더 블록의 중심축의

방향 전환기능이 필요하였다. 따라서 중심축으로부터 45° 정도 상향 전환시킬 수 있도록 탈과장치의 전동기와 조종대 1단 실린더 끝과의 사이에 조종실린더를 3절 링크시스템으로 장착시켰다.

조종대의 실린더를 완전 후진시킬 때 조종대의 길이가 1300 mm이며, 이에 추가되는 길이로 탈과장치의 집과살의 길이 500 mm, 그리고, 링크시스템 446 mm, 합계 2246 mm로서 시작기의 프레임의 내부에 663 mm, 그리고, 프레임 외부로 1583 mm가 돌출된다. 이 돌출부분이 시작기의 주행 이동시에 안전성을 위협하므로 조종대를 프레임 내부로 회전 이동시켜 안정시킬 수 있는 조종대 받침과 회전 이동시 조종대의 충격을 예방하기 위해 보호대를 설치하였다.

#### 다. 문제점의 개선

조종대가 작동 중에는 농장 지면의 요철과 실린더의 전후진 운동 때의 중심 이동 때문에 불안정한 상태에서 좌우 방향으로 계속 움직였고, 이 불안정한 상태에서 10개의 작동스위치를 조작하는 일은 매우 비효율적이었다. 즉, 두 손 중에 한 손은 조종대의 좌우 방향 전환작동 외의 조작을 할 수 없었다. 따라서 조종대의 좌우방향의 전환작동을 동력으로 제어하였다. 그림 27에서 보는 바와 같이 회전판 밑의 원형의 위엄 휠 밑에 워름을 조합한 워름기어로 결합시키고, 이 워름기어를 전동기로 0.8 rpm속도로 작동하도록 설계·제작하였다.



**Fig 27. Worm gear.**

## 제 5절 집과장치

집과작업은 수확작업의 공정에서 탈과작업에 이어서 이루어지는 작업이다. 탈과된 열매를 집과하는 방법에는 ㉠낙하중집과(落下中集果)와 ㉡지상낙과집과(地上落果集果)가 있다.

낙하중집과의 특성은 다음과 같았다.

- ① 낙하중집과장치는 수확기계의 본체와 일체화 할 수 있다.
- ② 낙하중집과작업은 탈과작업과 정선작업 사이의 중간작업으로 연계하여 일관성을 갖는다.
- ③ 낙하중집과방법에는 열매와 혼합되어 있는 이물질이 잎과 잎줄기로 단순하여 정선작업이 수월하고, 정선효율이 양호하다.
- ④ 일정한 높이에서 집과작업이 이루어질 때 집과작업과 이송작업은 중력에 의하여 단조롭게 수행될 수 있다.
- ⑤ 낙하중집과를 나뭇가지 사이에서 수행하는 경우에 공간이 매우 좁아서 집과장치를 설치 할 때와 퇴치할 때 나뭇가지가 장애물이 된다.

지상낙과집과의 특성은 다음과 같았다.

- ① 탈과작업과는 별개로 분리된 시스템이 된다.
- ② 대추농장의 토양표면은 요철이 심하다.
- ③ 대추농장의 지면위에는 잡초, 흙덩이, 자갈 등 이물질이 많고, 이들과 열매, 잎, 잎줄기 등이 혼합되어 있는 경우에는 정선작업이 매우 어렵다.

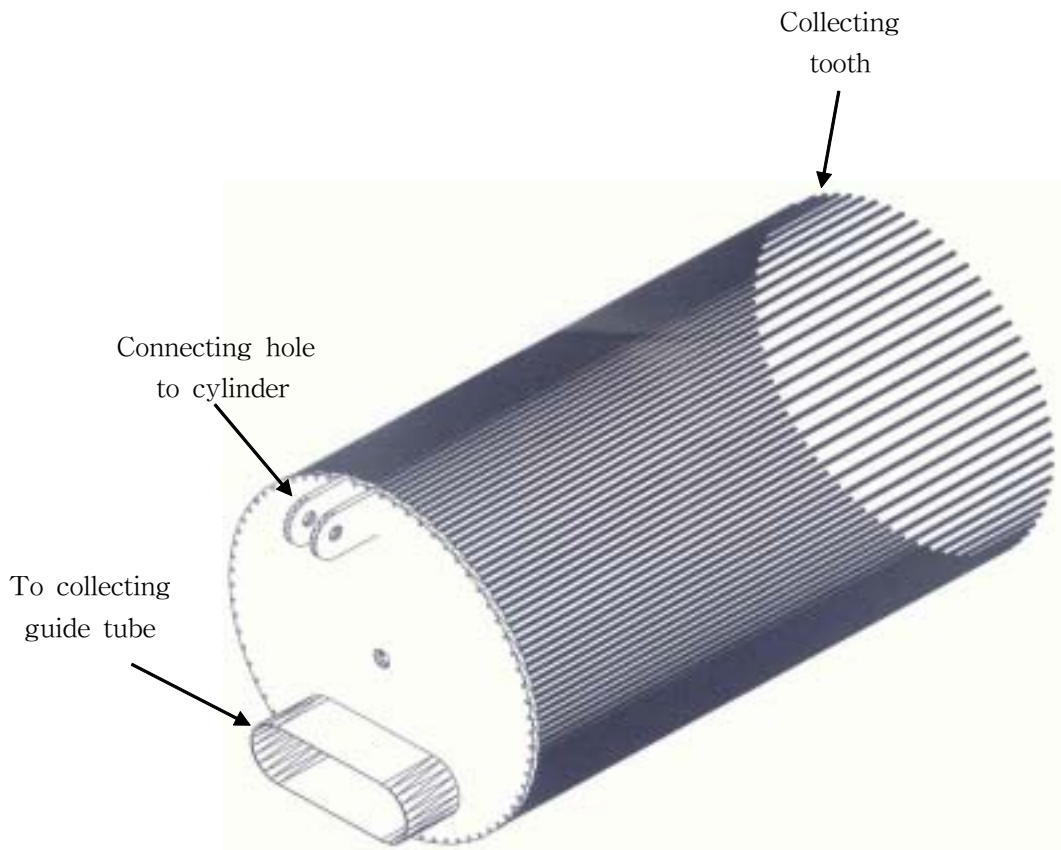
두 집과방법을 검토한 결과, 기계화하기에는 지상낙과집과보다는 낙하중집과방법이 더 유리하다고 판단되어 본 연구에서는 낙하중집과방법을 선정하였다.

낙하중집과방법에는 탈과장치에 부착하여 탈과작업과 정선작업과의 연계성을 갖는 ㉠탈과장치 부착형 집과장치와 수확기 본체와는 별개로 대추나무의 밑의 공간에 설치하는 ㉡독립형 집과장치가 있다.

### 1. 탈과장치 부착형 집과장치

탈과장치에 집과기능을 부여함으로써 일체형으로 기계의 크기가 작고, 그리고, 탈과공정과 집과공정 및 정선공정 등의 연계작업을 통하여 작업의 효율성을 크게 올릴 수 있는 장점이 있지만, 잔가지의 밀도가 크고, 잔가지 사이의 작은 공간을 이용해야하는 제약여건이 큰 과제였다.

잔가지의 사이에서 탈과된 열매를 직접 집과할 수 있는 집과시스템을 그림 36 ㉢과 같이 설계 제작하였다.



**Fig 28. Collecting unit.**

집과시스템의 주요구조는 집과살, 집과물이송관, 자루로 구성하였다.

가. 집과살(그림 28)

집과살의 설계기준

- ① 탈과장치를 360° 완전히 감싸서 열매 비산손실을 방지한다.
- ② 장치의 크기를 최소화하여 작업의 편의성을 도모한다.
- ③ 탈과 및 정선장치와 연계성이 있어야 된다.
- ④ 수관 내외부의 작업에서 집과기능의 지속성을 갖추어야한다.
- ⑤ 잔가지의 다양한 수형 및 크기에 적용할 수 있어야 한다.

상술한 설계기준에 맞추어 집과살을 2중으로 설계하였고, 제작은 작은 집과살(직경 400 mm 및 길이 500 mm)을 우선적으로 제작하여 탈과장치에 장착시켜 집과기능을 탈과실험이 진행되는 동안 계속 검토하였다.

집과살의 간격을 대추열매의 크기와 대추나무 잔가지의 직경을 고려하여 결정된 약 10 mm은 수관 내부를 제외한 외부 작업에 있어서는 큰 문제점은 없었으나, 수관 내부의 큰 가지의 직경부위의 접근은 불가하였다.

탈과작업이 집과살 내부에서 탈과봉이 열매 또는 잎줄기와 잔가지를 직접 타격하면서 탈과작업이 정상적으로 진행 될 때에는 열매의 이탈현상이

거의 없었고, 집과살 밖에 있는 열매는 타격력이 미치지 않아서 열매가 떨어지지 않았기 때문에 집과 기능에는 아무런 문제가 없었고, 집과율은 96% 이상으로 나타났다.

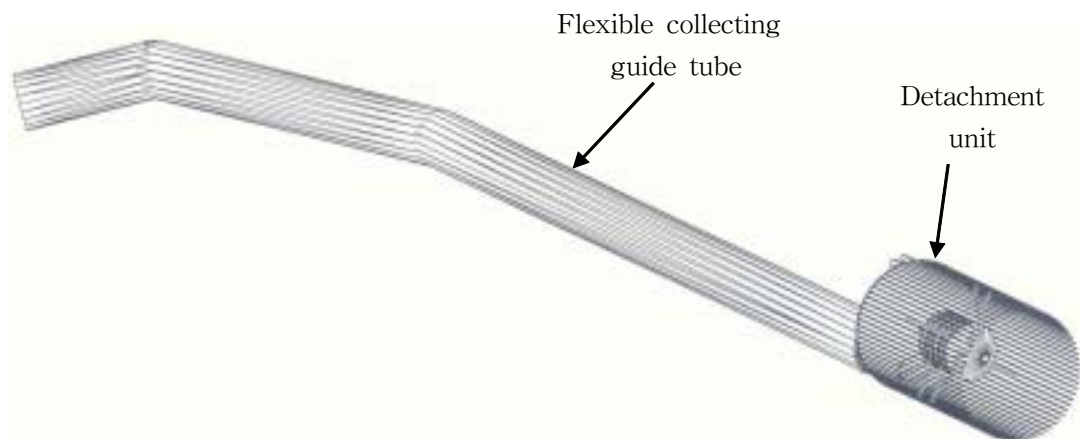
그러나 잔가지의 밀도가 과밀하거나, 탈과봉이 대추나무가지를 휘감거나 안고 회전할 때에는 열매가 집과살에 부딪쳐 손상을 입었고, 집과살 밖에 있는 열매가 회전충격으로 떨어지고 이탈하기도 하였다. 따라서 탈과장치의 연구에서 가지를 휘감거나 안고 회전하는 현상을 방지하였다.

이 집과살의 보완점으로 사료되는 항목은 다음과 같았다.

- ① 수관 내부의 탈과작업이 가능하도록 탈과장치에 집과살의 장착방식을 가변적으로 할 것.
- ② 강선으로 제작한 집과살이 너무 무거워 가벼운 재료로 대체할 것.
- ③ 집과살의 강선의 장착방식은 조립식으로 할 것.
- ④ 본 집과살에서 이탈되는 소량의 열매를 재 집과할 수 있는 2차 집과장치를 보완 설치하는 것.

#### 나. 집과물 이송관

집과살로 받은 탈과물을 정선장치로 이송시켜야한다. 정선장치는 일정한 장소에 장치되어 있고, 탈과점은 정선장치로부터 거리와 방향이 매순간 바뀌므로 이송관 자체가 유연하여 이 요구에 응할 수 있어야 한다. 또한 값이 저렴하고, 손쉽게 구할 수 있어야 된다.



**Fig 29. Flexible transfer tube of collecting guide.**

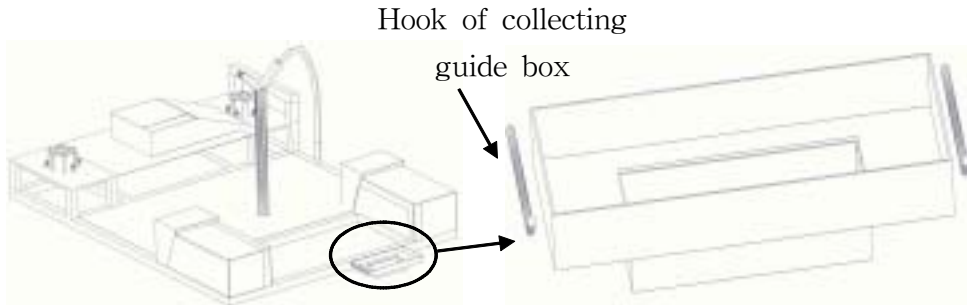
현재 환경시설용 후드로 널리 사용되고 있는 자바라식 주름호스가 합성수지로 만든 호스 속에 코로이드 강선이 내장되어 있어서 상술한 조건에

가장 적합한 재료라고 사료되어 이 자바라식 주름호스를 집과물 이송관(그림 29)으로 선정하고, 사용하였다.

이 주름호스는 탈과조종대를 상향으로 전진시켰을 때는 정상적으로 기능을 발휘하였지만 후진시켰을 때는 주름호스 중간부분이 아래로 처져서 이송기능보다는 호스 중간에 집과물이 고여 있는 현상이 발생하였다.

#### 다. 자루(상자)

탈과장치로 탈과된 탈과물이 집과살과 집과물 이송관을 통하여 정선장치에 투입되고, 이장치를 통과하는 과정에서 정선된 후 최종적으로 대추 열매만 남는다.



**Fig 30. Collecting guide box.**

이 열매를 담기 위하여 정선판 밑에 자루걸이(그림 30)에 자루를 걸거나 자루걸이 밑에 상자를 놓도록 하였다. 정선판이 경사로 설치되어 있어서, 열매나 잎과 함께 미끄러져 내려올 때는 튀김의 현상이 없으나 열매가 홀로 내려올 때는 가속이 붙어 튕현상이 발생한다. 이 튕현상으로 인한 손실을 방지하기 위하여 튕방지판을 정선판에 설치하였다.

## 2. 독립형 집과장치

### 가. 설계 기준

탈과장치 부착형 집과장치의 집과살이 대추나무의 잔가지에 끼어 있는 상태로는 탈과장치가 상하 좌우로 이동함이 불가능하여 수확작업성능의 확대에 큰 장애요인이 되고 있었다. 따라서, 이 장치는 탈과장치와 일체형이 아닌 별개로 구성한 독립형 집과장치였다.

이 독립형 집과장치의 설계 기준은 다음과 같이 설정하였다.

- ① 탈과장치의 조종을 자유롭게 할 수 있도록 탈과장치와는 별개로 구성한다.



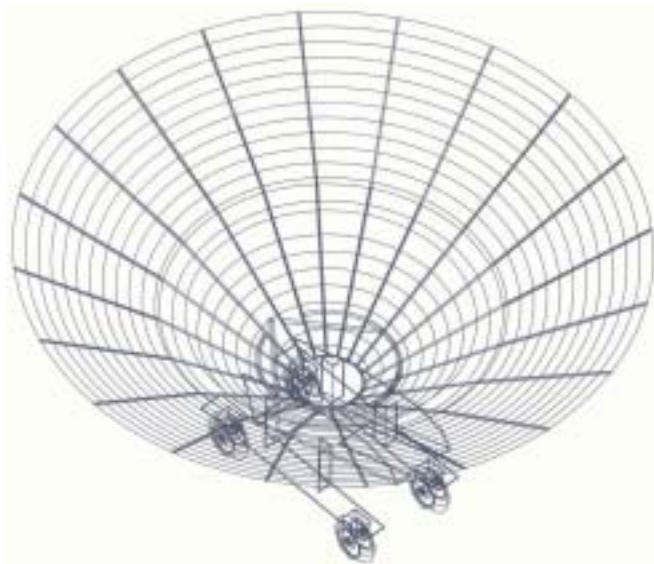
- ② 대추나무 한그루를 집과대상으로 한다.
- ③ 집과장치의 설치 및 퇴치를 간편하게 한다.
- ④ 집과장치의 운반 및 이동을 간편하게 한다.
- ⑤ 대추나무의 그루터기 주변의 공간을 활용한다.

나. 설계 및 제작

대추나무 한그루를 완전히 감싸기 위하여서는 대추나무의 재식거리와 수고를 고려하여 수평거리로 반경 약 4 m가 되어야한다. 독립형 집과장치의 직경이 8 m가 됨으로 형태가 매우 크므로 설치하거나 퇴치할 때 혹은 운반할 때 취급하기가 매우 불편하다. 대추 농장의 지면도 평탄하지 않고, 또한, 대추나무 밑 부분의 공간을 집과장치가 완전히 점유하면 탈과 작업의 공간이 여유롭지 못하다.

따라서, 열매의 비산 방향과 작업공간을 고려하여 독립형 집과장치(그림 31)의 기본 형상은 V자형으로 설정하고, 집과날개(그림 31)는 펴고 접는 방식으로 취급하기에 편의성을 도모하고, 설치와 퇴치작업을 단순화하도록 가이드 링 시스템을 응용하고, 운송하기 편리하도록 프레임에 2개의 바퀴와 다단식 손잡이를 장착하고, 프레임의 밑에 자루를 걸도록 설계·제작하였다.

본 시작기의 제작에서 가공의 편의성과 제작비를 고려하여 강선과 강봉 및 강판을 이용하였기에 무게가 무거웠고, 집과날개의 강선에 휨의 현상이 발생하였으며, 가이드 링 시스템의 작동이 정확하지 못하였다.



**Fig 31. Collecting unit of independent type collection unit.**



## 제 6절 정선장치

### 1. 설계 기준

탈과된 열매는 잎과 잎줄기 등의 이물질과 혼재된 상태로 수집이 되므로, 정선과정이 필요하다. 이물질이 잎과 잎줄기로 구성되어 있어서 풍력에 의한 정선방법이 가장 효율적이라 판단되어 다음과 같은 설계기준을 설정하였다.

- ① 열매, 잎, 잎줄기 등의 종말속도를 기준하여 풍력에 의한 정선방법으로 한다.
- ② 집과공정과 연계한다.
- ③ 정선용량은 시작기의 탈과성능에 맞춘다.

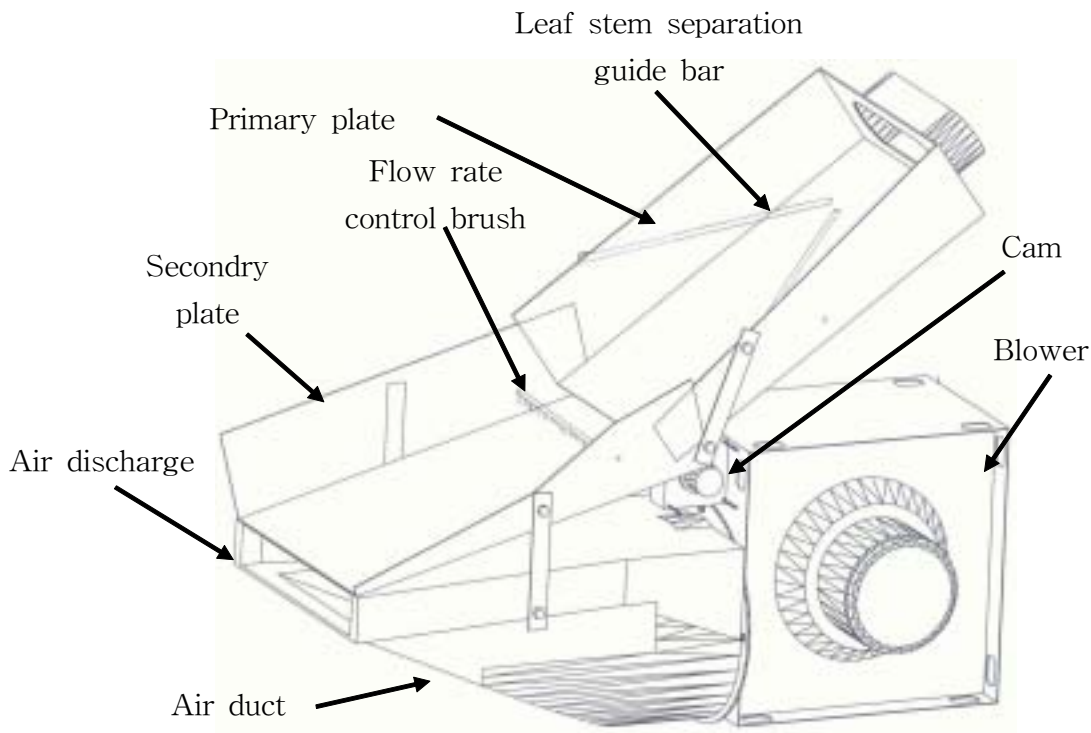


Fig 32. Cleaning unit of the prototype jujube harvester.

### 2. 설계 및 제작

정선장치의 주요구조는 ㉠ 정선판 ㉡ 송풍기 및 에어덕트 ㉢ 요동장치로 구성하였다.

#### 가. 이송 및 집열

열매는 탈과될 때부터 잎, 잎줄기 및 잔가지 부스러기 등과 함께 혼재된 상태로 집과장치를 거쳐 정선장치로 이송된다. 탈과물은 탈과작업시에 집중적으로 산출되고, 탈과물 이송관 내에서 유동이 불균일하여 탈과물의 투입율은 일정하지 않았다. 따라서 정선작업의 준비공정으로 탈과물의 유동량을 일정하게 하고 유동을 원활하게 하게끔 1차 정선관은 집열의 기능을 갖도록 하였다.

집열된 탈과물이 비교적 일정한 량으로 2차 정선관을 통과 할 때 한번 더 유동량을 조절하도록 2차 정선관에 공급량 조절술을 설치하였다.

탈과물이 1차 및 2차 정선관을 가지런히 아랫방향으로 유도하도록 1차 정선관을 약  $40^\circ$ , 2차 정선관은 약  $30^\circ$  로 경사지게 설치하였고, 1차 및 2차 정선관에 요동운동을 동시에 유발시키고자 캠을 설치하였고, 이 캠을 전동기로 작동시켰다.

#### 나. 정선관 폭과 잎줄기 분리

정선관의 폭은 잎줄기의 길이를 고려하여 30 cm로 설계하였고, 열매가 붙어 있는 잎줄기는 탈과 된 열매와 분류 또는 정선하는 것이 풍력(종말속도의 차이)으로 불가능하므로 1차 정선관에 잎줄기 가이드봉을 설계도에 나타낸 바와 같이 정선관을 따라 아랫방향으로 유동될 때 잎줄기는 잎줄기 분리 가이드봉을 따라 정선관 밖으로 흘러 나가도록 유도하였다.

#### 다. 송풍기 및 에어덕트

에어덕트의 토출구의 가로 폭은 정선관의 폭과 동일하게 30 cm로 설계하였고, 세로폭은 10 cm로 설계하여 풍속이 10~15 m/s가 발생되도록 풍량 1200 m<sup>3</sup>/h의 LGA 소형시로코 팬(model : TFB-F19DSC)를 장착하였다.

풍속 10~15 m/s는 열매의 종말속도 15~20 m/s와 잎 내지 잎줄기(열매가 붙어있지 않음)의 종말속도 1~2 m/s를 기준하여 중간 값으로 설정하였고, 풍속의 손실이 작고, 정선평효율을 증대시키고자 에어덕트의 토출구를 2차 정선관 끝부분의 바로 밑에 설치하였다.

## 제 7 절 프레임 및 주행장치

### 1. 프레임 및 동력원

프레임 (그림 33)의 규격은 충남 보은지구와 경북 경산지구에 산재한 대추 농장의 재식거리 및 수고 그리고 기계 안전성을 고려하여 길이×폭×높이 : 1700(L)×1320(W)×230(H) mm로 설계하였고 40 mm 사각관의 주철관 및 강관으로 제작하였다.

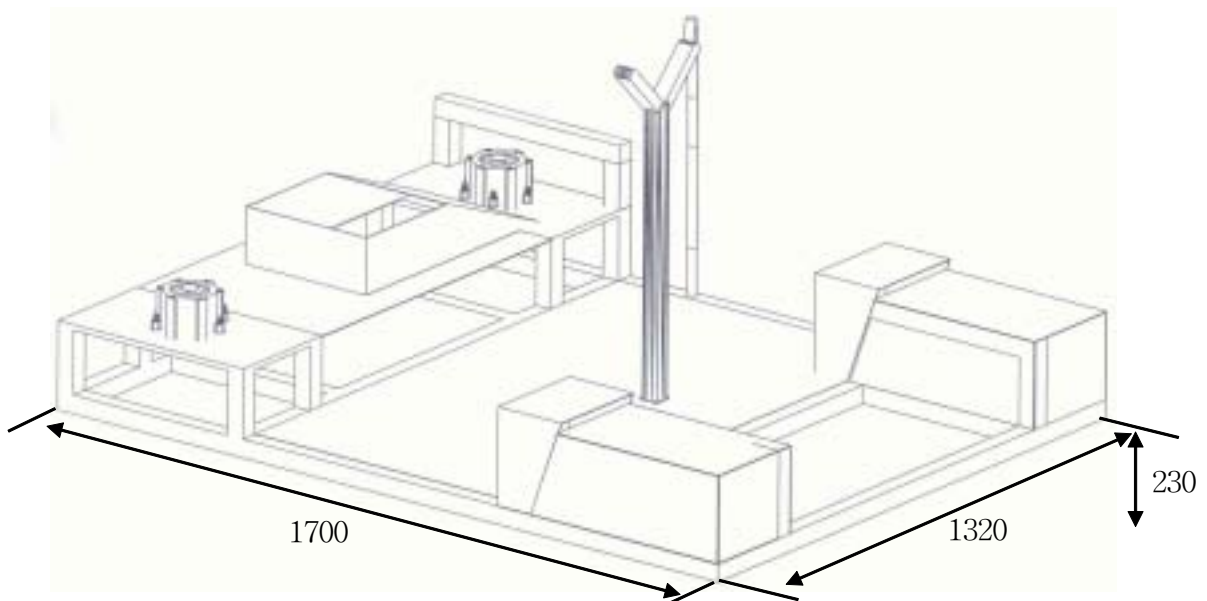


Fig 33. Main frame of the prototype mechanical jujube harvester.

프레임 폭의 중앙위치에 탈과조종대를 설치할 때 프레임의 측면으로부터 외부로 돌출되는 길이가 최대 3386 mm까지 이르게 되었고, 또한 탈과조종대의 끝 부분에 탈과장치의 무게 약 20 kg과 탈과장치 굴절 시스템의 무게 약 10 kg이 장착되어 있기 때문에 기계의 안전성을 고려하여 프레임의 길이와 폭을 결정하였다. 프레임의 높이는 수확작업의 위치를 낮게 하여 작업의 효율을 증대시키고 기계의 안전성을 최대한 확보하기 위하여 가능한 낮게 설계하였다.

프레임의 재료 선정에서도 가공하기 쉽고 체적중량이 큰 주철관과 강관을 사용하여 프레임의 자체 중량 약 140 kg이 기계의 안전성에 기여하도록 하였다.

동력원은 탈과장치의 경량화와 동력 전달 장치의 단순화를 고려하여 시작기의 주 동력원으로 엔진 부착형 발전기 5 kW와 각 주요 장치의 용량에 알맞는 모터를 채택하였다.

동력 전달 시스템은 발전기, 모터, 감속기, 중앙축, 최종 전달 장치 순으로 구성하였고 각 주요 장치의 작동 및 멈춤은 중앙 제어 시스템(제 8절)으로 설계 제작하였다.

## 2. 주행 시스템

대추 과수원의 지표면이 경북 경산지구는 비교적 평평하였으나 충남 보은 지구를 비롯하여 타 지역은 거의 구릉지에 분포되어 경사가 있었으며 또한 재식 방법에 따라 표면이 평탄하지 못하였다.

토양 표면도 비교적 습윤 상태라 발자국이 생길 정도로 토양강도가 크지 못하였다. 이러한 환경에서 알맞은 주행 시스템은 무한궤도형이 바퀴형보다 장점이 많겠지만 시작기의 제작상의 어려움 때문에 본 연구에서는 바퀴형으로 설계하였다.

구입하기 용이하고 러그가 잘 갖추어져 있으며 시작기의 크기를 고려하여 직경과 폭이 각각 400 mm와 100 mm인 관리기용 바퀴를 사용하였다.

주행속도는 대추나무의 재식 거리가 2~8 m의 짧은 거리를 고려하여 10~15 cm/s로 설정하였다. 동력원은 200 W 모터를 후륜에 각각 장착시켰고 동력 전달 과정에서 모터의 회전수를 최종적으로 5~6 rpm 정도로 감속시켜 설정 주행 속도가 되도록 설계 제작하였다.

조향 장치는 시작기의 주행속도가 12 cm/s 정도로 매우 저속이고 짧은 거리의 조향이라 4절 링크 시스템을 이용하여 조향 레버로 작동되도록 설계 제작하여 전륜에 장착시켰다. 전후진 작동은 중앙 제어 시스템(제 8절)으로 설계 제작하였다.

## 제 8 절 제어장치

### 1. 제어기능

제어해야 할 주요장치는 탈과조종대, 탈과장치, 정선장치, 주행장치, 유압발생장치 등이며 각 장치별 제어기능은 다음과 같았다.

#### 가. 탈과조종대

탈과조종대의 밑 부분은 프레임에 장착되어 있고, 윗 부분에는 탈과장치가 장착되어 있어서, 윗 부분은 대추나무의 타격점에 따라 상하 좌우 방향과 거리별로 자유롭게 조종이 제어되어야 한다. 세부적인 제어기능은 다음과 같았다.

- ① 조종대 전진 및 후진 작동 제어
- ② 조종대 전후 방향 굴절 작동 제어
- ③ 조종대 좌 방향 회전 작동 제어
- ④ 조종대 우 방향 회전 작동 제어

#### 나. 탈과장치

탈과장치가 대추나무의 어느 한 위치에서 탈과작업을 마치고 다른 한 위치로 조종 이동되면 잔가지의 수세에 탈과장치의 실린더 블록의 방향이 변화하므로 탈과장치의 상하 굴절 운동 제어가 필요하다.

아울러 탈과작업의 작동과 멈춤의 제어기능이 필요하였다. 즉 다음과 같은 제어기능이 필요하였다.

- ① 탈과장치축의 상하 굴절 운동 제어
- ② 탈과작업의 작동과 멈춤의 제어

#### 다. 정선장치

정선 작업의 과정에만 요구되는 송풍기와 요동 운동의 제어기능 즉 다음과 같은 제어기능이 필요하다.

- ① 송풍기의 작동과 멈춤의 제어
- ② 요동 캠의 작동과 멈춤의 제어

라. 주행장치

두 개의 뒤 바퀴에 각각 1개씩 전동기를 장착시켜 구동하고 있으며 이에 클러치 대신에 다음과 같은 제어기능이 필요하였다.

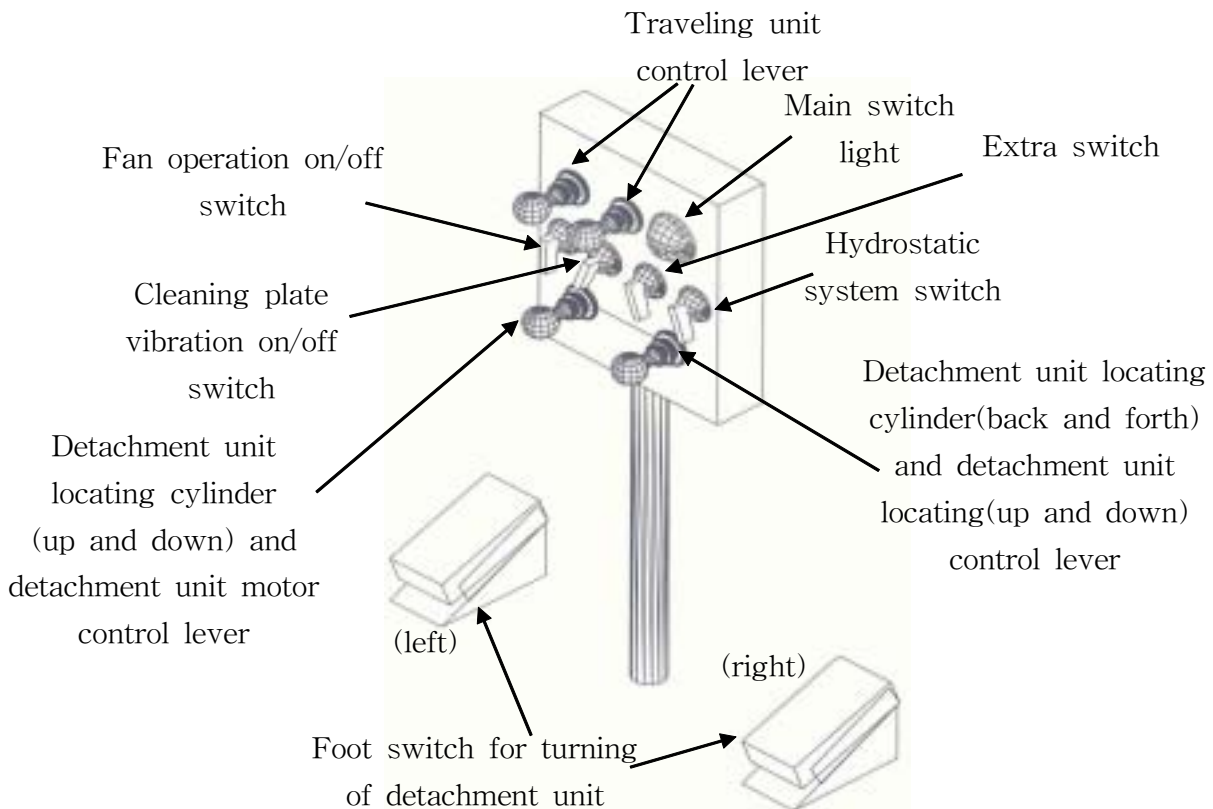
- ① 후좌륜의 작동과 멈춤의 제어 그리고 전후진 제어
- ② 후우륜의 작동과 멈춤의 제어 그리고 전후진 제어

마. 유압 발생 장치

수확 시작기가 일정한 장소에 정지된 상태에서 수확 작업이 진행되는 동안 3개의 유압 실린더를 작동한다. 이에 필요한 제어기능은 다음과 같다.

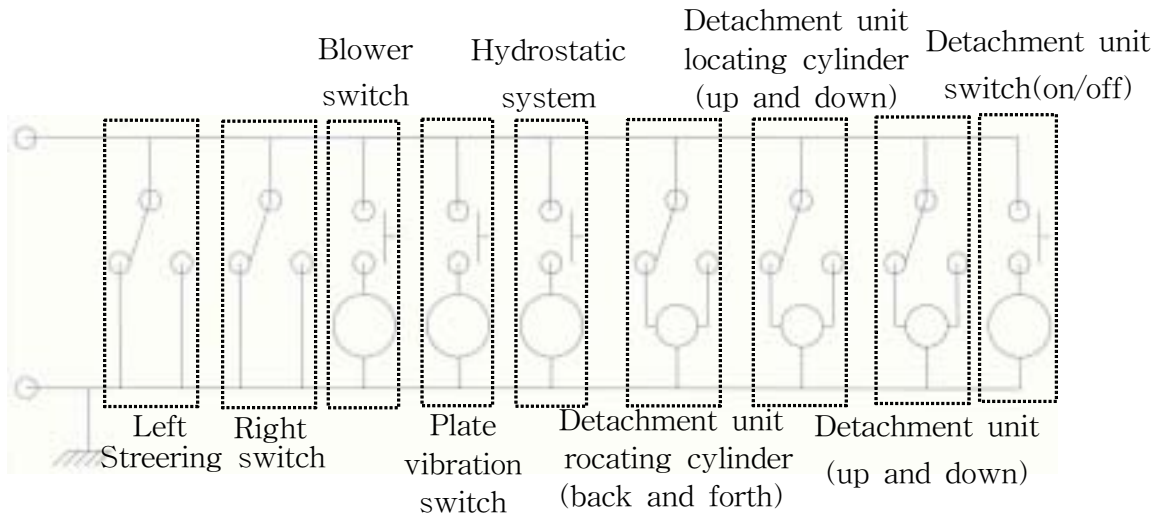
- ① 유압 발생 장치의 작동과 멈춤의 제어

2. 회로도 구성 및 작동 판넬



**Fig 34. Electric operation control panel and foot switch.**

상술한 제어기능의 특성을 ㉠주행제어 ㉡탈과작업제어 ㉢정선작업제어 등으로 분류할 수 있다.



**Fig 35. Electric circuit of the control panel.**

가. 주행제어

주행은 탈과작업이나 정선 작업이 정지된 상태에 이루어지므로, 좌륜과 후륜의 제어기능은 각각 전진 운동-멈춤-후진운동을 갖도록 회로도를 구성하였고, 조작은 레버 스위치(lever-switch)를 선택하여 좌우 손으로 각각 독립적으로 쉽게 작동하도록 배열하였고, 레버 스위치를 중앙 위치에 놓으면 정지하고, 앞으로 밀면 전진 운동을 하고, 앞으로 당기면 후진 운동을 하도록 설계 제작하였다.

수확 시작기의 급선회시에는 이 주행 제어를 활용하면 편리하고 직진시에는 전륜 조향 레버를 이용하면 편리하도록 설계·제작하였다.

나. 탈과작업제어

탈과작업제어는 탈과조종대 제어기능 4개와 탈과장치 제어기능 2개를 합하여 모두 6개 제어기능을 갖는다. 6개의 제어기능을 거의 동시에 작동함이 수확 작업 성능을 증대시킬 수 있는 방법이었다. 6개의 제어기능을 좌우 손과 발 모두를 활용하여 작동하도록 설계하였다.

작동 판넬에서 보는 바와 같이 레버 스위치 2개와 발 스위치(foot-switch) 2개를 이용하였다.

우측 레버 스위치를 우측 손으로 중앙 위치에 놓으면 조종대의 전후진 작동이 정지한다. 중앙 위치에서 앞으로 밀면 조종대가 전진 운동을 하고,

앞으로 당기면 조종대가 후진 운동을 하고, 또한 중앙 위치의 정지상태에서 좌측방향으로 밀면 탈과장치 축이 아랫방향으로 굴절운동을 하고 다시 중앙위치에 놓으면 탈과장치축이 위 방향으로 굴절 운동을 하여 원 위치에 온다.

좌측 레버 스위치를 좌측 손으로 중앙 위치에 놓으면 조종대의 전후 방향 굴절 작동이 정지하고, 중앙 위치에서 앞으로 밀면 조종대가 아래 방향(앞방향) 굴절 작동을 하고 앞으로 당기면 위방향(뒤방향)으로 굴절 작동을 하고, 또한 중앙 위치의 정지상태에서 좌측 방향으로 밀면 탈과장치가 작동을 하고 다시 중앙 위치에 놓으면 정지한다.

우측 손은 조종대의 전후진 작동 제어와 탈과장치축의 상하 굴절 작동 제어 등 2개의 제어기능을 수행하고, 좌측손은 조종대의 전후 방향굴절 작동제어와 탈과장치 작동제어 등 2개의 제어기능을 함으로 더 이상의 기능을 손으로 작동하는 것은 무리가 올 수 있으므로 조종대의 좌우 방향 회전 작동 제어는 양쪽 발로 수행하도록 고안하였다.

좌측 발 스위치를 좌측 발로 밟으면 조종대가 좌측방향으로 회전하고, 발을 떼면 현 위치에 정지하고, 우측 발 스위치를 우측 발로 밟으면 조종대가 우측방향으로 회전하고 발을 떼면 그 위치에서 정지하고, 두 발을 동시에 밟으면 작동이 되지 않도록 회로를 구성하여 제작하였다.

#### 다. 정선작업제어

정선 작업은 일정한 시간동안 연속 작업이 이루어지므로 송풍기와 요동캠의 작동과 멈춤의 제어기능을 갖도록 개폐 스위치(on-off switch)를 사용하였다.

#### 라. 유압발생작동제어

탈과작업이 수행되는 일정한 시간동안 연속적으로 유압이 필요하므로 작동과 멈춤의 제어기능으로 개폐스위치(on-off switch)를 사용하였다.

#### 마. 제어박스 및 작동 판넬

상술한 바와 같이 주행제어, 탈과작업제어, 정선작업제어, 유압발생작동 제어기능 등을 갖도록 그림 35와 같이 회로도를 설계 제작하여 제어박스(control box)에 설치하였다.

작동 판넬(그림 34) 위에 각종 스위치의 배열은 상단 우측에 메인 스위치 전등을 배치하여 전류의 유무를 확인하도록 하고, 상단 좌측에 주행스위치를 나란히 2개 배열하여 좌우 손으로 작동하도록 배열하였다.



중간 단에는 좌측에 정선작업제어의 개폐스위치 2개와 하나 공간을 남겨놓고 우측에 유압 발생 작동 제어의 개폐 스위치를 나란히 배열하였다.

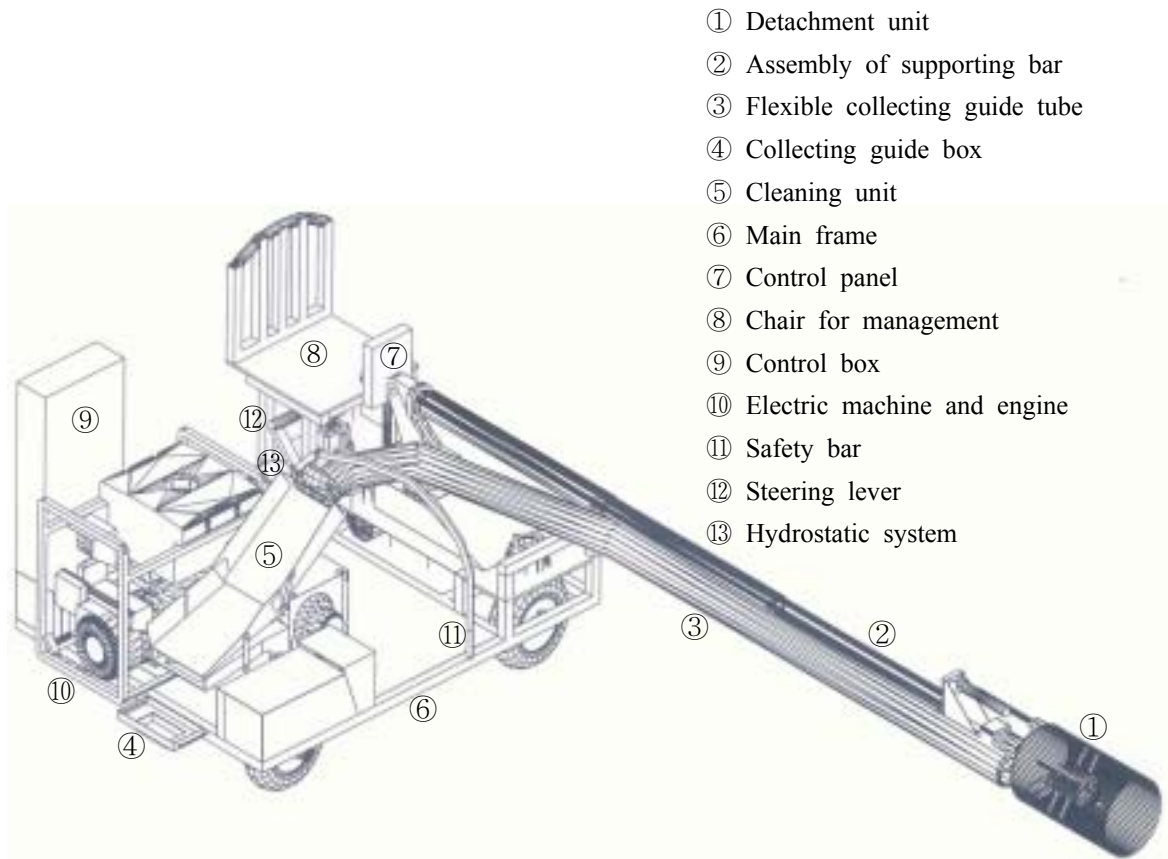
하단에는 대추수확기의 중심기능인 탈과작업 제어의 레버 스위치 2개를 양손이 가장 활동하기 편리한 곳에 나란히 배열하였다.

발 스위치는 작업자가 의자에 앉아서 발이 편안한 자세로 접촉되는 위치에 작동 판넬 좌우 측에 1개씩 배열하였다.

## 제 9절 시작기 설계 및 제작

### 1. 시작기 설계 및 제작

시작기 전체적인 설계도 그림 36에서 보는 바와 같이 ①탈과장치, ②탈과조종장치, ③집과장치, ④정선장치, ⑤제어장치, ⑥프레임 및 주행장치 등의 주요장치로 구성하였다.



- ① Detachment unit
- ② Assembly of supporting bar
- ③ Flexible collecting guide tube
- ④ Collecting guide box
- ⑤ Cleaning unit
- ⑥ Main frame
- ⑦ Control panel
- ⑧ Chair for management
- ⑨ Control box
- ⑩ Electric machine and engine
- ⑪ Safety bar
- ⑫ Steering lever
- ⑬ Hydrostatic system

**Fig 36. Sketch of the prototype jujube harvester.**

주행 시스템을 갖춘 프레임 (1700(L)×1320(W)×230(H) mm) 위에 작업공간과 안전성을 고려하여 우선적으로 탈과조종대의 위치를 프레임의 폭의 중간점과 앞쪽(前側) 끝부분으로부터 240 mm되는 곳에 장착시켰다.

탈과조종대의 상단에 장착된 탈과장치를 이용한 탈과작업이 시작기의 의자 반대 방향인 측방향에서 주로작업이 이루어짐으로 기계의 안정성을 고려하여 주요장치 가운데 가장 무겁고 작업공정과 연계성이 없는 발전기 및 엔진을 탈과조종대의 위치와 대칭되는 반대 측면의 후단에 위치를 설정하였고, 엔진의 배기가스가 의자 반대 방향으로 배출되도록 정치시켰다.

정선장치의 정치위치는 탈과공정과 집과공정과 연계성과 기계의 안전성을 고려하여 발전기와 탈과조종대가 이루는 사각형공간에 설정하였고, 이물질

의 배출방향은 의자반대방향이 되도록 안배하였고, 정선장치의 투입구의 높이는 집과물의 유동에 직접적으로 영향을 끼치므로 가능한 낮추었다.

작업자의 의자의 위치는 탈과조종대를 바라보는 방향으로 프레임의 모서리에 설정하여서 작업자의 체중이 탈과조종대의 무게와 대칭시켜 안전성을 제고시키고, 작업자의 체격에 의자 앞 공간을 조절하도록 의자좌판을 전후방향으로 조절할 수 있도록 조절식으로 장착시켰다.

작동판넬을 탈과조종대와 의자사이의 공간에 앉은 자세의 손높이에 설치하였다.

각 장치의 운동부위는 안전성을 도모하기 위하여 커버로 모두 씌웠다. 그러나, 강수(비)로부터의 보호장치까지는 제작상 어려움이 있어서 갖추지 못하였다.

## 2. 개선점

탈과장치의 집과살의 축방향과 정선장치의 투입구의 축방향이 일치하지 않아 집과물이송관의 기능의 저하현상이 우려되었으며, 열매 집과자루걸이의 위치의 높이가 너무 낮아서 자루공간이 너무 좁았다.

## 제 10절 시작기의 평가 및 개선점

### 1. 탈과장치

#### 가. 탈과 성능

실린더 블록(cylinder block)의 둘레에 있거나 잎줄기의 감김현상은 일어나지 않았고, 실린더 블록의 외부로 돌출된 탈과봉에 의하여 발생하는 감김현상도 탈과봉의 장착방법을 힌지형으로 설계 제작하여서 타격 시에는 기립하고 타격 후에는 실린더 블록의 홈 속으로 들어가도록 고안하여 감김현상을 방지할 수 있었다.

타격봉은 강봉 : 직경 8 mm 길이 75 mm에 우레탄 호스 : 내경 8 mm 외경 12 mm를 삽입 조립하여 제작한 것으로서 열매에 큰 손상없이 회전수 400 rpm과 탈과시간 5초 정도로 대부분의 열매를 탈과할 수 있었다. 잔가지의 밀도가 특이하게 크고 잔가지의 직경이 비교적 큰 경우에는 회전수 400 rpm 이상으로 작동시킴이 탈과에 효과적이었다.

#### 나. 개선점

어느 한 부위의 탈과작업시간은 5초 정도이었고 다음 부위로 조종하는데 시간은 10~15초정도 소요됨으로 탈과작업 성능을 증대하기 위하여서는 탈과시간 5초 동안에 더 넓은 부위를 탈과할 수 있도록 실린더 블록의 개수를 증가시키거나 실린더 블록의 작업부위를 증대할 필요가 있다고 사료되었다.

### 2. 탈과작업 조종 제어장치

#### 가. 조종기능

탈과작업 조종제어장치에는 탈과조종대 제어기능 4개와 탈과장치 제어기능 1개를 합하여 모두 5개의 제어기능이 종합적으로 작동되어 어느 한 개 지점의 조종의 결과로 나왔다. 5개의 제어기능을 기본적으로 작동하는 데는 아무런 문제점이 없었다. 그러나 5개의 모든 제어기능이 작동 출발과 멈춤에 있어서 가속도로 발생하는 거리 오차의 예측이 어려웠다. 물론 조종하는 사람이 조종작동에 장시간 숙련의 과정을 이수하지 못한 점도 포함이 되겠지만 조종대의 전진 최장 길이가 3100 mm나 되고 보니 정밀한 조종이 예상과 같이 쉽지 않았으며 조종시간이 예상보다 많이 소요되었다.

조종대 실린더 작동에서도 1차 설계에서 실린더의 가속도로 인한 진동 발생과 수확작업 성능을 고려하여 실린더의 작동속도를 50 mm/s로 설정하였고 이에 맞는 유압발생장치를 구입 설치한 후 시작기의 조종 시스템을 모두 동력화로 전환과정에서 조종 실린더 2개를 추가 설치하였고 이로 인하여 작동속도가 설정속도보다 느린 점도 내포되었지만 1개 점의 조종에 10~15초 걸리었다.

#### 나. 개선점

조종시스템의 조종방법을 어느 한 점(占)의 조종시스템에서 대추나무의 수형의 외곽선을 따르는 조종시스템으로 전환할 필요가 있다고 사료되었다. 점 조종 시스템보다는 선 조종 시스템이 조종 작동하기가 단조롭고 가속도로 인한 오차를 줄일 수 있다고 사료되었다.

### 3. 집과장치

#### 가. 탈과장치 부착형 집과장치

##### 1) 집과성능

수관 외부의 탈과작업을 할 때 집과살 속에서 탈과작업이 정상적으로 수행되는 경우에 집과율이 매우 높으며 큰 문제점 없이 탈과공정과 정선공정과 연계작업으로 대추 수확작업을 일관성 있게 수행할 수 있었다.

수관 내부의 가지의 직경이 비교적 큰 경우와 잔가지의 밀도가 특히 하계 큰 부위의 탈과작업에서는 집과살이 탈과작업의 장애요인이 되기도 하였다. 집과살로 수집된 집과물은 집과물이송관을 통하여 정선장치의 투입구 속으로 중력으로 유동된다. 집과물 이송관이 일직선으로 위에서 아래로 뻗어 있는 상태에서는 집과물의 유동이 순조롭지만 집과물 이송관의 중간이 아래로 처져 있는 상태에서는 유동보다는 저장기능을 하고 있었다.

##### 2) 개선점

탈과장치 부착형 집과장치의 집과살의 집과기능은 수관 외부의 탈과작업에서는 큰 문제점이 없었지만 수관 내부의 탈과작업에서는 집과살을 적용하지 못함으로 이에 대한 보완장치가 요구되었다.

## 나. 독립형 집과장치

### 1) 집과성능

독립형 집과장치는 탈과장치와는 별개 시스템으로 활용되겠지만 대추나무 한 그루에 대하여 설치가 정확하게 이루어졌을 때에는 집과율이 매우 높았고, 탈과작업도 자유롭게 수행할 수 있었다.

본 연구에서는 이 독립형 집과장치의 시작기에 관한 기본 성능을 검토 분석하기 위하여 실험용으로 설계·제작한 것으로서 작동의 기능이 충분하지 못하였지만 설치와 퇴치의 번거로움이 컸다. 다양한 수형과 수고 및 재식간격 등이 각각 다른 환경에서 한 그루의 대추나무의 주위 전체를 1개의 집과장치로 만족스런 수준까지 집과하고 탈과작업 공간을 제공하기 위해서는 앞으로 세부적인 연구 보완이 요구되었다.

독립형 집과장치로 수집한 집과물을 정선장치로 이송시키는 작업이 추가되지만 독립형 집과장치가 부착형 집과장치보다 수확작업성능의 향상에 기여하는 데는 장점이 많다고 사료되었다.

### 2) 개선점

- 가) 집과날개의 펴고 접는 방식을 보완하여 개선할 것
- 나) 집과날개의 설치각을 가변적으로 할 것
- 다) 중량이 가벼운 재료로 시작기를 제작할 것
- 라) 프레임의 높이를 가변적으로 할 것

## 4. 정선장치

### 가. 작업성능

탈과공정 및 집과공정과 연계하여 정선기능은 정상적으로 이루어졌다. 집과물의 유동량이 갑자기 많은 경우와 열매 붙은 잎줄기에 감싸여 유동하는 경우에는 다소 정선기능이 떨어졌으나 큰 문제점은 없었다.

### 나. 개선점

열매 붙은 잎줄기를 포함하여 유동량이 갑자기 많은 경우와 유동속도가 큰 경우에는 잎줄기 분리작동이 이루어지지 못하고 정선기능이 저하되는 현상에 대한 보완이 요구되었다.

정선장치의 용량을 증대시키는 경우에는 정선기능에 열매 등급 분류기

능까지 추가하여 다기능 정선장치의 개발 필요성이 있었다.

## 5. 프레임 및 주행장치

### 가. 작업성능

주행성능은 지면이 비교적 평평하고 건조한 대추 과수원에서는 주행성능은 정상적으로 이루어졌지만, 습윤한 토양에서는 바퀴의 슬립의 현상이 발생하였고, 경사지의 주행에서도 슬립현상이 일어났고 등판능력이 떨어졌다.

조향성능은 전진상태에서 정상적으로 이루어졌으며 조향레버 작동에 큰 어려움이 없었지만, 급선회 시에는 주행속도 12 cm/s의 동적상태에서 이루어지므로 조향작동이 다소 번거로웠다.

### 나. 개선점

대추 과수원은 평평한 밭에도 많이 조성되어 있지만 경사가 가파른 구릉지에도 많이 조성되어 있다. 가파른 구릉지에서도 주행성능이 양호하고 기계의 안전을 도모하기 위하여서는 주행시스템을 바퀴형에서 무한궤도형으로 전환시킴이 합리적이라 사료되었다.

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제 1 절 수확기 개발을 위한 기초연구

#### 1. 기계화를 위한 생태학적 및 재배학적 특성

- 가. 수확작업의 기계화를 위한 생태학적 특성 파악
- 나. 수확작업의 기계화를 위한 재배학적 특성 파악

#### 2. 대추나무의 열매, 잎줄기, 잎 등의 물리적 및 역학적 특성

- 가. 열매의 탈과력 측정
- 나. 잎줄기 및 잎의 탈리력 측정
- 다. 열매, 잎줄기, 잎 등의 크기 및 형상과 중량 측정 분석

#### 3. 대추나무의 잔가지의 역학적 특성

- 잔가지의 탄성계수 및 강성계수 측정

#### 4. 열매정선 요인

- 열매, 잎줄기, 잎등의 종말속도 측정

### 제 2 절 대추수확시작기 개발

#### 1. 탈과장치

- 가. 탈과 메커니즘 분석 및 모델 선정
- 나. 탈과 실린더 블록 및 탈과봉 개발
- 다. 적정 회전수 결정

#### 2. 탈과작업 조종장치

- 가. 탈과 조종작업을 동력화 함.
- 나. 조종대 전후진 시스템의 설계 및 제작
- 다. 조종대 좌우방향전환 시스템의 설계 및 제작
- 라. 조종대 상하(전후)방향 전환시스템의 설계 및 제작



마. 탈과장치 상하방향 전환시스템의 설계 및 제작

### 3. 집과장치

가. 탈과장치 부착형 집과장치의 집과살, 탈과물이송관, 자루걸이 등의 설계 및 제작

나. 독립형 집과장치의 설계 및 제작

### 4. 정선장치

가. 정선판, 요동캠, 에어다트 등의 설계 및 제작

나. 송풍기 선정

다. 잎줄기 분리 가이드 봉

### 5. 제어장치

가. 탈과장치, 탈과조종대, 정선장치, 주행장치, 유압발생장치등의 제어 회로도의 설계 및 제작

나. 작동 판넬의 설계 및 제작

### 6. 프레임 및 주행장치

가. 프레임의 설계 및 제작

나. 주행시스템의 설계 및 제작

다. 조향시스템의 설계 및 제작

### 7. 시작기 설계 및 제작

가. 주요장치의 연계성 검토

나. 기계의 안전성 검토

다. 종합설계 및 제작

### 8. 시작기의 평가 및 개선점

가. 주요장치의 평가

나. 주요장치의 개선점

### 제 3 절 평가의 착안점에 따른 달성도 자체평가

구 분	가중치(%)	달성도(%)
1. 기계화를 위한 생태학적 및 재배학적 특성	10	10
2. 대추나무의 열매, 잎줄기, 잎 등의 물리적 및 역학적 특성	8	8
3. 대추나무의 잔가지의 역학적 특성	8	8
4. 열매정선 요인	8	8
5. 탈과장치	10	10
6. 탈과작업 조종장치	10	10
7. 집과장치	10	10
8. 정선장치	5	5
9. 제어장치	6	6
10. 프레임 및 주행장치	5	5
11. 시작기 설계 및 제작	10	10
12. 시작기의 평가 및 개선점	10	10
합 계	100(%)	100(%)

### 제 4 절 관련분야의 기여도

대추와 생태학적으로 유사한 매실, 살구 등을 비롯한 과일 연구에서는 본 연구의 연구방법 및 결과가 크게 활용되리라 믿는다.

더욱이 대추수확시작기의 연구수행방법 및 과정 그리고 시작기의 주요장치등의 메커니즘은 대추와 생태학적으로 유사한 과일 수확기의 연구에 길잡이 역할을 하리라 믿는다.

## 제 5 장 연구개발 결과의 활용계획

본 연구에서 개발한 대추수확시작기의 주요 장치는 탈과장치, 탈과조종장치, 집과장치, 정선장치, 제어장치, 프레임 및 주행장치로 구성되어있다. 이들 주요장치들의 시스템과 작동원리를 활용하여 대추와 생태학적으로 유사한 매실, 밤 등의 연구를 계속할 예정이다.

특히 본 연구에서 개발한 대추수확시작기에 관하여서는 본 시작기에 관심을 표명한 아시아종합기계를 비롯한 농업기계 전문 메이커의 연구진과 함께 정밀분석·검토하여서 실용화 단계까지 계속 연구할 계획이다.

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

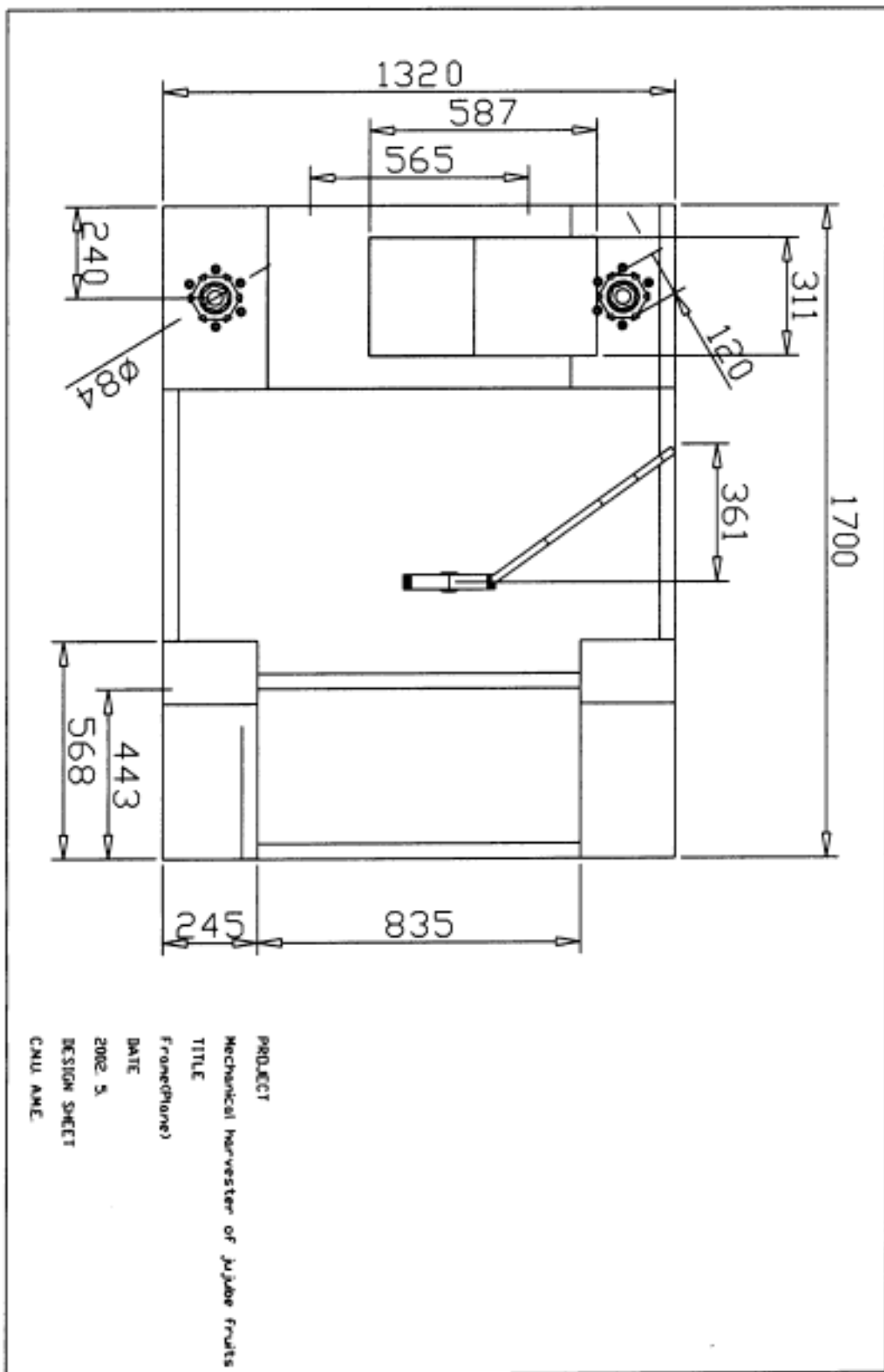
본 연구에서 개발한 주요 장치들의 시스템과 작동원리는 외국의 기계에서 유사성을 찾을 수 없었다.

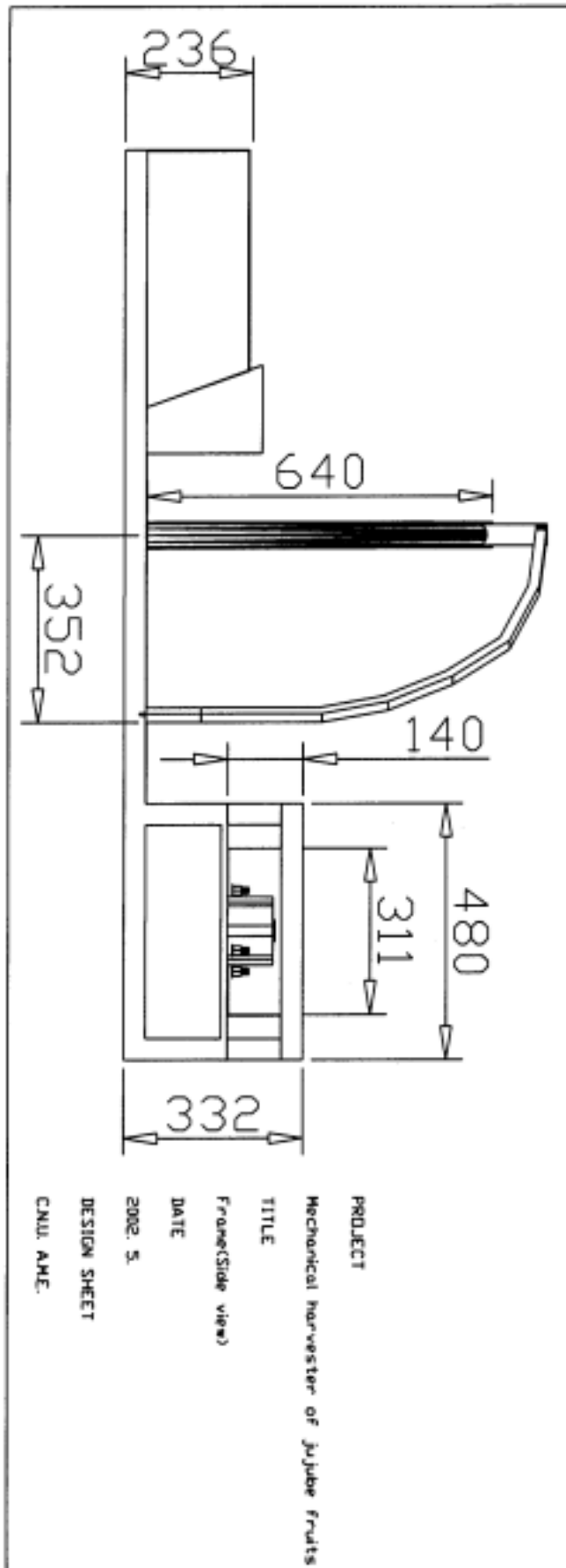
## 참고자료 및 문헌

- 경남 농업기술원. 1999. 대추.
- 농림부. 1997. 주요 과수재배면적 및 생산량.
- 서정덕, 허윤근, 이상우. 1999. 구기자의 가지 및 열매의 특성에 관한 연구. 한국농업기계학회지 24(4): 365-372.
- 윤진하. 1996. 원예생산의 기계화. 원예학세계 1(4):9-11.
- 이재성. 2000. 대추씨 빼는 자동기계 및 대추가공기술 개발. 산림지.
- 최영환. 1997. 봉화 토종대추 재배기술. 경북 봉화군 농촌지도소 기술보급과.
- 홍경희. 1997. 대추의 수확 및 건조방법. 원예연구소 나주배연구소. 전남 나주시 금천면 고동리.
- Barnes, K. K. 1969. Detachment characteristics of lemons. Transactions of the ASAE 12(1): 41-45.
- Coppock, G. E, S. L. Hedden, and D. H. Lenker. 1969. Biophysical properties of citrus fruits related to mechanical harvesting. Transactions of the ASAE 12(4): 561-563.
- Edan, Y. and G. E. Miles. 1993. Design of an agricultural robot for harvesting melons. Transactions of the ASAE 36(2):593-603.
- Kondo, N., Y. Nishitsugl, P. P. Ling, and K. C. Ting. 1996. Visual feedback guided robotic cherry tomato harvesting. Transactions of the ASAE 39(6):2331-2338.
- Markwardt, E. D., R. W. Guest, J. C. Cain, and R. L. LaBelle. 1964. Mechanical cherry harvesting. Transactions of the ASAE 7(1): 70-74, 84.
- Monroe G. E. and J. H. Levin. 1966. Mechanical harvesting of cultivated blueberries. Transactions of the ASAE 9(1): 4-5.
- Nyborg, E. O. and T. L. Courtyard. 1969. Design parameters for mechanical raspberry harvesters. Transactions of the ASAE 12(5): 573-576.
- Parsons, S. D. and G. E. Rehkugler. 1966. Physical properties of cabbage plants as related to mechanical harvesting. Transactions of the ASAE 9(6): 866-867.
- Pellerin, R. A., W. F. Miller, A. N. Lakso, G. E. Rehkugler, and J. A. Throop. 1979. Apple harvesting with an inertia vs. impulse trunk shaker on open-center and central-leader trees, Part II. Transactions of the ASAE 22(5): 983-988.
- Rehkugler, G. E., E. S. Shepardson, and J. G. Pollock. 1969. Development of a cabbage harvester. Transactions of the ASAE 12(2): 153-156.
- Ruff, J. H. and R. E. Holmes. 1976. Factors affecting selectivity in the air-suspension, stem-vibration strawberry harvest concept. Transactions of the ASAE 19(1): 21-26.
- Ruff, J. H., R. P. Rohrbach, and R. G. Holes. 1980. Analysis of the

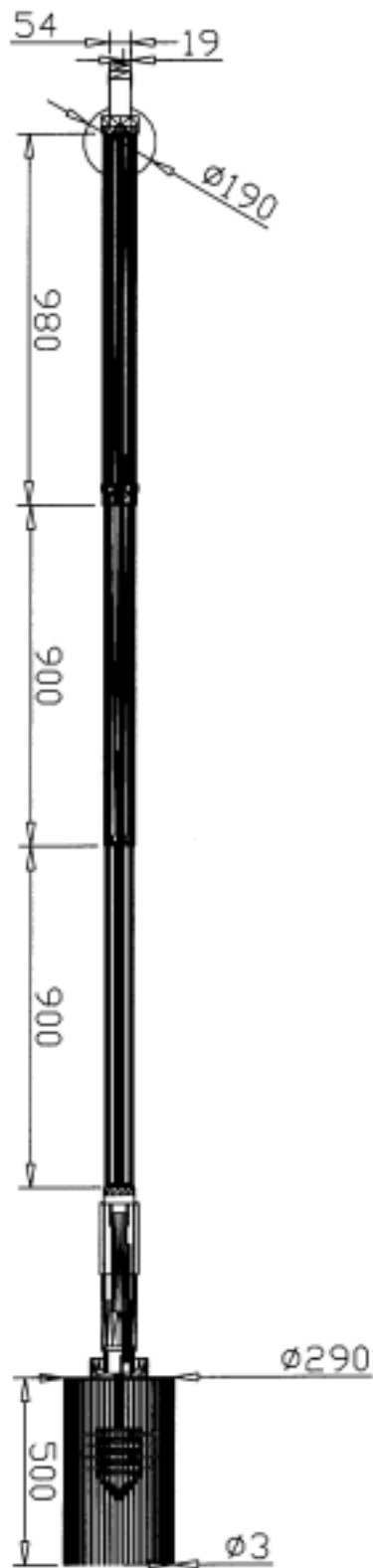
- air-suspension stem-vibration strawberry harvesting concept. Transactions of the ASAE 23(2): 288-297.
- Shaw, L. N.. 1975. The application of an offset double crank mechanism in a selective bell pepper harvester. Transactions of the ASAE 18(4): 606-609.
- Soule, Jr, H. M. 1969. Developing a lowbush blueberry harvester. Transactions of the ASAE 12(1):127-129.
- Stafford, J. R. and R. G. Diener. 1973. Design criteria for minimizing predetachment fruit damage during mechanical shaking. Transactions of the ASAE 16(5): 840-843.
- Studer, H. E. 1981. A rotary shaker for harvesting tomatoes. Transactions of the ASAE 24(3): 545-548.
- Tennes, B. R., J. H. Revin, and B. A. Stout. 1969. Sweet cherry properties useful in harvesting and handling equipment design. Transactions of the ASAE 12(5): 710-714.
- Whitney, J. D., G. H. Smerage, and W. A. Block. 1990. Dynamic analysis of a trunk shaker-post system. Transactions the ASAE 33(4): 1066-1070.

부 부

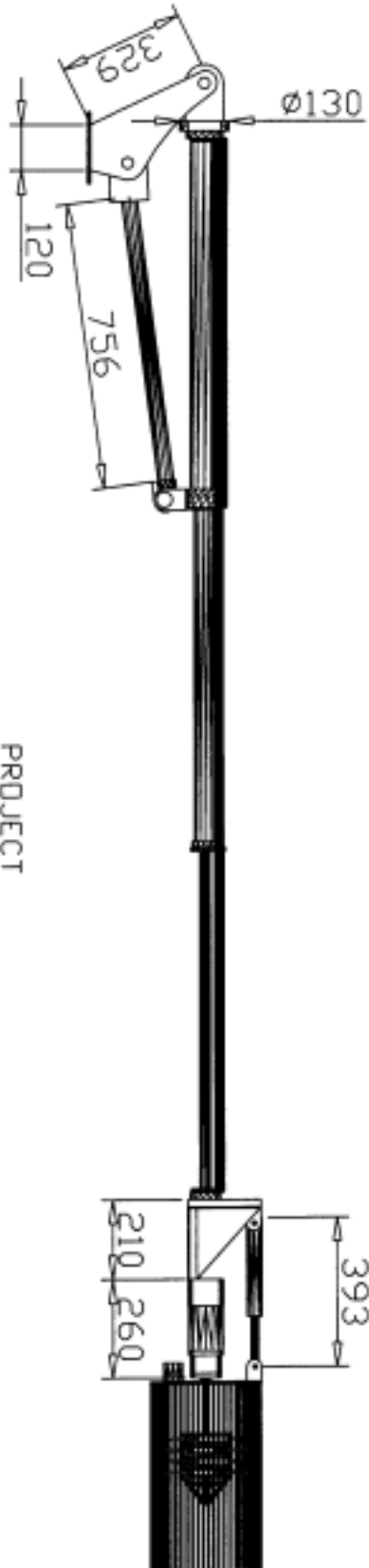




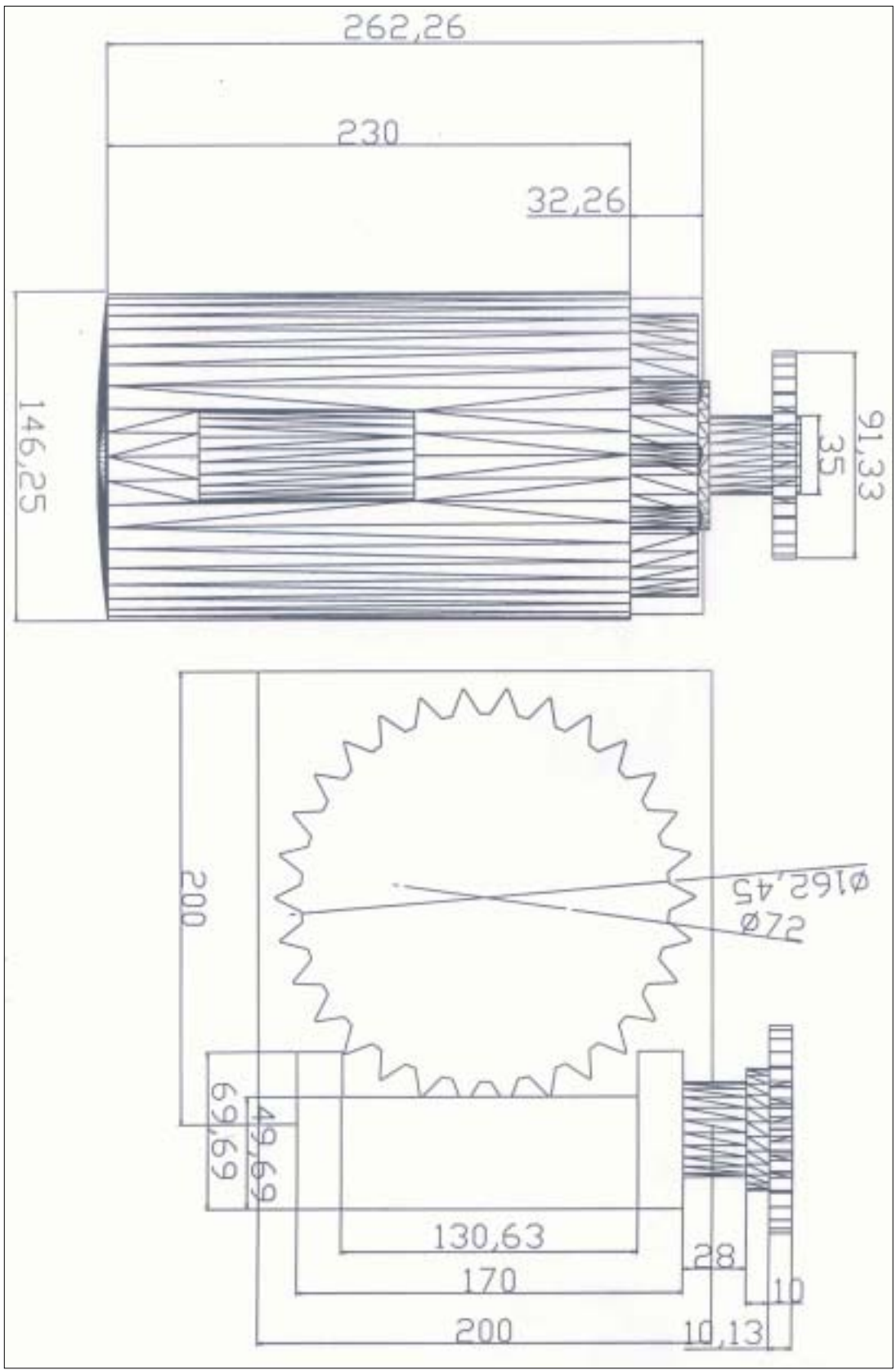




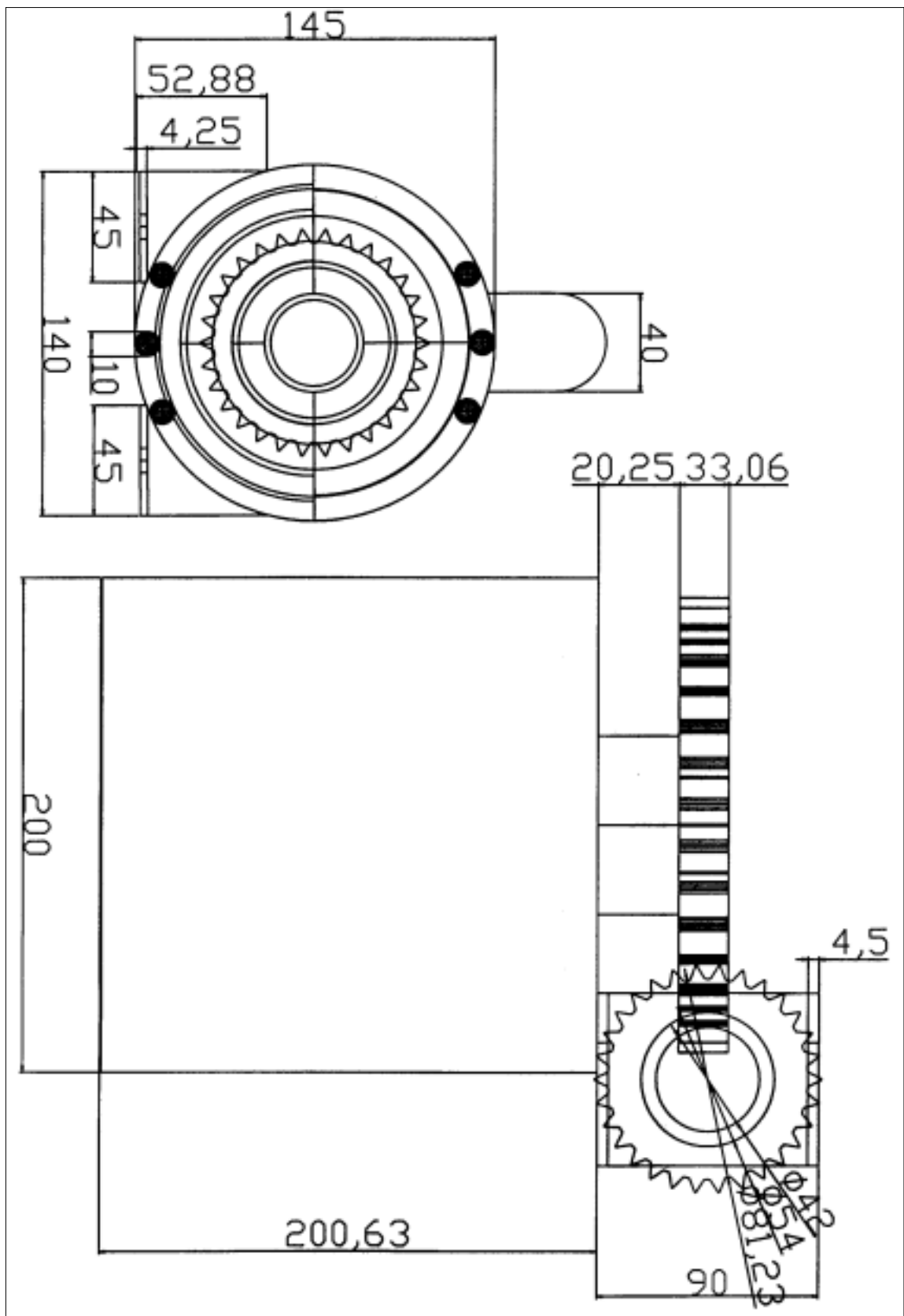
PROJECT  
 Mechanical harvester of jujube fruits  
 TITLE  
 Detachment operation control boom(Plane)  
 DATE  
 2002. 8.  
 DESIGN SHEET  
 C.N.U. A.M.E.



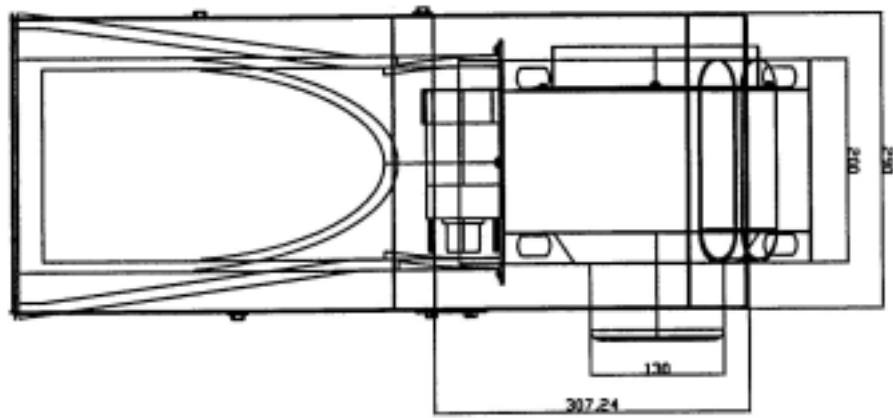
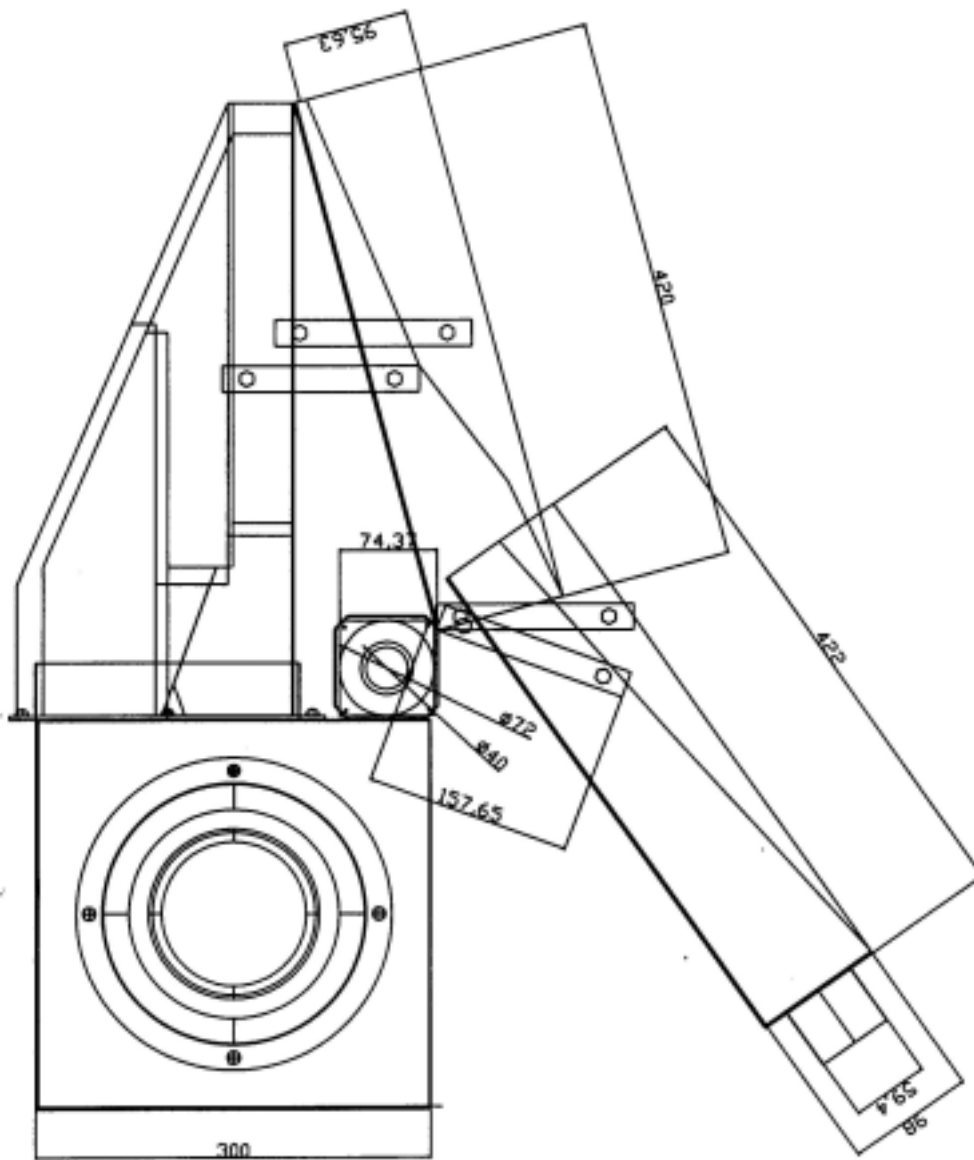
PROJECT  
 Mechanical harvester of jujube fruits  
 TITLE  
 Detachment operation control boom(Side view)  
 DATE  
 2002. 8.  
 DESIGN SHEET  
 C.N.U. A.M.E.



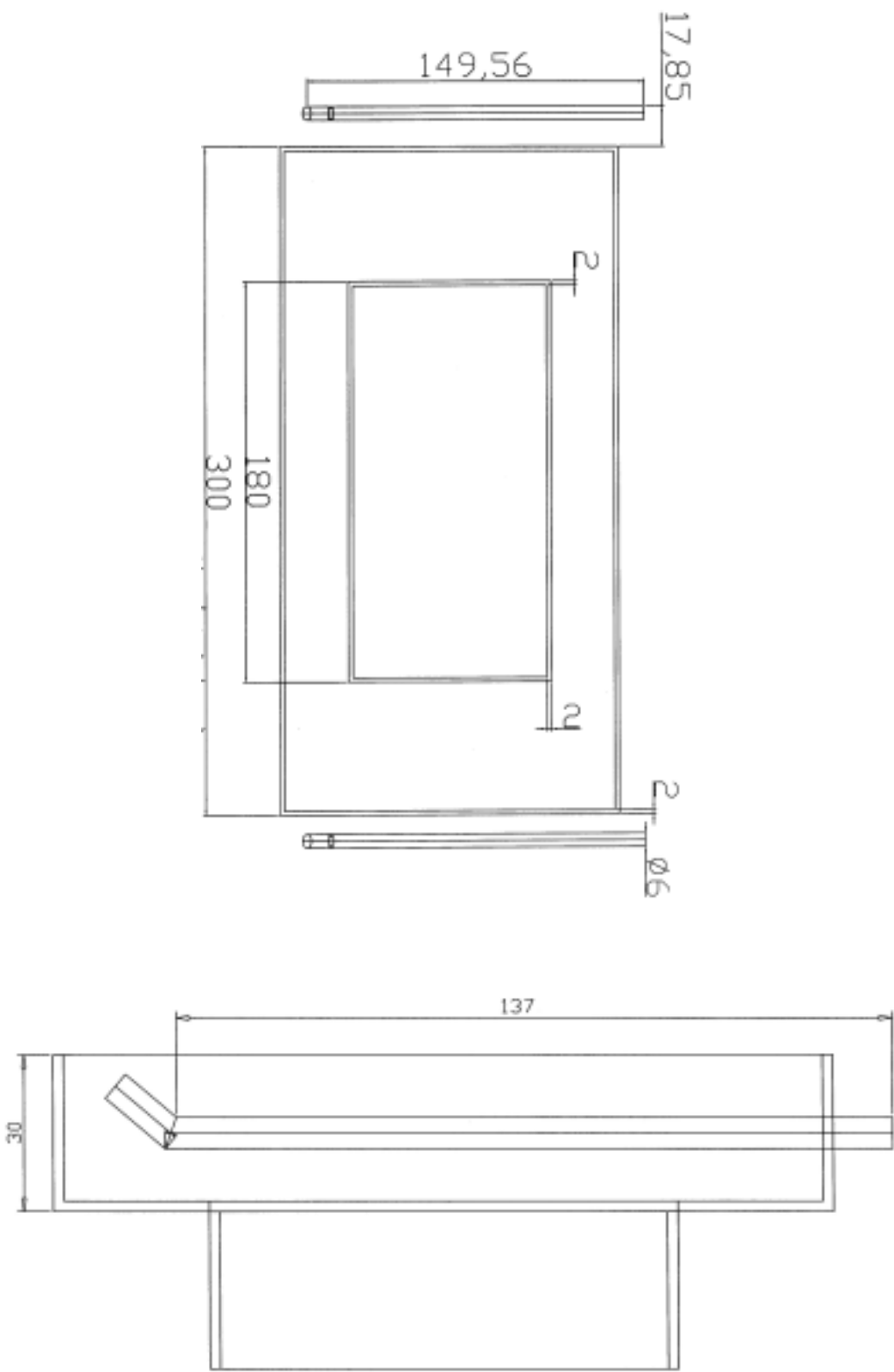
**Turning system of control boom(Plane)**



Turning system of control boom(Side view)



Cleaning unit(Plane and side view)



**Collecting guide box(Plane and side view)**

## 주 의

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



대추수확기