

최 종  
연구보고서

## 채소 잔유물 현장 수거기 개발

Development of Vegetable Garbage Gathering System  
in the Field

연구기관  
성균관대학교

농림부



# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “채소 잔유물 현장 수거기 개발”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2000. 10. 15.

주관연구기관명 : 성균관대학교

생명공학부

총괄연구책임자 : 이 규 승

연 구 원 : 이 대 원

박 원 엽

전 형 규

하 창 섭

최 덕 수

# 요 약 문

## I. 제목

채소 잔유물 현장 수거기 개발

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

채소 수확후 발생하는 채소 잔유물은 그 발생량에 있어 상당한 비중을 차지하고 있다. 이러한 채소 잔유물을 노지에 그대로 방치할 경우에는 배추 무름병과 뿌리혹병, 그리고 선충 등에 의한 연작피해가 발생하게 되어 결과적으로 다음 해의 배추수확량 감소로 나타나게 되기 때문에 채소 수확후 발생하는 잔유물은 포장밖으로 완전히 수거되어야 한다. 그러나 인력에 의해 채소 잔유물을 일일이 수거하는 방법은 매우 많은 노동력이 소요되기 때문에 현재 우리나라의 채소 잔유물의 수거방법은 1차적으로 인력에 의해 잔유물을 대충 수거한 후 로타리 작업에 의해 잔류 잔유물을 토양과 뒤섞어 혼합시키는 방법, 또는 잔유물을 노지에 그대로 방치하여 자연 소멸시키는 방법 등이 주로 이용되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 채소 잔유물에 의한 연작 피해를 줄이기 위해 채소 수확후 발생하는 채소 잔유물을 현장에서 바로 수거할 수 있는 채소 잔유물 현장 수거기를 개발하는데 있다.

### III. 연구개발의 내용 및 범위

구 분	연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차년도	채소 잔유물 현장 수거기 개발을 위한 기초조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 채소 재배 및 수확 실태 조사</li> <li>· 채소 수확후 잔유물 처리 실태 조사</li> </ul>
	채소류 수확시기의 토양 물리성 조사 및 분석	· 잔류뿌리의 굴취 수거장치 설계를 위한 채소류 수확시기의 토양물리성 조사 및 분석
	채소 잔유물 수거기의 설계 및 제작	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 채소 잔유물 현장 수거 및 이송 장치의 설계인자 구명</li> <li>· 채소 잔유물 현장 수거 및 이송 장치의 설계</li> <li>· 트랙터 조합 및 부착장치 설계 인자 구명 및 설계</li> <li>· 채소잔유물 현장 수거기(1차 시작기)의 제작</li> </ul>
2차년도	채소 잔유물 현장 수거기의 성능실험 및 문제점분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 채소 잔유물 현장 수거 1차 시작기의 성능실험</li> <li>· 1차 시작기의 문제점 분석</li> </ul>
	문제점 보완 설계 및 개량 제작	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 1차 시작기의 문제점 보완 설계 및 2차 시작기의 개량 제작</li> <li>· 2차 시작기의 성능 시험</li> </ul>

## IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

### 1. 연구결과

#### 가. 채소 재배 및 수확 실태 조사

채소재배 및 수확실태는 농림부 통계자료와 기존에 보고된 연구결과, 그리고 국내의 대표적인 채소재배 지역의 현장답사를 통하여 조사하였다. 조사 결과, 우리나라에서 재배되고 있는 채소류는 벼 농사와는 달리 기계화율이 미흡하여 재배양식의 표준화가 이루어져 있지 않고, 채소류에 따라 재배양식에 많은 차이가 있는 것으로 조사되어 모든 채소류를 대상으로 한 채소 잔유물 수거기의 개발에는 어려움이 있는 것으로 판단되었다. 따라서 채소 잔유물 수거기는 우리나라에서 재배되고 있는 대표적 채소인 배추와 무 및 유사작물을 대상으로 개발하는 것이 필요한 것으로 판단되었다. 한편, 배추와 무는 품종 및 지역특성에 따라 재배양식(두둑, 고랑 등)과 수확량 및 잔유물 발생량에 있어서도 차이가 있는 것으로 조사되었다. 따라서 채소잔유물 현장 수거기는 지역적 특성 및 재배양식 등을 모두 고려하여 개발하는 것이 필요한 것으로 조사되었다.

#### 나. 채소 수확후 잔유물 처리 실태 조사

우리나라에서 재배되고 대표적인 채소작물인 배추와 무의 수확후 잔유물 처리실태를 조사하기 위하여 당진, 홍성, 부안, 김제, 고창, 영암, 괴산, 청원, 해남지역 등의 현장 조사를 수행하였다. 현장 조사 결과, 잔유물 발생량은 지역적, 재배방식별, 그리고 작황수준에 따라 약간의 차이가 있는 것으로 조사되었지만, 일반적으로 1m<sup>2</sup> 당 약 1~2 kg의 잔유물이 발생하는

것으로 조사되어 잔유물 발생량이 상당히 많은 것으로 조사되었다. 한편, 성장부진 및 병충해 등으로 인한 재배실패로 수확을 포기하였을 경우에는 재배면적 전체가 잔유물로 처리되어 1m<sup>2</sup> 당 약 5kg 이상의 매우 많은 잔유물이 발생하였다. 한편, 잔유물 처리방법은 인력으로 수행되고 있으나 많은 노동력이 소요되기 때문에 거의 대부분이 노지에 그대로 방치해 두고 있는 실정이다. 따라서 잔유물에 의한 연작피해 등을 줄이기 위해서는 잔유물 수거기의 개발이 필요한 것으로 판단되었다.

#### 다. 채소수확기의 토양물리성 측정 및 분석

적절한 채소 잔유물 현장수거기를 개발하기 위해서는 재배작물의 재배양식 뿐만아니라 채소 수확시기의 토양특성도 함께 고려해야 한다. 따라서 우리나라의 대표적인 채소인 배추와 무 재배지역의 수확시기의 토양특성을 조사하기 위하여 대표적인 배추, 무 재배지역인 당진, 홍성, 부안, 김제, 창녕, 김해, 고창, 영암, 괴산, 청원, 해남 등지에서 수확시기의 토양물리성을 측정 분석하였다. 측정된 토양물리성은 원추지수, 내부마찰각, 점착력, 토양-금속마찰각, 외부마찰각 등이었으며, 이외에 수분함량과 토성을 참고적으로 측정하였다.

측정 결과, 대부분의 측정지역에서의 토성은 양토(L)로 나타났고, 일부 지역에서는 사양토(SL)로 조사되었다. 또한 수분함량은 대부분의 지역에서 15~27%의 범위로 나타났고 일부 지역에서는 35% 내외로 조사되었다.

한편, 배추와 무 재배지역간에 수확기의 토양물리성은 거의 차이가 없는 것으로 나타났으나 두둑과 고랑간에는 토양경도 및 전단강도에 있어서 큰 차이를 보였다. 즉, 고랑은 두둑에 비해 토양경도가 매우 높게 나타났고, 토양의 전단강도에 있어서도 고랑의 점착력 및 내부마찰각이 두둑에 비해 상대적으로 훨씬 크게 나타나 전체적으로 고랑의 전단강도가 훨씬 큰 것으

로 조사되었다. 따라서 잔유물수거기 개발시 두둑과 고랑의 토양특성 등을 고려한 개발이 필요한 것으로 판단되었다.

#### 라. 1차 시작기의 설계 제작 및 성능 실험

채소 잔유물 수거기를 개발하기 위하여 잔유물 수거기를 개발하는데 필요한 설계인자를 구명하였고, 구명된 설계인자를 토대로 하여 1차 시작기를 설계 제작하였다. 1차 시작기는 채소 잔유물의 뿌리부 굴취를 위한 토양 절단 및 파쇄장치, 땅속 및 지상 잔유물 수거장치, 수거된 잔유물의 이송장치, 트랙터 조합 및 부착장치로 구성되었다. 제작된 1차 시작기는 평창, 횡성, 수원 등지의 주요 배추 재배지역에서 성능 실험을 실시하였다.

1차 시작기의 성능시험결과 채소 잔유물의 뿌리부 굴취를 위한 토양 절단 및 파쇄장치와 땅속 및 지상 잔유물 수거장치는 토양특성과 재배양식에 따라 성능에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났으나 컨베이어 이송장치는 토양특성과 재배양식에 관계없이 자체 진동에 의한 토양의 분리 및 제거 효과가 뛰어났고, 잔유물의 이송이 원활하게 이루어지는 것으로 나타났다.

#### 마. 2차 시작기의 설계 제작 및 성능 실험

1차 시작기의 성능 실험결과로부터 나타난 문제점을 분석하여 2차 시작기를 개량 제작하였다. 2차 시작기는 토양절단 및 잔유물 걷어올림장치, 컨베이어형 잔유물 이송장치, 수직 컨베이어 이송장치, 트랙터 조합 및 부착부, 채소 잔유물 적재함 등 5가지의 주요 장치로 구성되었다. 개발된 2차 시작기는 재배지역의 토양상태 및 작황 상태가 다른 수원과 경기도 화성군에 위치한 2곳의 배추 재배지역에서 수확후 잔유물 수거 성능 실험을 수행하였다.

실험 결과 2차 시작기의 잔유물 수거율은 실험이 수행된 두 지역에서 각



각 90.5%와 92.6%로서 두 지역 모두에서 90% 이상의 높은 잔유물 수거 능력을 나타내어 배추 재배지역의 재배양식과 토양 특성 및 작황수준에 관계없이 매우 우수한 잔유물 수거 능력을 보이는 것으로 나타났다.

한편, 2차 시작기는 채소 잔유물의 수거뿐만아니라 작물 수확후에 토양속에 묻혀 있는 땅속 잔유물의 수거 가능성을 평가하기 위한 실험을 추가로 실시하였고, 그 결과 잔유물 수거시험에서와 마찬가지로 매우 우수한 수거 능력을 나타내었다. 따라서 본 연구에서 채소 잔유물 수거를 위해 제작한 2차 시작기는 채소잔유물 뿐만아니라 수확후 토양속에 묻혀 있는 땅속 잔유물의 수거에도 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

## 2. 활용에 관한 건의

본 연구에서는 채소 수확후 발생하는 채소 잔유물을 현장에서 바로 수거할 수 있는 채소 잔유물 현장수거기를 개발하였다. 현장시험 결과 채소 잔유물 수거기의 성능은 두둑의 형태, 토양상태 및 재배양식에 관계없이 좋은 성능을 나타내어 농민들의 구매 의사가 있을 시에는 상품화가 가능하여 농촌지역의 채소 잔유물 처리에 크게 기여할 것으로 판단된다. 또한 본 연구에서 개발한 채소 잔유물 수거기는 채소 잔유물 수거뿐만아니라 땅속 잔유물의 수거 및 이송에도 적합하게 설계되어 있어 일부 기구부를 보완한다면 땅속 작물 수확에도 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

# SUMMARY

## (영문요약문)

This study was carried out to develop the gathering systems of vegetable garbage in the field.

The present status of vegetable cultivation and vegetable garbage processing systems in the field was investigated as a basic study for developing the gathering systems of vegetable garbage in the field. This investigation was carried in TangJin, HongSung,, BuAhn, KimJe, ChungWon, KimHae and KoChang area. Cultivation systems of chinese cabbage and radish was varied depending on the area and variety. The quantity of vegetable garbage in the field was also varied depending on the area and variety. Vegetable garbage gathering in the field was mainly carried out roughly by man power and rotary tilling operation was done to mix the soil and vegetable garbage.

Soil physical properties were measured and analyzed during the vegetable harvest season. Not so big differences in soil physical properties were not found between the field of radish and chinese cabbage cultivation in the same area. But soil shearing force parameters and soil hardness of furrow bottom was much higher than that of the ridge for the same field. From this result it was concluded that both the soil physical properties of furrow bottom and ridge should be considered for better design of gathering systems of vegetable garbage in the field.

On the basis of the above results, design factors were verified and

first prototype was designed and constructed. The first prototype consists of soil cutting and crushing parts for digging out the roots in the soil, gathering parts for vegetable garbage both in the soil and on the field surface, transferring parts for gathered vegetable garbage and attachment parts to the tractor.

Performance test for the first prototype was carried out in the PyungChang, HoengSung and SuWon area. The performance of soil cutting and crushing parts, and vegetable garbage gathering parts were mainly affected by soil physical properties and cultivation pattern. But the soil physical properties and cultivation pattern did not affect the performance of vegetable garbage transferring parts. The separation of soil from the root and leaf were performed very well by the vegetable garbage transferring parts using the vibration.

The second prototype was redesigned and constructed considering the test results of first prototype. Some of the parts of first prototype are modified and two more parts are added. Vertical vegetable garbage transferring parts and vegetable garbage storage trailer were added to the first prototype.

Performance test for the second prototype was carried out in the SuWon and HwaSung area. More than 90 percent of vegetable garbage were collected by the second prototype for both in the experimental area. This performance was not affected so much by the quantity of vegetable garbage in the field. Also the performance of second prototype was good enough for collecting the root of other crops such as red pepper, sesame and green perilla.

# CONTENTS

## (영 문 목 차)

Chapter 1	Introduction .....	14
Section 1	Background .....	14
Section 2	Objectives .....	15
Chapter 2	Present Status of Vegetable Cultivation and Garbage Processing in the Field .....	16
Section 1	Present status of vegetable cultivation in Korea .....	16
Section 2	Present status of garbage processing after vegetable harvest in the field .....	20
Chapter 3	Soil Physical Properties during Vegetable Harvesting Season .....	25
Section 1	Measurement of soil physical properties .....	25
Section 2	Analysis of soil physical properties .....	26
Chapter 4	Design and Construction of First Prototype for Vegetable Garbage Collection in the Field .....	39
Section 1	Investigation of design factors .....	39
Section 2	Design and construction of first prototype .....	44
Section 3	Performance test of first prototype .....	52

Chapter 5	Design and Construction of Second Prototype for Vegetable Garbage Collection in the Field .....	56
Section 1	Investigation of design factors .....	56
Section 2	Design and construction of second prototype .....	58
Section 3	Performance test of second prototype .....	74
Chapter 6	Conclusions .....	83
References	.....	86

# 목 차

제 1 장 서 론 .....	14
제 1 절 연구배경 .....	14
제 2 절 연구목적 .....	15
제 2 장 채소 재배 및 잔유물 현장 처리 실태 조사 .....	16
제 1 절 국내의 채소 재배 현황 .....	16
제 2 절 채소 수확후 잔유물 처리 실태 .....	20
제 3 장 채소 수확기의 토양물리성 측정 및 분석 .....	25
제 1 절 채소 수확기의 토양물리성 측정 .....	25
제 2 절 채소 수확기의 토양물리성 분석 .....	26
제 4 장 채소 잔유물의 현장 수거를 위한 1차 시작기 개발 .	39
제 1 절 설계인자 구명 .....	39
제 2 절 1차 시작기의 설계 및 제작 .....	44
제 3 절 1차 시작기의 성능 실험 .....	52
제 5 장 채소 잔유물의 현장 수거를 위한 2차 시작기 개발 .	56
제 1 절 설계인자 구명 .....	56
제 2 절 2차 시작기의 설계 및 제작 .....	58
제 3 절 2차 시작기의 성능 실험 .....	74

제 6 장 결 론 ..... 83

참 고 문 헌 ..... 86

# 제 1 장 서 론

## 제1절 연구배경

배추, 무, 양배추 등과 같은 채소류의 선별 포장은 도시의 쓰레기 처리 문제, 채소의 취급 부피, 생산자의 부가가치 등을 고려할 때 산지에서 수확과 동시에 이루어지는 것이 바람직하다. 이 경우 양이 많고 부피가 큰 채소 잔유물은 산지 포장에서 잔유물 수거기에 의해 채소 수확후 바로 수거되어 퇴비로의 이용이 바람직하나 현재 국내에서의 채소 잔유물 현장 수거기에 대한 연구는 진행되지 않고 있다.

현재 국내에서 수행되고 있는 잔유물 수거방법은 노지에 분포되어 있는 잔유물을 인력에 의해 일일이 수거하는 방법이 이용되고 있으나 이러한 방법은 많은 노동력이 소요되기 때문에 잔유물을 완전히 수거하기란 거의 불가능하다. 이러한 방법 외에도 현재 우리나라의 채소 잔유물의 수거방법은 1차적으로 인력에 의해 잔유물을 대충 수거한 후 로타리 작업에 의해 잔류 잔유물을 토양과 뒤섞어 혼합시키는 방법, 또는 잔유물을 노지에 그대로 방치하여 자연 소멸을 시키는 방법 등이 주로 이용되고 있는 실정이다. 따라서 채소류의 연작 피해를 줄이기 위해서는 수확후 채소 잔유물을 현장에서 바로 수거하여 포장 밖으로 제거할 수 있는 채소 잔유물 현장 수거기의 개발이 필요하다.



## 제2절 연구목적

본 연구의 목적은 채소 수확후 발생하는 채소 잔유물을 현장에서 바로 수거할 수 있는 채소 잔유물 현장 수거기를 개발하는데 있다.

## 제 2 장 채소 재배 및 잔유물 처리 실태 조사

### 제1절 국내의 채소 재배 현황

우리나라의 농업기계화는 벼 농사 중심으로 추진되어 주요 농작업의 기계화율이 98%에 달하는 등 상당 수준까지 이루어져 있으나 채소류 특히 노지 채소의 기계화는 벼 농사에 사용되는 농기계를 그대로 이용할 수 있는 경운 정지와 병충해 방제작업 등을 제외하고는 기계화가 미흡한 실정이다. 이는 채소재배 규모가 영세하고 작물종류가 많으며 지역별 재배양식이 다양하고 경사지 재배가 많아 기계화의 장애요인이 되기 때문이다. 이와 같이 채소 재배는 지역별로 재배양식 및 환경이 다르기 때문에 채소 잔유물 현장 수거기를 우리나라에서 재배되고 있는 모든 채소를 대상으로 하는 것은 불가능하다. 따라서 대표적인 주요 채소 재배작물을 대상으로 유사 형태로 잔유물 수거가 가능한 작물을 대상으로 잔유물 수거장치를 개발하는 것이 필요하다.

우리나라에서 재배되고 있는 채소류(근채류, 엽채류, 과채류, 조미채류, 양채류 등)의 전체 재배면적은 표 2-1에 나타낸 바와 같이, 1997년 농림부 자료를 기준으로 약 364,189 ha로서 이로 부터 생산된 총생산량은 9,805,879톤에 이르고 있다. 이 중 배추와 무의 재배면적은 각각 43,351 ha와 35,313 ha로서 전체 채소 재배면적의 약 21.6%, 생산량 기준으로는 각각 2,702,300톤과 1,363,259톤으로서 전체 채소 생산량의 약 41.5%를 차지하고 있어 우리나라 채소 생산량에 있어서 큰 비중을 차지하고 있다. 한편, 배추, 무와 유사한 형태로 잔유물 처리가 가능한 양배추, 당근, 상추 등의 생산량은 각각 192,223톤, 217,871톤 및 153,550톤으로 조사되었다.

표 2-1 주요 채소류의 재배면적과 생산량 (농림부통계자료)

재배작물	96년		97년	
	'재배면적 ( ha )	생산량 ( 톤 )	재배면적 ( ha )	생산량 ( 톤 )
배추 (①+②+③)	48,008	2,997,721	43,351	2,702,300
① 봄 배추	22,216	872,631	21,297	881,914
② 고랭지 배추	10,793	347,765	8,636	339,642
③ 가을 배추	14,999	1,777,325	13,418	1,480,744
무 (①+②+③)	39,722	1,728,028	35,313	1,463,259
① 봄 무	20,564	636,945	18,551	602,463
② 고랭지 무	3,531	94,288	3,381	100,269
③ 가을 무	15,627	996,785	13,381	760,527
마늘	41,973	455,955	3,6292	393,834
파	21,073	529,876	19,600	493,073
오이	7,191	359,708	6,624	332,877
당근	5,050	158,447	5,997	217,871
양배추	5,974	272,275	4,665	192,223
호박	7,259	172,332	7,447	180,779
상추	6,625	140,347	6,428	153,550
시금치	7,377	112,119	8,268	124,202
전체 채소작물 계	388,655	10,208,771	364,189	9,805,879

\* 전체 채소작물 계는 주요 채소류와 위에 언급되지 않은 기타 채소류를 포함한 전체 채소류에 대한 합계임

따라서 표 2-1의 결과에 나타난 바와 같이 배추와 무는 우리나라에서 생산되는 채소작물 중 가장 큰 비중을 차지하고 있고, 또한 양배추, 당근, 상추 등은 배추(무)와 유사한 재배 형태를 갖고 있기 때문에 채소 잔유물 현장 수거기는 우선적으로 배추와 무 또는 유사작물을 대상으로 개발되어야 할 필요가 있는 것으로 판단되었다.

그러나 배추와 무는 품종 및 지역특성에 따라 두둑형상, 이랑폭, 두둑높이, 조간 및 주간거리 등 재배양식이 일정치 않고, 또한 수확량에 있어서도 지역별, 품종별로 차이를 나타내고 있다(표 2-2, 그림 2-1). 이와 같이 지역적 재배양식과 품종에 따른 수확량의 차이는 일반적으로 잔유물 발생량에도 영향을 주기 때문에 채소 잔유물 현장 수거기는 지역적 특성 등을 모두 고려하여야 한다.

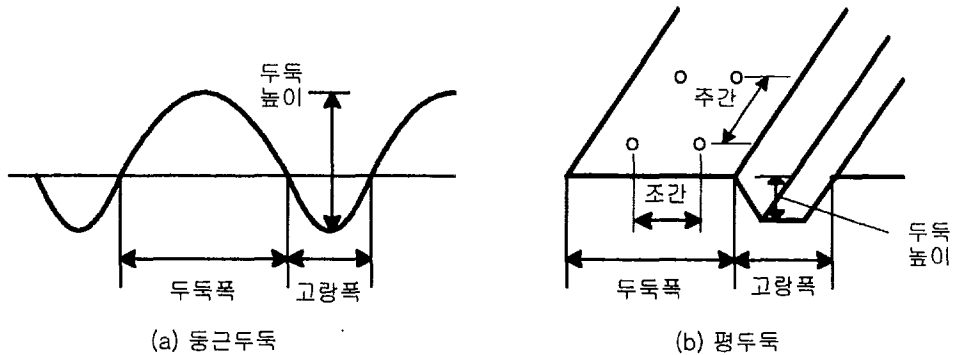


그림 2-1 두둑형상

표 2-2 배추, 무의 재배양식 ('96농업기계화시험연구보고서)

재배작물		배추		무		
두둑형태		등근두둑 (1열재배)	평두둑 (2열재배)	등근두둑 (1열재배)	등근두둑 (2열재배)	평두둑 (2열재배)
두둑크기 (cm)	두둑폭	35~40	70~90	30~55	35~65	60~100
	고랑폭	20~25	25~30	15~30	25~35	20~30
	두둑높이	20~30	10~25	15~18	12~20	15
재식거리 (cm)	조건	60~65	35~50	60~70	20~30	24~50
	주간	30~35	35~45	20~30	22~36	20~24
주수(천주/10a)		3.12 ~ 4.76	5.20 ~ 5.55	5.55 ~ 7.14	5.55 ~ 11.90	8.33 ~ 9.25

## 제2절 채소 수확 후 잔유물 현장 처리 실태

우리나라의 대표적 채소작물인 배추와 무의 수확후 잔유물 처리 실태를 조사하기 위하여, 표 2-3에 나타낸 우리나라의 주요 가을 배추, 봄배추 및 무 재배지역 중에서 당진, 홍성, 부안, 김제, 창녕, 김해, 고창, 영암, 괴산, 청원, 해남 등의 현장 조사를 수행하였다.

표 2-3 가을배추, 봄배추, 가을무의 주요 주산지별 재배면적  
(95농림부통계자료)

가을배추 (전국 재배면적 16,010 ha의 31% 점유)											
지역	영암	나주	당진	홍성	고창	아산	김해	광주	창녕	부안	계
재배면적 ( ha )	817	776	771	525	453	441	357	351	271	259	6,554
봄배추 (전국 재배면적 15,200 ha의 34% 점유)											
지역	해남	진도	연천	청원	부산	괴산	대구	의성	나주	영암	계
재배면적 ( ha )	1,824	638	441	426	410	304	274	274	258	258	5107
가을무 (전국 재배면적 14,524 ha의 45% 점유)											
지역	고창	영암	나주	당진	광주	영광	창녕	부안	김제	제주	계
재배면적 ( ha )	1,601	1,308	951	596	472	360	348	335	328	255	6,554

조사 결과, 배추와 무의 수확후 잔유물은 그림 2-2와 그림 2-3에 나타난 바와 같이 전체 조사지역에 대해서 모두 두둑보다는 거의 고랑에 집중적으로 발생하는 것으로 나타났고, 잔유물 발생량은 지역적으로, 또한 작황수준에 따라서 약간의 차이가 있는 것으로 조사되었지만 일반적으로 1 m<sup>2</sup>당 약 1~2kg 정도로 조사되었다. 그러나 배추의 성장부진 및 병충해 발생 등에 의해 재배에 실패하였을 경우에는 일반적으로 수확을 포기하여 재배면적 전체가 잔유물로 방치되게 되고(그림 2-4), 이러한 경우에는 잔유물 발생량이 1 m<sup>2</sup>당 약 5kg 이상인 경우도 나타났다. 한편, 가을재배 및 봄배추 재배지역간에는 잔유물 발생 형태나 발생량에 있어서 특별한 차이를 보이지 않았다.



그림 2-2 배추 수확후의 잔유물 실태



그림 2-3 무 수확후의 잔유물 실태



그림 2-4 배추재배에 실패하여 수확을 포기한 경우의 잔유물 실태



현재 일반적으로 수행되고 있는 배추(무) 수확후의 잔유물 처리방법은 인력에 의해 수행되고 있으나 그 발생량이 매우 많아 많은 노동력이 필요하고, 또한 배추의 뿌리부분은 약 15cm 정도 깊이의 토양속에 묻혀 있어서 일일이 수거하기가 거의 불가능한 실정이다(그림 2-5). 더욱이 수확을 포기하였을 경우에는 앞에서 서술한 바와 같이 잔유물 발생량이 1m<sup>2</sup>당 5kg이상 발생하기 때문에 더욱 많은 노동력이 요구된다. 이와 같이 잔유물 처리에는 많은 노동력이 필요하기 때문에 실제 배무 및 무 재배지역에서의 잔유물 처리방법은 인력에 의해 잔유물 처리 작업이 수행되는 경우도 있지만, 대부분의 경우 대충 수거하거나 로타리작업에 의해 잔유물과 토양을 섞는 방법을 취하고 있고, 경우에 따라서는 노지에 그대로 방치해 두고 있는 실정이다.



그림 2-5 배추뿌리의 형상

그러나 배추와 무의 잔유물을 수거하지 않고 포장내에 그대로 방치할 경우에는 배추 무름병과 뿌리혹병, 그리고 선충 등에 의한 연작피해가 발생하게 되고, 결과적으로 다음 해의 배추 수확량 감소로 나타나기 때문에 잔유물은 포장밖으로 수거되어 처리되어야 한다.

## 제 3 장 채소수확기의 토양물리성 측정 및 분석

### 제1절 채소 수확기의 토양물리성 측정

적절한 채소 잔유물 현장 수거기를 개발하기 위해서는 재배작물의 재배양식 뿐만아니라 채소 수확시기의 토양특성도 함께 고려해야 한다. 따라서 우리나라의 대표적인 배추, 무 재배지역인 당진, 홍성, 부안, 김제, 창녕, 김해, 고창, 영암, 괴산, 청원, 해남 등지에서 채소 수확시기의 토양특성을 조사하였다.

토양의 물리적 특성은 토양의 원추지수, 내부마찰각, 점착력, 토양-금속 마찰계수, 부착력 등을 측정하였으며, 그 외에 토성과 토양의 수분함량 등을 측정하였다.

토양물리성의 측정 방법은 다음과 같다.

#### 1. 원추지수

토양의 원추지수는 SR-2 모델의 토양 경도 측정장치를 이용하여 채소 재배지역에서 채소 수확후에 두둑과 고랑에서 각각 임의의 5곳을 선정하여 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30cm까지 5cm의 측정 간격으로 각각 3반복으로 측정하였다.

#### 2. 내부마찰각과 점착력 측정

토양의 점착력과 내부마찰각은 SR-2 모델의 토양 전단저항 측정장치를 이용하여 채소 수확후에 두둑과 고랑에서 임의의 5곳을 선정하여 3반복으로 측정하였다.

### 3. 토양-금속 마찰각과 부착력 측정

토양의 부착력과 토양-금속 마찰각은 SR-2 모델의 토양 마찰저항 측정장치를 이용하여 채소 수확후에 두둑과 고랑에서 임의의 5곳을 선정하여 3반복으로 측정하였다.

### 4. 토양의 수분함량 및 토성측정

토양의 수분함량은 EVERWELL 332 토양 채취기를 이용하여 오븐 건조법에 의해 측정하였다. 토양샘플의 채취는 용량 100cc의 토양 채취통을 이용하여 채소 수확후의 두둑과 고랑에서 임의의 3곳을 선정한 후 토양속 0~10cm, 10~20cm 깊이의 두 구간에서 채취하였다. 한편, 토성은 채취한 토양 샘플을 미국농무성법(USDA)에 의해 분류하였다.

## 제2절 채소 수확기의 토양물리성 분석

표 3-1은 위의 지역의 배추와 무밭에서 배추 및 무 수확후에 측정한 토양의 물리적 특성을 보여 주고 있다. 표 3-1에서 볼 수 있듯이, 대부분의 측정지역에서의 토성은 양토(L)로 나타났고, 아산과 부안(배추), 창녕 지역에서만 사양토(SL)로 나타났다. 한편, 수분함량은 고창과 영암지역에서는 각각 31.20%, 35.24%로 크게 나타났고, 그 외의 지역에서는 15%~27%의 범위로 나타났다.

표 3-1-(a) 주요 배추, 무 재배지역에서 수확후 측정된 토양의 물리적 특성

지 역		콘 관입저항 (kgf/cm <sup>2</sup> )							최대측정깊이 (cm)	토성
		0cm	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm		
당진-1 (배추밭)	두둑	2.3	3.7	8.3	14.3	24.7	-	-	20	L
	고랑	5.0	14.7	-	-	-	-	-	5	
당진-2 (배추밭)	두둑	3.33	6.0	5.67	18.0	24.0	-	-	20	L
	고랑	7.67	18.67	-	-	-	-	-	5	
아산 (배추밭)	두둑	3.33	5.0	8.33	10.5	14.0	19.0	20.33	30	SL
	고랑	4.33	8.33	14.33	-	-	-	-	10	
홍성 (배추밭)	두둑	2.0	4.0	6.33	7.83	9.33	11.0	11.67	30	L
	고랑	2.33	6.0	7.33	11.33	11.0	10.0	11.67	30	
홍성 (무밭)	두둑	1.0	2.0	4.67	11.33	13.0	13.0	17.0	30	L
	고랑	3.50	7.33	15.67	18.67	15.67	17.67	17.33	30	
부안 (배추밭)	두둑	2.67	5.33	8.0	9.50	14.67	19.67	22.0	30	SL
	고랑	5.67	8.0	18.0	-	-	-	-	10	
부안 (무밭)	두둑	1.33	4.67	7.0	11.67	15.67	19.0	20.0	30	L
	고랑	7.33	11.67	19.67	-	-	-	-	10	
김제 (배추밭)	두둑	1.33	5.0	9.33	12.33	14.33	21.33	-	25	L
	고랑	6.67	13.33	-	-	-	-	-	5	
김제 (무밭)	두둑	1.67	2.67	8.0	12.0	16.0	20.0	-	25	L
	고랑	6.0	11.67	13.67	-	-	-	-	10	
창녕 (배추밭)	두둑	2.0	5.33	7.33	10.67	15.00	17.33	-	25	SL
	고랑	7.67	14.67	-	-	-	-	-	5	
김해 (배추밭)	두둑	1.00	2.27	7.33	11.67	15.33	18.67	-	25	L
	고랑	6.83	11.67	14.67	-	-	-	-	10	
고창 (배추밭)	두둑	1.33	3.00	5.50	11.83	14.00	15.67	-	25	L
	고랑	7.67	14.67	23.33	-	-	-	-	10	
영암 (배추밭)	두둑	2.00	4.33	9.33	11.33	14.33	17.00	-	25	L
	고랑	6.00	11.67	15.00	-	-	-	-	10	
괴산 (배추밭)	두둑	5.40	4.20	3.80	7.40	13.20	17.00	17.80	30	-
	고랑	5.60	10.20	14.20	16.80	16.20	13.20	12.60	30	
청원 (배추밭)	두둑	1.80	2.20	2.60	5.40	9.60	15.50	18.80	30	-
	고랑	13.60	17.00	17.40	16.40	19.00	-	-	20	
해남 (배추밭)	두둑	1.70	2.60	3.80	4.60	10.60	15.80	19.20	30	-
	고랑	11.20	15.40	18.60	18.00	21.60	-	-	20	

표 3-1-(b) 주요 배추, 무 재배지역에서 수확후 측정한 토양의 물리적 특성

지 역		함수율 (d. b.) (%)	접착력 (kPa)	내부 마찰각 (deg.)	부착력 (kPa)	토양-금속 마찰각 (deg.)	최대측 정깊이 (cm)	토성
당진-1 (배추밭)	두둑	18.27	6.455	30.400	1.589	17.014	20	L
	고랑		6.822	41.723	3.303	15.216	5	
당진-2 (배추밭)	두둑	15.64	6.056	27.551	1.972	17.103	20	L
	고랑		5.998	36.066	2.158	17.511	5	
아산 (배추밭)	두둑	24.99					30	SL
	고랑						10	
홍성 (배추밭)	두둑	18.30	4.704	30.255	1.553	17.103	30	L
	고랑		6.775	35.818	2.257	16.668	30	
홍성 (무밭)	두둑	15.27	5.397	30.541	2.100	16.573	30	L
	고랑		8.386	34.606	2.182	17.511	30	
부안 (배추밭)	두둑	23.43	4.541	28.444	2.106	15.786	30	SL
	고랑		6.383	29.030	2.042	16.888	10	
부안 (무밭)	두둑	21.34	4.547	31.245	2.328	17.354	30	L
	고랑		8.219	33.493	3.229	18.315	10	
김제 (배추밭)	두둑	19.24					25	L
	고랑						5	
김제 (무밭)	두둑	19.24					25	L
	고랑						10	
창녕 (배추밭)	두둑	22.34					25	SL
	고랑						5	
김해 (배추밭)	두둑	19.27	5.892	29.336	1.729	17.260	25	L
	고랑		7.758	41.186	3.237	14.574	10	
고창 (배추밭)	두둑	31.20					25	L
	고랑						10	
영암 (배추밭)	두둑	26.54	7.483	31.216	1.863	18.449	25	L
	고랑		10.120	39.007	3.620	18.134	10	
괴산 (배추밭)	두둑	35.24	5.884	32.179	3.451	14.230	30	-
	고랑		10.486	40.365	1.768	16.605	30	
청원 (배추밭)	두둑	14.74	5.670	20.737	2.766	15.264	30	-
	고랑		7.826	33.265	2.573	14.133	20	
해남 (배추밭)	두둑	14.74	6.251	22.880	2.445	19.127	30	-
	고랑		9.390	30.837	2.407	17.557	20	

그림 3-1과 3-2는 현장조사를 수행한 지역 중 홍성, 부안, 청원, 해남, 당진 1지역, 영암지역에서 SR-2형 토양 경도측정기(cone penetrometer)를 이용하여 배추와 무밭에서 채소 수확후에 두둑과 고랑에서 측정한 깊이에 따른 원추지수(Cone Index; CI)의 측정결과를 보여주고 있다. 그림 3-1은 두둑에서 측정한 토양의 원추지수 결과로서 측정지역의 토양경도는 0~30cm까지의 측정범위내에서 토양 깊이가 증가함에 따라 원추지수도 함께 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 당진과 영암지역에서는 각각 0~20cm, 0~25cm 범위에서는 다른 지역과 마찬가지로 토양깊이에 따라 원추지수도 함께 증가하였으나 그 이상의 깊이에서는 토양강도가 급격히 증가하여 SR-2형 토양경도 측정장치의 측정범위를 초과하였다.

그림 3-2는 고랑에서 측정한 토양경도 측정결과로서 홍성지역의 배추밭과 무밭 2 곳에서는 30cm까지, 청원과 해남지역에서는 20cm까지 측정이 가능하였으나 그 외 지역에서는 토양강도가 매우 높아 5~10cm 깊이까지만 측정이 가능하였다. 또한 고랑에서는 모든 측정지역에 대해서 표층에서부터 토양강도가 매우 크게 나타났고, 표층 아래 5~10cm를 전후해서 토양강도가 급격히 증가하였다

그림 3-1과 3-2의 결과에서 볼 수 있듯이, 두둑과 고랑간에 토양경도의 차이가 크게 나타난 이유는 15~20cm 전후의 쟁기작업을 통해 두둑과 고랑을 만들게 되고, 이로 부터 고랑아래 5~10cm(또는 두둑아래 20~30cm) 전후해서 단단한 표층이 발생하기 때문이다.

한편, 지역간에 두둑아래에서의 단단한 토층의 깊이가 다르게 나타난 이유는 앞에서 서술한 바와 같이 지역간 쟁기작업 깊이와 고랑 및 두둑높이의 차이 때문으로 판단된다. 즉, 두둑 아래에서와 고랑 아래에서의 단단한 토층은 같은 지반층으로 판단되고, 이러한 점이 측정지역에 대해 두둑아래에서의 단단한 토층 깊이의 차이가 나게 된 것으로 판단된다.

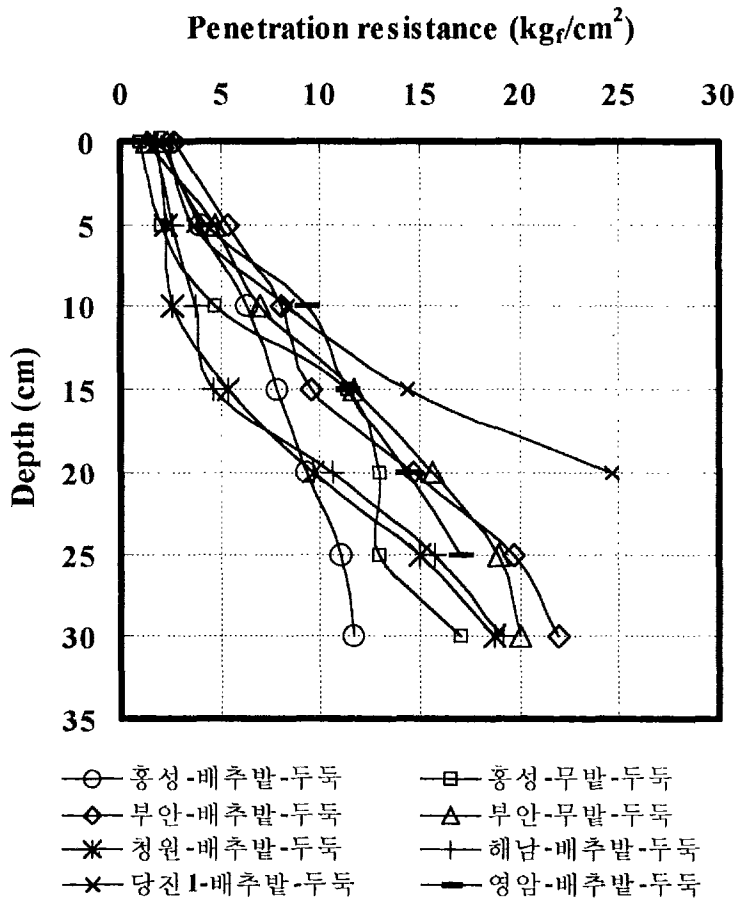


그림 3-1 배추와 무밭의 두둑에서 토양 깊이에 따른 관입저항의 분포



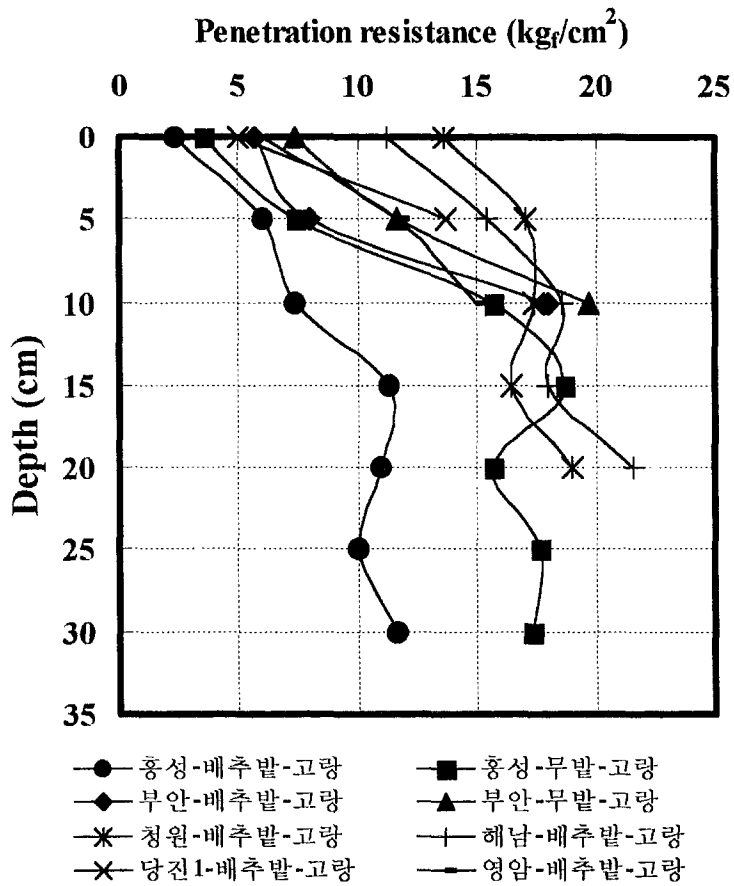
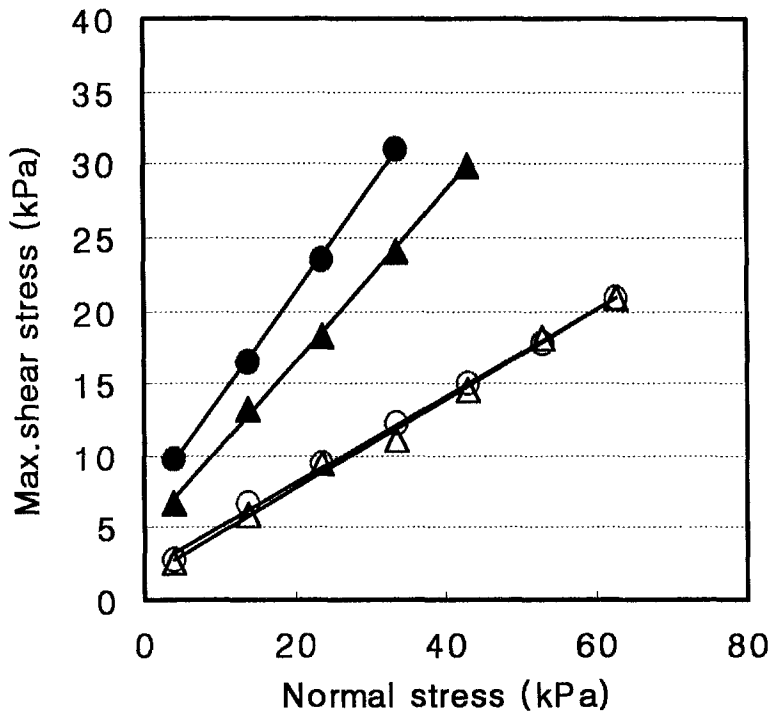


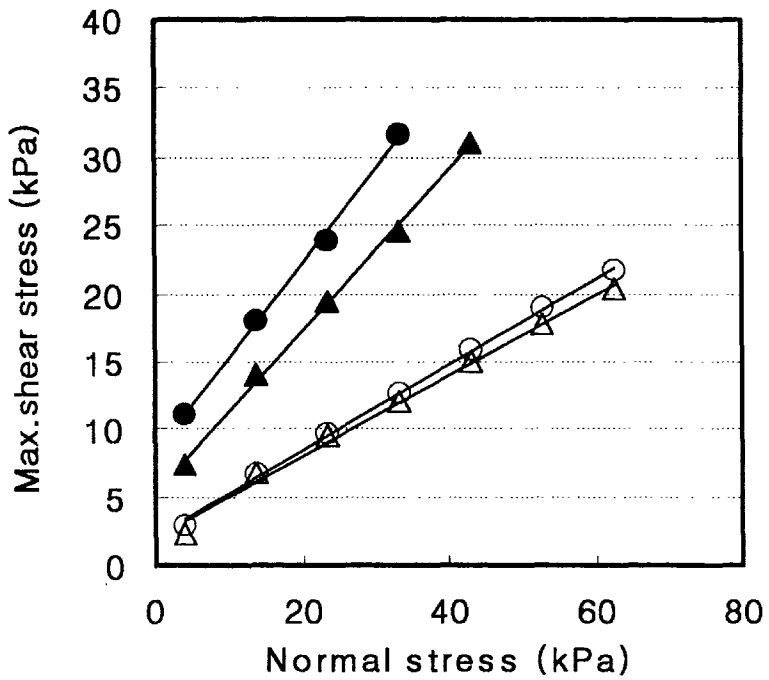
그림 3-2 배추와 무밭의 고랑에서 토양 깊이에 따른 관입저항의 분포

그림 3-3~3-6은 SR-2 토양전단 측정장치의 전단링(shear ring; 돌기부가 달린)과 마찰링(frictional ring; 돌기부가 없는)을 이용하여 홍성과 부안의 배추밭과 무밭에서 측정한 두둑과 고랑에서의 전단강도 결과이다. 그림 3-3~3-6의 결과에 나타난 바와 같이, 홍성과 부안지역 모두에 대해 배추밭과 무밭간에 있어서의 마찰링과 전단링에 의해 측정된 전단강도는 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 두둑과 고랑간에 있어서는 마찰링에 의해 측정된 전단강도는 차이가 없는 것으로 나타났으나 전단링에 의해 측정된 전단강도는 배추밭과 무밭에서 모두에 대해서 고랑에서 측정한 값이 상대적으로 매우 크게 나타났다. 이러한 결과는 그림 3-7과 3-8에 나타난 바와 같이, 마찰링에 의해 측정되는 토양변수인 토양의 부착력(adhesion)과 토양-금속 마찰각(soil-metal friction angle)은 토양강도에 의해 크게 영향을 받지 않지만, 전단링에 의해 측정되는 점착력(cohesion) 및 내부마찰각(internal friction angle)은 토양의 강도에 의해 크게 영향을 받기 때문으로서 두둑에 비해 토양이 단단한 고랑에서 상대적으로 큰 전단강도가 나타난 것으로 판단된다.



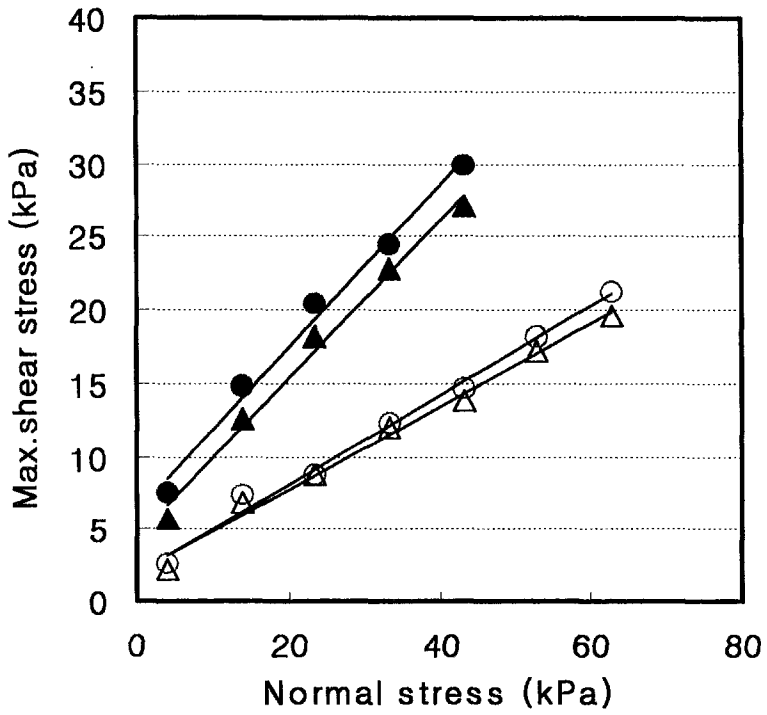
▲ 홍성(배추)-두둑(전단)    ● 홍성(배추)-고랑(전단)  
 △ 홍성(배추)-두둑(마찰)    ○ 홍성(배추)-고랑(마찰)

그림 3-3 홍성지역의 배추밭에서 측정한 토양의 전단강도



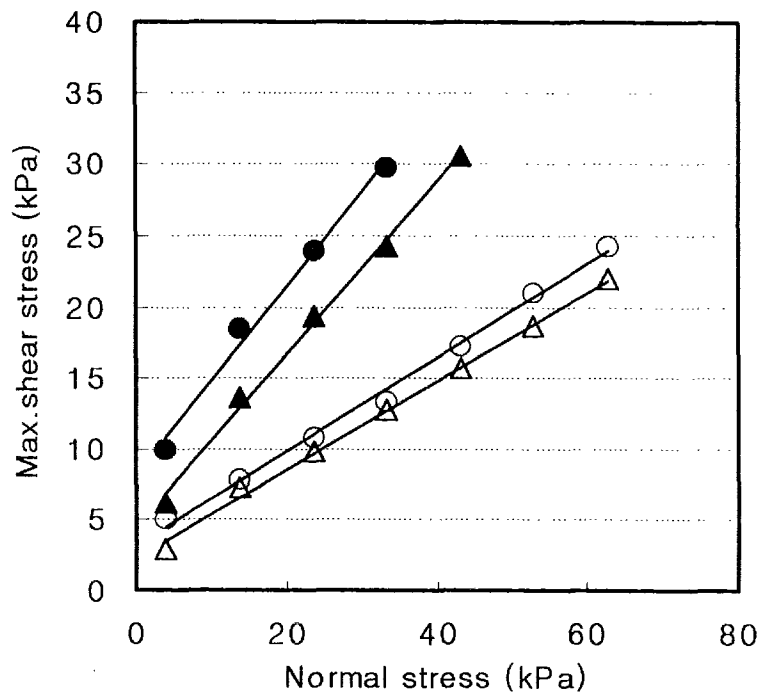
▲ 홍성(무)-두둑(전단)      ● 홍성(무)-고랑(전단)  
 △ 홍성(무)-두둑(마찰)      ○ 홍성(무)-고랑(마찰)

그림 3-4 홍성지역의 무밭에서 측정한 토양의 전단강도



▲부안(배추)-두둑(전단)   ●부안(배추)-고랑(전단)  
 △부안(배추)-두둑(마찰)   ○부안(배추)-고랑(마찰)

그림 3-5 부안지역의 배추밭에서 측정한 토양의 전단강도



▲부안(무)-두둑(전단)      ●부안(무)-고랑(전단)  
 △부안(무)-두둑(마찰)      ○부안(무)-고랑(마찰)

(d)

그림 3-6 부안지역의 무밭에서 측정한 토양의 전단강도

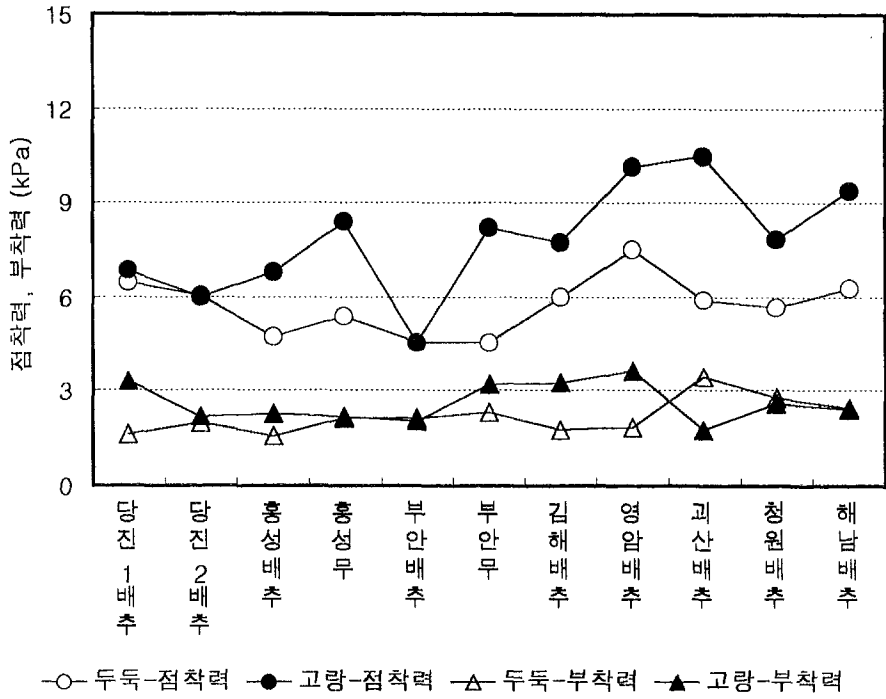


그림 3-7 주요 배추(무) 재배지역의 두둑과 고랑간의 토양 점착력 및 부착력 분포의 비교

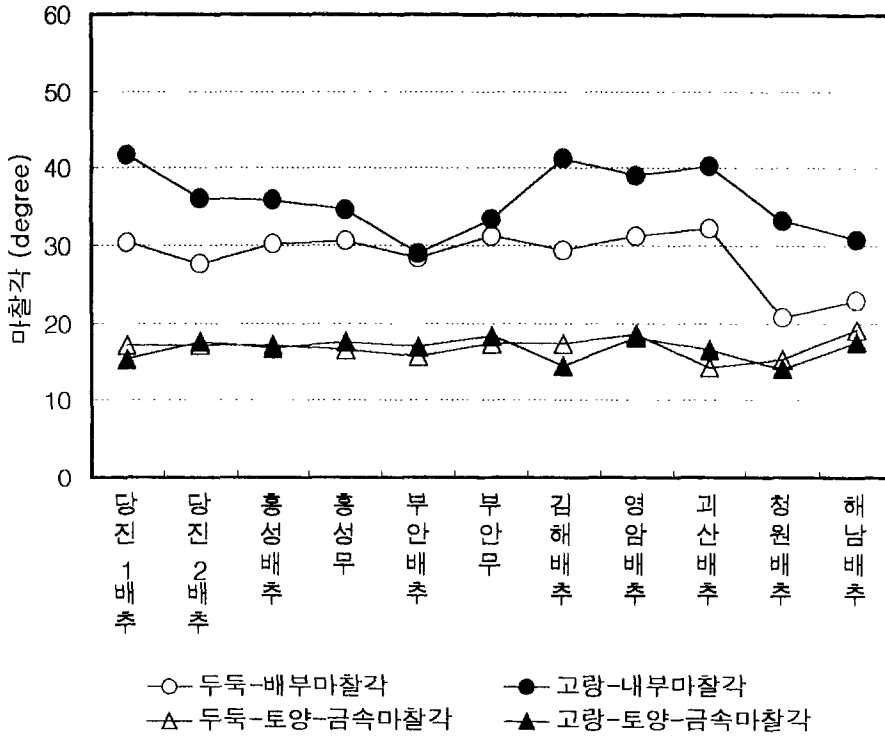


그림 3-8 주요 배추(무) 재배지역의 두둑과 고랑간의 토양 내부마찰각 및 토양-금속 마찰각 분포의 비교



# 제 4 장 채소 잔유물의 현장 수거를 위한 1차 시작기 개발

## 제1절 설계인자 구명

### 1. 토양 절단 및 잔유물 걷어 올림장치

토양 절단 및 잔유물 걷어 올림장치는 채소가 묻혀 있는 토양을 절단한 후 들어올려 채소를 포함하는 토양덩어리를 잔유물 이송장치 위로 보내는 부분으로서 채소류의 재배양식과 토양의 물리적 특성 등을 모두 고려하여야 한다.

배추와 무 재배지역의 토양 표면 형상은 일반적으로 고랑과 두둑간의 높이가 약 20cm 전후이며, 수확 후 잔유물은 대부분의 경우 두둑사이의 고랑에 방치되지만 경우에 따라서는 두둑 위에 그대로 방치되고, 앞의 그림 2-4에 나타난 바와 같이 재배에 실패하였을 경우에는 수확을 포기하고 두둑 위에 배추를 그대로 방치하게 된다. 또한 토양(두둑)속에 묻혀있는 배추뿌리는 두둑표면에서 약 10~15cm 정도의 깊이로 토양속에 박혀 있는 것으로 조사되었다. 따라서 두둑뿐만아니라 고랑에 방치되어 있는 채소 잔유물을 모두 수거하기 위해서는 다음과 같은 조건이 필요하다.

잔유물을 완전히 수거하기 위한 첫 번째 조건으로는 잔유물 수거장치가 지나간 후 노지안에 남아 있는 잔유물양을 최소로 줄여야 한다. 이것은 두둑표면의 잔유물과 두둑표면에서 약 10~15cm 아래 토양속까지 묻혀 있는 뿌리부, 그리고 고랑표면에 방치되어 있는 잔유물을 모두 수거해야 하고, 추가로 고랑표층에 얇게 묻혀 있는 잔유물까지도 모두 수거할 때 가능하게

된다. 그러나 배추 및 무의 재배양식은 지역적, 경작방식에 따라 두둑과 고랑간의 형태가 따라 다르기 때문에 잔유물만 선택하여 수거하기란 거의 불가능하다. 따라서 잔유물 수거장치는 잔유물뿐만 아니라 잔유물을 포함하는 토양층을 모두 수거한 후에 토양은 제거하고 잔유물만 수거하는 방식으로 설계되어야 한다.

이러한 목적을 달성하기 위해서는 두둑표면으로부터 약 20cm 이상, 그리고 고랑표면으로부터 약 2~3cm 정도까지 잔유물뿐만 아니라 잔유물을 포함하는 토양층을 완전히 걷어 올릴수 있는 경사진 블레이드 형태의 걷어 올림 장치가 필요하다. 그러나 두둑표면에서 고랑까지의 높이는 대략 20cm 전후 이고, 고랑아래의 토양층은 두둑에 비해 상대적으로 토양강도가 높기 때문에 걷어올림 장치로 직접 고랑아래 토층을 파괴하여 잔유물을 포함하는 토양덩어리를 걷어 올릴 경우에는 걷어올림 장치에 작용하는 견인부하가 매우 크게 나타나게 되어, 결과적으로 트랙터에 높은 소요견인력을 요구하게 된다. 따라서 소요견인력을 줄이기 위해서는 잔유물 및 토양덩어리를 걷어 올리기 전에 먼저 걷어올림장치 전방에서 토양을 절단 및 파쇄할 수 있는 전처리 장치가 필요하다.

전처리장치는 토양의 절단과 파쇄 기능을 모두 갖추어야 한다. 전처리장치가 토양절단 기능만을 수행할 경우에는 토양 및 잔유물 걷어올림장치의 견인부하는 줄일 수는 있다. 그러나 파쇄가 안된 상태로 걷어 올려진 후 컨베이어 형태의 이송장치로 이송된 토양 덩어리는 이송중에 제거가 이루어지지 않게 되고, 이송장치를 통과한 토양 덩어리는 잔유물 적재함에 채소잔유물과 함께 수거되게 된다.(그림 4-1). 이것은 결국 수거된 잔유물(토양을 포함한)의 부피와 무게를 증가시키게 되어 잔유물 수거 부담면적의 감소 효과를 가져오게 된다.

따라서 전처리 장치는 토양의 절단뿐만 아니라 파쇄기능을 동시에 수행해

야 하며, 이러한 목적을 위해서는 로터리 톨러가 적절한 것으로 판단된다. 그러나 일반적으로 사용되는 트랙터 작업용 로타리는 회전반경이 커서 토양 파쇄시 부하가 크게 소요되고, 토양파쇄 뿐만아니라 채소 잔유물까지도 잘게 파쇄하여 컨베이어를 통한 잔류물 이송시 토양뿐만아니라 잔유물도 함께 분리·제거되게 된다. 따라서 전처리 장치에 사용되는 로타리는 토양파쇄시의 부하를 줄이면서 채소잔유물의 과도한 파쇄를 방지하기 위하여 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.

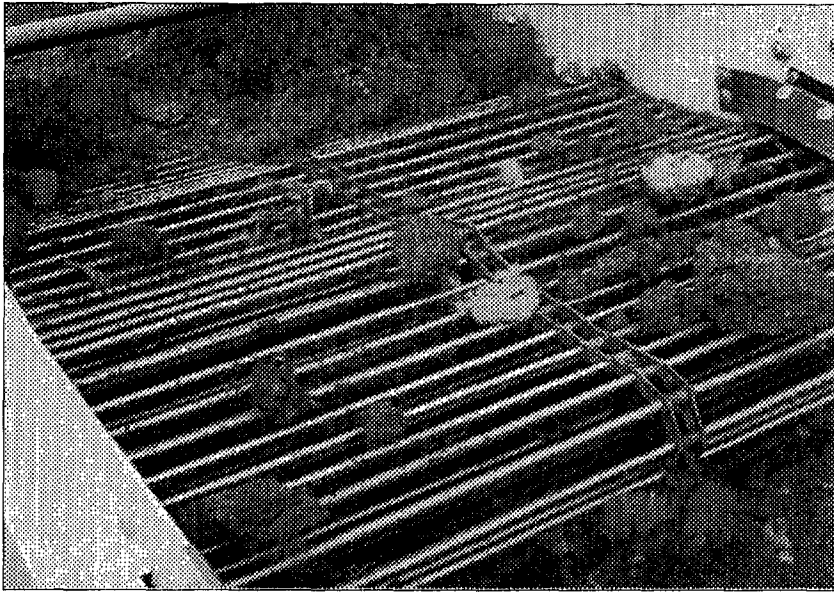


그림 4-1 토양파쇄가 이루어지지 않은 상태에서의 토양 이송

첫째, 두둑과 고랑사이의 높이는 약 20cm 전후이므로 로타리로 고랑과 두둑의 토양을 모두 파쇄할 경우에는 로타리의 부하가 크게 요구므로 로타리 작업은 두둑의 토양만을 파쇄하도록 하는 것이 필요하다. 그러나 두둑 및 고랑의 형태는 지역적 또는 경작방식에 따라 다양하기 때문에 로타리날의

위치를 고정형으로 설계할 경우 범용적으로 사용할 수 없다. 따라서 로타리는 모든 두둑과 고랑 형태에 적용할 수 있는 이동형으로 설계하는 것이 필요하다.

둘째, 일반적으로 사용되는 트랙터용 로타리는 로타리의 회전반경이 커서 소요 부하가 크게 작용하고, 또한 지면과의 토양절단각이 커서 토양파쇄뿐만 아니라 채소 잔유물까지도 완전히 파쇄하게 된다. 따라서 전처리장치에 사용되는 로타리는 로타리의 부하를 줄이기 위하여 두둑아래 약 15cm 정도의 깊이로 토양속에 묻혀 있는 뿌리까지만 제거할 수 있도록 약 15cm 정도의 회전반경을 갖는 로타리날이 필요하고, 또한 채소잔유물의 과도한 파쇄를 줄이기 위하여 토양표면에 대한 로타리 진입각을 작게하는 것이 필요하다.

## 2. 채소 잔유물 이송 장치

토양 절단 및 잔유물 걷어올림 장치로부터 잔유물과 함께 수거된 토양은 이송장치로 보내지고, 이송장치를 통과한 잔유물과 토양덩어리는 토양은 걸러 버리고 잔유물만 이송되어 수거장치로 보내져야 한다. 따라서 들어 올려진 토양과 채소 잔유물은 철재 원형봉을 체인으로 연결한 컨베이어 벨트 형태로 구성된 이송장치를 따라 이동시키는 것이 적절한 것으로 판단되었다. 컨베이어 형태의 이송장치가 토양과 잔유물을 함께 이송하면서, 이송 중에 토양은 잘게 파쇄되어 분리되고 채소잔유물만을 이송하기 위해서는 다음과 같은 조건을 갖추어야 한다.

첫째, 컨베이어 형태의 토양분리 및 이송장치는 채소잔유물을 토양표면에서 일정 높이에 위치한 잔유물 수집장치까지 올려 보내야 된다. 따라서 컨베이어 벨트는 걷어올림장치의 뒷부분부터 최종 잔유물 적재함이 위치한 높이까지 적당한 경사를 갖고 구성되어야 한다. 그러나 컨베이어 벨트의 경

사각( $\alpha$ )이 너무 작으면 잔유물이 컨베이어를 따라 잔유물 적재함으로 이송되지 못하고 아래로 미끄러지게 된다. 따라서 컨베이어의 경사각은 최소한 다음의 조건을 만족해야 한다.

$$\alpha < \phi_s \quad \text{and} \quad \alpha < \phi_b$$

여기서,  $\phi_s$  : 금속위에서 토양의 미끄럼마찰각

$\phi_b$  : 컨베이어 표면에서 채소잔 유물의 구름마찰각

일반적으로 채소류 및 구근류의 마찰각은 20~22°로 조사되었고, 토양-금속 마찰각은 현장 토양조사를 통해 약 15° 정도로 조사되었기 때문에 컨베이어의 경사각은 약 20° 이내로 정도로 설계하는 것이 타당한 것으로 판단된다.

둘째, 컨베이어 벨트에 사용되는 철재 원형봉은 적절한 크기로 선택되어야 한다. 일반적으로 수확기에서 이송용 컨베이어 벨트에 사용되는 원형봉은 수확물에 손상을 주지 않기 위해 고무 원형봉이나 직경이 큰 원형봉을 사용하지만, 잔유물 수거기에서는 잔유물에 손상이 발생해도 지장이 없다. 따라서 직경이 작은 봉을 사용하여 컨베이어 시스템의 중량을 줄이고, 원형봉간의 간격을 적절히 조정하여 이송중 파쇄된 토양만 아래로 떨어져 제거된 후 잔유물만 수거함으로 이송되어야 한다.

셋째, 컨베이어의 이동속도가 적절해야 한다. 컨베이어의 속도가 적정속도보다 느릴 경우에는 토양과 채소잔유물이 컨베이어에 쌓이게 되고, 이것은 토양분리와 잔유물의 이송에 영향을 주게 된다. 따라서 컨베이어장치에 요구되는 최저속도( $V_c$ )는 다음의 조건을 만족해야 한다.

$$V_c \geq \frac{V_v}{\cos \alpha} , \quad \text{여기서, } V_v : \text{차량의 이동 속도}$$

넷째, 잔유물과 토양의 혼합물은 컨베이어 이송중에 토양은 제거되고, 잔유물만 적재함으로 이송되어야 한다. 점질토나 수분함량이 많이 함유된 토양은 토양의 점착력(cohesion) 및 부착력(soil-metal friction or soil-vegetable friction)에 의해 이송중에 토양덩어리의 파쇄가 용이하게 이루어지지 않게 되고, 또한 토양덩어리가 컨베이어 벨트나 채소잔유물에 부착되어 토양의 분리효과가 떨어지게 된다. 따라서 이송중에 토양의 파쇄 및 분리를 용이하게 하기 위해서는 컨베이어 벨트에 적절한 진동효과가 필요하다.

### 3. 트랙터 조합 및 부착장치의 설계인자 구명

잔유물 수거장치는 자체 주행능력이 없는 독립적인 시스템으로서 중량이 크고, 견인부하가 매우 크기 때문에 트랙터 부착형으로 구성되어야 한다. 잔유물 수거장치의 트랙터 부착방법은 부착의 용이성, 로타리작업 및 컨베이어벨트의 동력전달을 위한 트랙터 PTO축의 연결의 용이성, 그리고 토양절단 및 토양건어올림 장치의 경심 조절 조절 등을 간편하게 하기 위해서는 트랙터의 3점 링크 부착방식으로 구성한다.

## 제2절 1차 시작기의 설계 및 제작

그림 4-2는 전술한 설계방침을 토대로 구성한 잔유물 수거기(시작기)의 측면도를 보여주고 있다. 그림 4-2에서 (4)는 토양 및 잔유물 건어올림장

치로서 블레이드 형태의 경사판을 잔유물 수거기의 전면부에 부착하여 두둑과 고랑의 잔유물을 모두 수거하여 걷어 올릴 수 있도록 하였다. 또한 걷어올림장치의 전방에 토양의 절단 및 파쇄를 수행할 수 있는 로타리틸러(그림 4-2, (3))를 부착하여 걷어 올림장치에서 컨베이어 이송장치에 올려진 잔유물의 토양과의 분리가 용이하도록 하였고, 걷어올림장치에서 발생할 수 있는 소요부하를 최소화하도록 하였다. 여기서 로타리의 구동은 트랙터의 PTO동력과 직접 연결되어 컨베이어 시스템을 구동하는 구동스프로켓(그림 4-2, (7))에 로타리회전축을 고무벨트로 연결한 벨트구동방식을 이용하였다.

한편, 그림 4-2의 (6)은 토양을 포함한 잔유물을 적재함까지 이송하는 컨베이어벨트 방식의 이송장치로서, 철재 원형봉을 체인 형태로 연결한 방식으로 구성되었고, 컨베이어벨트의 구동은 트랙터의 PTO동력을 직접 인출하여 사용할 수 있도록 하였다. 사용된 원형봉은 직경이 12mm이고, 길이가 1400mm로서 원형봉의 양 끝은 체인형태로 연결되었고, 원형봉간의 간격은 파쇄된 토양이 아래로 떨어져 잔류물만 이송될 수 있도록 50mm간격으로 연결하였으며, 컨베이어의 전체 이송구간은 약 1300mm이다. 또한 이송중 토양덩어리의 파쇄와 잔유물과 토양과의 분리를 용이하게 하기 위하여 컨베이어 벨트 시스템의 지지롤러 사이에 약간의 처짐을 주어 컨베이어벨트의 회전시에 스프로켓에서 발생하는 진동이 벨트에 직접적으로 전달되도록 하여 진동장치의 추가 제작이 필요없도록 하였다.

그림 4-3은 잔유물 수거기의 정면도로서 걷어올림장치와 전처리부의 상세도를 보여 주고 있다. 그림 4-3의 (1)은 전술한 로타리틸러로서, 로타리는 2개의 두둑작업을 동시에 수행할 수 있도록 2조로 구성하였고, 한 조는 3개의 열로 구성되며, 각각의 열에는 120° 간격으로 3개의 로타리날이 장착되어 총 18개의 로타리날이 장착된다. 또한, 2조로 구성된 각각의 조는 지역적 특성에 따라 차이가 나는 두둑과 고랑 형태에 모두 적용할 수 있도록 그

림 4-3의 (3) 나타낸 바와 같이 로타리 회전축상에서 좌·우로 위치를 조절할 수 있는 이동형으로 설계하였다.

한편, 토양 및 잔유물 걷어올림장치는 그림 4-3의 (4)에 나타난 바와 같이 한 번에 2개의 두둑과 고랑에 대해 전처리부에서 처리된 토양과 잔유물을 완전히 수거하기 위하여 폭이 1.4m인 경사판을 사용하였고, 경사판은 토양수거시 전인부하를 줄이기 위하여 쇄기 형태의 2쌍으로 설계하였다.

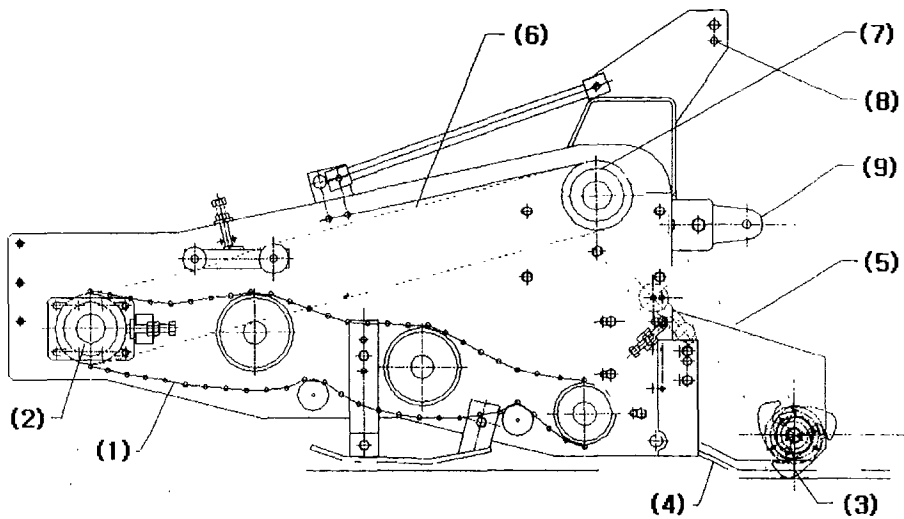


그림 4-2 채소잔유물 수거장치의 측면도

- (1) 채소잔유물 이송용 컨베이어 벨트
- (2) 컨베이어벨트 구동 스프로켓
- (3) 로타리 톨러
- (4) 토양 및 잔유물 걷어 올림 장치
- (5) 로타리 동력 전달 벨트
- (6) 컨베이어 이송용 동력전달 벨트
- (7) PTO 연결축의 동력전달 스프로켓
- (8) 트랙터 상부링크 고정점
- (9) 트랙터 하부링크 고정점



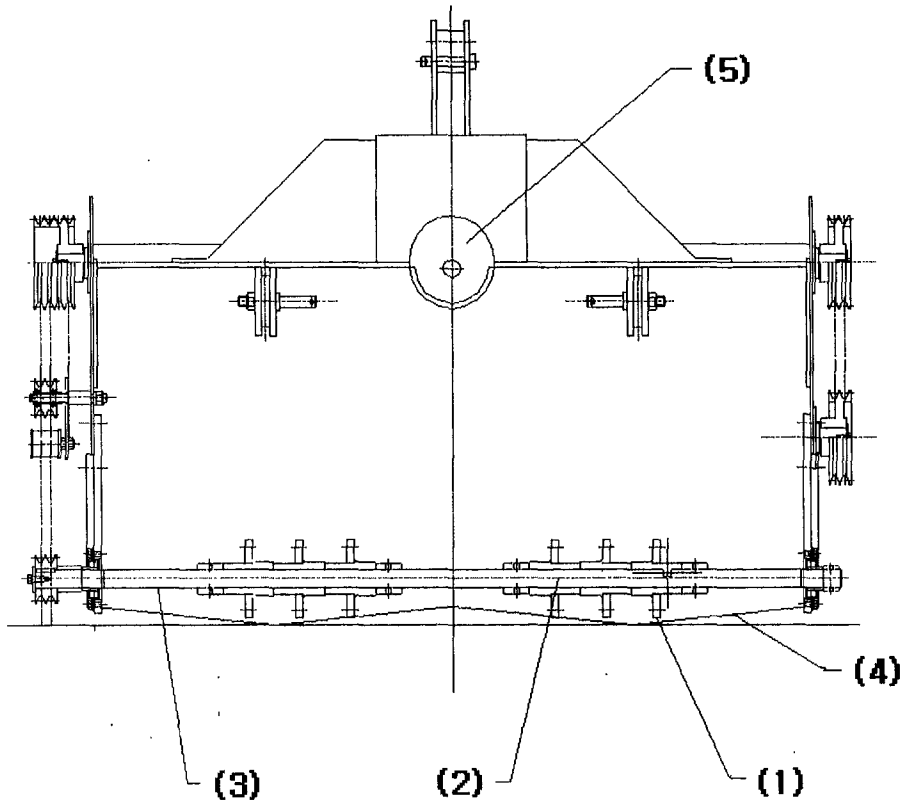


그림 4-3 채소잔유물 수거장치의 정면도

- |                 |                       |
|-----------------|-----------------------|
| (1) 로타리 킬러      | (2) 좌·우 이동형 로타리 부착장치  |
| (3) 로타리 고정용 회전축 | (4) 토양 및 잔유물 걷어 올림 장치 |
| (5) PTO 연결축     |                       |

그림 4-4와 4-5는 각각 설계도를 토대로 제작된 전처리장치(로타리방식) 및 토양 걷어올림장치와 컨베이어 벨트 형태로 제작한 잔유물 이송장치를 보여주고 있고, 그림 4-6은 컨베이어 및 로타리축의 동력전달장치의 모습, 그리고 그림 4-7은 채소 잔유물 현장 수거를 위해 제작된 1차 시작기를 트랙터에 장착한 전체 외형도를 보여주고 있다. 한편, 표 4-1에 1차 시작기의 개략적인 제원을 나타내었다.

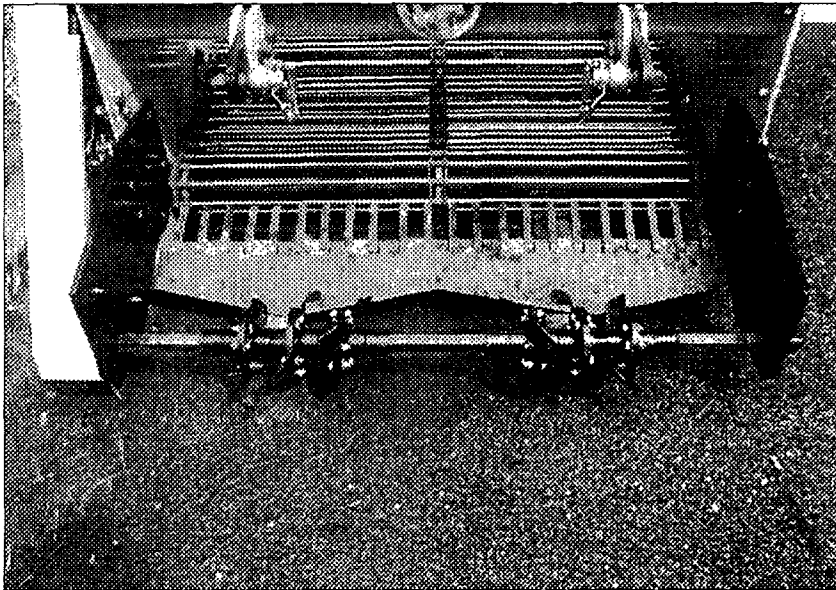


그림 4-4 전처리부 및 토양걷어올림 장치

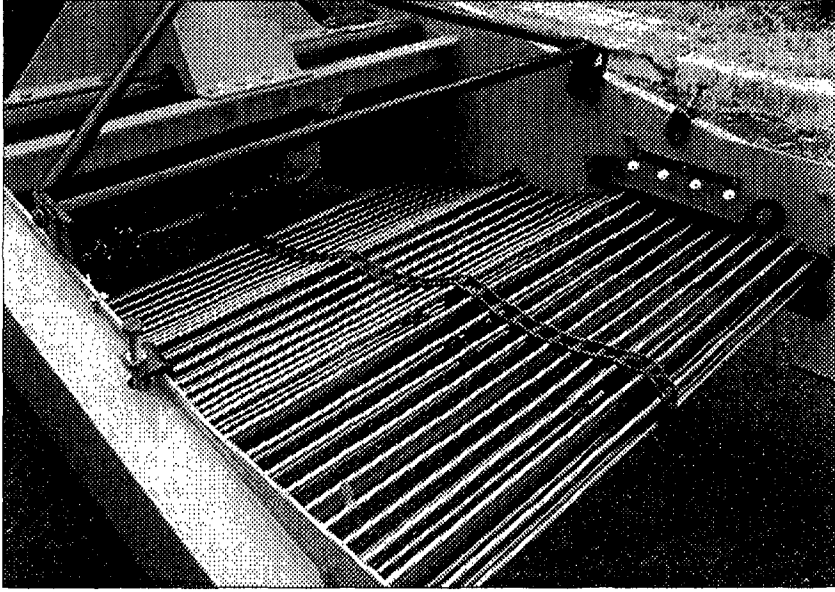


그림 4-5 컨베이어 형태의 잔유물 이송장치

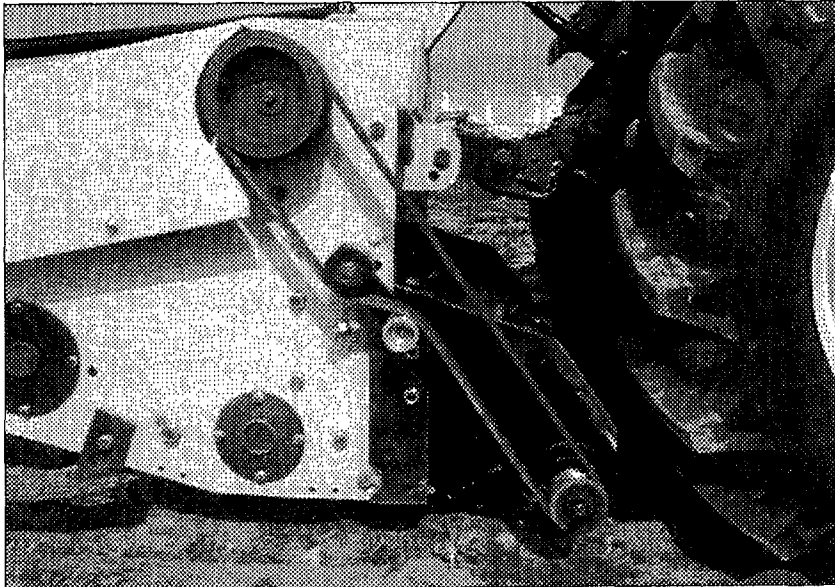


그림 4-6 컨베이어와 로타리축의 동력전달장치



그림 4-7 채소 잔유물 현장 수거를 위해 제작된 1차 시작기

표 4-1 채소 잔유물 수거를 위한 1차 시작기의 제원

항 목		제 원
길 이		1,750 mm
폭		1,620 mm
높 이		1,190 mm
잔유물 수거장치	전처리장치	전처리방식 : 로타리 방식(좌우 이동형) 구동동력 : PTO 동력 동력전달방식 : 벨트방식 로타리 배열 : 2조, 총 18개의 로타리날 사용 (1조 : 3열로 구성, 1열 : 120°간격으로 3개의 로타리 장착) 로타리 경심 : 15 cm 1조 로타리 작업폭 : 30 cm
	토양 견어 올림 장치	토양 수거 방식 : 견인식(블레이드 형태의 경사판) 작업 폭 : 약 1,340 mm (두둑2개+고랑2개) 경사판 폭 : 1,340 mm 경사판 길이 : 235 mm 경사판 각도 : 7°
잔유물 이송장치		이송방식 : 컨베이어 벨트 방식 구동동력 : PTO 동력 이송길이 : 1300 mm 이송 폭 : 1400 mm 컨베이어 벨트 : 직경 12mm, 길이 1400mm의 철재봉
트랙터 조합 및 부착		3점 히치 부착 방식

### 제3절 1차 시작기의 성능 실험

잔유물 수거기의 설계방침을 토대로 제작된 1차 시작기의 문제점을 구명하기 위해 L사에서 생산되고 있는 47마력 트랙터에 1차 시작기를 장착하여 실제 배추 재배지역에서 성능실험을 수행하였다.

1차 시작기의 성능실험은 평창, 횡성 등의 배추 재배지역과 수원시 농촌진흥청 작물시험장의 배추 재배지역 등에서 배추 수확후에 실시하였다. 한편, 제작된 1차 시작기는 잔유물을 걷어올려 수거한 후 수집하는 잔유물 적재함이 장착되어 있지 않기 때문에 시작기의 성능실험은 전처리부와 토양 및 잔유물 걷어올림장치에 의해 수거된 잔유물(토양덩어리를 포함한)을 컨베이어 이송장치의 시작부에 올려진 후, 컨베이어 이송장치를 전체 이송구간을 통과하여 컨베이어의 최종 위치를 통과할 때까지의 잔유물 수거 과정에 대해 수행하였다. 성능시험 결과, 1차 시작기의 잔유물 수거능력은 재배지역의 두둑과 고랑 형태, 토양의 강도 및 조성, 그리고 수분함량에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다.

평창과 횡성지역에서 수행한 실험결과, 전처리부(로타리작업)에 의해 1차적으로 파쇄된 후 걷어올림장치에 의해 컨베이어 벨트에 올려진 토양과 잔유물들은 크기가 매우 작은 채소잔유물(대략적으로 길이 3~4cm이하의 잔유물)을 제외한 거의 모든 잔유물이 컨베이어벨트 위에서 원활히 이송되었고, 전처리부에서 1차로 파쇄된 토양과 파쇄되지 않은 일부 토양덩어리, 그리고 잔유물에 붙어 있는 토양들은 컨베이어 이송 과정중에 컨베이어의 회전에 따른 진동에 의해 2차적으로 파쇄 및 분리되어 컨베이어벨트의 아래로 떨어져 제거되었고, 컨베이어벨트의 최종 위치를 통과할 때는 약간의 토양과 잔유물만이 이송되었다.

이러한 결과는 걷어올림장치의 전방에서 토양덩어리를 전처리부에서 1차적으로 파쇄한 후에 토양과 잔유물을 걷어올린 결과로 판단되고, 따라서 전처리부의 효과가 큰 것으로 나타났다.

그러나 11월 말에 당진에서 수행한 실험에서는 잔유물 수거는 평창과 횡성에서의 결과와 거의 유사하게 나타났으나 잔유물 수거작업시 부하가 크게 소요되어 트랙터의 구동륜에서의 슬립이 매우 크게 나타났다. 또한 로타리 작업시 부하가 크게 소요되어 로타리 회전축에 연결된 고무벨트에 슬립이 크게 나타났고, 경우에 따라서는 고무벨트에 100% 슬립이 발생하여 로타리의 회전이 멈추는 현상이 나타났다. 이러한 결과는 저기온으로 인한 기후 관계 등으로 인해 토양의 강도가 평창 및 횡성에 비해서 상대적으로 컸기 때문으로 판단된다. 따라서 토양강도가 높거나 동절기에 토양이 얼어 있는 경우에는 소요동력이 크게 요구되기 때문에 전처리부에서 로타리의 소요동력을 줄일 수 있는 설계개선이 필요한 것으로 나타났다.

한편, 수원시 농촌진흥청 작물시험장의 배추재배지역에서 수행한 성능시험에서는 보다 큰 문제점이 나타났다. 전처리부(로타리작업)에 의해 1차적으로 파쇄된 토양은 걷어올림장치를 거쳐 컨베이어 벨트위로 올려지지 않았다. 즉, 전처리부에서 잘게 파쇄된 토양은 전처리부와 걷어올림장치 사이에 계속 쌓이는 현상이 나타났(그림 4-8)고, 이로 인해 토양과 잔유물은 컨베이어벨트 위까지 원활한 이송이 이루어지지 않았다(그림 4-9). 또한 전처리부와 걷어올림장치 사이에서 토양이 쌓이는 누적현상은 시작기가 진행할 때 잔유물뿐만 아니라 토양을 밀고 가는 불도징(bulldozing) 현상이 나타나기 때문에 사용된 트랙터에 과도한 부하를 유발하였고, 또한 토양의 누적 현상은 로타리 작업시 경심증가의 효과를 가져와 로타리작업에 많은 소요동력이 요구되어 로타리축에 연결된 고무벨트에 큰 슬립이 발생하는 문제점이 나타났다.

이러한 현상은 이 지역에서의 실험이 배추 수확후에 상당한 시간이 경과한 후에 수행되었기 때문에 토양이 건조되어 수분함량이 매우 적었고, 또한 타지역에 비해 모래 성분이 많아 전처리부에서의 토양의 파쇄작업이 토양과 잔유물의 걷어올림장치에 대한 원활한 통과와 이루지지 않게 된 원인으로 판단된다. 한편, 일단 컨베이어 벨트 위로 올려진 토양과 잔유물들은 컨베이어벨트 시스템 위에서 토양은 분리 제거되고 잔유물만을 원활히 이송되었다(그림 4-10). 따라서 1차 시작기를 이용한 성능실험 결과로부터 컨베이어 이송 벨트시스템에는 큰 문제점이 없는 것으로 판단되었으나, 전처리부와 걷어올림장치에 대해서는 추가적인 설계 개선이 필요한 것으로 나타났다.

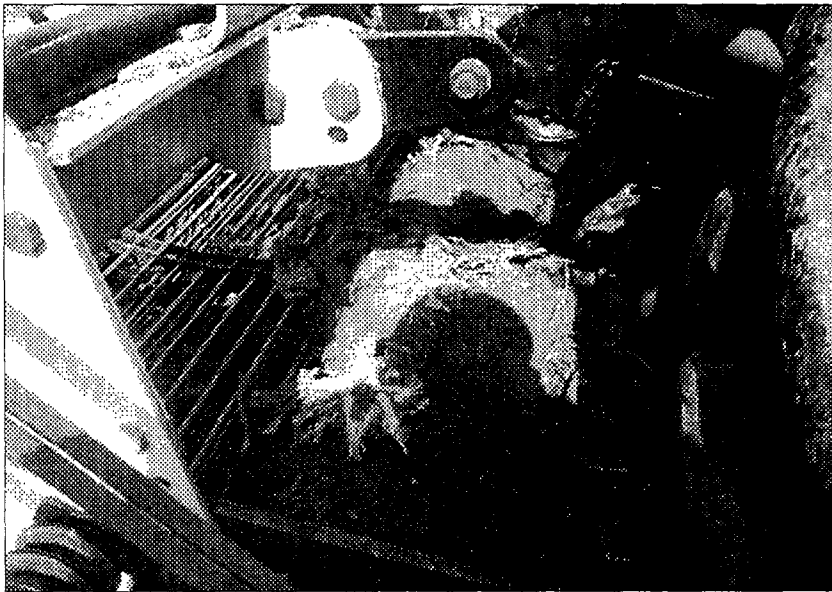


그림 4-8 컨베이어벨트 위로 이송되지 못하고 전처리부와 걷어올림장치 사이에 쌓여 누적된 토양과 배추잔유물



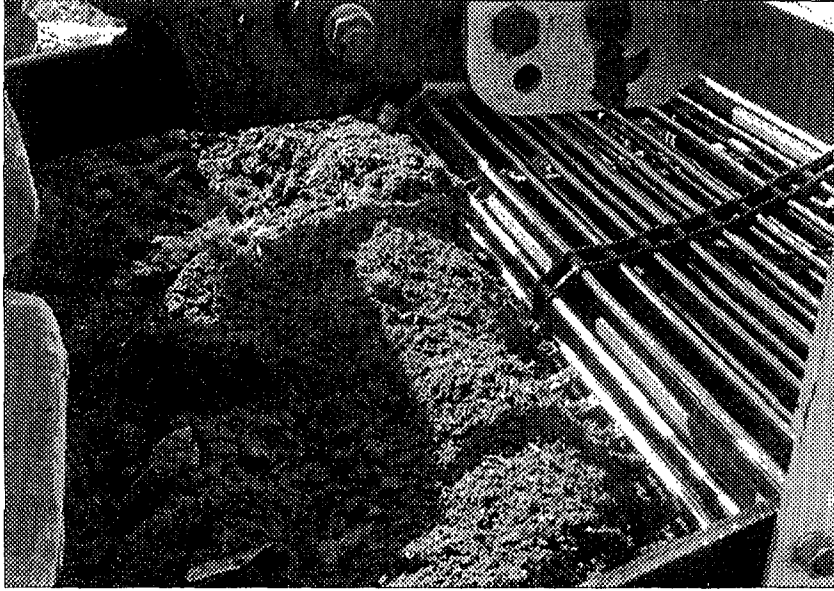


그림 4-9 컨베이어벨트 위로 이송되지 못하고 있는 토양과 배추잔유물

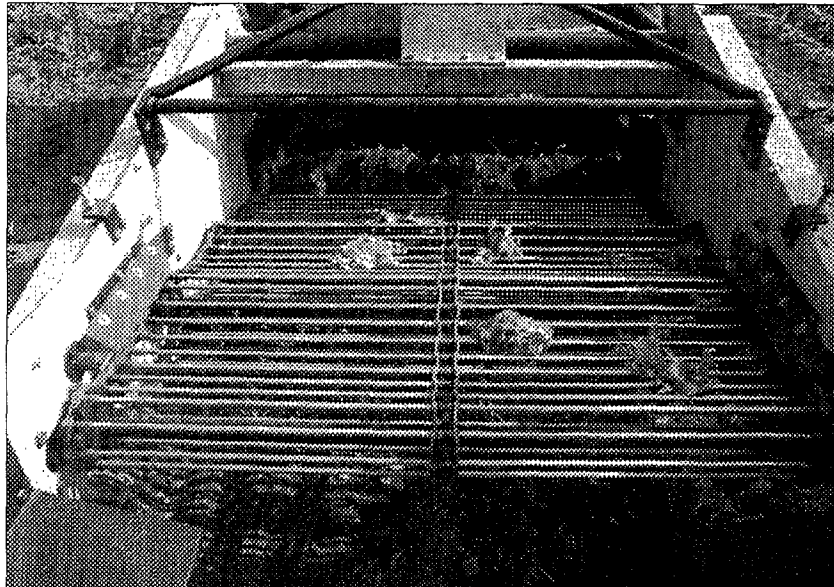


그림 4-10 컨베이어벨트 위에서의 잔유물 이송

## 제 5 장 채소 잔유물 현장 수거를 위한 2차 시작기 개발

### 제1절 설계인자 구명

1차 시작기의 성능실험에서 전처리부의 로타리 작업에 의해 1차적으로 파쇄된 후 걷어올림장치에 의해 컨베이어벨트 위로 올려진 토양과 채소잔유물들은 전처리부에서의 토양의 1차 파쇄작업과 컨베이어 벨트의 진동효과에 의해 컨베이어 이송시스템을 통과하는 동안 잔유물에 붙어 있는 토양은 잔유물과의 분리가 원활히 이루어졌고, 잔유물과 분리된 토양 및 컨베이어 위로 올려진 순수 토양성분들은 컨베이어 시스템의 철재 원형봉 사이로 떨어져 제거되었고, 이로 인해 최종적으로는 소량의 토양과 잔유물만이 컨베이어 이송 시스템의 끝단을 통과하였다. 따라서 전처리부에서 로타리작업에 의한 1차 토양파쇄 및 컨베이어 이송장치의 이송 과정중의 진동효과는 매우 양호한 결과를 나타내었다. 그러나 전술한 실험 결과에서 나타났듯이 상대적으로 수분함수율이 낮은 토양에서는 전처리부에서 파쇄된 토양이 걷어올림장치에 의해 컨베이어 시스템 위로 올려지지 못하고 전처리부와 걷어올림장치 사이의 공간에 집중적으로 쌓이는 문제점이 나타났다. 이러한 현상은 시작기의 잔유물 수거능력의 약화뿐만 아니라 전처리부에서 수행되는 로타리 작업에 있어서 로타리 경심의 증가효과를 가져 오고, 또한 걷어올림장치에서의 토양의 이동효과(또는 불도징효과)도 초래하여 실험에 사용된 트랙터에 대해 과부하 현상이 나타났고, 트랙터의 PTO축과 연결된 로타리 회전축의 고무벨트에서 슬립이 발생하는 현상이 나타났다. 한편, 같은 토양에서

전처리부를 제거한 후 걷어올림장치만을 이용하여 수행한 실험에서는 걷어올림장치를 통과한 토양이 컨베이어 이송 시스템을 통과하는 동안 원활히 제거되고 얇은 상태로 이송되어 잔유물과 상당량의 토양덩어리가 함께 컨베이어의 끝단을 통과하였으나, 잔유물(토양을 포함하고 있는)의 컨베이어벨트 위까지의 이송에는 큰 문제점이 나타나지 않았다. 즉, 전처리부에서 로타리에 의한 토양의 1차 파쇄작업은 특정 토양조건에 대해서는 오히려 시작기의 성능을 저하시키고, 경우에 따라서는 잔유물 수거를 거의 불가능하게 만드는 요인으로 작용하는 것으로 나타났다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 우선적으로 컨베이어벨트 이송장치까지 토양 및 잔유물의 이송이 원활하게 이루어진 후에 토양의 파쇄작업을 수행해야 하는 것으로 판단되었다. 따라서 2차 시작기의 개량 설계에서는 토양을 포함한 잔유물이 컨베이어 이송시스템까지 원활히 이송될 수 있도록 1차적으로 토양의 파쇄작업을 수행하는 전처리부를 제거하고, 컨베이어 이송시스템 위에서 토양의 파쇄작업을 수행하는 후처리방식이 적용되어야 하는 것으로 판단되었다. 즉, 2차 시작기의 개량 설계에서는 1차적으로 경사판 형태의 걷어올림장치에서 토양과 잔유물을 걷어올린후에, 잔유물(토양을 포함한)이 걷어올림장치를 통과하여 원활히 컨베이어 이송시스템 위에 올려질 수 있도록 걷어올림장치의 후단과 컨베이어 시스템의 사이에 저속으로 회전하는 로타리장치를 부착한 후 로타리의 회전날에 의해 잔유물이 밀쳐져 컨베이어 시스템 위로 이동될 수 있는 장치가 추가로 구성되어야 하는 것으로 나타났다.

한편, 1차 시작기에 적용된 컨베이어 이송 시스템은 이송구간이 약 1400mm, 작업폭이 약 1450mm로서 규모뿐만 아니라 중량면에서도 너무 크기 때문에 성능실험에 사용한 47마력 트랙터에 대해서도 과부하가 나타났고, 또한 현재의 크기로서는 잔유물 수거시 회전반경 및 작업구간에 있어서도 효율이 떨어지는 것으로 나타났다. 따라서 2차 시작기의 제작에서는 컨베

이어 이송 시스템의 크기를 잔유물 수거용량에 영향을 미치지 않는 범위 내에서 컨베이어 시스템의 이송 길이와 폭을 축소해야하는 것으로 판단되었다.

또한 보완 설계 후 제작될 2차 시작기는 현재의 트랙터 3점링크 부착방식을 변형하여 트레일러 장착 형태로 구성한 후, 컨베이어 이송시스템을 통한 잔유물을 적재할 수 있는 잔유물 적재함이 추가로 제작되어야 한다.

## 제2절 2차 시작기의 설계 및 제작

1차 시작기의 성능시험에서 나타난 문제점의 분석과 보완설계 및 개량을 통해 2차 시작기를 제작하였다. 개량된 2차 시작기는 그림 5-1의 측면도에서 나타낸 바와 같이 (1) 토양절단 및 잔유물 걷어올림장치, (2) 컨베이어형 잔유물 이송장치(1차 잔유물 이송장치), (3) 수직 컨베이어형 잔유물 이송장치(2차 잔유물 이송장치), (4) 트랙터 조합 및 부착장치, (5) 잔유물 적재함 등 크게 5가지의 주요 부분으로 구성되었다.

위에서 서술한 5가지의 주요 장치중에서 (1), (2), (4)는 1차 시작기의 성능 시험으로부터 나타난 문제점을 보완하여 개량 제작하였고, (5)항의 잔유물 적재함과 컨베이어형 이송장치를 통과한 잔유물을 적재함까지 이송하는 (3)항의 수직 컨베이어형 이송장치(2차 잔유물 이송장치)는 2차 시작기에서 추가로 설계, 제작하였다. 그림 5-2에 설계도를 토대로 개량·제작된 2차 시작기의 모습을 나타내었다. 한편, 1차 시작기를 개량 제작한 2차 시작기의 주요 특징은 다음과 같다.

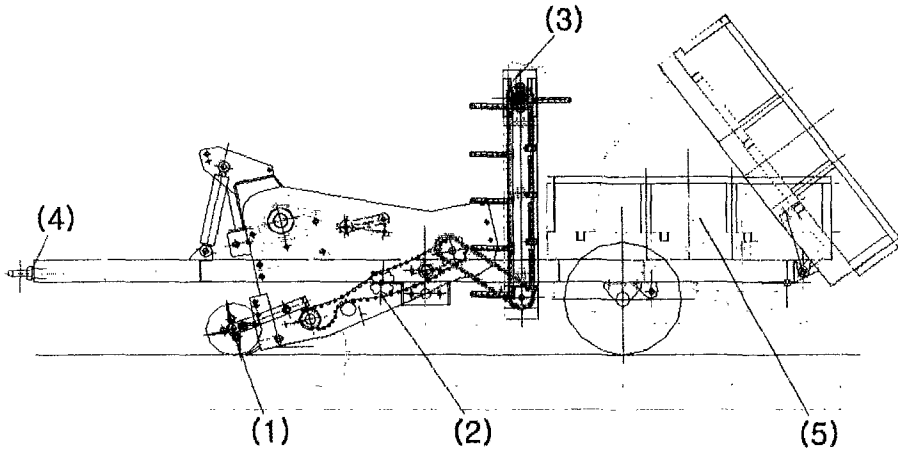


그림 5-1 채소 잔유물 수거를 위한 2차 시작기의 측면도

- (1) 토양절단 및 잔유물 걷어올림장치
- (2) 컨베이어형 잔유물 이송장치(1차 잔유물 이송장치)
- (3) 수직 컨베이어형 잔유물 이송장치(2차 잔유물 이송장치)
- (4) 트랙터 조합 및 부착장치
- (5) 잔유물 적재함

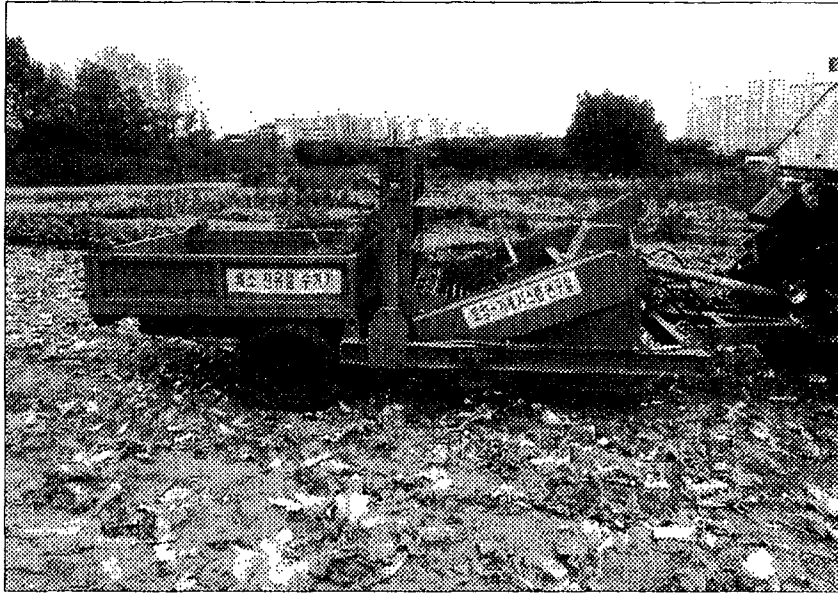


그림 5-2 개량 제작된 2차 시작기

#### 1. 토양 절단 및 잔유물 걷어 올림장치

그림 5-3은 2차 시작기의 잔유물 걷어올림장치의 측면도를 나타내고 있다. 잔유물 걷어올림장치는 그림 5-3에 나타낸 바와 같이 1차적으로 토양을 절단한 후 토양과 잔유물의 혼합물을 표면으로부터 걷어올리기 위한 경사진 블레이드 형태의 1차 걷어올림 장치(그림 5-3, (1))와 블레이드에 의해 1차로 걷어 올려진 토양과 잔유물 혼합물이 컨베이어 이송장치 위에 원활하게 올려 놓는 역할을 하는 회전형의 2차 걷어 올림 장치(그림 5-3, (2))로 구성되었다.

그림 5-4는 토양 절단 및 걷어올림장치의 정면도로서 그림 5-4의 (1)에 나타낸 경사진 블레이드는 토양 절단을 용이하게 하고, 또한 토양 절단시 견인부하를 최소화 하기 위하여 블레이드의 진입부를 쇄기 형태의 좌·우

대칭인 2쌍으로 구성하였고, 블레이드의 폭은 한 번에 두 개의 두둑과 고랑에 대한 작업을 수행할 수 있도록 1300mm로 제작하였다.

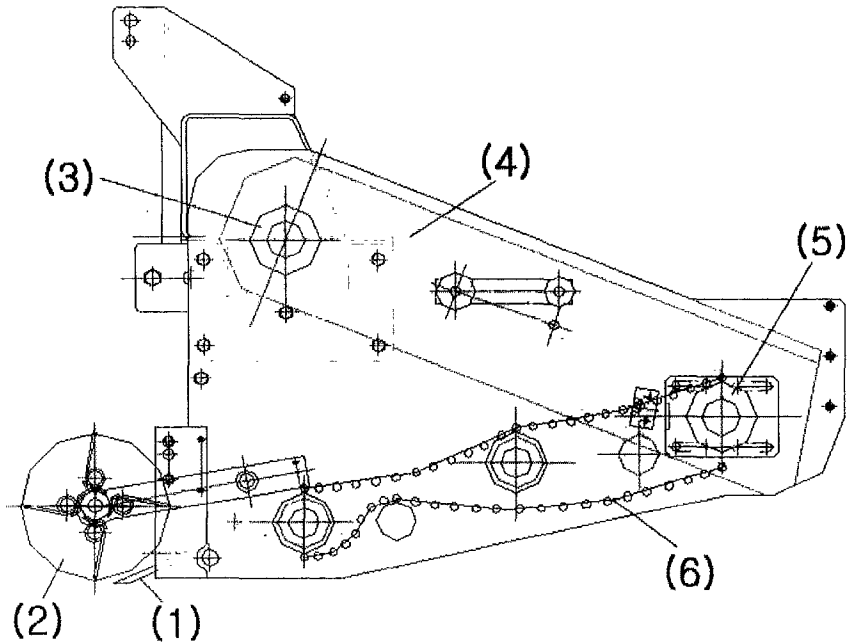


그림 5-3 체소 잔유물 걷어올림장치 및 컨베이어 이송장치의 측면도

- (1) 블레이드형 토양절단 및 1차 걷어올림장치
- (2) 로타리형 2차 걷어올림장치
- (3) PTO연결축의 동력전달 스프로켓
- (4) 컨베이어 이송장치의 동력 전달 벨트
- (5) 컨베이어벨트 구동 스프로켓
- (6) 컨베이어벨트

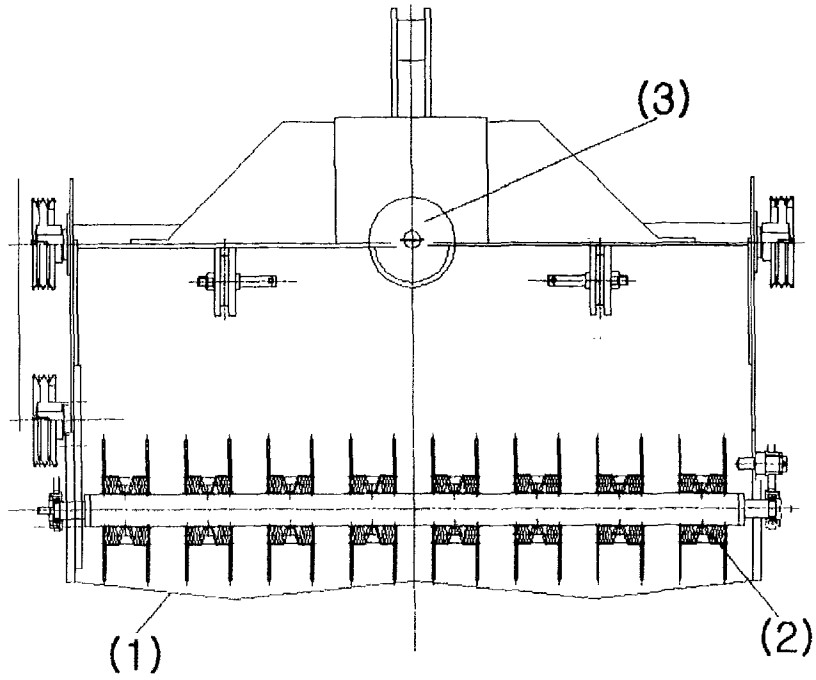


그림 5-4 채소 잔유물 걸어올림장치의 정면도

- (1) 블레이드형 경사판(토양 및 잔유물 걸어 올림장치)
- (2) 로타리형 걸어 올림 장치
- (3) 트랙터 PTO동력 연결축



한편, 2차 걷어올림장치는 그림 5-3의 (2)에 나타낸 바와 같이 갈퀴 형태의 회전형으로 제작하여 1차 걷어올림장치에 의해 들어 올려진 토양덩어리와 잔유물에 대해 회전형 갈퀴에 의해 토양덩어리는 파쇄되고, 잔유물은 컨베이어 이송장치로의 원활한 이동을 수행할 수 있도록 하였다. 2차 걷어올림장치는 그림 5-4 (2)에 나타낸 바와 같이, 총 8조로 구성되었고, 각 조는 2열, 그리고 각 열은 원주방향으로 90° 간격씩 각각 길이가 약 110mm인 4개의 갈퀴로 구성되었다. 그림 5-5는 2차 시작기에서 제작된 토양 절단 및 걷어올림장치를 보여주고 있다.

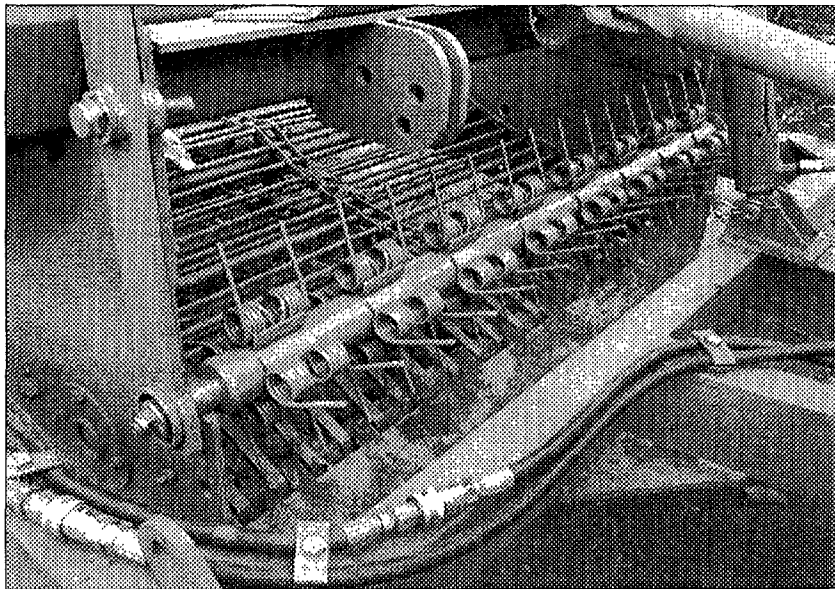


그림 5-5 토양 절단 및 걷어올림 장치

## 2. 컨베이어형 잔유물 이송장치(1차 잔유물 이송장치)

전술한 그림 5-3에 나타난 2차 시작기의 컨베이어 이송장치는 1차 시작기와 같이 직경 12mm인 철제 원형봉을 50mm 간격으로 체인 형태로 연결한 형태를 그대로 이용하였으나 컨베이어 이송장치 폭과 이송구간은 1차 시작기에 비해 각각 100mm와 300mm를 감소 시킨 1300mm와 1000mm로 제작하였다.

한편, 컨베이어 이송장치의 구동은 1차 시작기에서 사용했던 방식을 그대로 이용하였다. 즉, 트랙터의 PTO 축으로부터 나오는 동력은 그림 5-3 (3)의 스프로킷에 공급되고, 스프로킷 (3)의 동력은 (4)의 고무벨트를 통해 (5)의 컨베이어 구동 스프로킷에 전달됨으로서 컨베이어 이송벨트가 구동된다. 그림 5-6은 2차 시작기에서 제작된 컨베이어 이송장치를 보여주고 있다.

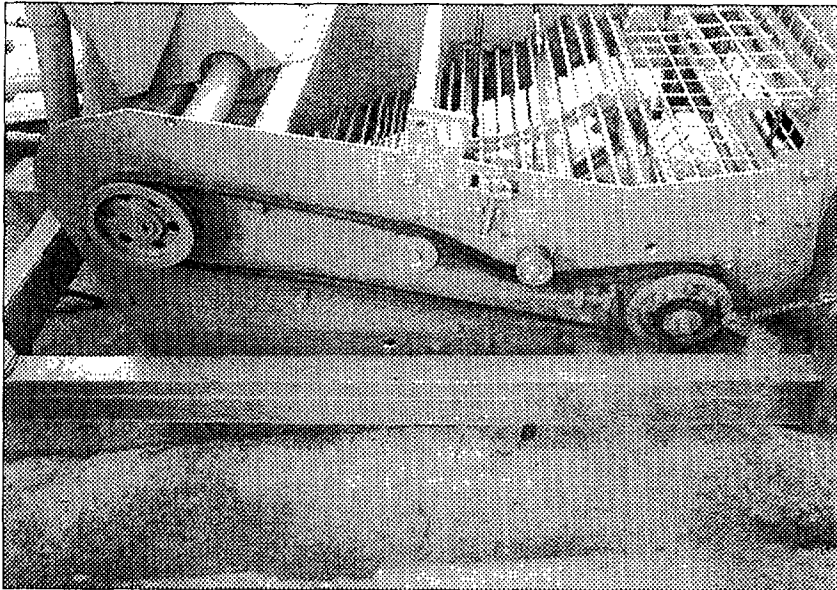


그림 5-6 2차 시작기의 컨베이어 이송장치

### 3. 수직 컨베이어 이송장치(2차 잔유물 이송 장치)

1차 잔유물 이송장치를 통과한 잔유물들은 최종적으로 잔유물 적재함에 적재되어야 한다. 그러나 잔유물이 이송되는 1차 이송장치의 끝단(그림 5-7, (8))의 높이는 잔유물 적재함에 비해 매우 낮은 위치에 있다. 따라서 1차 이송장치를 통과한 잔유물이 적재함에 적재되기 위해서는 1차 컨베이어 이송장치의 경사각을 크게하여 컨베이어 이송부의 끝단의 높이를 적재함의 위치보다 높게 위치시켜야 한다. 그러나 컨베이어의 경사가 너무 클 경우에는 잔유물 걷어 올림장치에서 걷어 올려진 잔유물이 컨베이어 벨트 위에서 이송될 수 없다. 즉, 컨베이어 이송장치의 경사각은 4장에서 전술한 바와 같이 금속-잔유물간의 마찰각보다 작아야 한다. 또한 컨베이어 이송장치의 경사각을 금속-잔유물 마찰각 이하로 유지할 경우에는 컨베이어 이송장치의 이송구간을 길게 해야 하는데, 이 경우에는 잔유물 수거기의 길이가 너무 커지게 되어 실제 포장에서 운용하는데 어려움을 초래하게 된다. 따라서 컨베이어 이송장치의 경사를 적정 경사각으로, 그리고 이송길이를 짧게 유지하면서 이송구간의 끝단을 통과하여 떨어지는 잔유물이 컨베이어 보다 높은 곳에 위치한 적재함에 적재되기 위해서는 1차 이송 시스템을 통과한 잔유물을 높은 위치로 이동시킨 후 적재함에 떨어뜨리는 2차 잔유물 이송장치, 즉 수직 컨베이어 이송장치가 필요하다.

그림 5-7은 1차 잔유물 이송장치인 컨베이어를 통해 이송된 잔유물을 적재함으로 이송하기 위해 설계한 수직 컨베이어 이송장치(2차 잔유물 이송장치)의 측면도를 보여 주고 있다.

수직 컨베이어 이송장치는 그림 5-7의 (2)에 나타낸 1차 컨베이어 이송장치의 스프로킷 구동력이 (3)의 고무벨트를 통해 (4)의 스프로킷에 전달되어 작동한다. 따라서 그림 5-7에서 (1)의 1차 컨베이어 이송장치를 통과한 잔유물은 그림 5-7의 (8)에 나타낸 1차 이송장치의 끝단을 통과한 후 (6)에

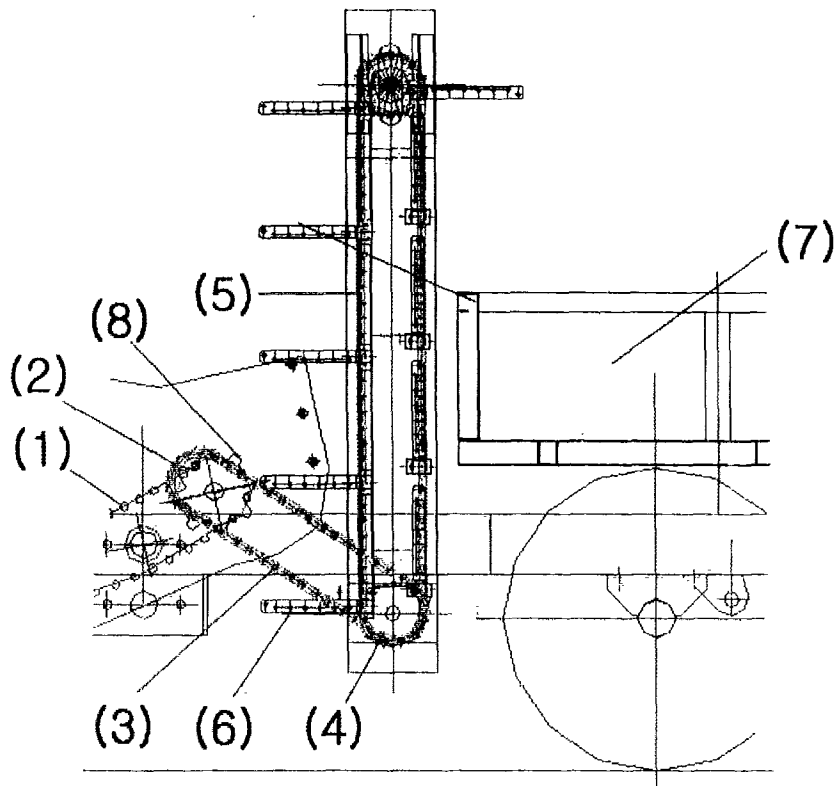


그림 5-7 2차 잔유물 이송장치(수직 컨베이어 이송장치)의 측면도

- |                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| (1) 컨베이어형 1차 이송장치    | (2) 1차 컨베이어 장치의 스프로켓 |
| (3) 수직 컨베이어의 동력전달 벨트 | (4) 수직 컨베이어 구동 스프로켓  |
| (5) 수직 컨베이어 이송 벨트    | (6) 플레이트             |
| (7) 잔유물 적재함          | (8) 1차 이송장치의 끝단      |

나타낸 수직 컨베이어 이송장치의 플레이트 위로 떨어지고, 플레이트 위에 떨어져 쌓인 잔유물은 수직 컨베이어 이송장치의 회전에 의해 위로 상승하여 최정점에 도달한 후 플레이트의 이동방향이 연직하방으로 바뀌는 순간에 아래로 떨어져 (8)의 잔유물 적재함에 적재된다.

한편, 수직 컨베이어의 회전속도는 그림 5-7의 (4)에 나타낸 스프로킷을 1차 컨베이어 스프로킷에 대해 3:1로 감속하여 적정 속도를 유지하도록 하였다. 또한 수직 컨베이어 이송시스템은 자체 진동을 유발하기 때문에 1차 컨베이어 이송시스템에서 분리되지 않은 토양 덩어리를 추가적으로 제거하는 효과를 갖는다. 그림 5-8에 설계도를 토대로 제작된 2차 시작기의 수직 컨베이어 시스템의 모습을 나타내었다.

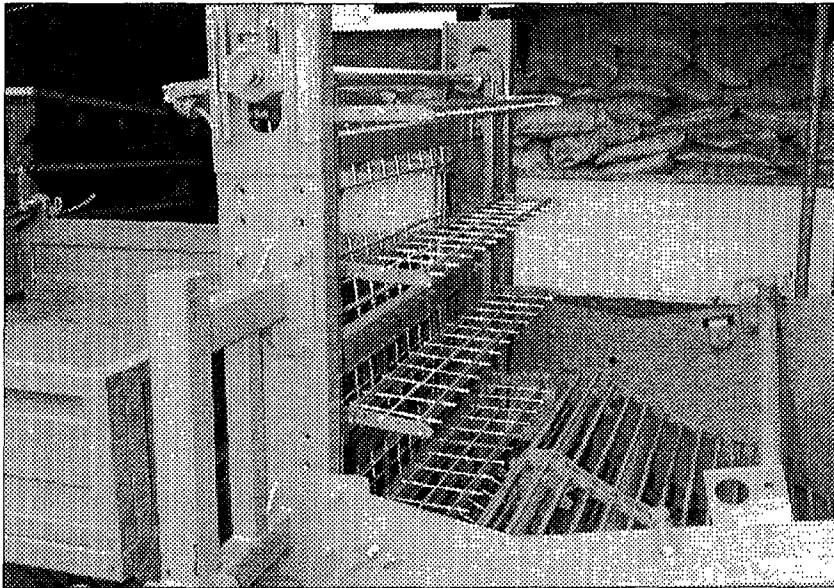


그림 5-8 수직 컨베이어 이송장치(2차 잔유물이송장치)

#### 4. 트랙터 조합 및 부착부

채소 잔유물 수거장치는 자체 동력원이 없고, 견인부하가 크게 요구되기 때문에 트랙터 부착형으로 설계되어야 한다. 트랙터의 3점히치 부착방식은 일반적인 트랙터에 모두 적용할 수 있고, 트랙터에의 부착이 용이하고, 트랙터의 3점 히치로 경심의 조절이 자유로운 장점이 있다. 이러한 이유로 4장에서 언급한 1차 시작기의 트랙터 조합 및 부착방식은 트랙터의 3점히치 부착방식을 이용하였다. 그러나 채소 잔유물 현장 수거장치는 단순히 토양으로부터 잔유물을 분리하는 작업외에도 분리된 잔유물을 수거하여 적재하는 기능 즉, 잔유물 적재함이 추가로 구성되어야 한다. 또한 잔유물 적재함의 용량은 잔유물 수거기의 수거 능력과도 밀접한 관계가 있기 때문에 가능한 대용량의 적재함이 요구되고, 이러한 요구를 충족하기 위해서는 기존의 3점히치 방식으로는 불가능하기 때문에 개량된 2차 시작기의 트랙터 부착방식은 1점 히치로 연결되는 트레일러 견인식으로 제작하였다. 한편, 2차 시작기의 작업경심의 조절은 그림 5-9의 (2)에 나타난 유압구동방식으로 제작하였다. 그림 5-10에 트랙터에 부착된 2차 시작기의 모습을 나타내었다.

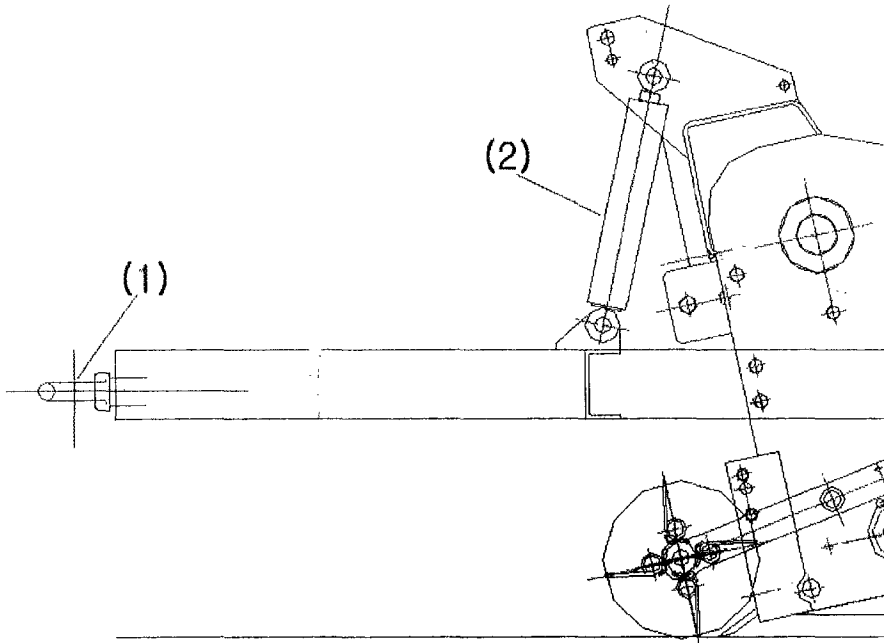


그림 5-9 트랙터 조합 및 부착장치의 설계도

(1) 트랙터 부착 1점 히치

(2) 잔유물 수거기의 경심 조절 유압실린더



그림 5-10 트랙터 조합 및 부착장치

##### 5. 채소 잔유물 적재함

채소 재배지역에서 발생하는 잔유물량은 앞의 2장에서 서술한 바와 같이  $1\text{m}^2$  당 1~2kg, 수확을 포기하였을 경우에는 약 5kg으로서 그 발생량이 매우 많다. 따라서 잔유물 수거기의 효율적 운용을 위해서는 충분한 용량의 잔유물 적재능력이 요구된다. 따라서 2차 시작기에서 제작된 잔유물 적재함은 트레일러 견인식으로 제작하였다.

그림 5-11은 잔유물 적재함의 측면도로서 그림에서 (1)의 수직 컨베이어 이송장치를 통해 이송된 잔유물은 트레일러 형태의 적재함에 쌓이도록 설계되었다. 잔유물 적재함은 길이, 폭, 높이가 각각 1435mm, 1500mm, 300mm로서 약  $0.65\text{m}^2$ 의 체적으로 제작되었고, 적재함은 유압 구동방식의 덤프 기능을 갖도록 구성하여 적재된 잔유물의 분리가 용이하도록 제작하였다. 그림



5-12에 설계도를 토대로 제작된 실제 잔유물 적재함의 모습을 나타내었다.

한편, 채소 잔유물 현장 수거를 위해 제작한 2차 시작기의 전체 모습을 그림 5-13에 나타내었고, 표 5-1에 개량 제작된 2차 시작기의 제원을 나타내었다.

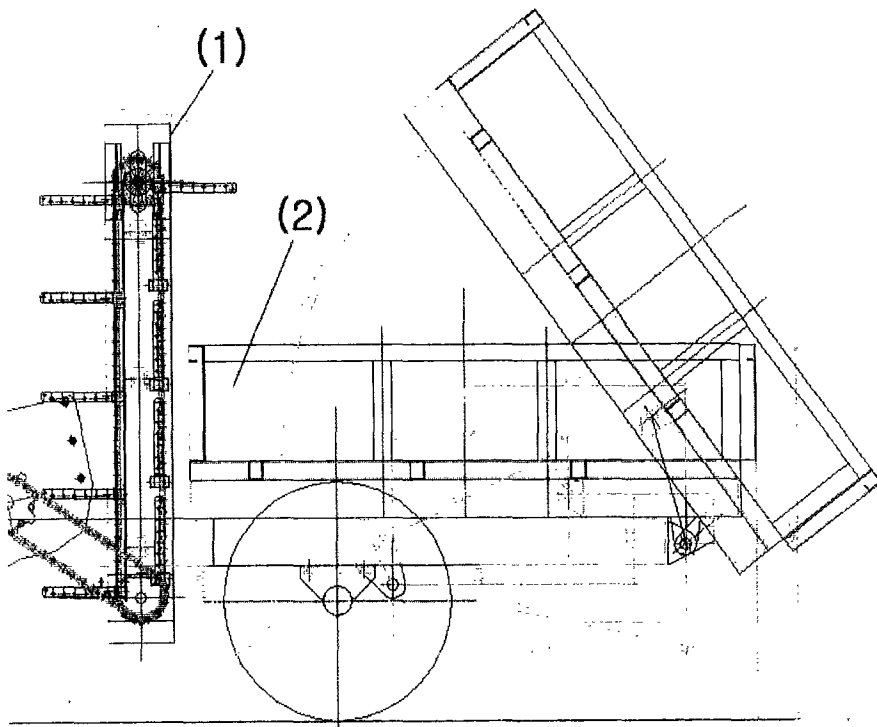


그림 5-11 채소 잔유물 적재함의 측면도

(1) 수직 컨베이어 이송장치

(2) 잔유물 수거함

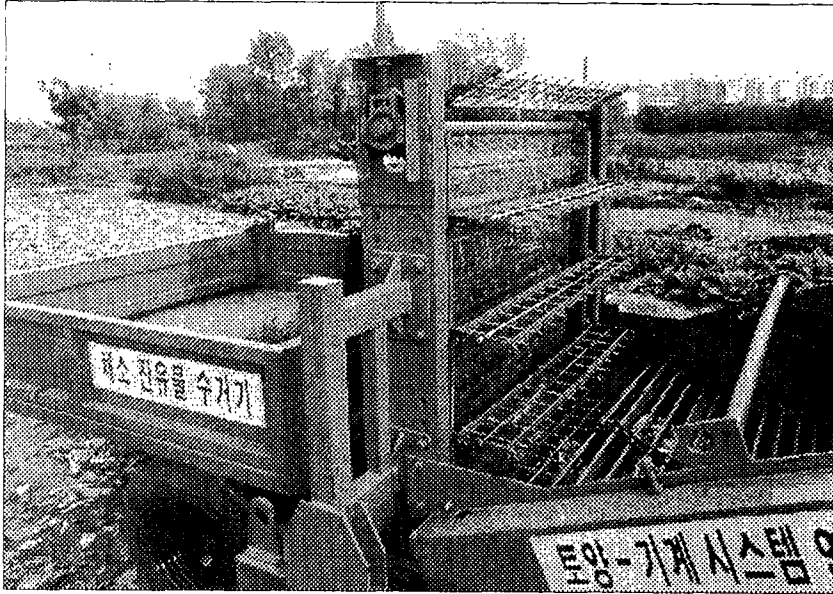


그림 5-12 채소 잔유물 적재함



그림 5-13 개량 제작된 채소 잔유물 현장 수거기의 모습

표 5-1 채소잔유물 수거를 위한 2차 시작기의 제원

항 목	제 원
치수 ( mm )	전장 : 4,317 mm 전폭 : 1,730 mm 전고 : 1,537 mm
최대 잔유물 수거 능력	10a/hr
토양 절단 및 잔유물 걷어 올림 장치	토양절단 및 잔유물 걷어 올림 장치 : 블레이드 형태의 경사판 - 작업 폭 : 약 1,300 mm (두둑2개+고랑2개) - 경심조절 : 유압 구동 방식 잔유물 걷어올림장치 : 로타리형 걷어올림장치
1차 잔유물 이송 장치	이송방식 : 컨베이어 벨트 방식 컨베이어 벨트 : 직경 12mm, 길이 1300mm의 철재봉 구동동력 : PTO 동력 이송길이 : 1000 mm 이송 폭 : 1300 mm
2차 잔유물 이송장치 (수직 컨베이어 이송장치)	이송방식 : 체인 구동 방식 구동동력 : PTO 동력 수직이송길이 : 1200 mm 이송 폭×깊이 : 1000 mm × 180mm
잔유물 적재함	유압구동방식의 덩크방식 길이, 폭, 높이 : 1435mm, 1500mm, 300mm 최대 잔유물 적재 용량 : 약 150 kg
트랙터 조합 및 부착 장치	견인식 1점 히치 방식

### 제3절 2차 시작기의 성능 시험

1차 시작기의 성능 시험에서 나타난 문제점을 분석한 후 개량 제작된 2차 시작기를 이용하여 잔유물 수거 성능시험을 수행하였다.

2차 시작기의 잔유물 수거 성능시험은 수원시 천천동에 위치한 배추 재배 지역과 경기도 화성군의 배추 재배 지역에서 배추 수확후에 실시하였다. 한편, 수원시 천천동의 배추 재배지역은 점토질이 많고, 일반적인 배추 재배지역에 비해 토양의 강도가 높으며 평두둑의 형태를 나타내었고, 경기도 화성군의 배추 재배지역은 상대적으로 모래 성분이 많은 사양토이고 두둑과 고랑간의 높이 차이가 크게 나타나는 지역으로서 두 지역간에는 배추 재배 양식과 토양특성이 다르게 나타났다.

그림 5-14는 2차 시작기의 성능시험을 수행한 수원시 천천동에 위치한 배추 재배지역의 배추 수확후 잔유물 분포를 나타낸 것으로서, 배추 재배지역의 길이와 폭이 각각 약 38m와 10m로서 전체 재배면적은 약 380m<sup>2</sup>로 나타났다. 또한 잔유물 분포량은 1.4kg/m<sup>2</sup>를 나타내어 재배면적의 총 잔유물은 약 532kg으로 추정되었다.

그림 5-15는 2차 시작기의 성능시험에서 토양 및 잔유물 걷어올림장치를 통과한 채소 잔유물이 컨베이어 이송장치를 통해 이송되는 모습을 보여 주고 있다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 토양 절단 및 걷어올림장치를 통과한 토양과 채소 잔유물의 혼합물은 컨베이어 이송장치에 올려진 후에 토양은 분리 제거되었고 채소 잔유물만 이송되는 것으로 나타났다.

이러한 결과는 토양 절단 및 걷어올림장치에서 완전히 파쇄되지 않은 토양덩어리가 컨베이어 이송장치에 올려진 후, 4장에서 전술한 컨베이어 이송장치의 자체 진동효과에 의해 이송장치를 통과하는 중에 파쇄되어 철재 원

형봉 사이로 떨어져 분리 제거되었기 때문이다. 한편, 컨베이어 이송장치를 통과하는 채소 잔유물은 이송중에 원형봉 사이로 떨어져 분리되는 경우가 거의 나타나지 않았다. 이러한 결과로부터 컨베이어 이송장치는 잔유물의 이송뿐만 아니라 토양의 분리 및 제거에 있어서도 매우 만족스러운 것으로 나타났다.

그림 5-16은 컨베이어 이송장치를 통해 1차 이송된 채소 잔유물이 수직 컨베이어 이송장치를 통해 연직 상방으로 2차 이송되는 모습을 나타내고 있고, 그림 5-17은 수직 이송장치의 최상단까지 이송된 채소 잔유물이 잔유물 적재함에 수거되는 모습을 나타내고 있다.

그림 5-17에서 볼 수 있는 바와 같이, 수직 컨베이어 이송장치는 1차 컨베이어 이송장치에 의해 이송된 채소 잔유물량 손실이 거의 발생하지 않는 상태에서 채소 잔유물을 연직 상방으로 원활하게 이송하였다. 또한 수직 이송장치는 1차 이송장치를 통과한 잔유물중 잔유물과 엉겨 붙어 분리되지 않은 토양입자를 추가적으로 분리하여 제거하는 효과도 나타내었다.



그림 5-14 2차 시작기의 성능시험이 수행된 지역의 배추 잔유물 분포



그림 5-15 컨베이어 이송장치를 통해 이송되는 채소 잔유물



그림 5-16 수직 컨베이어 이송장치를 통해 위로 올려지는 채소 잔유물



그림 5-17 수직 컨베이어 이송장치를 통해 잔유물 적재함으로  
이송되는 채소 잔유물



그림 5-18 잔유물 적재함에 수거된 채소 잔유물

한편, 그림 5-19는 채소 잔유물 수거작업이 이루어진 후의 모습을 나타내고 있고, 그림 5-20은 잔유물 적재함에 수거되어 쌓인 채소 잔유물을 덤핑하는 모습을 나타내고 있다.

표 5-2는 1차 시작기를 보완 설계하여 개량 제작된 2차 시작기를 이용하여 수원시 천천동과 경기도 화성군의 배추 재배 지역에서 실시한 잔유물 수거 시험의 결과로서 2차 시작기의 잔유물 수거율은 실험이 수행된 두 지역에서 각각 90.5%와 92.6%로서 두 지역에서 모두 90% 이상의 높은 잔유물 수거 능력을 나타내었다. 이러한 결과로부터 본 연구에서 개발한 채소 잔유물 현장 수거기는 배추 재배지역의 재배양식과 토양 특성 및 작황수준에 관계없이 매우 우수한 잔유물 수거 능력을 보이는 것으로 나타났다.



그림 5-19 잔유물 수거작업이 수행된 지역의 모습



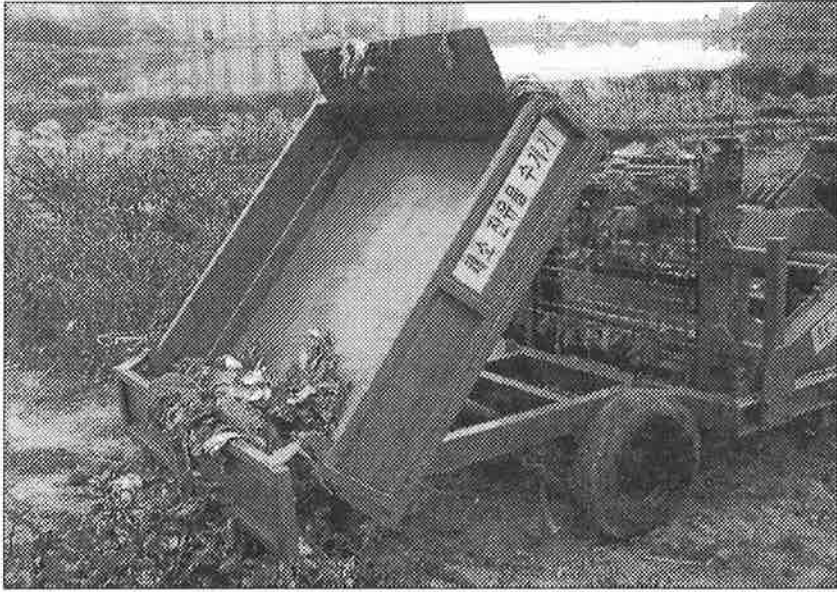


그림 5-20 잔유물 적재함에 수거된 채소 잔유물을 분리하는 모습

표 5-2 2차 시작기의 잔유물 수거 성능 시험 결과

지역	재배면적 ( m <sup>2</sup> )	잔유물 발생량 ( kg/m <sup>2</sup> )	잔유물 수거율 ( % )
수원시 천천동	380	1.4	92.6
경기도 화성군	450	1.2	90.5

한편, 본 연구에서 제작된 채소 잔유물 2차 시작기는 채소 잔유물 수거뿐만 아니라 작물 수확후에 토양속에 묻혀 있는 작물뿌리부의 수거 가능성을 평가하기 위한 실험을 추가로 실시하였다.

그림 5-21은 들깨 수확후 땅속에 묻혀 방치되어 있는 뿌리부의 모습을 나타내고 있다. 본 실험에서는 위에서 서술한 배추 잔유물 수거시험과 같은 방법으로 들깨 수확후 들깨 뿌리부의 수거 시험을 수행하였다. 그림 5-22는 토양 절단 및 견어올림 장치에 의해 올려진 들깨 뿌리부가 컨베이어 이송장치에 의해 이송되는 모습을 나타내고 있고, 그림 5-23은 컨베이어 이송장치에 의해 이송된 들깨 뿌리부가 수직 컨베이어 이송장치에 의해 이송되는 모습을 나타내고 있다. 그림 5-24는 수거된 들깨 뿌리부가 잔유물 적제함에 수거되어 있는 모습을 보여 주고 있다. 뿌리부의 수거 시험 결과는 그림 5-21~5-24에서 볼 수 있는 바와 같이 배추 잔유물 수거 시험에서와 마찬가지로 매우 우수한 수거 능력을 나타내었다. 따라서 본 연구에서 채소 잔유물 수거를 위해 제작한 2차 시작기는 채소잔유물 뿐만아니라 기타 작물의 수확후 토양속에 묻혀 있는 뿌리부의 수거에도 활용할 수 있을 것으로 나타났다.



그림 5-21 들깨수확후 토양속에 묻혀 방치되어 있는 들깨뿌리부의 모습

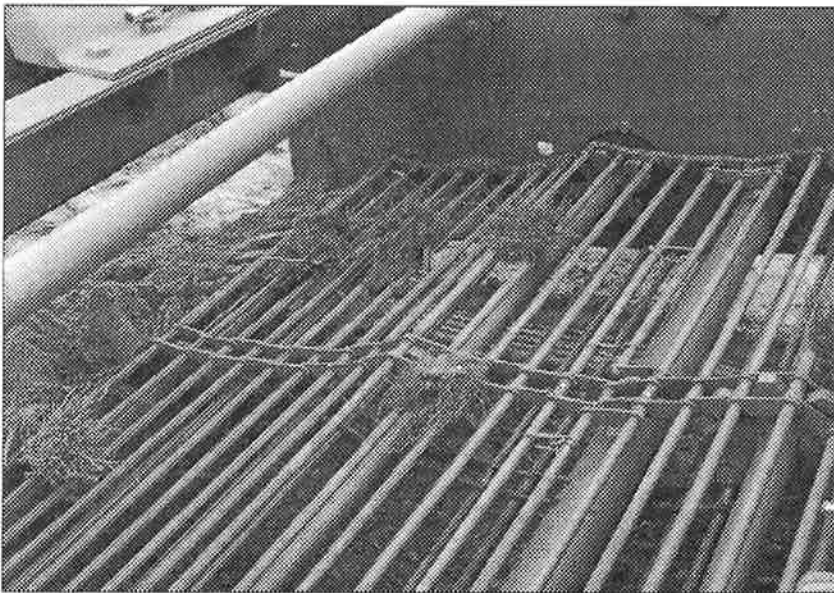


그림 5-22 토양 절단 및 걷어올림 장치에 의해 올려진 들깨 뿌리부가  
컨베이어 이송장치에 의해 이송되는 모습

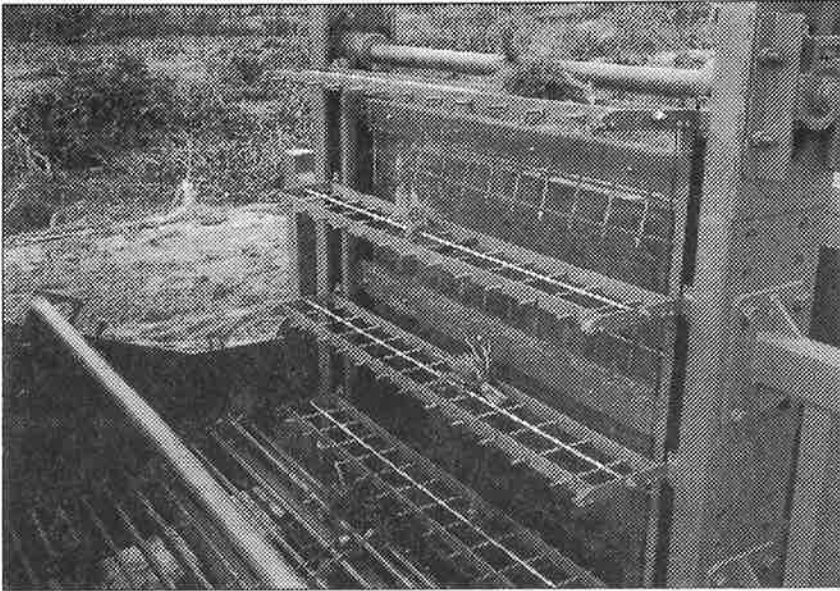


그림 5-23 들깨 뿌리부가 수직 컨베이어 이송장치에 의해 이송되는 모습



그림 5-24 수거된 들깨 뿌리부가 잔유물 적재함에 수거된 모습

## 제 6 장 결 론

본 연구는 채소 수확후 발생하는 잔유물을 현장에서 바로 수거할 수 있는 채소 잔유물 현장 수거기를 개발하기 위해 수행되었으며, 본 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 우리나라의 채소류는 채소류에 따라 재배 양식에 많은 차이가 있는 것으로 조사되어 모든 채소류를 대상으로 한 채소잔유물 수거기의 개발에는 어려움이 있는 것으로 판단되었다. 따라서 채소 잔유물 수거기는 우리나라에서 재배되고 있는 대표적 채소인 배추와 무 및 유사작물을 대상으로 개발하는 것이 필요한 것으로 판단되었다. 한편, 배추와 무는 품종 및 지역특성에 따라 재배양식(두둑, 고랑 등)과 수확량 및 잔유물 발생량에 있어서도 차이가 있는 것으로 조사되었다. 따라서 채소잔유물 현장 수거기는 지역적 특성 및 재배양식 등을 모두 고려하여 개발하는 것이 필요한 것으로 조사되었다.
2. 우리나라에서 재배되고 대표적인 채소작물인 배추와 무의 수확후 잔유물 처리실태를 조사하기 위하여 당진, 홍성, 부안, 김제, 고창, 영암, 괴산, 청원, 해남지역 등의 현장 조사를 수행하였다. 현장 조사 결과, 잔유물 발생량은 지역적, 재배방식별, 그리고 작황수준에 따라 약간의 차이가 있는 것으로 조사되었지만, 일반적으로 1m<sup>2</sup> 당 약 1~2 kg의 상당히 많은 잔유물이 발생하는 것으로 조사되었다. 한편, 잔유물 수거방법은 기계화가 이루어져 있지 않아 대부분의 경우 인력에 의해 일부 수거하거나 노지에 그대로 방치해 두고 있는 것으로 조사되어 잔유물 수거기

의 개발이 필요한 것으로 판단되었다.

3. 우리나라의 대표적인 채소인 배추와 무 재배지역의 수확시기의 토양특성을 조사하기 위하여 대표적인 배추, 무 재배지역인 당진, 홍성, 부안, 김제, 창녕, 김해, 고창, 영암, 괴산, 청원, 해남 등지에서 수확시기의 토양물리성을 측정 분석하였다. 측정 결과, 배추와 무 재배지역간에는 토양물리성에 있어 거의 차이가 없는 것으로 나타났으나 두둑과 고랑간에는 토양경도 및 전단강도에 있어서 큰 차이를 보였다. 즉, 고랑은 두둑에 비해 토양경도가 매우 높게 나타났고, 토양의 전단강도에 있어서도 고랑의 점착력 및 내부마찰각이 두둑에 비해 상대적으로 훨씬 크게 나타나 전체적으로 고랑의 전단강도가 훨씬 큰 것으로 조사되었다. 따라서 잔유물수거기 개발시 두둑과 고랑의 토양특성 등을 고려한 개발이 필요한 것으로 판단되었다.
  
4. 채소 잔유물 수거기를 개발하기 위하여 잔유물 수거기를 개발하는데 필요한 설계인자를 구명한 후 구명된 설계인자를 토대로 하여 1차 시작기를 설계 제작하였다. 제작된 1차 시작기는 평창, 횡성, 수원 등지의 주요 배추 재배지역에서 성능 실험을 실시하였다. 1차 시작기의 성능시험 결과 채소 잔유물의 뿌리부 굴취를 위한 토양 절단 및 파쇄장치와 땅속 및 지상 잔유물 수거장치는 토양특성과 재배양식에 따라 성능에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났으나 컨베이어 이송장치는 토양특성과 재배양식에 관계없이 자체 진동에 의한 토양의 분리 및 제거 효과가 뛰어났고, 잔유물의 이송이 원활하게 이루어지는 것으로 나타났다.
  
5. 1차 시작기의 성능 실험결과로부터 나타난 문제점을 분석하여 2차 시작

기를 개량 제작하였다. 2차 시작기는 재배지역의 토양상태 및 작황 상태가 다른 수원과 경기도 화성군에 위치한 2곳의 배추 재배지역에서 수확후 잔유물 수거 성능 실험을 수행하였다. 실험 결과 2차 시작기의 잔유물 수거율은 실험이 수행된 두 지역에서 각각 90.5%와 92.6%로서 두 지역 모두에서 90% 이상의 높은 잔유물 수거 능력을 나타내어 배추 재배 지역의 재배양식과 토양 특성 및 작황수준에 관계없이 매우 우수한 잔유물 수거 능력을 보이는 것으로 나타났다.

6. 2차 시작기를 이용하여 채소 잔유물 수거뿐만아니라 작물 수확후에 토양 속에 묻혀 있는 땅속 잔유물의 수거 가능성을 평가하기 위한 실험을 추가로 실시하였다. 실험 결과 잔유물 수거시험에서와 마찬가지로 매우 우수한 수거 능력을 나타내었다. 따라서 본 연구에서 채소 잔유물 수거기를 위해 제작한 2차 시작기는 채소 잔유물 뿐만아니라 토양속에 묻혀 있는 땅속 잔유물의 수거에도 활용할 수 있는 것으로 나타났다.

## 참 고 문 헌

1. 한국농업기계학회, 1998, “농업기계핸드북”, 문운당
2. 농촌진흥청, 1998, “고추·수박·무·배”, 농촌진흥청
3. 박환중, 최용, 전현중, 홍종태, 정병춘, 1996, “채소 수확 기계화 기술 연구 -자주형 고구마 수확기 개발-”, 농업기계화시험연구보고서
4. 오인식, 주경노, 이용복, 강창호, 김병갑, 1997, “원예작물의 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구 -무, 배추 기계화 재배양식 표준화-”, 농업기계화시험연구보고서
5. 정창주 외, 1992, “농작업기계의 분석과 설계”, 서울대학교출판부
6. 정창주, 1995, “농작업기계학”, 서울대학교출판부
7. 최용, 박환중, 홍종태, 전현중, 윤무경, 1996, “채소 수확 기계화 기술 연구 -무, 당근수확기 개발-”, 농업기계화시험연구보고서
8. 황호만, 1999, “최신기구학”, 청문각
9. 홍종태, 최용, 박환중, 전현중, 윤무경, 1997, “채소수확 기계화 기술 개발 -배추수확기 개발-”, 농업기계화시험연구보고서
10. Edward Mckyer, 1985, “Soil Cutting and Tillage”, Elsevier Publishers
10. John B. Liljedahl, P. K. Turnquist, D. W. Smith and H. Makoto, 1996, “Tractors and Their Power Units”, ASAE
11. Lynn F. Johnson, 1974, “A Vibrating Blade for the Potato Harvester”, Trans. of of the ASAE, Vol.15(5):867-870
12. Misener, G. C., C. D. McLeod, and L. M. P. McMillan, 1984,



"Evaluation of a Prototype Potato Harvester", Trans. of of the ASAE, Vol.39(1):24-28.

13. Verma, S. R., R. T. Datta, and C. P. Gupta, 1977, "Performance of an Experimental potato digger with Oscillating Blade.", J. of Agricultural Engineering, Vol.14(3):99-107.
14. 農林省 土壤物理性測定法委員會, 1980, "土壤物理性測定法", 養賢堂.