

최      중  
연구보고서

답리작 조사료의 렵핑-사일리지 일관화 생산을  
위한 모델 및 기계 개발

Modeling of mechanized system for winter  
barley and rye wrap-silage production and  
developing machineries for its production.

경 북 대 학 교

한국 농촌 경제 연구원

아 세 아 종합기계(주)

농 립 부

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “답리작 조사료의 랩핑-사일리지 일관화 생산을 위한 모델 및 기계 개발”  
에 관한 연구 과제

(세부과제 :

- 1)답리작 조사료생산을 위한 기계화 일관작업시스템의 모델 및 기계화 생산기술 개발
- 2)조사료 압축·결속용 원형 베일러의 개발
- 3)사일리지 가공용 베일-랩퍼의 개발
- 4)개발된 제품의 현장테스트 및 최종보완
- 5)답리작 맥류의 랩사일리지와 베일건초의 생산·가공·유통 시스템의 경제적 분석 및  
장단기 발전대책)의 최종보고서로 제출합니다.

2001 년 10 월 28

주관연구기관명 : 경북대학교

총괄연구책임자 : 박 경 규

세부연구책임자 : 구 영 모

세부연구책임자 : 장 철

세부연구책임자 : 김 태 한

연 구 원 : 김 혁 주

협동연구기관명 : 한국농촌경제연구원

협동연구책임자 : 신 승 열

협동 연구 위원 : 서 중 혁

여 백

# 요 약 문

## I. 제 목

답리작 조사료의 랩핑-사일리지 일관화 생산을 위한 모델 및 기계 개발

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

농업의 문호가 개방되더라도 가장 중요하면서도 경쟁력이 있는 산업이 낙농업이다. 그러나 우리나라는 낙농 선진국에 비하여 많은 문제점을 안고 있으며, 그 중에서도 조사료의 부족과 그에 따른 농후사료(배합사료)의 과다사용이 축산물 생산비의 상승과 품질의 저하를 초래하는 근본적인 원인으로 지적되고 있다. 따라서 가장 시급한 문제가 양질의 국산조사료를 대량으로 생산할 수 있는 기반을 구축하고 이를 통하여 저렴하고 품질 좋은 조사료를 농가에 공급하여, 축산 경영비를 절감하고 축산물의 생산성과 품질을 향상시키는 데 있다.

이러한 문제점의 해결 방안의 하나로 겨울철에 노는 논에 보리나 호맥을 벼의 수확 후에 파종하여 다음해 5월에 벼의 이앙 전에 생초로 수확하여 사일리지로 가공하는 방안이 있다. 그러나 이러한 방안을 적용하기 위해서는 우리에게 생소한 축산기계들이 필요하며, 또한 이를 운용할 수 있는 기계화 생산기술과 기계화 생산 시스템의 개발이 선행되어야 한다. 또한, 이 시스템은 기존의 수입조사료에 비하여 경제성있는 조사료의 생산이 가능해야하며 무엇보다도 우리나라의 농촌에 적용이 가능하여야 한다.

따라서 본 연구는 ①이에 대한 기계화생산을 위한 일관작업 모델 및 생산기술의 개발, ②적정규모 및 부담면적 결정, ③생산된 제품의 평가 및 사양효과 분석, ④기계화 작업에 소요되는 주요 핵심기계의 개발, 우리나라 조사료 생산의 기반 구축을 위한 장·단기 정책 프로그램 개발을 목적으로 한다.

### III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 총 3년의 연구기간 중에 이루어진 과제로 세부적인 내용과 범위는 다음과 같다.

- 1) 쌀의 수확후 가을철에 맥류를 파종하여 다음해 봄철에 생초로 예취하여 랩-사일리지로 가공 및 저장하는 일련의 작업공정인 파종 → 재배 → 예취 → 압축·결속 →기밀포장·사일리지 가공 → 저장 → 축산농가 운반으로 이어지는 일련의 시스템을 분석하여 기계화 모델, 부담면적, 적정작업 조건, 적정규모를 제시하고, 아울러 생산된 조사료의 품질 및 사양효과를 분석하여 “답리작 조사료 생산을 위한 기계화 일관작업 시스템의 모델 및 기계화 생산기술 개발” 하고,
- 2) 기계화 일관 작업 중에서 일련의 소요 작업기계 중에 국내에서 개발이 되지 못한 주요 예취기(모아), 원형베일러, 베일-래퍼 및 랩-사일리지 핸들러(Handler)중에서 핵심기계인 원형 베일러와 베일-래퍼를 개발하고,
- 3) 수확된 사일리지를 장기 저장 후에 품질 분석 및 사양시험을 통해 사료적 가치를 평가하고,
- 4) 답리작 조사료의 경제성 및 유통구조를 분석하여 우리 나라의 조사료의 생산·가공·유통을 위한 장·단기 정책 프로그램을 개발함이 본 연구의 내용 및 범위이다.

### IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

#### 1. 연구개발 결과

- 1) 쌀의 수확 후에 가을철에 맥류를 파종하여 다음해 봄철에 생초로 예취하여 랩핑(곤포)사일리지로 가공 및 저장하는 일련의 작업공정인 파종 → 재배 → 예취 → 압축·결속 →기밀포장·사일리지 가공 → 저장 → 축산농가 운반으로 이어지는 일련의 시스템을 분석하여 기계화 모델 및 생산기술을 개발하였고, 기계화 모델에 따르는 소요기계 1조당 부담면적은 30ha 정도로 나타났다.
- 2) 생산비 또한 관행의 조사료보다 매우 경제적인 것으로 나타났는데, 예를 들면 10ha 경작구 모에서 호맥 사일리지 생산비는 274원/TDN-kg으로 수입 알팔파 가격 560원/TDN-kg의 1/2 정도로 나타났다.
- 3) 기계화 일관 작업 중에서 일련의 소요 작업기계 중에 국내에서 개발이 되지 못한 주요 작업

기중에 핵심기계인 원형 베일러와 베일-랩퍼를 개발하였으며,

4) 수확된 사일리지를 장기간 저장 후에 품질 분석 및 사양시험을 통해 사료적 가치를 평가한 결과 우리 나라 낙농가에 매우 적합한 것으로 나타났고,

5) 연구 진행 중 매년 조사료 관련 심포지움 및 연시회를 개최하고 장기간의 실증 시험을 실시하여 각계의 전문가 및 일반 농가의 의견을 적극적으로 수집하고, 현장에서 발생한 문제점을 기계의 개발에 반영하였다.

6) 본 연구는 협동과제로 “답리작 맥류의 랩-사일리지와 베일건초의 생산·가공·유통시스템의 경제성 분석 및 장단기 발전대책”이라는 소과제를 농촌경제연구원에서 수행을 하였으며 답리작 조사료의 경제성 및 유통구조를 분석하여 우리 나라의 조사료의 생산·가공·유통을 위한 장·단기 정책 프로그램을 개발하였다.

위와 같이 주관연구기관에서는 랩-사일리지 기계화 생산기술 및 관련 기계를 개발하고 여러 차례의 전문가, 농민의 의견 수렴 및 대농민 홍보를 실시하였으며 협동연구기관에서는 조사료의 생산·가공·유통을 위한 정책 프로그램을 개발하여, 현재 농림부에서는 본 연구의 결과를 정책에 반영하고있다.

## 2. 활용에 대한 건의

### 가. 답리작 사료작물 재배단지 조성 및 재배 규모별 기계화 모델 공급

본 연구에서의 연구성과를 바탕으로 사료작물의 재배단지를 적극 조성하고, 이미 조성된 단지의 사료작물 생산활동을 활성화해야 할 것으로 판단된다. 또한 본 연구에서 조사 분석된 “우리나라에 적합한 답리작 맥류 랩-사일리지의 기계화 모델”을 토대로 재배규모별로 기계화모델을 수립하고 생산비를 예측하여 수익성 있는 모델이 될 수 있도록 해야 할 것이다.

### 나. 답리작 랩핑 사일리지의 가공 및 일관 기계화 작업 기술의 보급

본 연구에서 조사된 다년간의 답리작 맥류 랩-사일리지의 생산 기술 및 가공 기술을 널리 보급하여 새로 조사료 생산 작업을 수행하는 일반 농가에서 시행착오 없이 품질 좋은 랩

-사일리지의 생산이 가능하도록 해야할 것이다.

#### 다. 개발 기계의 농업기계 형식검사 및 판매

본 연구에서 개발된 베일러와 베일 랩퍼는 현재 경북대학교 부속 농장에서 사용중이며 베일 랩퍼는 농업기계화 연구소의 신제품 농기계 형식검사를 받아 합격을 하였다.

#### 라. 후속연구

본 연구에서의 분석 결과 중 현재 농가에서의 애로 사항으로 지적되고 있는 것이 무거운 원형 랩-사일리지의 급여 문제이다. 현재 조사료로 많이 이용되고 있는 원형의 벧짚의 급여 방식은 자유 급식으로 압축·결속된 베일을 그대로 급여하거나, 베일을 범용의 커터기로 세절하여 급여하고 있는데, 맥류 랩-사일리지의 생산이 활성화되면 랩-사일리지의 급여방식 또한 같을 것으로 판단된다. 그러나 이러한 방식들은 원형 베일을 그대로 급여할 경우 바깥에 흘리는 등 허실이 20%이상 되는 것으로 알려져 있어 손실이 지나치게 크고, 범용의 커터기를 사용하는 경우 베일을 수작업으로 풀어헤친 후 범용 커터로 절단하므로 베일 절단 작업에 지나치게 많은 노력과 시간이 허비된다. 더욱이 원형 베일의 경우는 대단히 크고 무거운 수작업 세절은 거의 불가능한 정도이다. 또한 현재 전국에 약 200여개소에 달하는 TMR 배합소의 경우는 벧짚 등의 세절이 불가능하여 조사료가 첨가되지 않은 TMR이 제조되고 있는 등의 불합리한 현상이 벌어지고 있다. 따라서, 본 연구의 후속 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해, 기존의 국내에 보급된 트랙터로 ①원형 베일을 손쉽게 운반 및 적재 가능하고, 또한 ②잘게 세절할 수 있는 기능을 가지며, ③원하는 위치로 투입이 가능하고, 아울러 ④트랙터로 운반이 가능한 트랙터 견인형 조사료 원형베일 세절·급여기를 개발해야 할 것으로 판단된다.

#### 마. 심포지움 개최 및 학술대회 발표

본 연구에서는 이미 3차례의 심포지움 개최를 추진하였으며 5차례의 학술 발표에 참여하였다. 향후에는 본 연구 내용을 국내 전문 학술지에 논문 기고할 예정으로 있다.

## SUMMARY

### I. Title

Modeling of mechanized system for winter barley and rye wrap-silage production and developing machineries for its production.

### II. Objectives and Necessity

One of the major obstructing factors against managing dairy farm in Korea is shortage of roughage and excessive abuse of concentrate feed. These are the major factors to increase the production cost and to deteriorate the quality of . Thus, the urgent problem for the dairy farm in Korea is to provide the foundation for roughage production.

In order to solve this problem, utilization of paddy field by production of winter barley or rye during the winter season after harvesting of rice. Especially harvesting the winter barley or rye at the premature stage in early Spring and baling, wrapping and processing it to silage state is the most desirable system in Korea.

The main objectives of the study are

- (1) to develop the mechanized operation model and technology for winter barley wrap silage production system at the paddy field.
- (2) to determine the optimum size and coverage area are for winter barley or rye



wrap-silage production system in Korea at the paddy field.

(3) to evaluate the quality and its feeding value of barley and rye wrap-silage produced.

(4) to develop the baler and bale wrapper which are the key machineries for operating the winter barley or rye wrap silage production.

(5) to develop the program of short and long term policies to provide the foundation for the mass production of roughage in Korea.

### III Methods of studies.

The research have been performed for 3 years and executed as following steps:

1) ①A pilot farm was provided at the Kyungpook N. university farm. And the following process was performed to raise the winter barley and rye:

seeding at paddy field → cultivation → mowing → baling → wrapping and silage processing → storage → transportation to the dairy farm

② Also, a series of experiment were performed and a lots of data were collected and analyzed to develop the mechanized operation model, mechanical technology, coverage area, optimum size of the farm(break-even point) for winter barley wrap silage production system at the paddy field.

2) In order to develop the round baler and bale wrapper which are the key machineries for operating the winter barley or rye wrap silage production, model machineries were selected, analyzed, designed and manufactured in co-operation with Asia Industry Co. located in Taegu.

3) In order to evaluate the quality and feeding value of wrap silage processed in this experiment, a series of test were performed at dairy experimental station of Kyungpook N. University for 2 years in a low.

4) In order to develop the program of short and long term policies to provide the foundation for the mass production of roughage in Korea, a research team from KREI(Korea Rural Economic Institute) was joined in this research.

#### IV. Results of the research

The results of the machinery were summarized as follow ;

(1) Mechanized operation model and mechanical cultivation technology for winter barley and rye wrap silage production system at the paddy field was developed.

(2) The coverage area for winter barley or rye wrap-silage production system in Korea is determined around 30 ha. Also, the break-even point of the farming size is analyzed as 10 ha and its production(operating) cost is estimated from 220 to 250 won/TDN-kg at this point. This cost is much lower than that of imported dried hay. For example, the price of imported dried alfalfa is around 600 won/TDN-kg.

(3)The prototype round baler and bale wrapper which are the key machineries for operating the winter barley or rye wrap-silage production were manufactured in co-operation with Asia Industry Co. located in Taegu. These machineries were tested, adjusted, re-engineered and improved through manufacturing.

The finally developed round baler and bale wrapper were passed at the inspection for newly developed farm machinery registration, enforced by Institute of Agricultural Mechanization in the Office of Rural Development.

(4)After long term storage of wrap-silage produced, a series of test for evaluating the quality and feeding value were conducted. As a result, winter barley or rye wrap-silage are proved having an equal quality as that of corn silage.

Also, when the wrap-silage are feeding to dairy cattle, they produced milk more 17% than that by conventional feeding system.

(5) The program of short and long term policies to provide the foundation for the mass production of roughage in Korea were suggested to Ministry of Agriculture and Forest. Also, the Ministry of Agriculture and Forest adapted the results of this study in large scale already.

## CONTENTS

Chapter I. Introduction-----	19
Section I. Necessity and Objectives-----	19
1. Necessity-----	19
2. Objective-----	23
Section II. Objectives and contents-----	24
1. Objectives-----	24
2. Contents-----	24
Chapter II. Modeling of mechanized system for winter barley and rye wrap-silage production and developing mechanized production techniques-----	29
Section I. Introduction-----	29
Section II. Modeling of mechanized system for winter barley and rye wrap-silage production-----	30
1. Modeling of mechanized system for seeding-----	31
2. Modeling of mechanized system for harvesting-----	36
3. Machinery selection and layout of mechanized system for production-----	41
4. Annual area use and modelling of wrap-silage production system-----	46
5. Machinery cost and total production cost-----	63
6. Summary and conclusion-----	78
Section III. Developing of mechanized production techniques for winter barley and rye wrap-silage -----	81
1. Summary of producing barley & rye wrap silage on the pilot farm-----	81
2. Characteristics of harvesting process of barley & rye wrap silage-----	91
3. Field capacity of mechanized harvesting of barley & rye wrap silage-----	97

4. Results of producing barley & rye wrap silage on the pilot farm-----	101
5. Summary and conclusion-----	103
Section IV. Important factors on making & storing of barley & rye wrap silage --	106
1. Principle of making wrap-silage-----	106
2. Effects of variety-----	107
3. Selection of harvesting date-----	109
4. Effects of wilting on moisture content & making wrap-silage-----	110
5. Effects of silage additives on making wrap-silage-----	117
6. Effects of wrapping method on making wrap-silage-----	120
7. Transporting & storing of wrap-silage-----	122
8. Summary and conclusion-----	124
Section V. Quality analysis of barley & rye wrap silage-----	127
1. Procedures of quality analysis of barley & rye wrap silage-----	127
2. Results and discussions on quality analysis of barley & rye wrap silage--	132
3. Summary and conclusion-----	139
Section VI. Feeding effects of barley & rye wrap silage on dairy cow-----	142
1. Investigation procedures of feeding effects on dairy cow-----	142
2. feeding effects of barley & rye wrap silage on dairy cow-----	143
3. Effect of cutting barley & rye wrap silage for feeding-----	144
4. Summary and conclusion-----	145
Chapter III. Developing round baler for making barley & rye round bales-----	147
Section I. Introduction-----	147
Section II. Developing round baler-----	147
1. Model selection and function analysis of each process-----	147
2. Results of developing round baler-----	154

3. Summary and conclusion-----	166
Chapter IV. Developing round bale wrapper for wrapping barley & rye round bales-----	168
Section I. Introduction-----	168
Section II. Developing round bale wrapper-----	168
1. Model selection and function analysis of each process-----	168
2. Measuring hydraulic pressure & engine power in operating bale wrapper---	174
3. Results of developing bale wrapper-----	179
4. Summary and conclusion-----	192
Chapter V. Long term application test at the field-----	194
Section I. Introduction-----	194
Section II. Long term application test at the field-----	194
1. Summary of harvesting test at the field with developed machines-----	194
2. Trouble investigation and re-engineering-----	198
3. Others-----	200
Chapter VI. An economic analysis and development strategy of Wrap silage production and marketing from double cropping in paddy field-----	203
Section I. Introduction-----	203
Section II. Supply and demand of roughage-----	204
1. Utilization of roughage-----	204
2. Marketing of roughage-----	207
3. Forecasting of roughage supply and demand -----	212
4. Economic effects of roughage utilization-----	214
5. Related policies of roughage production-----	222
Section III. Production system of roughage double cropping in paddy field-----	227
1. Production condition of roughage double cropping in paddy field-----	227

2. Usage of paddy field in livestock farmers-----	228
3. Comparison of the traditional and the wrap silage production system-----	231
4. Investment and acreage of the roughage double cropping in paddy field---	234
Section IV. Introduction of wrap silage production farmers-----	236
1. Situation of wrap silage production-----	236
2. Supply of wrap silage machinery-----	237
3. Type of wrap silage production technology-----	239
Section V. Economic analysis of wrap silage utilization-----	243
1. Feeding effect of wrap silage-----	243
2. Profit analysis of wrap silage production farm-----	244
3. Economic comparison of the representative farm-----	246
Section VI. Policy implication for the expansion of wrap silage use-----	255
1. Build-up the production structure-----	255
2. Establishment of the production and use technology-----	257
3. Build-up the marketing system of wrap silage-----	259
4. Short and long term policy implication for wrap silage production and marketing-----	260
Chapter 7. Overall conclusion-----	263
References -----	275

# 목 차

제출문	-----	1
요약문	-----	3
summary	-----	7
contents	-----	11
목차	-----	15
제 1 장 서 론	-----	19
제1절 연구개발의 목적과 범위	-----	19
1. 연구의 배경	-----	19
2. 연구의 목적	-----	23
제2절 연구개발의 목표와 내용	-----	24
1. 연구개발 목표	-----	24
2. 연구개발 내용	-----	24
제 2 장 답리작 조사료 생산을 위한 기계화 일관작업 시스템의 모델 및 기계화 생산기술 개발	-----	29
제1절 서 설	-----	29
제2절 답리작 맥류 조사료의 생산시스템 모델 개발	-----	30
1. 답리작 맥류 조사료의 파종 시스템 모델	-----	31
2. 답리작 맥류의 수확 시스템 모델	-----	36
3. 모델별 소요기계의 선정과 기계화 모델 설정	-----	41
4. 모델별 부담면적과 랩-사일리지 생산 시스템 모델의 구성	-----	46



5. 기계 이용비용과 생산비-----	63
6. 결론 및 요약-----	78
제3절 답리작 맥류 랩-사일리지의 기계화 생산 기술-----	81
1. 답리작 맥류 랩-사일리지 생산작업의 개요-----	81
2. 답리작 맥류 랩-사일리지 기계화 수확작업의 공정별 특성 분석-----	91
3. 랩-사일리지 기계화 생산작업의 실포장 작업량의 고찰-----	97
4. 랩-사일리지 생산작업의 결과요약-----	101
5. 결과 및 요약-----	103
제4절 답리작 맥류의 랩-사일리지 가공 및 저장 조건-----	106
1. 랩-사일리지의 가공원리-----	106
2. 재배 품종의 영향-----	107
3. 수확적기의 선택-----	109
4. 예건에 따른 함수율의 변화와 효과-----	110
5. 발효 촉진을 위한 첨가제의 영향-----	117
6. 랩-비닐을 이용한 랩핑 방법의 영향-----	120
7. 랩-사일리지의 운반 및 저장 방법의 영향-----	122
8. 결과 및 요약-----	124
제5절 답리작 맥류 랩-사일리지의 품질분석-----	127
1. 맥류 랩-사일리지의 품질분석 내용과 방법-----	127
2. 품질 분석 결과 및 고찰-----	132
3. 결론 및 요약-----	139
제6절 답리작 맥류 랩-사일리지의 급여 사양 시험-----	142
1. 맥류 랩-사일리지의 급여효과의 조사 내용-----	142
2. 맥류 랩-사일리지의 급여효과의 조사 결과-----	143
3. 랩-사일리지의 세절 가공 효과-----	144

4. 결론 및 요약-----	145
제3장 조사료 압축·결속용 원형 베일러의 개발-----	147
제1절 서 설-----	147
제2절 조사료 압축·결속용 원형 베일러의 개발-----	147
1. 모델 선정 및 공정별 기능 분석-----	147
2. 연구 개발 결과-----	154
3. 결론 및 요약-----	166
제4장 사일리지 가공용 베일 랩퍼의 개발-----	168
제1절 서 설-----	168
제2절 사일리지 가공용 베일 랩퍼의 개발-----	168
1. 모델 선정 및 공정별 기능 분석-----	168
2. 유압 작동압력 및 소요 동력의 측정-----	174
3. 연구 개발 결과-----	179
4. 결과 및 요약-----	192
제5장 개발된 제품의 현장 테스트 및 최종 보완-----	194
제1절 서 설-----	194
제2절 개발된 제품의 현장 테스트 및 최종 보완-----	194
1. 랩-사일리지 생산을 위한 수확작업의 내용 요약-----	194
2. 수확작업시의 문제점 분석 및 개발 기대의 최종보완-----	198
3. 기타 문제점-----	200
제6장 담리작 맥류의 랩-사일리지와 베일건초의 생산·가공·유통시스템의 경제성 분석 및 장 단기 발전대책-----	203
제1절 서 설-----	203
제2절 조사료의 수급과 이용 체계-----	204
1. 조사료 이용현황-----	204

2. 조사료의 유통-----	207
3. 조사료 수급전망-----	212
4. 조사료 이용의 경제적 효과-----	214
5. 조사료 관련정책-----	222
제3절 답리작 맥류 조사료 생산 시스템-----	227
1. 답리작 조사료 생산 여건-----	227
2. 축산농가의 답리작 이용실태-----	228
3. 관행 맥류 조사료 생산시스템과 랩-사일리지 생산시스템의 비교-----	231
4. 답리작 맥류 사일리지의 생산 투자 소요액과 부담면적-----	234
제4절 랩-사일리지의 생산농가-----	236
1. 랩-사일리지 생산의 위치-----	236
2. 랩-사일리지 생산기계 보급현황-----	237
3. 랩-사일리지 기술보급의 유형-----	239
제5절 랩-사일리지의 경제성 분석-----	243
1. 랩-사일리지의 급여효과-----	243
2. 수익성 분석-----	244
3. 조사농가의 경제성 비교분석-----	246
제6절 랩-사일리지 이용확대를 위한 정책 방안-----	255
1. 생산기반의 구축-----	255
2. 안정된 생산·이용 기술체계의 확립-----	257
3. 랩-사일리지 유통 시스템의 구축-----	259
4. 랩-사일리지 생산·유통의 장단기 정책 지원 방안-----	260
제7장 종합 결론-----	263
참고문헌 -----	275

# 제 1 장 서 론

## 제1절 연구개발의 목적과 범위

### 1. 연구의 배경

#### 가. 우리나라 축산업의 문제점

최근 우리나라의 젓소 및 한우의 사육두수는 계속 증가하여 표1-1에서 보는 바와 같이 1997년도에 330만 두를 상회하였으나 1998년 이후 감소 추세를 보여 2001년 현재 약 200만 여 두가 사육되고 있다(농림부, 2001).

표 1-1 우리 나라 젓소의 사육두수 변화

년	1985	1990	1995	2000	2001
비육우 (1000 두)	2,318	2,010	2,594	1,590	1,476
두수/농가	2.3	2.5	5.0	5.3	5.5
젓소 (1000 두)	380	497	553	544	540
두수/농가	9.5	15.1	23.8	38.8	41.0

자료: 농림부(2001)

비록 사육농가가 계속 줄어들어 호당 사육두수는 한육우의 경우 정체상태를 보이고 낙농의 경우 꾸준히 증가하고 있다 하더라도 이러한 정도의 전체 사육두수의 감소는 곧 사육기반의 감소와 축산업의 대외 경쟁력의 약화를 의미한다. 이미 1997년도에 유제품 시장이 개방되었고 2001년도에는 쇠고기 및 생우 시장도 완전히 개방되도록 되어 있다.(신승열, 2000) 이러한 상황에서 우리나라의 축산업을 지켜내기 위해서는 생산비를 절감하여 생산 단

가를 낮추고 축산물의 품질을 향상시켜 대외 경쟁력을 높이는 것이 유일한 방법이 될 것이다. 그러나 우리나라의 축산업은 축산 선진국에 비하여 많은 문제점을 안고 있으며, 그 중에서도 조사료의 부족과 그에 따른 농후사료(배합사료)의 과다 사용이 축산물 생산비의 상승과 품질의 저하를 초래하는 근본적인 원인으로 지적되고 있다(박경규, 1998). 우리나라에서의 조사료와 농후사료의 급여 실태는 표1-2에 나타낸 바와 같이 조사료 급여비율이 TDN(Total Digestive Nutrition ; 총 가소화 영양분) 기준으로 최소 한계치인 40%에도 미치지 못하고 있어 축산 선진국은 물론 우리와 비슷한 상황인 일본과 비교하여도 대단히 열악한 상황이다.(축산기술연구소, 1990).

표 1-2. 주요 국가별 조사료 및 농후사료 급여비율

	조사료	배합사료
한국	33%	67%
일본	48%	52%
미국	66%	34%
뉴질랜드	95%	5%

자료 : 축산기술연구소

실제로 사료비용은 전체 경영비에서 차지하는 비율이 젖소와 번식우에서 각각 66%와 77%가 될 정도로 큰 비중을 차지하고 있고(축협중앙회, 1997), 수입곡류를 원료로 하는 배합사료의 가격은 약 360~400원/TDN-kg으로 국내 생산될 수 있는 옥수수 사일리지(약 200원/TDN-kg)에 비해 월등히 높은 것으로 조사되어져(서울대학교, 1996) 소사육에 큰 부담이 되고 있다. 또한 소는 반추위동물로 농후사료의 공급량이 지나칠 경우 위내의 pH가 감소하고 프로피온산의 생산량이 많아지게 되어 소화율이 감소하고 비정상적인 발효가 일어나게 된다. 따라서 정상적인 생리기능에 이상을 초래하고 소의 경제수명이 단축되며 젖소의 경우 유지율이 감소하게 된다(한인규, 1996). 이상과 같이 조사료 부족의 문제는 축산업의 기반에 관한 문제로 인식되어질 만큼 중요한 사안이나. 그러나 앞서와 같이 우리나라에서의 조

사료 공급량은 그 절대량이 부족한 상태이며, 그나마도 2000년도 기준으로 전체의 53.7%(약 1,800만 톤)를 사료적 가치가 낮은 벧짚에 의존하고 있고 나머지는 초지, 사료작물, 산야초 등이 30.4%(약100만 톤), 그리고 나머지는 알팔파, 목초류 등의 값비싼 수입 조사료(약 60만 톤)로 공급되어지고 있다(정동홍, 2001). 이와 같은 조사료의 공급구조로 인하여 대부분의 농가에서는 배합사료와 품질이 매우 열악한 벧짚을 위주로 하고 있고, 고품질의 조사료가 필히 요구되는 낙농가에서는 불가피하게 수입 조사료를 사용하고 있는 실정이다. 따라서, 현재 우리나라 축산업에 있어 가장 시급한 사안은 양질의 국산조사료를 대량으로 생산할 수 있는 기반을 구축하고 이를 통하여 저렴하고 품질 좋은 조사료를 농가에 공급하여, 축산 경영비를 절감하고 축산물의 생산성과 품질을 향상시키는 데 있다.

#### 나. 담리작 맥류의 조사료화 가능성

이와 같은 조사료 생산의 문제는 1998년도 배합사료의 가격이 폭등한 이후 특히 많은 문제 제기가 있어 왔으며, 이러한 문제점의 해결 방안의 하나로 제시된 것이 겨울철에 재배 가능한 맥류를 담리작으로 논에서 대규모로 재배하여 조사료로 이용하는 방안이다(박경규, 1998). 현재 우리나라에서의 조사료 생산면적을 살펴보면 표1-3과 같이 해마다 경지규모가 줄어들고 있다.

표 1-3. 목초 재배면적의 변화(1,000 ha)

년	1980	1990	1995	2001
사료작물	48	90	66	52
목초	78	181	164	73
계	126	271	230	125

자료 : 농림부(2001)

이렇게 해마다 경지규모가 줄어드는 이유로는 ①토지 가격의 상승으로 인해 초지 면적이 감소하고, ②사육농가의 규모가 영세하여 노동력 부족 등으로 취급이 어려운 조사료 생산을

기피하여 손쉬운 농후사료 위주로 사양하려 하고있기 때문이다(농림부, 1999). 그런데, 우리나라 작물의 경작지의 대부분을 차지하고 있는 논외 총면적은 1,268천 ha이고 이중에서 답리작에 매우 적합한 논만 386천 ha에 이르는 것으로 조사되어졌다(농업과학기술원, 1997). 따라서 맥류와 같이 벼와 함께 답리작으로 재배할 수 있는 작물을 이용하여 논에서 대규모로 일관 재배한다면 위의 문제점들을 해소할 수 있을 것이다. 특히 보리의 경우는 ①단위 중량당 사료 가치가 높아 배합사료 대체효과가 크고, ②종자의 자가생산 이용이 가능하며, ③전통적으로 우리 농민이 재배기술을 보유하고 있다는 장점을 들 수 있다(김정갑, 1999). 또한 호밀의 경우는 ①여느 사료작물보다 내한성과 악조건에서의 생존력이 뛰어나며 ②생육초기에 빨리 자라는 특성을 갖고 있어 조기수확이 가능하다(서성, 1999). 이 외에도 습지의 경우 이탈리아인 라이그라스 등을 답리작으로 재배하는 것도 가능하다. 맥류는 옥수수에 비하여 기호성이 낮고 에너지 함량이 낮지만 조지방, 단백질, Niacin의 함량이 높고 품질도 우수하여 사료적인 가치가 옥수수의 90%에 달하며 무엇보다 조섬유의 함량이 높아 우리나라의 조사료 대체작물로 적합하여 건조와 사일리지 등으로 제조하여 장기간 저장하면서 조사료로서 이용할 수 있게된다. 그런데, 이제까지 우리나라에서의 답리작은 맥류를 곡식으로 이용하기 위하여 재배되어 왔는데, 맥류를 수확을 할 경우 남부 지역에는 큰 문제가 없으나 중부 지역에서는 그림1-1과 같이 벼의 이앙기와 겹치게 되어 사실상 답리작 맥류 재배 확대의 제한요소로 작용하였다. 그러나 맥류를 조사료로 이용하는 경우는 알곡이 익기 전에 예취하여 사료로 급여하게 되는데, 보리의 경우 황숙기, 호밀은 유숙기~호숙기, 이탈리아인 라이그라스와 목초류는 개화기~유숙기가 작물의 건물수량 및 가소화 영양분이 최대가 되는 수확적기인 것으로 보고되어 있다(김정갑, 1995). 따라서 작물 및 품종별로, 지역별로, 파종시기별로 약간의 차이가 있지만 맥류를 생초로 수확을 할 경우 그림1-1에 나타낸 바와 같이 벼 이앙시기 전 약 30일 정도의 여유가 있게 되어 조사료로서 이용이 가능하다(박경규, 1998).

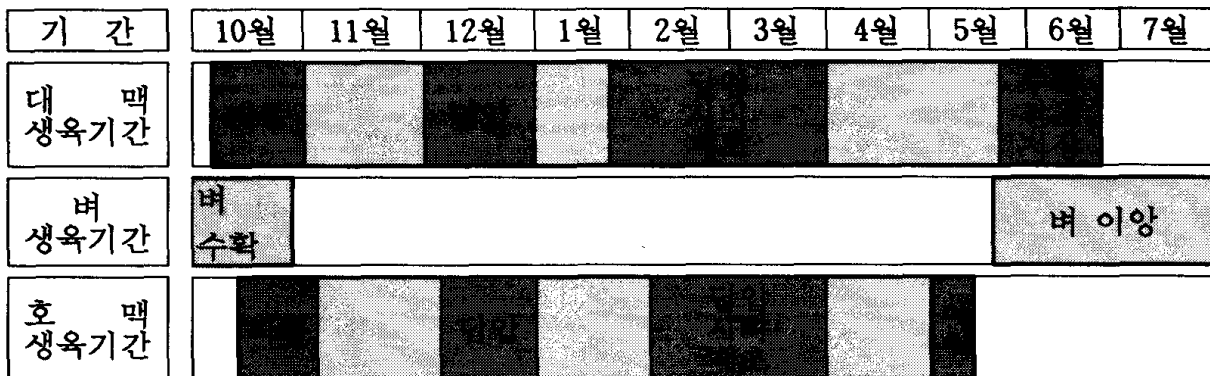


그림1-1 중부지방의 겨울철 맥류와 수도작 작부체계도

## 2. 연구의 목적

이상에서 살펴본 바와 같이 우리나라에서의 조사료 생산 기반을 확대, 발전시킬 수 있는 방안은 겨울철에 논에 맥류 등의 사료작물을 대규모로 재배하여 공급하는 것이 가장 현실적인 방안이 될 것이다. 그러나 앞에서 설명한 바와 같이 답리작으로 맥류 등을 생산하는 데에는 수도작과의 경합 및 악천후에 따른 생산량의 감소 등의 제약 조건이 따르게 된다. 이를 위해서는 대형의 기계를 동원한 일관 기계화 작업 시스템을 구축하여 단기간 내에 파종과 수확작업을 실시해야 할 것으로 판단된다. 그러나 이제까지 우리나라의 농업기계화는 수도작 중심으로 수행되어왔기 때문에 축산 사료작물의 재배 시스템은 수도작에 비하여 모든 면에서 영세한 실정에 있으며, 더욱 더 조사료의 대규모 생산이 어렵게 되는 결과를 낳고 있다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 축산농가에 양질의 조사료를 대규모로 공급하기 위한 답리작 맥류 조사료의, 재배에서 수확 및 가공에 이르기까지 우리나라에 적합한 일관 기계화 생산 모델을 제시하고, 이에 소요되는 핵심 기계를 개발하고, 아울러 답리작 조사료의 경제성 및 유통구조를 분석하여 우리나라의 조사료의 생산·가공·유통을 위한 장·단기 정책 프로그램을 개발함에 있다



## 제2절 연구개발의 목표와 내용

### 1. 연구개발 목표

본 연구의 목표는 우리 나라의 젓소 및 비육우에게 공급할 수 있는 조사료를 자급하기 위하여 쌀 재배 지역에서 겨울철 맥류의 파종 → 재배 → 예취 → 압축·결속 → 기밀포장·사일리지 가공 → 저장 → 축산농가 운반으로 이어지는 ①기계화 일관작업을 위한 시스템의 모델을 개발하고, ②개발된 모델을 이용한 답리작에서의 적정작업조건 및 기계화 생산 기술을 정립하며, ③일련의 소요 작업기계 중에 국내에서 개발이 되지 못한 주요 예취기(모아), 원형베일러, 베일-랩퍼 및 랩-사일리지 핸들러(Handler)중에서 핵심기계인 원형 베일러와 베일 랩퍼를 개발하고, 그리고 ④답리작 조사료의 경제성 및 유통구조를 분석하여 우리 나라의 조사료의 생산·가공·유통을 위한 장·단기 정책 프로그램을 개발하는 데에 있다.

### 2. 연구개발 내용

본 연구는 3년간 연구가 진행되었으며 1년차~3년차의 모든 연구는 성공적으로 수행이 되어 졌다. 연구의 세부적인 목표와 내용은 다음과 같다.

#### 가. 답리작 조사료 생산을 위한 기계화 일관작업 시스템의 모델 및 기계화 생산기술 개발

본 세부과제의 연구 목적은,

①쌀 재배지역에서 목축농가에 이어지는 답리작 맥류 조사료의 생산부터 사료급여에 이르기까지 전공정을 분석하여, 영농규모별 적정 작업시기, 소요기종 및 적정 기계의 용량을 결정하는 프로그램을 개발하여 일관작업 시스템의 모델을 개발하고,

②파일롯트 농장에서 맥류의 파종에서 수확·가공에 이르는 전공정을 기계화 작업으로 수행하면서 기계화의 문제점 및 시스템을 분석한 한 후에 이를 토대로 기계화의 적정작업조건을 규명하며,

③아울러 사료의 품질적인 측면에서 여러 가지 기계의 작업조건에 따른 생산된 랩-사일리지의 품질을 평가하고, 문제점을 분석하여 기계화 일관 작업에 적합한 가공기술을 개발하며, 가공된 사일리지의 사료의 가치를 평가함에 있다.

본 세부과제의 연구기간은 3년으로, 1년차에는 ①경북대학교 부속농장에 답리작이 가능한 3정보 규모의 파일롯트 농장을 마련하였으며, ②전체 공정에 대한 시스템을 분석하여 우리나라의 지역 조건에 적합한 3가지 모델을 제시하였고, ③파일롯트 농장에 실제로 기계를 투입하여 가을철 파종작업부터 봄철 사일리지 수확작업까지 일련의 기계화 작업을 분석하여 기계화 작업 조건 및 기계화 사일리지 생산 기술에 대한 자료를 수집하였다.

특히 기계화 모델연구 개발에 대한 중간 결과로 1년차(1999년) 5월에 충남 당진군 농어촌진흥공사의 대호 방조제에서 농림부, 푸른들 가꾸기 운동본부, 경북대학교와 공동으로 2일간에 걸쳐 열린 "친환경 답리작 조사료 생산기술 및 일관작업을 위한 기계화 모델"에 대한 세미나와 기계연시에서 본 연구에서 연구된 기계화 모델을 발표하였으며 또한 시범 포장에서는 본 연구에서 개발되고 있는 기계로 답리작 조사료 재배 일관작업을 연시한 바가 있다. 그리고 본 세미나에 참석한 농림부 및 환경단체 관계자들은 푸른들 가꾸기 운동은 답리작 재배에 의한 조사료 확보와 연계시키는 것이 가장 적합한 것으로 결론을 내린 바 있다.

그러나 1년차 연구의 결과는 작업시기, 작업방법, 품종의 선택 등과 같은 첫해에 범할 수 있는 많은 시행착오로 정확한 자료를 수집하지 못하였고, 아울러 기계화 모델의 개발 및 기계화 기술 개발에 많은 보완을 할 필요가 있었다. 따라서 2년차에는 1년차에서 수행된 ①답리작 맥류의 파종에서 수확작업인 예취·결속·베일랩핑 작업까지 작업조건을 규명하고, ② 기계화에 의한 사일리지 가공 및 저장조건을 규명하고, ③동시에 수집된 자료로 기계화 모델을 수정·보완하고, ④여러가지 방법으로 가공처리된 맥류 랩-사일리지의 사료적 가치를 규명을 하였다. 특히 기계화 모델의 보완에서는 벼의 수확 전, 맥류 파종에 대비한 배수 관리부터 봄철 수확, 가공, 사료급여 이르기까지 일관 시스템에 대한 기술 및 자료를 보다 정확하게 수집을 하였다.

3년차인 2001년에는 최종적으로 2년차에 수행된 ③와 ④의 과제를 마무리하여 우리나라 미작지대에 적합한 기계화 모델을 개발하고, 기계화에 의한 맥류의 랩-사일리지 가공기술을 완성하

였다.

#### 나. 맥류의 압축·결속용 원형 베일러의 개발

모아에 의해 예취된 맥류 생초의 함수율은 약 75-80%로 현장에서 직접 사일리지 용으로 가공하기는 부적합하다. 따라서 포장(Field)에서 일광 건조를 한 후 함수율이 60-65%정도로 떨어진 후에 수집·결속을 하는데 본 연구에서 개발된 베일러는 목초를 수집함과 동시에 압축·결속을 할 수 있는 원형 베일러이다. 기존의 담작지에 많이 보급이 되어 있는 벗집 수거용인 소형 사각 베일러는 크기가 작아 사일리지 가공용으로 적합하지 않는 것으로 보고 된 바 있다. 이 과정은 우리나라 실정에 적합한 베일러의 개발을 위하여 3년에 걸쳐 수행이 되었고 연구 내용은 다음과 같으며 아세아종합기계와 공동으로 수행을 하였다.

1년차 연구에서는 ①시작기 모델을 선정된 후에 선정된 모델을 수입하였으며 ②차축부, 외관부 및 배출 링크부에 대한 세부 설계도를 작성하였고, 또한 ③차축부, 외관부 및 배출링크부 등의 부품을 개발하였다. 이에 대한 국산화율은 약 15% 정도가 되었다.

2년차 연구에서는 ④부품개발을 계속 수행하고 있으며 개발되고 있는 주요 부품은 압출 Rake 장치, Pick-Up장치, 및 동력전달장치(체인 및 스프라켓)등으로 국산화율은 30% 정도가 되었다.

연구개발 3년차에는 ⑤나머지 부품인 동력전달장치(기어박스), 유압실린더, 롤러 구동장치등의 개발과 동시에 시작품을 조립하며 아울러 공장내에서 성능시험을 하고 문제점을 분석하여 보안을 하였다. 본 연구에서의 라운드 베일러의 국산화율은 약 50%정도가 되는 데, 한정된 예산으로 주요 부분들에 대한 기술 개발이 불가능하여 결속부분과 롤러 부분등은 당분간은 수입을 할 예정이다. 국산화 100%는 참여 기업체인 아세아종합기계에 차후의 개발 과제로 남긴다.

또한 연구의 3년차에는 ⑥개발된 베일러를 이용한 현장 테스트를 본 연구의 별도의 소 과제인 “개발된 제품의 장기간 현장테스트 및 성능개선을 위한 최종 보완”의 연구에서 수행하였다. 이 과정에서는 본 대학에서 마련한 파일롯트 농장에 개발된 기계를 투입하여 ⑦농민들이 실제로 사용을 하는데 필요한 문제점 및 개선할 점을 찾아내어 ⑧최종적으로 문제점을 보안을 하였다.

#### 다. 사일리지 가공용 베일-랩퍼의 개발

원형으로 베일(압축·결속)이 된 맥류 생초를 사일리지로 가공하기 위해서는 공기를 차단시키는 랩핑 작업이 필요하다. 따라서 압축된 무게가 500kg 정도가 되는 생초 베일을 포장에서 비닐로 밀봉작업을 하는 랩퍼의 개발은 매우 중요하며, 이 과제 역시 우리나라 실정에 적합한 베일러의 개발을 위하여 3년에 걸쳐 수행이 되었고 참여 기업체인 아세아종합기계와 공동으로 개발하였으며 개발 내용은 다음과 같다.

1차년도에는 ①시작기의 모델을 선정하고 선정된 모델에 적합한 기계를 수입하였으며, ②세부설계도를 작성하였고, ③드로바(Draw Bar) 및 프레임, 유압 장치, 차축부, 밧선부 등의 부품을 개발하였다. 국산화율은 약 30% 정도이었다.

2차년도에는 역시 부품개발을 계속하여, ④베일-랩퍼의 핵심부인 Wrap Pick-up 장치와 전기장치, 비닐홀더 및 커터부, 롤러부 등을 개발하였다. 국산화율은 약 80%정도가 된다.

3차년도에는 ⑤나머지 미개발 된 콘트롤부 및 센서, 유압장치등을 개발하고 ⑥개발된 부품을 조립하고 ⑦공장내에서 성능시험을 실시하고 문제점을 분석하여 시작품을 제작하였다. 기대의 개발은 국산화율 100%를 달성하였다. ⑧개발된 기대의 현장 테스트는 앞에서 서술한 베일러와 함께 본 연구의 별도의 소과제인 “개발된 제품의 장기간 현장 테스트 및 성능개선을 위한 최종 보완”에서 수행되었다.

#### 라. 개발된 제품의 현장 테스트 및 최종 보완

본 연구에서 개발된 기계인 베일러 및 베일-랩퍼를 3년차(2001년도) 연구과정에서 일괄적으로 본 대학에서 마련한 파일럿트 농장에 투입을 하여 농민들이 실제로 사용을 하는데 있어 예상되는 문제점 및 개선할 점을 찾아내어 우리 나라 실정에 알맞는 기계로 최종적으로 보완을 실시하였다.

마. 답리작 맥류의 랩-사일리지와 베일건초의 생산·가공·유통시스템의 경제성 분석 및 장단기 발전대책

본 연구는 첨단 연구로 랩-사일리지 생산을 위한 기계 및 생산기술을 주목적으로 하고 있다. 그러나 이러한 연구가 아무리 잘 수행이 되어도 경제성이 있어야하고 또한 정책적으로 뒷받침이 되어야 한다. 따라서 본 과제에서는 본 연구의 결과를 뒷받침하기 위하여 3년에 걸쳐 다음의 과정으로 수행이 되고 있으며 1년 차에는 ①지역별 조사료 수급 및 가격전망과, ②우리나라 조사료의 유통구조를 분석하였으며 2년 차에는 ③한우 및 낙농 경영시 답리작 조사료의 경제성을 분석, ④답리작 맥류의 랩-사일리지와 베일 건초의 유통시스템을 개발하였다. 또한 3년차 마지막해에는 ⑤답리작 조사료의 생산·가공·유통을 촉진하기 위한 장단기 정책 프로그램을 개발하였다. 본 과제는 협동연구과제로 한국농촌경제연구원에서 수행을 하였다.

## 제2장 답리작 조사료 생산을 위한 기계화 일관작업 시스템 의 모델 및 기계화 생산기술 개발

### 제1절 서 설

본 연구에서는 ①쌀 재배지역에서 목축농가에 이어지는 답리작 맥류 조사료의 생산부터 사료급여에 이르기까지 전공정을 분석하여, 영농규모별 적정 작업시기, 소요기종 및 적정 기계의 용량을 결정하는 프로그램을 개발하여 일관작업 시스템의 모델을 개발하고, ②파일럿트 농장에서 맥류의 파종에서 수확·가공에 이르는 전공정을 기계화 작업으로 수행하면서 기계화의 문제점 및 시스템을 분석한 한 후에 이를 토대로 기계화의 적정작업조건을 규명하는 답리작 기계화 작업 및 생산기술을 개발하고, ④생산된 램-베일을 저장하면서 램-사일리지의 가공 및 저장조건을 규명하며, ⑤아울러 사료의 품질적인 측면에서 여러 가지 기계의 작업조건에 따른 생산된 램-사일리지의 품질을 평가하고, ⑥최종적으로 생산된 램-사일리지를 젖소에 급여하여 그 효과를 조사하였다.

## 제2절 답리작 맥류 조사료의 생산시스템 모델 개발

답리작 맥류의 일관 생산을 위한 시스템은 크게 파종 시스템과 수확 시스템으로 분류할 수 있다. 이 두 시스템은 서로 시기적으로, 또한 생산 공정상으로 별개로 분리하여 취급할 수 있다. 파종 시스템 모델은 기존의 곡류 생산을 위한 맥류 파종 방식과 최근에 소개되고 있는 무경운 파종방식을 조사하여 ①경운 파종 시스템과 ②무경운 파종 시스템으로 분류하였다. 기존의 경운 파종 방식은 보다 안전한 생육이 가능하지만 생산 비용이 높고 습답인 경우에 적용하기 어려운 면을 가지고 있는 반면 무경운 파종 방식은 수량은 약간 떨어지지만 생산비용이 저렴하며 기후 및 토질 조건에 영향을 적게 받으므로 안정적인 수량 확보가 가능하다. 따라서 이 두가지의 파종방식은 파종시의 여건에 따라 서로 보완적으로 이루어질 수 있다.

한편, 답리작 맥류를 조사료로 이용하는 방법으로는 ①생초, ②건초, ③사일리지의 3가지 형태가 가능하다. 원래 재배한 사료작물은 적당한 시기에 베어서 청예 상태로 소에 급여하지만 장기간 보관하면서 년중 급여하기 위해서 건초나 사일리지로 제조하게 된다. 건초는 통상 포장에서 예취한 작물을 포장에서 천일건조하여 제조하는데, 소 사육에 있어 일정량의 건초는 필수적이다. 또한 조사료를 저장, 이용하는 방법으로는 사일리지로 제조하는 방법이 있는데, 예취한 조사료를 포장에서 예건하고 대규모의 트랜치 또는 타워 사일로 등에서 젖산 발효시켜 가공하게 된다. 이러한 방법은 오래 전부터 알려져 현재에도 널리 행해지고 있는 방법이며, 최근에는 랩-사일리지라는 새로운 사일리지의 제조방법이 소개되고 있다. 이 방법은 저수분 상태의 대형의 베일을 압축결속하고 비닐로 밀봉하여 사일리지로 제조하는 것으로 1970년대에 유럽을 중심으로 시작되어 영국의 경우 목초 사일리지의 18~20%를 랩-사일리지로 제조하고 있다.

따라서 본 연구에서의 답리작 맥류 조사료의 수확 시스템 모델은 ①곤포-사일리지 생산 시스템, ②트랜치 또는 타워 사일로에 의한 관행의 사일리지 생산 시스템, ③건초

생산 시스템 등 3가지로 분류하였다.

1. 답리작 맥류 조사료의 파종 시스템 모델

현재 우리나라에서 사용되는 논에서의 맥류의 파종 방식은 모두 건답 직파의 형태이며 경운기, 관리기, 트랙터 등을 주 동력원으로 사용하고 있고, 특히 대규모의 작업에서는 트랙터가 사용될 수 밖에 없다. 우리나라에서 2모작으로 맥류를 파종하려면 그림1-1에서 보는 바와 같이 그 시기상으로 벼의 수확 후에 곧바로 파종작업이 이루어져야 하는 데, 배수가 양호한 논에서는 큰 문제가 없으나 많은 논이 추수 전후에 습답인 상태여서 파종 작업이 어려운 형편이다. 실제로 표 2-1에서 보는 바와 같이 현재 경작중인 우리나라 전체 논의 38.1% 정도만이 배수 양호한 논으로 분류되어(농업과학기술원, 1997) 있어 대규모 맥류재배의 확대에 있어 큰 문제점으로 대두될 것으로 판단된다.

표 2-1. 우리나라 논의 배수양호 면적 비율

구분	논 면적 합계	배수 가능 면적			
		양호	보통	불량	매우 불량
면적 (1,000ha)	1,268.1	19.7	462.4	623.6	162.3
비율(%)	100	1.6	36.5	49.1	12.8

자료 : 농업과학기술원

맥류는 습답인 상태에서는 경운 작업이 어렵고 콤바인 작업 후의 트랙터 등의 대규모 기계 투입으로 포장의 상태가 매우 좋지 않아 파종 작업이 원활하지 못하다. 또한, 일기의 불순이 겹칠 경우 파종 적기를 놓치는 경우가 많다. 이는 곧 종자의 월동률의 감소, 다음해



의 출수 시기의 지연 등 생산량의 감소로 이어진다. 표2-2에 파종시기에 따른 호맥 수확량의 변화를 나타내었는데 수확량이 2배까지도 차이가 날 수 있는 것으로 조사되었다(권찬호, 1991).

표2-2. 호밀의 파종시기별 건물 수확량의 비교(80% 출수기)

품종	파종 일자	작물 신장 (cm)	건물 수확량 (kg/ha)	80% 출수일
Winter -more	9/20	105	9.2	4/21
	10/10	118	8.4	4/25
	10/30	98	5.8	4/29
Kodiac	9/20	111	9.2	5/2
	10/10	107	7.9	5/5
	10/30	91	4.6	5/8

따라서 논에서의 안정된 맥류 수확량을 유지하기 위해서는 다양한 토양상태에 대응한 파종 방식의 검토가 필요하고 특히 우리나라에서는 습답에 유리하고 생력적인 파종방법이 절대적으로 필요한 것으로 판단된다. 아래에 현재 우리나라에서 시행되고 있는 맥류의 파종 방식을 언급하였는데, 일반 농가에서는 여타의 방식이 있을 수 있으나 아래에 언급한 방식과 크게 다르지 않다.

#### 가. 경운후 광산파 방식

벼 수확 후, ①로타리로 경운작업→②비료와 종자를 살포 →③얕은 로타리 작업으로 복토를 실시하는 방식이다. 이 방식은 작업기가 간단하여 일반 농가에서 널리 쓰이는 방식인데, 물빠짐이 좋은 논에서는 큰 노력을 들이지 않고 시행할 수 있는 방법이다. 그러나 파종된 종자의 적정 복토 두께는 약 3cm 정도로 그 이상으로 되면 수량이 급격히 감소하게 되는데(岡村俊民, 1991), 로타리 작업에 의한 복토 작업으로는 두께를 균일하게 유지하기 어려

우므로 파종 시기, 기상 변동 등의 영향으로 습해 또는 동해를 입을 우려가 있다. 특히, 배수가 불량한 습답인 경우는 포장내의 배수도가 없으므로 파종을 위한 로타리 작업이 어렵고 파종후에도 어린 모의 월동에 불리한 방식이다.

#### 나. 경운후 휴립 광산파 방식

벼 수확 후, ①로타리로 경운작업→②비료와 종자를 살포 후→③휴립 복토기 등의 기계를 이용하여 일정한 폭으로 휴립 또는 구굴하여 배수로를 형성하는 방법으로 경우에 따라서는 1차 로타리 작업을 실시하지 않고 구굴작업 및 복토를 하기도 한다. 이 방식은 습답에서의 파종 작업이 여타의 기계식 파종 방식보다는 원활하고 배수로 형성되므로 배수 불량한 논에서의 생육에 유리하다. 그러나 로타리 이외에 구굴 및 복토용 작업기가 별도로 필요하여 생력 작업을 목표로 하는 맥류 파종 방식으로는 부담이 되는 방식이다.

#### 다. 경운후 세조파 방식

이 방식은 벼 수확 후, ①로타리로 깊은 갈이로 경운작업→②트랙터 또는 경운기 부착용 세조파기 등으로 약 20~25cm의 간격으로 직파하는 방식이다. 세부적으로는 논의 평면 상태에서 작업하는 방식과 배수로 형성을 위해 포장 내에 구굴 작업으로 배수로를 형성한 후에 작업하는 방식으로 나뉜다. 대규모의 작업에서는 트랙터 장착형의 세조파기가 사용되고 있는데, 트랙터 후방에 장착된 로타리가 1차 경운된 토양을 파종하기 쉽도록 한번 더 경운하게 된다. 세조파기는 주로 로타리의 상부 또는 후부에 연동 장착되는 데, 부드럽게 경운된 토양에 작조기로 3~5 cm의 골을 형성하고 곧이어 골에 종자와 비료를 살포한 후, 다시 흙을 덮도록 장치가 구성된다. 또한 경우에 따라서는 진압륜 등을 이용하여 덮은 흙을 다져주는 데, 이렇게 하면 맥류의 입모가 보다 좋아지고 향후의 성장에도 유리하다. 이 방식은 경운후 파종 작업 중에서는 가장 최근의 방법이며 가장 안정된 파종방식으로 보고에 의하면(윤의병, 1995) 생산량에 있어 광산파 방식 대비하여 조곡 기준으로 17% 증수된 것으로 조사되었으며 여타의 시험보고도 동일한 결과를 보여주고 있다.

그러나 이러한 세조파기를 사용한 방법 또한 습답인 논에서는 정상적인 작업이 이루어질 수 없어 그 사용 범위에 한계가 있다. 즉, 논이 상태가 조금만 습답이어도 1차 및 2차의 경운은 가능하지만 작조골의 형성과 복토가 불가능하여, 물빠짐이 매우 양호한 논에 적용이 가능하며 물빠짐이 좋은 논이라도 벼 수확 전후에 이루어져야 하는 적기의 맥류 파종에는 어려움이 큰 것으로 보인다. 작물 시험장에서의 시험 결과에서도(이춘우, 1996) 같은 내용을 보고하고 있다.

#### 라. 벼 입모중 무경운 파종 시스템

본 시스템은 벼의 입모 중에 동력 살분기 등을 이용하여 맥류 종자를 균일하게 산파하는 방식이다. 맥류 종자는 파종 후 7~10일경 출아가 되는 데, 벼 수확후에 일정 간격으로 배수로를 형성하거나 콤바인 벼 수확시 벧짚을 잘게 썰어 포장에 깔아 종자를 피복하는 한다(유용환, 1988). 그 특징으로는 ①기본적으로 무경운 작업이므로 대규모 기계의 포장 투입이 불필요하여 생력 작업이 가능하고 ②벧짚을 토양에 환원함으로써 지력의 향상을 기할 수 있으며 ③일반적으로 답리작인 경우 벼 수확후 파종하거나 파종 작업시 일기가 불순한 경우는 기존의 파종 방법으로는 파종의 적기를 놓치는 경우가 많으나 입모중 파종의 경우는 적기 파종이 가능하므로 월동전 입모 및 생육이 양호하다. ④또한 기존의 기계식으로는 작업이 불가능한 배수불량한 습답이나 콤바인 수확 후의 논이 덜 마른 상태에서의 파종 작업이 가능하다. ⑤그러나, 월동 후~출수기까지의 생육은 여러 가지 이유로 다소 부진한 양상을 보이거나 출수기 이후 생육은 완전히 회복된다(주정일, 1995). 재배 초기에 농민이 불안해 할 수 있는 요인이라 할 수 있다.

본 입모중 파종과 여타의 파종 방식간의 재배시험 결과를 살펴보면, 휴립 세조파 파종에 비하여 수확량이 조곡 기준 약 20.6% 감소하였으며(주정일, 1995) 휴립 광산파 파종에 비하여는 걸보리의 모든 품종이 증수되었고 올보리 조파구의 경우 8% 증수되었다(김대호, 1996)

#### 마. 콤바인을 이용한 벼수확 동시 보리 파종

최근에는 보리의 파종을 생력화하기 위한 시도들이 이루어지고 있는데, 콤바인으로 벼수확을 하면서 동시에 보리를 파종하는 방법이다. 콤바인에 보리 파종을 할 수 있는 파종 장치를 장착하고 벼를 베면서 콤바인의 뒤쪽으로 보리를 파종한다. 이어서 탈곡이 끝난 벼짚이 종자 위에 덮히는데, 이 때 벼짚은 작업자의 의도에 따라 잘게 썰거나 원래 벼짚 그대로 하여 덮을 수 있다. 다음해 보리 수확후의 경운 작업을 고려한다면 벼짚을 잘게 썰어 피복하는 것이 유리할 것이다. 그러나 벼수확 동시 맥류 파종 기술은 아직 농민이 안심하고 이용할 수 있는 방법이 되지 못하고 있다. 왜냐하면, 현재까지 개발된 콤바인 장착용 보리 파종기계의 작업 정밀도가 만족할 만한 수준이 아니며, 기계구조상의 문제점 이외에도 기본적으로 콤바인 벼 수확시기가 당시의 일기 및 여러 사정에 따라 그 시기가 늦어지거나 빨라져 적기에 파종하기에는 어려운 면이 있기 때문이다. 따라서 콤바인을 이용한 보리 동시 파종의 방식은 아직은 우리나라에서 널리 사용되기에는 무리가 있는 것으로 판단된다.

작물시험장의 결과에 의하면 평면 세조파방식 대비 약 20%정도 수량이 감소된 것으로 보고 되었다(박상래, 1995). 이 들 파종시스템별 비교를 표2-3 에 나타내었다.

표 2-3 파종 시스템별 비교표

파종구분	파종방법 및 사용기계	장점	단점	
경운 파종	광산파	①파종전 경운(로타리) → ②산파 파종(산파기 또는 비료살포기) → ③얇은 갈이(로타리) → ④비료살포(기비+추비; 비료 살포기)	*가장 보편적인 방법 *작업이 간단 *로타리, 비료살포기와 같은 농사의 기본 장비로 작업가능	*습답인 경우 작물이 습해, 동해를 입을 우려 있음 *적기 파종 어려움
	휴 립 광산파	①파종전 경운(로타리) → ②산파파종(산파기 또는 비료살포기) → ③골파기 및 복토(구굴 복토기) → ④비료 살포(기비+추비; 비료살포기)	*논의 물빠짐을 좋게 하여 습해를 방지 *조건이 양호한 경우 로타리 작업 생략 가능	*로타리 이외에 구굴복토기가 필요 *두둑 가장자리의 복토 두께가 두꺼워 생육에 지장 초래할 우려있음 *습답인 경우 작물이 습해, 동해를 입을 우려 있음 *적기 파종 어려움
	평면 세조파	①파종전 경운(로타리) → ②얇은 갈이, 조파 파종, 비료 살포, 복토(일체형 직파기) → ③추비(비료살포기)	*파종 방법중 가장 높은 수확량의 보장이 가능	*습답인 경우 작업 불가능 *습답인 경우 작물이 습해, 동해를 입을 우려 있음 *적기 파종 어려움
	휴립 세조파	①파종전 경운(로타리) → ②골파기(구굴기) → ③얇은 갈이, 조파 파종, 비료 살포, 복토(일체형 직파기) → ④추비(비료살포기)	*파종 방법중 가장 높은 수확량의 보장이 가능 *논의 물빠짐을 좋게 하여 습해를 방지	*습답인 경우 작업 난이 *습답인 경우 작물이 습해, 동해를 입을 우려 있음 *적기 파종 어려움
무경운 파종	벼 입 모종 산파	①입모종 산파(동력 살분기 또는 입모종 산파기(미개발)) → ②세질 벧짚 피복(콤바인) → ③비료 살포(비료 살포기; 기비+추비)	*적기 파종 가능 *적은 노동력으로 넓은 면적을 단기간 내에 파종 가능 *습답 파종이 가능	*초기 성장부진 → 나중에 모두 회복 : 농민 불안
	벼수확 동시 파종	①벼수확 동시 맥류 파종(콤바인+파종기; 컨트롤러 부착) → ②세질 벧짚 피복(콤바인) → ③비료 살포(비료 살포기; 기비+추비)	*작업이 매우 간단 *습답 파종이 가능	*적기파종이 어려움 *콤바인 선회에 의한 종자 몰림, 파종 누락 등의 문제점 발생 *현재까지는 정확한 파종작업이 가능한 기계의 개발이 어려운 것으로 판단

2. 답리작 맥류의 수확 시스템 모델

답리작 맥류의 조사료 이용에는 ①생초, ②건초, ③사일리지의 3가지 형태가 가능하다.

원래 재배한 사료작물은 적당한 시기에 베어서 청예 상태로 소에 급여하지만 장기간 보관하면서 년중 급여하기 위해서는 작물의 함수율이 약 15%(w.b)되도록 충분히 말려서 건초로 만들거나 함수율이 약 60~70%(w.b)로 예건 후 밀봉하여 사일리지로 제조하게 된다. 이 두 가지의 저장방법은 이미 오래 전부터 알려져 현재에도 널리 이용되고 있는데, 1980년대 이후로 사일리지의 이용율이 많아지고 있다(맹원재, 1998). 그것은 건초의 경우 조건이 나쁘면 40~50%의 영양소 손실을 초래하고 제조기간도 3~5일정도가 소요되지만 사일리지는 원래 영양소의 85% 이상을 보존할 수 있고 제조기간도 매우 짧다(맹원재, 1998 ; 서성, 1997). 그러나 건초의 경우는 소의 반추위 기능을 유지시키고 소화기의 적당한 기능을 유지시키는 데에 필수적이므로(맹원재, 1998) 축산 경영에 있어 일정량의 건초가 필요하게 된다.

우리나라에서의 조사료 제조 실태를 보면 표2-4 에서와 같이 벃짚을 제외하면 생초-사일리지(젖소)-건초의 순으로 급여되고 있다(축협중앙회, 1997).

따라서 우리나라에서의 조사료 가공도 사일리지 중심으로 이루어질 것으로 보인다.

표 2-4. 소의 두당 조사료 급여율

분류	육성우	유우
생초	24.7%	52.0%
사일리지	-	6.5%
건초	0.7%	2.8%
기타	0.05%	2.4%
벃짚	74.55%	36.3%
합계	100%	100%

자료 : 축산물 생산비 조사보고(농협, 1997)

그런데, 최근에 곤포 사일리지라는 새로운 사일리지의 제조방법이 소개되고 있는데, 기존의 사일리지는 다즙성으로 함수율 약 70%(w.b)에서 제조되는데 반하여 새로운 방법은 함수율이 약 40~60%(w.b)의 저수분 상태에서 대형의 베일로 곤포하고 비닐로 밀봉하여 사일리지로 제조하게 된다. 이 방법은 1970년 대에 유럽을 중심으로 시작되어 영국의 경우 목초

사일리지의 18~20%를 곤포 사일리지로 제조하고 있다(고영두, 1999).

이 방법은 수확과 동시에 사일리지 제조가 가능하므로 노동력 및 생산비를 크게 절감시킬 수 있으며(김정갑, 1995) 또한 건조 제조중 여러 가지 이유로 수분조절이 어려운 경우 저수분 사일리지로 제조할 수도 있다(Underwood, 2000). 이상에서와 같이 우리나라에서 답리작으로 논에서 재배된 맥류 조사료를 장기간 저장·급여하기 위해서는 ①곤포 사일리지, ②관행의 사일리지, ③건초 등의 방법으로 제조할 수 있다. 그런데 이와 같은 답리작 조사료는 봄철의 짧은 기간(4월 중순부터 5월 중순)에 수확을 해야 하므로 대규모의 기계를 동원하여 단기간 내에 작업을 완료해야 하므로 적절한 일관 기계화 생산 모델을 ①곤포-사일리지 생산 시스템, ②트렌치 또는 타워 사일로에 의한 관행의 사일리지 생산 시스템, ③건초 생산 시스템 등 3가지로 분류하였다.

#### 가. 랩-사일리지 생산 시스템 모델

답리작 재배가 사육농가와 거리가 멀어 또 다른 유통단계를 거쳐야만 하는 유형으로 맥류 조사료의 수확 적기에 모아로 예취 → 포장에서 40~60%(w.b) 사이의 함수율로 예건 → 레이크로 집초 및 반전 작업 → 원형 베일러로 결속작업 → 베일 래퍼로 랩핑 작업 → 저장 시설로 운반 → 필요에 따라 소비지로 유통되는 시스템이다.

특징으로는 ①원형 베일러, 베일 래퍼, 핸들러 등과 같은 고가의 농기계가 필요하고 ②기존의 수도작용 트랙터 이외에 큰 동력의 트랙터가 필요하며 ③대규모 영농단지 즉 미곡종합처리장, 기계화 영농단, 위탁 영농단 등과 같은 단체에서 작업이 가능하다. ④ 일반적으로 재배 규모가 클수록 수익성이 높아진다.

#### 나. 관행 사일리지(트렌치 또는 타워 사일로)에 의한 생산시스템 모델

사육농가의 자가생산 또는 사육농가와 인접한 위치에서 답리작을 재배하는 유형으로 맥류 조사료의 수확 적기에 모아로 예취 → 포장에서 1-2일 정도 예건 → 집초기로 집초작업 → 목초 수확기로 세절 후 트레일러에 적재하여 축산농가로 운반 → 사일리지 가공을 하는 모델이다.

특징으로는 ①목초 수확기가 필요하지만, ②원형 베일러, 베일 래퍼, 핸들러 등과 같은 고가의 농기계가 필요없어 매우 경제적이고 또한 ③큰 동력의 트랙터가 필요가 없으며 기존의 수도작용 트랙터로도 충분하다. ④축산 농가와 사료작물 재배농가와 사전에 계약 재배와 같은 작업이 필요로 하고 아울러 수확시기도 같이 협의 하에 이루어져야한다.

#### 다. 건초 생산 시스템 모델

모델 III은 맥류 건초 제조생산 시스템으로 수확적기에 모아-컨디셔너로 예취와 동시에 압착을 하여 포장에서 함수율이 약 15% (w.b)가 될 정도로 건조를 한 후에 사각 또는 원형 베일러로 베일 작업을 하여 운송 및 저장을 하는 방법이다. 이 모델은 모아-컨디셔너를 제외하고는 기존의 수도작 재배용 기계와 벗짚 수거용 베일러를 이용할 수 있는 비교적 간편한 시스템으로 수도작 재배농가에서는 추가적인 농기계 구입 부담이 크지 않다고 할 수가 있겠다. 따라서 기존의 수도작 재배농가에서도 이용이 가능한 모델이다.

문제점으로는 ①수확기간 중에 강우로 인한 손실의 발생이 예측이 된다. 4월 하순에서 5월 상순 사이에 작업 가능 일수율은 85%로 크게 우려할 바는 아니지만 건초의 제조는 적어도 3일 정도의 일기가 양호해야 하므로 실제의 작업가능한 일수는 훨씬 적으며 일본에서의 조사된 바로는 작업가능 일수율이 40%정도 되는 것으로 보고되고 있다. ②다른 사일리지나 수입 건초에 비해 호맥 건초의 기호성이 떨어지는 것으로 보고된 바가 있는데 사료 급여시에 TMR 배합방식으로 급여를 하여 기호성에 대한 문제를 해결할 수가 있겠다. ③작업기 중에 가장 중심이 되는 모아-컨디셔너의 국산화가 급선무라고 할 수가 있겠다. 특히 호맥이나 대맥은 수확시기에 이삭부분이 타 줄기나 잎에 비해 건조가 늦어지기 때문에 컨디셔너에 의한 압착공정이 필수적이라 하겠다. 이상에서의 답리작 조사료 파종 및 수확 시스템 모델에 대한 작업 공정도를 그림 2-1에 나타내었다.



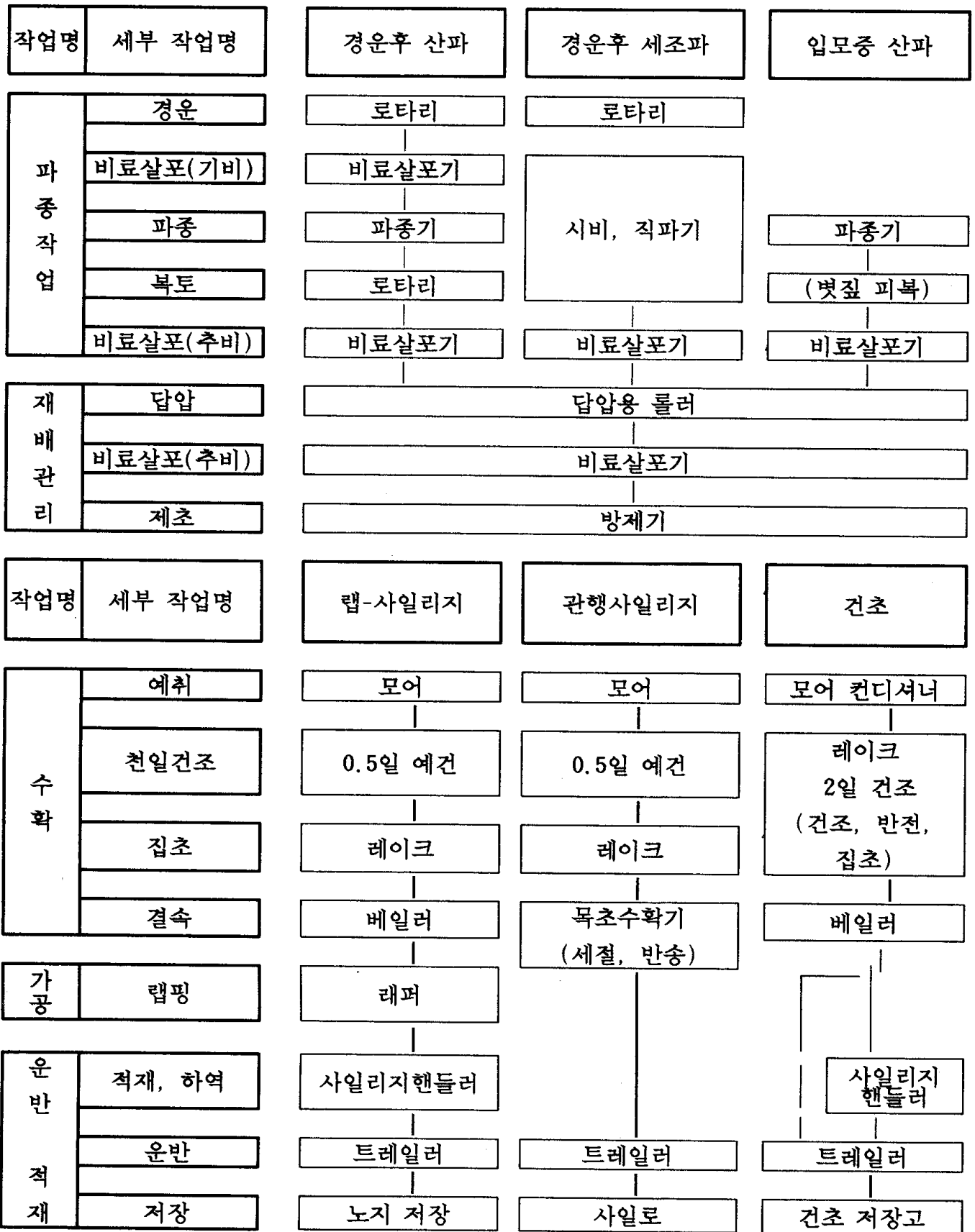


그림 2-1 답리작 맥류 조사료 생산시스템 모델

### 3. 모델별 소요기계의 선정과 기계화 모델 설정

답리작 맥류 조사료의 생산을 위한 일관 기계화 모델을 위한 소요 기계는 여러 가지의 작업기가 투입되게 된다.

그런데, 이러한 작업기의 선정은 세부적으로는 경작자의 작업규모에 맞게 선택이 되어지지만 전체적으로 보아 소요 동력원의 선정에 따라 이루어진다고 할 수 있다. 일관 기계화 작업의 소요동력원은 트랙터가 이용되어지며, 현재 수도작에서의 대규모 경작은 주로 50~60ps의 트랙터가 많이 이용되어지고 있고 현실적으로 우리나라 포장에 적합한 베일러 및 베일 랩퍼의 소요동력원도 60ps 이상이 되어야 할 것으로 판단되었다. 그런데 최근의 조사에 (신승열, 2001) 의하면 조사료 일관 재배를 원하는 목축농가에서는 60마력급보다도 수준이 높은 85~110마력급의 대형의 트랙터를 선호하는 것으로 조사되었다. 이는 대규모의 작업량을 단기간 내에 처리하는 데에 따른 수요자의 요구인 것으로 판단된다. 그러나 현재 우리나라에서는 100마력 급의 트랙터는 실제로 국산화가 되어 있지 않고, 포장규모 등을 고려한다면 향후에도 100급 트랙터가 주동력원이 되기에는 많은 시간이 걸릴 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서의 생산 시스템 모델별 소요 기계의 선정은 60마력급의 트랙터를 기준으로 선정하였다.

#### 가. 답리작 맥류의 조사료 생산 시스템 모델과 소요기계의 선정

앞서 언급한 바와 같이 답리작 맥류의 파종 시스템은 크게 경운방식과 무경운 방식의 2가지로 분류될 수 있으며 각 방식에서도 세부적으로 여러 가지의 파종 방식이 있는데, 각각의 파종방법에 따라 소요기계가 상이하다. 위에서와 같이 기종의 규격은 60마력 트랙터를 기준으로 하여 그에 적합한 작업기를 선택하였고, 아래의 표2-5에 파종 방법별 공정과 함께 소요기계의 사양 및 2001년도 기준 대농민 공급가격을 나타내었다.

또한 답리작 맥류의 수확 시스템 모델도 랩-사일리지 생산 시스템, 관행의 사일리지 생산 시스템, 건초 생산 시스템으로 분류하여 파종 시스템과 동일한 방법으로 작업기종을 선정하여 표2-6에 나타내었다.

표 2-5 파종 작업별 공정의 요약 및 소요 기계 가격

파종구분	파종방법	트랙터		비고		
		작업기	60마력			
경운	광산파 ①파종전 경운(로타리) → ②산파 파종(산파기 또는 비료살포기) → ③얕은 갈이(로타리) → ④비료살포(기비+추비; 비료 살포기)	로타리	규격	2.0m	*60마력급 트랙터 가격 : 25,000,000원	
			구입가(원)	2,400,000		
		비료살포기	규격	500 kg		
			구입가(원)	750,000		
	구입가 합계(원)		3,150,000			
	휴립광산파	①파종전 경운(로타리) → ②산파파종(산파기 또는 비료살포기) → ③골파기 및 복토(구굴 복토기) → ④비료 살포(기비+추비; 비료살포기)	로타리	규격		2.0m
				구입가(원)		2,400,000
			구굴복토기	규격		4m(2 두둑)
				구입가(원)		2,100,000
			비료살포기	규격		500kg
	구입가(원)	750,000				
	구입가 합계(원)		5,250,000			
평면세조파	①파종전 경운(로타리) → ②얕은 갈이, 조파 파종, 비료 살포, 복토(일체형 직파기) → ③추비(비료살포기)	로타리	규격	2.0m		
			구입가(원)	2,400,000		
		직파기	규격	조파8조		
			구입가(원)	3,310,000		
		비료살포기	규격	500kg		
구입가(원)	750,000					
구입가 합계(원)		6,460,000				
휴립세조파	①파종전 경운(로타리) → ②골파기(구굴기) → ③얕은 갈이, 조파 파종, 비료 살포, 복토(일체형 직파기) → ④추비(비료살포기)	로타리	규격	2.0m		
			구입가(원)	2,400,000		
		구굴복토기	규격	4m(2 두둑)		
			구입가(원)	2,100,000		
		직파기	규격	조파8조		
			구입가(원)	3,310,000		
		비료살포기	규격	500kg		
구입가(원)	750,000					
구입가 합계(원)		8,560,000				
무경운	①입모중 산파(동력 살분기 또는 입모중 산파기(미개발) → ②세질 벧짚 피복(콤바인) → ③비료 살포(비료 살포기; 기비+추비)	입모중 산파기	규격	500kg		
			구입가(원)	1,000,000		
		비료살포기	규격	500kg		
			구입가(원)	750,000		
구입가 합계(원)		1,750,000				
파종	①벼수확 동시 맥류 파종(콤바인+파종기; 콘트롤러 부착) → ②세질 벧짚 피복(콤바인) → ③비료 살포(비료 살포기; 기비+추비)	입모중 산파기	규격	500kg		
			구입가(원)	1,000,000		
		비료살포기	규격	500kg		
			구입가(원)	750,000		
구입가 합계(원)		1,750,000				

\* 자료 : 2001년도 7월 농업기계 가격집(한국 농기계 협동조합)

표 2-6 수확 작업별 공정의 요약 및 소요 작업기 가격

구분	수확 방법	트랙터		60마력	비고
		작업기	규격		
랩-사일리지 생산 모델	①수확 적기에 모아로 예취 작업 → ②포장 예건 → ③레이크로 집초 및 반전작업 → ④원형 베일러로 결속작업 → ⑤베일 래퍼로 랩핑 작업 → ⑥저장 시설로 운반 및 저장	모어	규격	2.4m	*60마력급 트랙터 가격 : 25,000,000원
			구입가(원)	7,900,000	
		레이크	규격	4.0m	
			구입가(원)	4,650,000	
		베일러	규격	Ø1.2×1.2m	
			구입가(원)	22,500,000	
		베일 래퍼	규격	Ø1.2×1.2m	
			구입가(원)	14,200,000	
랩-사일리지 핸들러	규격	1 ton			
	구입가(원)	1,600,000			
트레일러	규격	4.3 ton			
	구입가(원)	2,470,000			
구입가 합계(원)				53,320,000	
관행 사일리지 생산 모델	①수확 적기에 모아로 예취 작업 → ②포장 예건 → ③레이크로 집초 및 반전작업 → ④목초 수확기 및 트레일러를 이용한 수확작업 → ⑤저장 시설로 운반작업 → ⑥사일토에 채우기 작업 → ⑦재료 다지기 및 밀봉 작업	모어	규격	2.4m	
			구입가(원)	7,900,000	
		레이크	규격	4.0m	
			구입가(원)	4,650,000	
		목초 수확기	규격	1.3m	
			구입가(원)	5,400,000	
		트레일러	규격	4.3 ton	
구입가(원)	2,470,000				
구입가 합계(원)				20,420,000	
건초 생산 모델	①수확적기에 모아-컨디셔너로 예취와 동시에 압착 → ②포장에서 함수율이 약 15% (w.b)가 될 정도로 건조 → ③레이크로 집초 및 반전작업 → ④사각 또는 원형 베일러로 베일링 작업 → ⑤저장고에 운송 및 저장	모어-컨디셔너	규격	2.4m	
			구입가(원)	15,000,000	
		레이크	규격	4.0m	
			구입가(원)	4,650,000	
		베일러	규격	Ø1.2×1.2m	
			구입가(원)	22,500,000	
		베일 핸들러	규격	1.0 ton	
구입가(원)	1,600,000				
트레일러	규격	4.3 ton			
	구입가(원)	2,470,000			
구입가 합계(원)				46,220,000	

\* 자료 : 2001년도 7월 농업기계 가격집(한국 농기계 협동조합)

## 나. 답리작 맥류의 생산 모델별 소요기계 구입비용

위에서 조사된 내용을 분석하여 보면 기계구입비용은 랩-사일리지 생산 모델이 60마력급 트랙터를 사용할 경우에 파종기계 구입비용에 따라 최고 약 8,688 만원 ~ 8,007 만원으로 비용이 가장 높게 나타났다. 관행의 사일리지 생산 모델은 5,398 만원 ~ 4,717 만원으로 가장 낮게 나타났고 건조 생산 모델은 7,978 만원 ~ 7,297 만원으로 나타났다. 그러나 현재 조사료 생산을 위한 개별 농가 및 생산 단체에는 각각 60마력급 트랙터 및 로타리, 비료 살포기, 트레일러 등은 기본적으로 보유하고 있는 것으로 보는 것이 타당하다고 판단된다.

따라서 실제로 답리작 조사료 생산시 필요한 기계의 구입비용은 직파기, 구굴복토기, 입모중 산파기 등의 파종기계와 조사료 수확 전용 기계의 구입비용을 기준으로 하였다. 이에 따라 실제의 기계구입비용은 랩-사일리지 생산 모델이 60마력급 트랙터를 사용할 경우에 약 5,626 만원 ~ 5,185 만원으로 비용이 가장 높게 나타났다. 관행의 사일리지 생산 모델은 60마력급이 2,336 만원 ~ 1,895 만원으로 가장 낮게 나타났고 건조 생산 모델은 4,916 만원 ~ 4,475 만원으로 나타났다. 이상에서의 각각의 모델별 소요기계의 총구입 가격 및 비교를 표 2-7에 나타내었다. 표에서는 또한 벧짚 수확시에도 활용할 수 있는 기계의 가격도 조사하였는데, 현재 벧짚의 수확은 벧 수확후의 벧짚을 건조로 이용하거나 벧 수확 직후의 생벧짚을 압축 밀봉하여 랩-사일리지로 제조하고 있다. 따라서 조사료 수확용 기계는 벧짚 수확에도 이용이 가능한 것으로 조사되었으며 벧짚 겸용 기계의 경우 고정비의 부담이 가능한 것으로 평가하였다. 또한 맥류 파종을 위한 기계는 벧의 건담직파에도 사용이 가능하므로 역시 고정비를 수도작과 부담하도록 하였다.

표 2-7 조사료 생산 모델별 소요 기계 구입비용

		랩-사일리지 생산 모델		관행 사일리지 생산 모델		건초 생산 모델		
적용 트랙터: 60ps		휴립 세조파	입모중 산파	휴립 세조파	입모중 산파	휴립 세조파	입모중 산파	
소요 기계 총가격 (천원)	(C) 조사료 전용 기계	맥류파종 전용	-	1,000	-	1,000	-	1,000
		맥류수확 전용	7,900	7,900	13,300	13,300	15,000	15,000
		벧짚수확 겸용	42,950	42,950	4,650	4,650	28,750	28,750
		합계	50,850	51,850	17,950	18,950	43,750	44,750
		%(C/A)	58.5	64.8	33.3	40.2	54.8	61.3
	(B) 미작 겸용 기계		36,030	28,220	36,030	28,220	36,030	28,220
		%(B/A)	41.5	35.2	66.7	59.8	45.2	39.7
	(A)합계(천원)		86,880	80,070	53,980	47,170	79,780	72,970
기계 신규 구입가격(천원) (= 총가격 - 트랙터, 로타리, 비료살포기, 트레일러 가격)			56,260	51,850	23,360	18,950	49,160	44,750

다. 답리작 랩-사일리지 기계화 모델의 설정

답리작 조사료의 생산 모델은 위와 같은 랩-사일리지, 관행 사일리지, 건초 생산모델로 나눌 수 있다. 그런데 이러한 기계화 모델은 생산 운영의 주체에 따라 규모가 다르고 따라서 기계화 모델도 달라지게 된다. 아래의 표 2-8에 나타난 바와 같이, 조사결과에(신승열, 2001) 의하면 답리작 조사료 생산자 유형이 5가지 정도 되는 것으로 파악되었다.

표 2-8 답리작 조사료 생산 운영의 유형 분류

구분		운영 주체	운영 목적	작업 주체
중, 소규모	유형 I	개별 축산농가	자가 소비	개별 축산농가
	유형 II	개별 농가	판매	개별 농가
대규모	유형 III	단지, 법인	자가 소비	조합원
	유형 IV	농협, 축협	조합원 장비 대여, 자가 소비	직원, 조합원
	유형 V	농업기술센터	교육 및, 조합원 대여	대여 농가

위의 조사결과로 보아 조사료 생산은 중, 소규모 또는 대규모로 이루어질 것으로 판단되며, 위의 트랙터를 각 1대씩 이용하는 생산 체계는 소규모 생산 모델에 적합한 것으로 보인다. 또한 대규모의 생산 모델인 경우 대체로 트랙터는 2대 이상을 보유하고 있다고 보아도 무방하며 부담면적과 작업체계를 고려한다면 적합한 기계화 모델은 트랙터를 2대와 3대 이용하는 형태가 되어야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 랩-사일리지 생산모델에 대해서는 분류의 복잡함을 피하면서도 우리나라에서 시행되어질 수 있을 것으로 판단되는 다음의 3가지 모델로 분류하였다.

①60마력급의 트랙터 1대를 이용하는 체계(소규모 자가 소비) : 대형 트랙터를 소유한 목축업자 1인이 트랙터 1대 및 1 set의 작업기를 이용하여 자가로 소비할 정도의 랩-사일리지를 생산하고 이를 급여한다.

②60마력급의 트랙터 2대를 이용하는 체계(중, 소규모 협업 및 판매) : 굳이 목축업자가 아니라도 수도작 또는 목축업에 종사하는 농가 2인 이상이 트랙터 2대, 작업기 1set를 구비하여 랩-사일리지를 생산한다. 생산된 물량은 자가 소비되거나 판매도 가능하다.

③60마력급의 트랙터 3대를 이용하는 체계(대규모 협업 및 판매) : 작목반원 또는 조합원 등에 속한 여러 인원이 3대 이상의 트랙터와 1set 이상의 작업기를 구비하여 단기간에 대규모 면적을 작업하며 생산물은 주로 계약 재배 등과 같이 판매용으로 생산될 수 있다.

#### 4. 모델별 부담면적과 랩-사일리지 생산 시스템 모델의 구성

##### 가. 부담 면적의 산출 방법

답리작 맥류 조사료의 건조 또는 사일리지 가공은 단일 작업공정이 아닌 여러 작업의 복합공정으로 연속적으로 진행이 되어진다. 따라서 기존의 수도작이나 전작에 비해 그 작업공정이 복잡하며 부담면적의 확대에도 많은 제약이 따르게 된다. 특히 일기가 불순한 경우에는 작업이 대단히 어렵게 되는데, 본 연구의 실험결과 답리작 맥류 건조의 경우 모어 컨디셔너를 이용하여도 3일 정도는 일기가 양호해야 함수율 15%(w.b)의 건조를 얻을 수 있었으며 사일리지의 경우 예건에 소요되는 기간이 일기가 양호한 경우 약 4~5시간 되는 것으로

로 조사되었다. 따라서 맥류 조사료 생산의 부담면적의 계산은 이러한 건조 기간과 작물의 예취, 건조, 수집, 가공의 작업이 일정기간 내에 연속적으로 수행되어야 한다는 것을 전제로 하여 계산되었다.

본 연구에서는 앞서 설정된 랩-사일리지, 관행의 사일리지, 건조 등 3가지의 생산 시스템에 대한 부담면적과 생산비용을 조사하였다. 본 연구의 주과제인 랩-사일리지 생산 시스템에 대해서는 작업공정을 분석한 결과에 따라 트랙터를 각각 1대, 2대, 3대 이용하는 경우에 대해 조사하였고 관행의 사일리지 생산모델에 대해서는 트랙터 2대, 건조 생산과 파종작업 모델에 대해서는 1대의 트랙터를 이용하는 것으로 하여 부담면적과 생산비용을 조사하였다. 본 절에서는 부담면적의 계산 방법과 그 결과를 제시하였다.

#### 1) 파종 작업 모델의 부담면적

일반적으로 농작업에 있어 작업공정에 대한 부담면적의 계산식은 식(2-1)과 같이 주어진다. (정창주, 1997)

$$A = \varepsilon_f \varepsilon_u \varepsilon_d S W U D / 10 \quad \text{-----} \quad (2-1)$$

, A : 부담면적(ha)

$\varepsilon_f$  : 포장 효율

$\varepsilon_u$  : 실작업 시간율

$\varepsilon_d$  : 작업가능 일수율

S : 작업속도(km/h)

W : 작업 폭(m)

U : 1일 작업시간(h)

D : 연간 작업기간(일)

그런데 위의 식의 부담면적은 연간 작업가능일수 내에서의 공정별 작업가능면적을 의미하는 것으로 달리 표현하면 아래의 식(2-2)로 나타낼 수 있다.



$$A = \varepsilon_d D / C_x \text{ ----- (2-2)}$$

, A : 부담면적(ha)  $\varepsilon_f \varepsilon_u$

$\varepsilon_f$  : 포장 효율

D : 연간 작업기간(일)

$C_x$  : ha당 작업소요일수(일/ha)

이 때의 ha당 작업소요일수는 다시 다음의 식(2-3)과 같이 정의된다.

$$C_x = 1 / (\varepsilon_f \varepsilon_u S W U / 10) \text{ ----- (2-3)}$$

$C_x$  : ha당 작업소요일수(일/ha)

$\varepsilon_u$  : 실작업 시간을

$\varepsilon_d$  : 작업가능 일수를

S : 작업속도(km/h)

W : 작업 폭(m)

U : 1일 작업시간(h)

그러나 위의 식은 농작업에 있어 단일작업 공정에 대한 부담면적을 계산하는 식이다. 그러므로 파종작업과 같이 연속적인 여러 공정을 일정기간 내에 완료해야 할 때는 전 공정의 작업시간의 총계를 고려한 복합 부담면적으로 부담면적을 계산하여야 한다. 다음의 식(2-4)에 복합 부담면적의 계산식(청창주, 1997)을 나타내었다.

$$A_c = S/P_c = \varepsilon_u \varepsilon_d U D / (t_1 + t_2 + \dots + t_i) \text{ ----- (2-4)}$$

,  $A_c$  : 복합 부담면적(ha)

S : 작업 가능기간(일)

$P_c$  : 개별 작업의 ha당 소요시간의 합계(일/ha)

$t_1, t_2, t_3, \dots, t_i$  : 개별 작업 공정의 소요시간(일/ha)

위에서 살펴본 부담면적의 계산 방식은 트랙터를 1대를 이용하면서 각 공정은 연속적으로 이루어져야 하는 경우이다. 또한 트랙터를 2대 이상을 이용하면서 공정별 작업기 또한 트랙터 댓수에 맞게 준비하여 작업한다면 부담면적은 다음의 식(2-5)와 같다.

$$A_N = N \times A_c \text{ ----- (2-5)}$$

,  $A_N$  : 트랙터+작업기 2세트 이상일 경우의 부담면적 (ha)

$N$  : 트랙터+작업기의 세트 수

$A_c$  : 트랙터+작업기 1세트일 경우의 복합 부담면적 (ha)

이상에서 살펴본 부담면적의 계산은 파종 작업과 같이 기본적으로 트랙터 1대에 로타리 등이 1대씩 구비되어 있고 경우, 파종 공정 등과 같이 작업 능률에서 공정간에 큰 차이를 보일 경우에 적용이 가능하다. 따라서 맥류 조사료 파종작업시 트랙터 1대를 이용할 경우에는 식(2-4)와 같은 복합부담면적을, 그리고 트랙터를 2대 이상 적용해야하는 경우에는 식(2-5)와 같이 복합부담면적의 배수로서 전체 부담면적을 결정하였다.

## 2) 수확작업 모델의 부담면적

그러나 답리작 맥류 조사료의 수확은 작업이 연속적인 공정으로 이루어져 있기도 하지만 연속작업이 나름대로의 특성을 가지고 있어 이를 고려하지 않고 부담면적을 결정하는 경우에는 현실과 맞지 않는 오류를 범할 수 있다.

특히, 랩-사일리지의 수확작업과 같이 작업기는 1 세트이면서 트랙터는 2대 또는 3대가 준비되는 경우는 부담면적의 계산 방식이 보다 복잡하게 된다. 즉, 트랙터 1대를 이용하여 작업을 진행시킬 동안 나머지 트랙터를 이용하지 못하도록 작업공정을 구성한다면 큰 낭비가 아닐 수 없다. 또한 관행의 사일리지 생산 작업의 경우는 예견 기간이 짧고 작업 공정도 가장 간단하지만 목초 수확시 기본적으로 수확된 목초를 그 즉시 운반해야 하는 특성을 가지고 있으며 이를 고려하여 부담면적을 계산해야 한다. 그리고 건조 작업의 경우는 건조를 생산하기 위한 건조 기간이 전체 작업 기간에서 상당한 비중을 차지하므로 이를 고려한

작업공정을 구성해야만 적절한 부담면적을 예측할 수 있다. 따라서 조사료 수확작업의 각 모델별로 특성을 충분히 고려하여 보유한 트랙터를 충분히 이용하면서 작업되도록 공정을 구성하고 부담면적을 계산하여야 하는데, 그 방법은 문헌에 제시된 바와 같고(剛村俊民, 1994) 절차를 요약하면 다음과 같다.

①작업가능 일수의 조사 → ②트랙터 댓수에 따른 작업 공정의 분석 → ③1회 작업시의 전체 작업일수의 결정 → ④1회 작업일수 내의 공정별 1일당 작업가능 면적의 분석 → ⑤작업가능 일수 내의 공정별 부담면적의 산출 → ⑥각 공정중의 최소 부담면적을 전체 작업의 부담면적으로 결정한다.

이에 따른 각 공정별 부담면적의 계산식을 아래의 식(2-6)에 나타내었다.

$$A = \varepsilon_d D / W_d \text{ ----- (2-6)}$$

, A : 개별 공정의 부담면적(ha)

D : 연간 작업기간(일)

$\varepsilon_d$  : 생산 모델별 작업가능 일수율

$W_d$  : 공정별 1일당의 작업가능 면적(ha/일)

그런데 여기서, 공정별 1일당의 작업가능 면적은 다시 식(2-7)과 같이 정의한다.

$$W_d = D_x / C_x \text{ ----- (2-7)}$$

,  $W_d$  : 공정별 1일당의 작업가능 면적(ha/일)

$D_x$  : 1회 작업시의 작업일수(일)

$C_x$  : ha당 작업소요일수(일/ha)

#### 나. 파종 및 수확작업의 년중 작업가능 일수의 결정

답리작 맥류 조사료의 생산은 작업 시기의 특성상 작업가능 기간이 제한되어 있다. 즉, 생산 작업은 파종작업과 수확작업으로 나누어 볼 수 있는데, 답리작 맥류의 파종은 벼수확

직후에서 파종 한계기 사이에서 파종이 가능하다. 그러나 답리작 맥류 조사료의 가격유지를 위해서는 충분한 수량의 확보가 가능해야 하며 이를 위해서는 적기에 파종이 이루어져야 한다. 표2-9에 답리작 호맥과 보리의 지역별 파종 적기를 나타내었다.

표 2-9 답리작 맥류의 파종시기

작물	구분	경기북부, 강원	경기남부, 충북	충남, 전북, 경북	전남, 경남
호맥	파종적기	9월하순~10월상순	10월 상~중순	10월 중순	10월중~하순
	파종한계	10월 중순	10월 중순	10월하순~11월초	11월 상순
보리	파종적기	9월하순~10월 초	10월 상순	10월 상~중순	10월 중순
	파종한계	10월 중순	10월 중순	10월 하순	10월 하순

표에서 보듯이 대체로 맥류 파종적기는 10월 중~하순이며 9월 하순에서 시작되는 벼의 수확기를 고려한다면 파종 가능 기간은 약 20일 정도일 것으로 판단하였다. 또한 맥류 조사료 수확의 경우는 이앙기 이전의 수확적기에 작업을 완료해야 하므로 작업기간은 약 30일 정도가 될 것으로 판단된다. 그런데, 이러한 20일간의 작업가능기간 동안 모두 작업이 가능한 것은 아니며 지역별 기후 및 토질, 또는 기타 사정에 의해 작업가능일수는 제한받는다. 이를 작업가능 일수율이라 하는데, 우리나라에서는 맥류 조사료의 파종 및 수확 작업에 대한 작업가능일수율이 조사된 바 없다. 따라서 보고된(정창주, 농작업기계학원론) 자료 중에서 10-11월 중의 경우 작업 가능일수율의 평균치(80%)를 파종작업 가능 일수율로 대체하고 사일리지 수확작업은 일본에서 조사된 자료(강촌준민, 1994)와 우리나라 6월중의 맥류 알곡의 수확작업 가능일수율(60%)을 맥류 조사료 수확작업 가능 일수율로 대체하였다. 또한 건조작업의 경우는 일본에서 조사된 내용을 근거로하여 작업가능 일수율을 40%로 하였다.

#### 다. 1회 작업시의 작업일수의 결정

답리작 맥류 조사료의 수확작업의 특징 중의 하나는 작업의 전 공정이 연속적으로 이루

어지며 또한 전체 작업의 완료시점이 제약을 받는다는 점이다.

즉, 랩-사일리지의 경우 예취된 작물을 예건하고 이를 압축, 결속한 이후 최대한 24시간 이내에 랩핑 작업이 이루어져야 하며 양질의 사일리지 가공을 위해서는 당일 예취한 작물은 당일 랩핑 처리를 완료하는 것이 필수적이다. 따라서 랩-사일리지 생산의 1회 작업시의 작업일수는 1일로 하였다.

관행의 사일리지의 경우에는 통상 1일~3일 정도로 볼 수 있는데, 우리나라에서의 답리작 생산인 점을 감안하여 1회 작업일수를 1일로 하였다.

그러나 건조를 생산하는 경우에는 1일 이내에 작업을 완료할 수 있는 없다. 기본적으로 예취된 작물은 통상 3~5일 정도는 건조해야하고 예취 후 압쇄하는 경우에도 최소 2일 정도는 건조를 실시해야 한다. 따라서 본 연구에서는 작물의 예취시에 모어-컨디셔너를 이용하여 작업하여 1회에 3일간 모든 작업을 완료하는 것으로 하였다.

#### 라. 작업 공정별 ha당 작업 소요일수의 산출

농작업에서의 포장 작업 성능은 대체로 기계적인 요인, 포장의 구조적 요인, 그리고 기타 요인에 영향 받는 것으로 분류할 수 있다(김학규, 1996). 기계적 요인으로는 동력원과 작업 특성에 따른 기계의 작업폭, 작업 속도, 기계의 고장율을 들 수 있고, 포장의 구조적 요인으로는 포장의 크기, 형상, 주행성 등을 들 수 있다. 또한 그 외의 기타 요인으로는 운전자의 기술, 기상조건 등을 들 수 있고 포장의 분산정도는 전체 작업 가능 일수에 매우 중요한 영향을 미친다. 본 연구에서는 이 들에 대한 기존의 데이터와 본 연구의 파일롯트 농장에서 실제 작업을 수행한 결과를 비교 분석하여 최종적으로 작업 공정별 ha당 작업소요일수를 계산하였다. 이 때, 포장 작업성능에 영향을 미치는 요인 중에서 기계의 작업폭, 속도, 포장의 크기 등에 대해서는 어느 정도 그 영향을 반영할 수 있었지만 기계의 개별 고장율, 포장의 형상과 주행성, 운전자의 기술 및 포장의 분산정도 등은 고려 대상에서 제외하였다. 그 것은 현재 우리나라에서의 조사료 기계 작업부문의 데이터가 없고 실제로 작업되어질 포장의 분산정도는 현재로서는 예측하기 어렵기 때문이다. 또한 조사료 생산작업의 중

요 요인은 저렴한 생산비용이며 따라서 본 연구에서는 생산 작업이 대구획의 필지가 집중되어 있는 것으로 가정하였다.

앞의 절에서 식(2-8)~식(2-11)에 나타낸 각 공정별 ha당 소요작업일수의 계산 방식을 상세하게 나타내면 다음과 같다.

$$\text{ha당 소요작업일수(일/ha)} = 1/\text{1일 실포장작업량(ha/일)} \text{-----}(2-8)$$

$$\text{1일 실포장작업량(ha/일)} = \text{시간당포장작업량(ha/hr)} \times \text{실작업시간(hr/일)} \text{--}(2-9)$$

$$\text{시간당 포장작업량(ha/hr)} = \text{이론작업량(ha/hr)} \times \text{포장작업효율(\%)} \text{-----}(2-10)$$

$$\text{실작업시간(hr/일)} = \text{1일 작업가능시간(hr/일)} \times \text{실작업률(\%)} \text{-----}(2-11)$$

이상과 같이 주어지는 식을 계산하기 위해서는 각각의 식에 필요한 ①이론 작업량, ②포장작업효율, ③실작업률 등이 파악되어야 한다. 이와 같은 수치들은 여러 상황에 따라 차이를 나타낼 수 있으며 알려진 계수들도 일치하지 않고 있다. 특히 포장의 규모와 형태를 반영하는 포장작업효율은 작업의 특성상 상황에 따라 많은 편차를 가질 수 밖에 없으며, 실제로 대규모의 초지작업을 고려한 기존의 계수들과 본 연구에서 조사한 우리나라의 소규모 논을 이용한 작업에서의 계수들은 큰 차이가 있었다. 따라서 본 절에서 인용한 계수들은 본 연구의 파일럿트 농장에서 실시된 실작업을 통하여 조사된 계수와 기존의 문헌을 통하여 조사된 내용을 비교분석하여 우리나라의 답리작에서의 작업에 맞도록 합리적인 수준에서 결정하였다.

상세한 내용은 제3절의 기계화 생산기술 편에서 언급하며 본 절에서는 그 결과만을 기술하여 이를 이용하여 부담면적을 계산하였다. 표2-10에서는 파종과 수확작업의 1일 작업량과 ha당 소요작업일수를 계산한 결과를 나타내었다.

표 2-10 파종과 수확작업의 1일 작업량과 ha당 소요작업일수

공정	항목	포장 작업량(ha/hr)					1일 작업량(ha/일)				ha당소 요작업 일수 (일/ha)
		이른 작업량			포장 작업 효율 (%)	포장작 업량 (ha/hr)	실작업시간			1일 작업량 (ha/일)	
		작업 폭 (m)	속도 (km/ hr)	작업량 (ha/hr)			작업 시간 (hr)	실작 업률 (%)	실작업 시간 (hr/일)		
휴립 세조 파	로타리	2.0	2.2	0.44	78	0.34	12	76	9.12	3.1	0.32
	구굴	4	3.5	1.4	85	1.19	12	76	9.12	10.85	0.092
	직파	1.8	4.0	0.72	55	0.4	12	80	9.6	3.84	0.26
경운 광산 파	시비	5	5.5	2.75	55	1.5	12	80	9.6	14.4	0.07
	로타리	2.0	2.2	0.44	78	0.34	12	76	9.12	3.1	0.32
	산파	5	5.5	2.75	55	1.5	12	80	9.6	14.4	0.07
	로타리	2.0	5.0	1.0	78	0.78	12	76	9.12	7.1	0.14
입모 산파	산파	5	5.5	2.75	55	1.5	12	80	9.6	14.4	0.07
	시비	5	5.5	2.75	55	1.5	12	80	9.6	14.4	0.07
랩- 사일 리지 수확	예취	2	7.5	1.5	70	1.05	12	85	10.2	10.7	0.093
	예건										0.4
	반전	3	7.0	2.1	80	1.7	12	85	10.2	17.3	0.06
	집초	3	7.0	2.1	80	1.7	12	85	10.2	17.3	0.06
	베일링	4.2	6.0	2.52	45	1.13	12	80	9.6	10.9	0.092
	랩핑	-	-	1.2	85	1.02	12	85	10.2	10.4	0.096
	핸들링	-	-	-	-	1.0	12	80	10.2	10.2	0.098
	운반	-	-	0.54	90	0.49	12	90	10.8	5.29	0.189
관행 사일 리지 수확	예취	2	7.5	1.5	70	1.05	12	85	10.2	10.7	0.093
	예건	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
	반전	3	7.0	2.1	80	1.7	12	85	10.2	17.3	0.06
	집초	3	7.0	2.1	80	1.7	12	85	10.2	17.3	0.06
	수확	4.2	2.0	0.84	60	0.5	12	85	10.2	5.1	0.196
	운반	-	-	-	-	0.4	12	85	10.2	4.08	0.25
건초 수확	예취- 압쇄	1.6	6.0	0.91	80	0.73	12	85	10.2	7.4	0.135
	예건	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3
	반전	3	7.0	2.1	80	1.7	12	85	10.2	17.3	0.06
	집초	3	7.0	2.1	80	1.7	12	85	10.2	17.3	0.06
	베일링	5.2	6.0	3.12	45	1.4	12	80	9.6	13.4	0.075
	핸들링	-	-	-	-	1.3	12	85	10.2	13.3	0.075
	운반	-	-	0.7	90	0.63	12	85	10.2	6.43	0.156

마. 파종 작업의 부담면적의 산출

트랙터 1대를 이용하여 파종 작업시의 부담면적을 계산하는 방식은 식(4)~(5)에 나타난 바와 같다. 또한 부담면적을 초과하여 작업할 경우는 트랙터와 작업기의 댓수를 동시에 늘려 작업하는 것으로 하였다. 부담면적의 계산결과를 표 2-11에 나타내었다

표 2-11 파종작업별 부담면적

항목		ha당소요작업일수 (일/ha)	작업일수 (일)	작업가능 일수율(%)	부담면적( ha)
공정 휴립 세조파	로타리	0.32	20	0.8	23.8
	구굴	0.092			
	시비, 직파	0.26			
	합계	0.672			
경운 광산파	시비	0.07	20	0.8	26.7
	로타리	0.32			
	산파	0.07			
	로타리	0.14			
합계	0.6				
입모중 산파	산파	0.07	20	0.8	114.3
	시비	0.07			
	합계	0.14			

바. 수확 작업의 부담면적의 산출

1) 작업 공정의 구성과 공정별 1일당 작업가능시간의 결정

가) 랩-사일리지 생산 모델

랩-사일리지 수확 작업공정의 특징은 작물의 수확전에 약 4~5시간 정도의 예건(일광건조)이 필요하다는 점과 재료를 예취한 당일 밀봉 작업을 완료해야 한다는 점이다. 따라서 1일 동안 작업을 완료하기 위해서는 예취할 재료를 당일 모두 밀봉할 수 있도록 공정별 작업 시간을 배정하여야 한다. 밀봉 작업이 완료되면 완성된 랩-베일을 저장소로 운반해야 한다. 그런데 랩-베일의 경우는 통상 노지에 저장할 수 있으므로 본 연구의 분석에서는 연속 작업 기간 내에는 랩-베일의 운반을 앓고 포장에 방치하는 것으로 가정하였다. 또한 랩-베일의



운반은 랩-사일리지 수확작업이 불가능한 기간(전체 작업기간의 20%,  $30 \times 0.4 = 12$ )을 이용하고 또한 전체 작업가능 기간의 10%는 운반작업에 소요하여 작업을 완료하는 것으로 가정하였다.

(1) 트랙터 1대 이용시의 부담면적

트랙터 1대를 이용하여 전 작업을 1일 동안 완료할 경우의 작업공정을 표2-12와 같이 구성할 수 있다.

표 2-12 트랙터 1대(T1)를 이용한 랩-사일리지 수확작업 공정

작업공정	예취	반전	집초	베일링	랩핑
		(예건)			
소요일수(일)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

즉, 예취작업은 나머지 작업들의 작업 능률을 고려하여 0.2일간 예취작업을 수행하고 예건 기간은 0.4일로 책정하였는데, 이 기간 내에 건조 촉진을 위한 반전작업과 베일링 위한 집초 작업을 완료하도록 하였다. 이후 공정에서는 작업 능률을 고려하여 베일링 0.2일, 랩핑 0.2일로 작업 시간을 책정하였다.

계산된 공정별 부담면적을 표2-13에 나타내었다. 계산 방법은 식(6)~(11)과 같고 공정 중에서 면적이 가장 적은 랩퍼 공정의 부담면적 33.7 ha를 전체 부담면적으로 하였다.

표 2-13 트랙터 1대 이용시의 ha당 공정별 소요 작업일수와 부담면적

항목	예취	반전	집초	베일링	랩핑
ha당 소요작업일수(일/ha)	0.093	0.06	0.06	0.092	0.096
1일당의 작업 가능일수(일)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
1일당 작업가능 면적(ha/일)	2.15	3.33	3.33	2.17	2.08
작업기간(일)	27	27	27	27	27
작업가능일수	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
공정별 부담면적(ha)	34.8	53.9	53.9	35.2	33.7
전체 부담면적(ha)	-	-	-	-	33.7

(2) 트랙터 2대 이용시의 부담면적

랩-사일리지 수확작업은 모두 6공정으로 이루어져 있는데, 이를 전반부 작업과 후반부 작업으로 나눌 수 있다. 즉, 예취-반전-예건의 작업을 전반부 작업으로, 집초-베일링-랩핑-운반의 작업을 후반부 작업으로 트랙터 2대의 이용은 모어-테더, 레이크-베일러, 랩퍼-핸들러 작업을 각각 동시에 수행할 수 있게 된다. 이를 아래의 표2-14에 나타내었다. 즉 0.4일의 예건을 고려하여 1일 내에 작업을 완료하기 위해서는 작업 시간이 가장 많이 소요되는 베일링과 랩핑에 1일당의 작업소요시간을 0.4일 배정하고 나머지 공정은 0.3일씩 배정하였다. 랩-베일의 운반 작업의 수행은 위에서 언급한 바와 같다.

표2-14 트랙터 2대를 이용한 랩-사일리지 수확작업 공정

	작업 공정/작업가능일수 (day)		
트랙터1	예취/0.4		랩핑/0.4
트랙터2	반전/0.3	집초/0.3	베일링/0.4
비고	예건		

예취작업은 나머지 작업들의 작업 능률을 고려하여 0.4일간 예취작업을 수행하고 예건 기간은 0.4일로서 예취-반전-집초의 공정 중에 예건이 완료되는 것으로 하였다. 이후 공정에서는 작업 능률을 고려하여 베일링 0.4일, 랩핑 0.4일로 작업 시간을 책정하였다. 계산된 공정별 부담면적을 표2-15에 나타내었다. 공정 중에서 면적이 가장 적은 랩퍼 공정의 부담면적 68.0 ha를 전체 부담면적으로 하였다.

표2-15 트랙터 2대 이용시의 ha당 공정별 소요 작업일수와 부담면적

항목	모어	테더	레이크	베일러	래퍼
ha당 소요작업일수(일/ha)	0.093	0.06	0.06	0.092	0.096
기본작업 가능일수(일)	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4
작업량(ha/일)	4.3	5.0	5.0	4.3	4.2
작업기간(일)	27	27	27	27	27
작업가능일수율	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
공정별 부담면적(ha)	69.7	81.0	81.0	69.7	68.0
전체 부담면적(ha)	-	-	-	-	68.0

(3) 트랙터 3대를 이용하는 체계

트랙터를 3대 이용하는 체계에서도 수확작업을 전반부 작업과 후반부 작업으로 나눌 수 있다. 즉, 예취-반전-예건의 작업을 전반부 작업으로, 집초-베일링-랩핑-운반의 작업을 후반부 작업으로 하여 트랙터 3대를 이용하는 방법은 모어-테더 작업에 각각 트랙터 1대씩을 장착하여 작업을 하고 예건기간이 지난 후, 레이크-베일러-래퍼 작업을 트랙터 3대를 모두 동원하여 동시에 수행한다. 이 때 전반부의 모어-테더 작업은 완료된 상태이므로 후반부 작업에 트랙터 3대를 모두 동원할 수 있다. 작업공정을 표 2-16에 나타내었다.

표 2-16 트랙터 3대를 이용한 랩-사일리지 수확작업 공정

	작업공정/작업가능일수 (day)	
트랙터 1	예취/0.6	집초/0.4
트랙터 2	반전/0.4	베일링/0.6
트랙터 3		랩핑/0.6
비고	예건	

트랙터가 3대인 경우의 예취작업은 나머지 공정들의 작업시간에 여유가 있으므로 0.6일간 예취작업을 수행하고 예건 기간은 0.4일로서 예취-반전의 공정 중에 예건이 완료된다. 이후 공정에서는 베일링 0.6일, 랩핑 0.6일로 작업 시간을 책정하였다. 계산된 공정별 부담면적을 표2-17에 나타내었다. 공정 중에서 면적이 가장 적은 래퍼 공정의 부담면적 101.3 ha를 전체 부담면적으로 하였다.

표 2-17 트랙터 3대 이용시의 ha당 공정별 소요 작업일수와 부담면적

항목	모어	테더	레이크	베일러	래퍼
ha당 소요작업일수(일/ha)	0.093	0.06	0.06	0.092	0.096
기본작업 가능일수(일)	0.6	0.4	0.4	0.6	0.6
작업량(ha/일)	6.45	6.67	6.67	6.52	6.25
작업기간(일)	27	27	27	27	27
작업가능일수	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
공정별 부담면적(ha)	104.5	108.1	108.1	105.6	101.3
전체 부담면적(ha)	-	-	-	-	101.3

나) 관행-사일리지 생산 모델

관행 사일리지의 작업은 앞에서 이야기한 바와 같이 목초의 수확작업시 수확된 작물은 곧바로 사일로에 운송해야 하는데, 트랙터가 1대인 경우는 운반이 완료될 때까지 수확작업을 멈추어야 한다. 따라서 전체 작업 공정에 수확 작업까지를 1회의 작업일수에 포함하여 계산하여야 한다. 실제 현장에서의 중대규모 작업에서는 운반용 트랙터 및 트레일러를 따로 준비하여 작업하는 경우가 많지만 본 분석에서는 1대의 트랙터를 운용하여 1인이 작업하는 체계로 작업공정을 구성하였다. 작업공정을 표2-18에 나타내었다.

표 2-18 트랙터 1대를 이용한 관행-사일리지 수확작업 공정

작업공정	예취	반전	집초	수확	운반
		(예건)			
소요일수(일)	0.2	0.1	0.1	0.3	0.3

예취작업은 나머지 작업들의 작업 능률을 고려하여 0.2일간 예취작업을 수행하고 예건 기간은 0.2일로서 반전-집초의 공정 중에 예건이 완료되는 것으로 하였다. 이후 공정에서는 수확 0.3일, 운반 0.3일로 작업 시간을 책정하였다. 계산된 공정별 부담면적을 표 2-19에 나타내었다. 공정 중에서 면적이 가장 적은 운반 공정의 부담면적 21.6 ha를 전체 부담면적으로 하였다.

표 2-19 관행 사일리지의 ha당 공정별 소요 작업일수와 부담면적

항목	예취	반전	집초	수확	운반
ha당 소요작업일수(일/ha)	0.093	0.06	0.06	0.196	0.25
1일당 작업 가능일수(일)	0.2	0.1	0.1	0.3	0.3
1일당 작업면적(ha/일)	2.2	1.7	1.7	1.5	1.2
작업기간(일)	30	30	30	30	30
작업가능일수율	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
공정별 부담면적(ha)	38.7	30.1	30.1	27.0	21.6
전체 부담면적(ha)	-	-	-	-	21.6

다) 건조 생산 모델

건초는 1회 작업시의 작업기간을 3일로 하고 작업가능 기간내에 연속하여 3일간 작업 가능한 날만 작업하는 것으로 하였다. 건조 작업이 완료되면 램-베일과는 달리 완성된 건조 베일을 저장소로 운반해야 한다. 건조 베일의 경우는 노지에 저장할 경우 이슬이나 강우 등에 의해 변패의 우려가 있기 때문이다.

그러나 운반작업은 건조 작업이 완료된 후에 이루어질 수 밖에 없으므로 건조작업후 1일간 운반작업하는 것으로 간주하였다. 따라서 연속적으로 작업이 이루어지는 일수는 4일이며 이러한 작업이 작업가능일수 12일 내에 이루어져야 한다. 그러므로 건조 작업은 연간 3일 연속 작업이 3회 가능한 것으로 하였다.

이를 고려한 작업공정을 표 2-20과 같이 구성하였다.

표 2-20 트랙터 1대를 이용한 건조 수확작업 공정도

작업공정	건조		집초	베일링
	예취-압쇄	반전		
소요일수(일)	1.0	0.5	0.5	1.0

예취-압쇄작업은 작업이 느린 관계로 나머지 작업들의 작업 능률을 고려하여 1일간 예취작업을 수행하고 건조 기간은 2일로서 예취-압쇄-반전의 공정 중에 건조가 완료되는 것으로 하였다. 이후 공정에서는 집초에 0.5일, 베일링 1.0일로 작업 시간을 책정하였다. 계산된 공정별 부담면적을 표 2-21에 나타내었다. 공정 중에서 면적이 가장 적은 예취-압쇄공정의 부담면적 22.2 ha를 전체 부담면적으로 하였다.

표 2-21 건조 사일리지의 ha당 공정별 소요 작업일수와 부담면적

항목	예취-압쇄	반전	집초	베일링	비고
ha당 소요작업일수(일/ha)	0.135	0.06	0.06	0.092	
1일당 작업 가능일수(일)	1.0	0.5	0.5	1.0	
1회 작업면적(ha/3일)	7.4	8.3	8.3	10.9	
작업기간(일)	30	30	30	30	
작업가능일수율	0.4	0.4	0.4	0.4	
실작업횟수	3	3	3	3	*4일×3회
공정별 부담면적(ha)	22.2	24.9	24.9	32.7	
전체 부담면적(ha)	22.2	-	-	-	

2) 우리나라에 적합한 답리작 맥류 랩-사일리지 생산 시스템 모델의 구성

가) 답리작 랩-사일리지 기계화 모델의 설정

답리작 조사료의 생산을 위한 기계화 모델은 생산 운영의 주체에 따라 규모가 다르므로 따라서 기계화 모델도 달라지게 된다. 특히 규모의 확대가 절실히 필요한 랩-사일리지 생산 모델은 생산 주체에 따라 다양한 유형으로 나타날 수 있다. 아래의 표2-22에 나타낸 바와 같이, 조사에(신승열, 2001) 의하면 답리작 랩-사일리지의 생산자 유형이 5가지 정도가 될 수 있는 것으로 파악되었다.

표 2-22 답리작 조사료 생산 운영의 유형 분류

구분		운영 주체	운영 목적	작업 주체
중, 소규모	유형 I	개별 축산농가	자가 소비	개별 축산농가
	유형 II	개별 농가	판매	개별 농가
대규모	유형 III	단지, 법인	자가 소비	조합원
	유형 IV	농협, 축협	조합원 장비 대여, 자가 소비	직원, 조합원
	유형 V	농업기술센터	교육 및 조합원 대여	대여 농가

위의 조사결과로 보아 랩-사일리지의 생산은 중, 소규모 또는 대규모로 이루어질 것으로

판단되며, 위의 트랙터를 각 1대씩 이용하는 생산 체계는 소규모 생산 모델에 적합한 것으로 보인다. 또한 대규모의 생산 모델인 경우 대체로 트랙터는 2대 이상을 보유하고 있다고 보아도 무방하며 부담면적과 작업체계를 고려한다면 적합한 기계화 모델은 트랙터를 2대와 3대 이용하는 형태가 되어야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 랩-사일리지 생산모델에 대해서는 분류의 복잡함을 피하면서도 우리나라에서 시행되어질 수 있을 것으로 판단되는 다음의 3가지 모델로 분류하였다.

①60마력급의 트랙터 1대를 이용하는 체계(소규모 자가 소비) : 대형 트랙터를 소유한 목축업자 1인이 트랙터 1대 및 1 set의 작업기를 이용하여 자가로 소비할 정도의 랩-사일리지를 생산하고 이를 급여한다.

②60마력급의 트랙터 2대를 이용하는 체계(중, 소규모 협업 및 판매) : 굳이 목축업자가 아니라도 수도작 또는 목축업에 종사하는 농가 2인 이상이 트랙터 2대, 작업기 1set를 구비하여 랩-사일리지를 생산한다. 생산된 물량은 자가 소비되거나 판매도 가능하다.

③60마력급의 트랙터 3대를 이용하는 체계(대규모 협업 및 판매) : 작목반원 또는 조합원 등에 속한 여러 인원이 3대 이상의 트랙터와 1set 이상의 작업기를 구비하여 단기간에 대규모 면적을 작업하며 생산물은 주로 계약 재배 등과 같이 판매용으로 생산될 수 있다.

#### 나) 랩-사일리지 생산을 위한 기계화 모델별 부담면적

이상의 방법으로 ①트랙터 1대 + 파종용 작업기 1set + 조사료 수확용 작업기 1set, ②트랙터 2대 + 파종용 작업기 2set + 조사료 수확용 작업기 1set, ③트랙터 3대 + 파종용 작업기 3set + 조사료 수확용 작업기 1set 로 이루어지는 각 기계화 모델에 대한 부담면적을 계산하여 아래의 표 2-23에 나타내었다. 계산결과를 살펴보면 트랙터 1대를 이용하는 체계는 수확작업의 경우 부담면적이 33.6 ha로 나타났으며 파종 작업의 경우는 경운에 의한 파종 방식은 오히려 수확작업보다 부담면적이 적어지는 것으로 나타났다. 무경운인 입모종 파종의 경우는 부담면적이 114 ha로 경운 방식에 비해 무려 4배에 이르는 부담면적을 보여주고 있다. 따라서 답리작 조사료 재배의 충분한 규모의 확보를 위해서는 무경운 파종, 특히

입모중 파종의 확대 보급이 필요한 것으로 판단된다.

그렇지만 어쨌든 트랙터를 1대를 이용하여 수확작업하는 경우 최대의 부담면적이 33.7 ha 정도가 된다는 것은 그 규모가 개인별 작업모델에 적합한 방법이며 농가의 협업 또는 법인 등에 의한 대규모 생산에는 한계가 있는 것으로 판단된다. 따라서 규모를 확대하기 위해서는 사용 트랙터의 댓수를 증가시켜야 하는데, 표에서 보듯이 트랙터 2대의 경우 68.0 ha, 트랙터 3대의 경우는 101.3 ha의 부담면적을 보이고 있어 대규모 작업에 알맞은 부담면적으로 판단된다. 또한 부담면적을 증대하는 경우 트랙터와 작업기 셋트를 동시에 늘리는 방법을 고려할 수 있으나 부담면적의 결과에서 보듯이 작업기의 증가없이 트랙터 숫자만 늘려도 부담면적이 2배와 3배로 각각 증가하므로 작업기의 증가는 비용의 낭비만 초래할 것으로 판단된다.

표 2-23 램-사일리지 생산을 위한 기계화 모델별 부담면적

번호	기계화 모델 작업구분	파종			수확
		경운후 산파	경운후 세조파	입모중 산파	
1	중소형 농가 단독모델 (60마력급 1대-작업기 1조)	31.3 ha	27.5 ha	114 ha	33.7 ha
2	중소형 농가 협업 모델 (60마력급 2대-작업기 1조)	62.6 ha	55 ha	228 ha	68.0 ha
3	대형 농가 및 법인 협업모델 (60마력급 3대-작업기 1조)	93.9 ha	82.5 ha	342 ha	101.3 ha

### 5. 기계 이용비용과 생산비

본 절에서는 앞서 제시된 답리작 맥류 조사료의 3가지 생산모델에 대하여 각 모델별로 동력원을 60마력급 트랙터 1대를 사용한 경우로 분류하여 소요 생산비를 산출하고 각 모델별로 비교하였다. 이를 통하여 답리작으로 조사료를 생산하는 경우 3가지 모델 모두 관행의 생산비용 또는 수입 건초, 유통 볏짚 등에 비하여 대단히 저렴한 가격으로 생산이 가능함을



보였다. 그리고 탭-사일리지 생산 모델에서는 부담면적을 확대했을 경우의 생산비를 분석하여 규모의 확대 가능성과 확대에 따르는 효과를 제시하였다. 또한, 파종을 입모종으로 산파 작업하는 경우와 경운후 산파하는 경우로 분류하여 그 생산비를 비교하였다.

#### 가. 생산비의 분석 방법

답리작 맥류 조사료 생산에 소요되는 비용은 고정비와 변동비로 구분하였으며 구체적인 항목을 표 2-24 에 나타내었다.

표 2-24 답리작 맥류 조사료 생산비의 구성 내용

고정비	변동비		비고
감가상각비, 차고비, 이자	기계이용 비용	연료비, 윤활유비, 노임, 수리비, 원동기 이용비용, 적기수확손실	
	재료비	종자비, 비료대, 베일끈, 탭-비닐, 사일리지 첨가제	
	토지 임차비		

특히, 변동비용은 기계이용비용과 작업시 소요되는 재료비, 그리고 토지 임차비용의 합으로 구성된다. 최종적으로 생산비는 단위 생산물당의 생산비용으로 계산되어 지므로 다음과 같은 식(2-12)로 표현된다.

$$\text{단위 생산량 당의 생산비} = \text{년간 생산비용} / \text{당해년도 생산량} \text{-----}(2-12)$$

그러므로 생산비의 구성에서 생산량이 미치는 영향은 절대적이며 축산 기술연구소에서 제시된 맥류의 최대 생산량은 표 2-25와 같다.

표 2-25 담리작 맥류 사일리지의 생산성(축산기술 연구소)

생산성	호맥		대맥	
	생초	40.6 ton/ha	생초	34.5 ton/ha
건물(함수율 0%)	12.8 ton/ha	건물(함수율0%)	12.1 ton/ha	
TDN(건물대비60%)	7.4 ton/ha	TDN(건물대비 64%)	7.7 ton/ha	

나. 모델별 기계이용 비용의 산출

1) 고정비용

가) 감가상각비

국내에서는 비용분석에 대한 조사료 작업기의 자료가 충분히 제시가 되어 있지 않아 여러 가지 외국에서 제시된 자료를 이용하였고, 다음과 같은 가정을 하여 분석을 하였다.

①내구연한은 자료를 참조하여 파종 작업용 작업기는 8년, 조사료 수확용 작업기 및 트랙터에 대하여는 10년으로 하였고, ②기계의 폐기 가격은 구입 가격의 10%로 가정하였으며, ③감가상각비는 직선법(straight-line method)을 이용하여 산출하였다(정창주 외, 1997).

나) 이자 및 차고비

①이자는 여건에 따라 달라지기 쉽지만 농림부의 농기계 구입 자금 지원 규정인 기계구입가의 용자분에 대해서는 연리 3% 정도의 조건이 적용 가능하고(농림사업시행 지침서, 2000), 나머지에 대해서는 일반 대출 금리를 적용할 수 있으므로 이를 통합하여 일률적으로 기계구입가의 6%의 이자를 적용하였다. 또한 ②차고비는 기계 구입가의 1%로 하였다.

다) 기계가격 및 고정비용

작업에 이용된 기계의 구입가격은 앞서 조사된 가격을 기준으로 하였으며 신규 구입기계를 제외한 나머지 기종(트랙터, 로타리, 트레일러, 비료살포기 등)은 기구입분을 사용하는 것으로 간주하였다. 기계의 가격과 고정비 계수를 이용하여 구해진 고정비 내용을 표 2-26, 표2-27 에 나타내었다.

표 2-26 파종 작업용 기계가격 및 고정비용

파종구분	트랙터		60마력	내구연수	년간고정비계수	시간당수리비계수	고정비(천원)	비고	
	작업기	구입가(원)							
경운 파종	광산파	로타리	규격	2.0m	-	-	0.025	제외	*60마력 트랙터 가격 : 25,000, 000원
			구입가(원)	2,400,000					
		비료 살포기	규격	500 kg					
		구입가(원)	750,000	-	-	0.001	제외		
	구입가 합계(원)		3,150,000						
	휴립산파	로타리	규격					2.0m	
			구입가(원)	2,400,000					
		구굴 복토기	규격	4m(2 두둑)					
		구입가(원)	2,100,000	8	0.1825	0.025	383		
	비료 살포기	규격	500kg						
		구입가(원)	750,000						
	구입가 합계(원)		5,250,000						
평면 세조 파	로타리	규격	2.0m	-	-	0.025	제외		
		구입가(원)	2,400,000						
	직파기	규격	조파8조	8	0.1825	0.025	604		
		구입가(원)	3,310,000						
	비료 살포기	규격	500kg	-	-	0.001	제외		
구입가(원)		750,000							
구입가 합계(원)		6,460,000							
휴립 세조 파	로타리	규격	2.0m	-	-	0.025	제외		
		구입가(원)	2,400,000						
	구굴 복토기	규격	4m(2 두둑)	8	0.1825	0.025	383		
		구입가(원)	2,100,000						
	직파기	규격	조파8조	8	0.1825	0.025	604		
		구입가(원)	3,310,000						
비료 살포기	규격	500kg	-	-	0.001	제외			
	구입가(원)	750,000							
구입가 합계(원)		8,560,000							
무경운 산파	입모종산파기	규격	500kg	8	0.1825	0.001	183		
		구입가(원)	1,000,000						
	비료 살포기	규격	500kg	-	-	0.001	제외		
구입가(원)		750,000							
구입가 합계(원)		1,750,000							
벼수확 동시 파종	입모종산파기	규격	500kg	8	0.1825	0.001	183		
		구입가(원)	1,000,000						
	비료살포기	규격	500kg	-	-	0.001	제외		
		구입가(원)	750,000						
구입가 합계(원)		1,750,000							

표 2-27 수확작업용 기계가격 및 고정비

구분	트랙터		60마력	내구연수	년간고정비 계수	시간당 수리비 계수	고정비 (천원)	비고
	작업기	규격						
랩 - 사일리지 생산 모델	모어	규격	2.4m	10	0.16	0.0012	1,264	*60ps 트랙터 가격: 25,000천 원
		구입가(원)	7,900,000					
	레이크	규격	4.0m	10	0.16	0.0006	744	
		구입가(원)	4,650,000					
	베일러	규격	Ø1.2×1.2m	10	0.16	0.0003 1	3,600	
		구입가(원)	22,500,000					
	베일 랍퍼	규격	Ø1.2×1.2m	10	0.16	0.0003 1	2,272	
		구입가(원)	14,200,000					
랩-사일리지 핸들러	규격	1 ton	10	0.16	0.0003 1	256		
	구입가(원)	1,600,000						
트레일러	규격	4.3 ton	-	-	0.0001 8	-	고정비 제외	
	구입가(원)	2,470,000						
구입가 합계(원)			53,320,000					
관행 사일리지 생산 모델	모어	규격	2.4m	10	0.16	0.0012	1,264	
		구입가(원)	7,900,000					
	레이크	규격	4.0m	10	0.16	0.0006	744	
		구입가(원)	4,650,000					
	목초 수확기	규격	1.3m	10	0.16	0.0003 1	864	
		구입가(원)	5,400,000					
트레일러	규격	4.3 ton	-	-	0.0001 8	-	고정비 제외	
	구입가(원)	2,470,000						
구입가 합계(원)			20,420,000					
건초 생산 모델	모어-컨디셔너	규격	2.4m	10	0.16	0.0012	2,400	
		구입가(원)	15,000,000					
	레이크	규격	4.0m	10	0.16	0.0006	744	
		구입가(원)	4,650,000					
	베일러	규격	Ø1.2×1.2m	10	0.16	0.0003 1	3,600	
		구입가(원)	22,500,000					
	베일 핸들러	규격	1.0 ton	10	0.16	0.0003 1	256	
		구입가(원)	1,600,000					
트레일러	규격	4.3 ton	-	-	0.0001 8	-		
	구입가(원)	2,470,000						
구입가 합계(원)			46,220,000					

위의 고정비는 전 기계를 맥류 사일리지 생산에만 투입하는 것으로 정하고 사용기계의

고정비를 모두 맥류 생산에 부담하였을 때의 비용이다. 그러나 실제로 답리작 맥류 랩-사일리지 및 건초의 생산용 장비들은 모두 생볏짚 사일리지나 볏짚 건초 생산에 그대로 적용이 가능한 기계이다. 이 경우 맥류 조사료 수확용 기계의 고정비는 전체 고정비의 70%만 부담하여도 무리가 없는 것으로 판단된다.

## 2) 기계이용의 변동 비용

본 연구에서의 답리작 조사료 파종 및 수확작업에 있어 기계 이용변동은 각 작업의 이용 시간에 비례하여 증가하게 되는데, 아래의 식(13)과 같이 산출하였다.

$$VC = \{ H \times ( F + O + L + R + T ) \} \text{-----}(2-13)$$

주) VC : 기계이용의 변동비용 (원/년)

H : 연간 각 작업기 이용시간 (시간/년)

F : 각 작업별 시간당 트랙터 연료비용(원/시간)

O : 각 작업별 시간당 트랙터 윤활유비용(원/시간)

L : 각 작업별 시간당 노동 임금 (원/시간)

농촌노동임금 전국평균(남자) : 4,642원/hr(농업기계연감, 1999)

R : 작업별 시간당수리비(= 시간당 수리비계수 × 구입가격)(원/시간)

T : 각 작업별 시간당 트랙터 이용 비용(원/시간)

트랙터 이용비용 = 트랙터 구입가 × 고정비계수 / 트랙터 총사용 시간

트랙터 총 사용시간 = 수도작 평균사용시간(500hr) + 공정별 작업시간

## 3) 재료비

맥류 조사료의 생산에는 여러 가지의 재료가 소요되는 데, 이들의 상세 내용과 비용을 표2-28에 나타내었다.

표 2-28 재료비 상세 내역

재료명		ha당 사용량	단가	ha당 소요비용	비고
종자비	경운 산파	200 kg	호맥 1,200원/kg	120,000원	*50% 정부보조
			보리 900원/kg	90,000원	
	입모중 산파	150 kg	호맥 1,200원/kg	90,000원	
			보리 900원/kg	67,500원	
비료비	기비	400 kg	복합비료 4,600원/20kg	59,250원	
	추비	100 kg	요소 5,300원/20kg		
사일리지 첨가제		58 ℓ	60,000원/24 ℓ	69,000원	*50%만 첨가
랩-비닐		2.2롤	70,000원/롤	154,000원	*1롤=50cm(폭) ×1500m(길이)
베일 끈		3.8롤	8,580원/롤	32,000원	*1롤=900m

#### 4) 토지용역비

답리작에서의 보리 경작을 위한 임차비용은 지역별로 큰 차이를 가진다. 본 연구에서는 조사된 전국 평균치를 적용하였는데, 그 값은 아래와 같다.

$$22,803\text{원}/10\text{a(자가)} + 18,387\text{원}/10\text{a(차용)} = 41,190\text{원}/10\text{a} \rightarrow \therefore 411,900\text{원}/\text{ha}$$

(농업기계연감 ; 겉보리 생산비 중의 토지용역비 전국평균)

#### 다. 조사료 생산 모델별 생산비의 산출 및 비교

앞서의 생산비의 산출 방법을 토대로 랩-사일리지, 관행의 사일리지, 건초의 생산 모델별 생산비를 산출하였다. 관행 사일리지 및 건초 생산의 경우 트랙터 1대를 이용하여 작업하는 것으로 하였고, 랩-사일리지 생산의 경우는 트랙터 1대의 부담면적을 초과하는 경우 트랙터 댓수를 2대, 3대 늘려서 작업한 것으로 계산하였다. 각 모델은 각각 경운후 산파 방식과 입모중 산파 방식에 대한 생산비 구하였다. 생산비 계산시 종자비와 비료대는 50%가 정부 지원되는 것으로 계산하였으며 사일리지 첨가제는 전체 생산량의 50%에만 첨가하는 것으로 계산하였다.

#### 1) 랩-사일리지 생산 모델의 생산비의 산출

본 절에서는 랩-사일리지 생산 모델의 생산비를 계산하였는데, 우선 기계이용비용을 구하고 다음으로 재료비, 토지 임차비 등을 합한 전체 생산비를 구하였다. 랩-사일리지 생산 모델 중에서 경운 산파 방식과 입모중 산파 방식의 기계이용비용을 구하여 각각 표 2-29와 표 2-30에 나타내었다.

표 2-29 랩-사일리지 생산모델의 기계이용비용(경운후 산파)

공정		경운	파종, 시비	예취	집초, 반전	베일링	랩핑	운반	운반	합계	
작업기		로타리	살포기	모어	레이크	베일러	랩퍼	핸들러	트레일러		
구입가(천원)		2400	750	7900	4650	22500	14200	1600	2470	81470	
고정비	항목	감가상각	216000		711000	418500	2025000	1278000	144000		4792500
		이자	144000		474000	279000	1350000	852000	96000		3195000
		차고비	24000		79000	46500	225000	142000	16000		532500
	합계(원/년)	384000		1264000	744000	3600000	2272000	256000		8520000	
변동비	항목 (원/hr)	노임	5107	5107	5107	5107	5107	5107	5107	5107	83224
		연료비	3600	1980	2664	1980	3096	1980	1980	2664	44755
		윤활유비	360	198	266	198	310	198	198	266	4476
		수리비	1440	750	9480	3255	6975	2556	288	445	37098
		원동기	11137	11137	11137	11137	11137	11137	11137	11137	181489
	작업시간(hr/년)	5.520	2.520	1.116	1.440	1.104	1.152	1.176	2.268	16	
	합계(원/년)	119475	48313	31978	31215	29,394	24167	22003	44496	351041	
기계비용합계(원/년)		503475	48313	1295978	775215	3629394	296167	278000	44496	8871041	

표 2-30 랩-사일리지 생산모델의 기계이용비용(입모중 산파)

공정		파종	시비	예취	집초, 반전	베일링	랩핑	운반	운반	합계	
작업기		파종기	살포기	모어	레이크	베일러	랩퍼	핸들러	트레일러		
구입가(천원)		1000	750	7900	4650	22500	14200	1600	2470	80070	
고정비	항목	감가상각	113000		711000	418500	2025000	1278000	144000		4576500
		이자	60000		474000	279000	1350000	852000	96000		3051000
		차고비	10000		79000	46500	225000	142000	16000		508500
	합계(원/년)	183000		1264000	744000	3600000	2272000	256000		8319000	
변동비	항목 (원/hr)	노임	5107	5107	5107	5107	5107	5107	5107	5107	55033
		연료비	1980	1980	2664	1980	3096	1980	1980	2664	24883
		윤활유비	198	198	266	198	310	198	198	266	2488
		수리비	750	750	9480	3255	6975	2556	288	445	29149
		원동기	11257	11257	11257	11257	11257	11257	11257	11257	121310
	작업시간(hr/년)	0.840	1.680	1.116	1.440	1.104	1.152	1.176	2.268	11	
	합계(원/년)	16206	32411	32113	31388	29526	24305	22145	44769	232863	
기계비용합계(원/년)		199206	32411	1296113	775388	3629526	2296305	278145	44769	8551863	

결과에서 나타났듯이 입모중 산파의 경우가 경운 산파에 비하여 기계이용비용이 낮게 산출되었다. 그 것은 경운 산파시 경운에 소요되는 기계의 고정비와 작업시간 및 변동비가 입모중 파종보다 크기 때문이다.

이상에서의 기계이용비용과 작업시의 소요 재료비 및 임차비 등을 합산하여 생산비를 산출하였다. 표 2-32 및 표 2-33에서는 입모중 산파 및 경운후 산파에 대한 생산비를 나타내었으며 기계의 고정비를 100%와 70% 부담했을 경우의 각각의 생산비를 구하였다. 30ha 까지의 경작은 트랙터 1대, 30~60ha는 트랙터 2대, 60~100ha는 트랙터 3대 투입하였다.

생산비는 호맥을 생산할 경우로 하여 기준별로 3가지를 구하였는데, ①함수율 w.b.60% 상태의 사일리지, ②수분을 제거한 건물, ③건물중의 TDN 함량을 각각 기준하였다. 이 때의 각각의 생산량은 앞서 표2-2에서 고찰하였듯이 변화의 폭이 크다고 볼 수 있으며 생산비를 낮추기 위해서는 생산량의 증대는 필수적이다.

본 계산에서의 기준 생산량을 표2-31에 나타내었는데, 이는 축산기술 연구소에서 제시한 최대 생산량에서 수확손실을 20%로 계산하여 산출하였다.

표 2-31 담리작 호맥 사일리지의 생산량 기준

	기준	생산량	비고
호맥 생산성	사일리지(함수율60%)	25.0 ton/ha	
	건물(함수율 0%)	10.0 ton-건물/ha	* 최대생산량 12.8ton-건물/ha (축산기술연구소)
	TDN(건물대비60%)	6 ton-TDN/ha	*건물대비 TDN 60%



표 2-32 답리작 맥류 랩-사일리지의 경작규모별 생산비(입모중 산파)

경작규모(ha)			1	10	30	50	70	100		
기계 이용 비용	고정비	항목	감가상각	4576500	4576500	4576500	4576500	4576500	4576500	
			이자	3051000	3051000	3051000	3051000	3051000	3051000	
			차고비	508500	508500	508500	508500	508500	508500	
		합계(원/년)	8319000	8319000	8319000	8319000	8319000	8319000		
	변동비	(원/년)	항목	노임	55033	550330	1650991	2751652	3852312	5503303
				연료비	24883	248832	746496	1244160	1741824	2488320
				운활유비	2488	24883	74650	124416	174182	248832
				수리비	29149	291488	874465	1457442	2040418	2914883
				원동기	121310	1019514	2257871	2982384	3457921	3927612
		작업시간(hr/년)	11	108	323	539	754	1078		
	합계(원/년)	232863	2135048	5604472	8560053	11266658	15082950			
	기계비용합계(원/년)			8551863	10454048	13923472	16879053	19585658	23401950	
	재료비	항목	종자비	120000	1200000	3600000	6000000	8400000	12000000	
비료비			59250	592500	1777500	2962500	4147500	5925000		
랩-비닐			154410	1544100	4632300	7720500	10808700	15441000		
첨가제			69236	692360	2077080	3461800	4846520	6923600		
베일끈			32346	323460	970380	1617300	2264220	3234600		
재료비 합계(원/년)		435242	4352420	13057260	21762100	30466940	43524200			
토지 용역비(원/년)			411900	4119000	12357000	20595000	28833000	41190000		
생산비합계(원/년)			9399005	18925468	39337732	59236153	78885598	108116150		
생산비	A	원/kg	376	76	52	47	45	43		
		원/kg-건물	940	189	131	118	113	108		
		원/kg-TDN	1567	315	219	197	188	180		
	B	원/kg	276	66	49	45	44	42		
		원/kg-건물	647	121	79	70	66	62		
		원/kg-TDN	1151	274	205	189	182	176		

\*\* A : 수확 기계를 벗짚 수거에 겸용하지 않을 경우

B : 수확 기계를 벗짚 수거와 겸용하는 경우

표 2-33 담리작 맥류 랩-사일리지의 경작규모별 생산비(경운후 산파)

경작규모(ha)			1	10	30	50	70	100		
기계 이용 비용	고정비	항목	감가상각	4792500	4792500	4792500	5008500	5224500	5224500	
			이자	3195000	3195000	3195000	3339000	3483000	3483000	
			차고비	532500	532500	532500	556500	580500	580500	
		합계(원/년)	8520000	8520000	8520000	8904000	9288000	9288000		
	변동비	(원/년)	항목	노임	83224	832237	2496710	4161184	5825657	8322367
				연료비	44755	447552	1342656	2237760	3132864	4475520
				윤활유비	4476	44755	134266	223776	313286	447552
				수리비	37098	370796	1112929	1854882	2596834	3709763
				원동기	181489	1413388	2842670	3563356	3997721	4399981
		작업시간(hr/년)	16	163	489	815	1141	1630		
	합계(원/년)	232863	2135048	5604472	8560053	11266658	15082950			
	기계비용합계(원/년)			8551863	10454048	13923472	16879053	19585658	23401950	
	재료비	항목	종자비	90000	900000	2700000	4500000	6300000	9000000	
비료비			59250	592500	1777500	2962500	4147500	5925000		
랩-비닐			154410	1544100	4632300	7720500	10808700	15441000		
첨가제			69236	692360	2077080	3461800	4846520	6923600		
베일끈			32346	323460	970380	1617300	2264220	3234600		
재료비 합계(원/년)		405242	4052420	12157260	20262100	28366940	40524200			
토지 용역비(원/년)			411900	4119000	12357000	20595000	28833000	41190000		
생산비합계(원/년)			9688183	19800329	40963491	61082057	82354302	112357384		
생산비	A	원/kg	388	79	55	49	47	45		
		원/kg-건물	969	198	137	124	118	112		
		원/kg-TDN	1615	330	228	206	196	187		
	B	원/kg	285	69	51	47	45	44		
		원/kg-건물	673	132	88	78	73	69		
		원/kg-TDN	1189	287	213	197	189	183		

\*\* A : 수확 기계를 벗짚 수거에 겸용하지 않을 경우

B : 수확 기계를 벗짚 수거와 겸용하는 경우

2) 관행-사일리지 및 건조 생산 모델의 생산비 산출

이상과 같은 방법으로 관행의 사일리지 및 건조 생산시의 기계이용비용 및 생산비를 구하였으며 생산비 데이터를 각각 표 2-34과 표 2-35에 나타내었다. 관행의 사일리지의 생

산량은 랩-사일리지 생산량과 동일하지만, 제조시 첨가제는 100% 투입하는 것으로 계산하였는데, 이는 트랜치 사일로 등에서의 손실을 줄이기 위한 조치이다. 또한 건초의 경우는 제조시 사일리지보다 손실이 월등히 높아져 통상 35% 정도의 수확손실이 발생한다고 하였으므로(축산기계학), 건물 기준 8 ton/ha의 생산이 가능한 것으로 계산하였다.

표 2-34 답리작 맥류 관행-사일리지의 경작규모별 생산비(경운후 산파)

경작규모(ha)			1	5	10	15	20	
기 계 이 용 비 용	고 정 비	항 목	감가상각	1831500	1831500	1831500	1831500	1831500
			이자	1221000	1221000	1221000	1221000	1221000
			차고비	203500	203500	203500	203500	203500
		합계(원/년)	3256000	3256000	3256000	3256000	3256000	
	변 동 비	항 목 (원/ 년)	노임	77708	388541	777081	1165622	1554162
			연료비	43502	217508	435015	652523	870031
			윤활유비	4350	21751	43502	65252	87003
			수리비	29797	148986	297973	446959	595945
			원동기	169816	759374	1341573	1802126	2175552
		작업시간(hr/년)	15	76	152	228	304	
	합계(원/년)	325173	1536159	2895143	4132482	5282693		
	기계비용합계(원/년)	3851173	4792159	6151143	7388482	8538693		
	재 료 비	항 목	종자비	90000	450000	900000	1350000	1800000
			비료비	59250	296250	592500	888750	1185000
첨가제			138472	692360	1384720	2077080	2769440	
재료비 합계(원/년)		287722	1438610	2877220	4315830	5754440		
토지 용역비(원/년)	411900	2059500	4119000	6178500	8238000			
생산비합계(원/년)	4280795	8290269	13147363	17882812	22531133			
생 산 비	원/kg	171	66	53	48	45		
	원/kg-건물	428	166	131	119	113		
	원/kg-TDN	713	276	219	199	188		

표 2-35 담리작 맥류 건초의 경작규모별 생산비(경운후 산파)

경작규모(ha)			1	5	10	15	20	
기계 이용 비용	고정비	항목	감가상각	4153500	4153500	4153500	4153500	4153500
			이자	2769000	2769000	2769000	2769000	2769000
			차고비	461500	461500	461500	461500	461500
		합계(원/년)	7384000	7384000	7384000	7384000	7384000	
	변동비	(원/년)	노임	78505	392524	785048	1177572	1570096
			연료비	44787	223934	447867	671801	895735
			윤활유비	4479	22393	44787	67180	89573
			수리비	52654	263270	526540	789809	1053079
			원동기	171505	766122	1352093	1814770	2189364
		작업시간(hr/년)	15	77	154	231	307	
합계(원/년)	351929	1668243	3156334	4521133	5797847			
기계비용합계(원/년)			7735929	9052243	10540334	11905133	13181847	
재료비	항목	종자비	90000	450000	900000	1350000	1800000	
		비료비	59250	296250	592500	888750	1185000	
		베일끈	32346	161730	323460	485190	646920	
	재료비 합계(원/년)		181596	907980	1815960	2723940	3631920	
토지 용역비(원/년)			411900	2059500	4119000	6178500	8238000	
생산비합계(원/년)			8329425	12019723	16475294	20807573	25051767	
생산비**	원/kg		306	98	71	62	57	
	원/kg-건물		742	222	156	132	120	
	원/kg-TDN		1274	409	297	258	238	

\*\* 고정비는 수확기계를 벗짚 수거에 이용하는 것으로 계산

라. 각 모델별 생산비용의 비교

위에서 구해진 입모중 산파와 기계식 산파 방식의 담리작 맥류 조사료의 모델별 TDN-kg 당의 생산비를 경작규모별로 정리하여 아래의 표 2-36에 나타내었다. 결과를 살펴보면 탭-사일리지 생산 규모가 증가함에 따라 생산비용이 급격히 감소함을 알 수 있는데, 기계 가동율을 최대로 하였을 경우 입모중 파종이 대략 176원/TDN-kg, 경운후 산파 방식이 183원/TDN-kg, 으로 나타났으며 대체로 입모중 파종의 경우가 경운후 기계식으로 산파하는 방식에 비해 비용이 약 4~5%정도 감소하였다. 이러한 생산비는 수입 조사료 알팔파의 판매비용 562원/TDN-kg, 벧집의 유통가격 643원/TDN-kg 의 1/3수준이며 관행에 의한 생산비 332원/TDN-kg보다도 아주 저렴한 비용이다.

표 2-36 모델별 생산비용

경작 규모 (ha)	모델별 생산비(원/TDN-kg)				비고
	랩-사일리지		관행-사일리지	건초	
	입모중 산파	경운후 산파			
5	373	390	276	409	*유통벗집 판매가격 : 643원/TDN-kg
15	240	252	220	258	*수입건초 알팔파 큐브 판매 가격 : 562원/TDN-kg
20	223	233	210	238	
30	205	213	-	-	*관행에 의한 호맥의 생산비 : 332원/TDN-kg
50	189	197	-	-	
100	176	183	-	-	

또한 기존의 생산 방식인 관행의 사일리지와 건초 생산에 대비하면 관행의 사일리지에 비해서는 생산비가 높지만 건초의 생산비용에 비해서는 낮게 예측되었다. 건초의 경우는 작업가능한 일수도 적지만 수확시의 손실도 커서 생산비의 상승은 실제에서는 더욱 클 것으로 보인다. 관행의 사일리지 제조나 건초 제조 등의 기존의 생산방식은 부담면적이 적어 규모를 확대하려면 작업기 및 트랙터의 댓수를 증대해야 한다는 측면을 고려한다면 저렴한 조사를 대규모로 생산하는 것은 랩-사일리지의 생산이 가장 적합한 것으로 판단된다. 아래의 그림2-2에서는 위에서 계산된 맥류 랩-사일리지의 경작 규모별 생산비를 나타내었고 그림 2-3에서는 랩-사일리지와 관행 사일리지 및 건초 생산의 경작규모에 따르는 생산비를 비교하여 나타내었다.

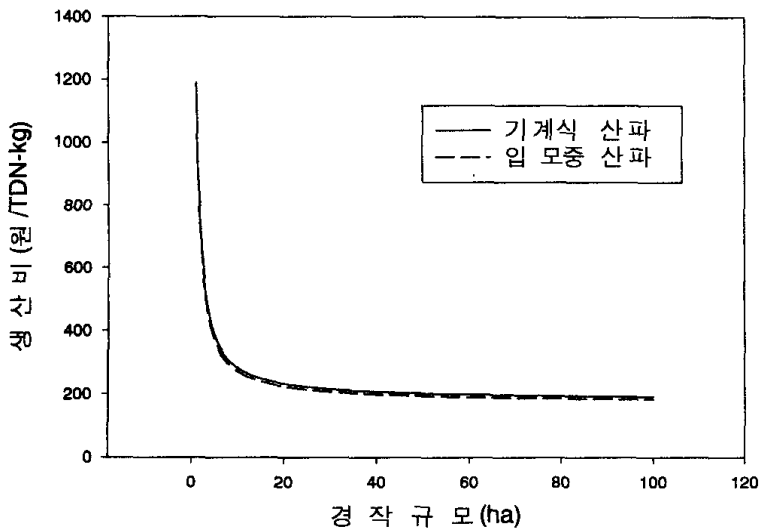


그림 2-2 답리작 맥류 랩-사일리지의 생산비

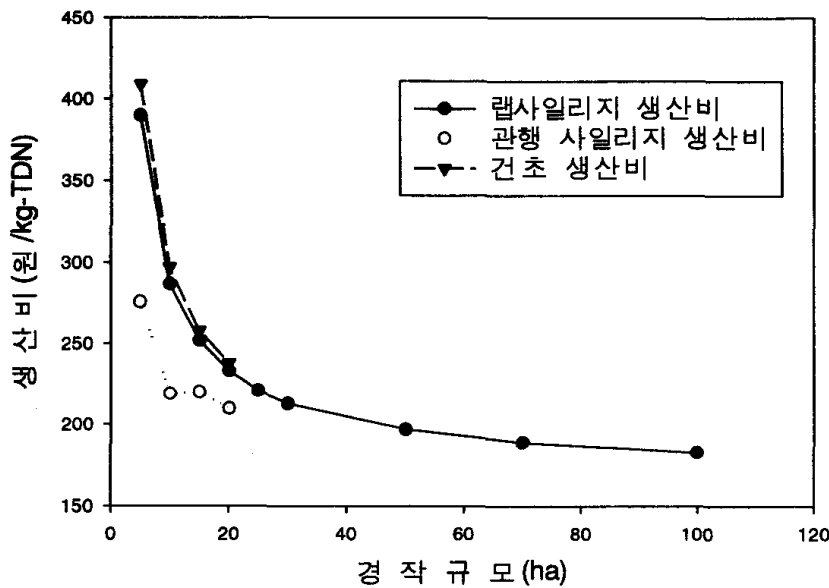


그림 2-3 답리작 맥류 조사료 생산모델별 생산비

#### 마. 사일리지의 저장 방법별 경제성의 비교

사일리지를 저장하는 사일로에는 여러 가지의 형태가 있다. 대체로 많이 쓰이는 것은 트렌치형 사일로, 벙커형 사일로, 원통형 사일로, 원통 기밀형 사일로 등이 있고 랩-사일리지의 경우는 랩-비닐이 이러한 시설에 해당된다 할 수 있다. 특히 우리나라에서 많이 쓰이고 있는 형태는 트렌치 형의 사일리와 원통형의 사일로이다. 이들 트렌치 형이나 원통형은 기밀형에 비해 밀폐성이 떨어지고 사일리지 급여시 외진에 노출된다는 단점이 있으나 비교적 제작 비용이 낮다고 할 수 있다. 그러나 경지 면적이 좁은 우리나라에서 이들은 모두 생산량 대비하여 사일리지 제조시 과도한 노동력을 필요로하며 유지와 보수에도 상당한 노력과 시간, 비용이 투자될 수 밖에 없다. 그러나 랩-사일리지로 사일리지를 저장한다면 수확 및 가공 이후의 경비와 노력은 거의 들지 않아 우리나라의 실정에 매우 적합하다 할 수 있다. 아래의 표 2-37 에서는 미국에서의 사일리지 저장 방법별 저장 비용을 비교한 것을 나타내었는데, 랩사일리지의 저장 비용이 가장 낮은 것으로 나타났다. 특히 랩사일리지는 100두 정도의 사육규모에 적합한 것으로 추천하고 있다.

표 2-37 형태별 저장 비용(고정비 + 변동비 : \$/ton-DM)

규모	철제 기밀품 (신품)	철제 기밀품 (중고)	트렌치형 (콘크리트)	지상 병커형	bag 형	랩사일리지
384 ton-DM	427 + 82	268 + 55	192 + 46	152 + 45	88 + 38	64 + 36
768 ton-DM	301 + 60	187 + 41	138 + 36	107 + 37	53 + 32	38 + 32

(Holmes, 1998 : Wisconsin 대학 농공학과)

이러한 저장에 있어서의 비용의 분석은 별도로 여러 작업을 거쳐서 검토되어야 될 사항으로 본 연구에서는 분석 대상에서 제외하였다. 다만 관행의 사일리지 작업의 경우는 수확에 소요되는 생산비에 관한 한 랩-사일리지와 건초의 생산 모델보다 비용이 적게 들지만 수확 이후의 저장 및 급여까지를 고려한 생산비를 고려한다면 결코 저렴하다 할 수는 없다. 이에 대한 검토는 차후의 연구로 미루고자 한다.

## 5. 요약 및 결론

우리나라 축산의 조사료 부족의 문제를 해결하기 위한 하나의 방법으로 제시된 겨울철 답리작 조사료 생산의 (1) 우리나라에 적합한 일관 기계화 모델을 제시하고, (2) 각각의 모델별 부담면적 및 경영 규모에 따르는 경제성을 분석하여 겨울철 답리작 조사료 기계화 시스템의 가능성을 분석한 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 현재 우리 나라에서의 답리작 맥류의 파종방식을 세부적으로 조사한 결과 ①경운후 광산파 방식, ②경운후 휴립 광산파, ③경운후 세조파 방식, ④벼 입모중 무경운 파종방식, ⑤콤바인을 이용한 벼수확 동시 보리 파종방식 등의 방법이 이용되고 있는 것으로 조사되었다. 이를 크게 분류하면 ①경운 파종 모델과 ②무경운 파종 모델로 분류할 수 있으며 기

존의 경우 파종 방식은 보다 안전한 생육이 가능하지만 생산비용이 높고 습답인 경우에 적용하기 어려운 면을 가지고 있는 반면, 무경운 파종 방식은 수량은 약간 떨어지지만 생산비용이 저렴하며 기후 및 토질 조건에 영향을 적게 받으므로 안정적인 수량 확보가 가능한 것으로 보인다. 따라서 답리작 맥류의 파종은 여건에 따라 적합한 파종방식을 적용해야 한다.

나. 우리 나라에서 이용 가능한 답리작 조사료 수확 방식은 사일리지와 건초의 생산 방식이다. 따라서 답리작 맥류 조사료의 생산 모델을 ①랩-사일리지 생산 모델, ②관행의 사일리지 생산 모델, ③건초 생산 모델로 하여 각각의 기계 구입가를 조사한 결과, 랩-사일리지 생산모델은 8천만원~8천6백만원, 관행 사일리지 생산모델은 4천7백만원~5천4백만원, 건초 생산모델은 7천3백만원~8천만원으로 조사되어졌다.

다. 랩-사일리지 생산 모델은 맥류 조사료를 수확 적기에 모아로 예취 → 포장에서 40~60%(w.b) 사이의 함수율로 예건 → 레이크로 집초 및 반전 작업 → 원형 베일러로 결속작업 → 베일 랩퍼로 랩핑 작업 → 원거리 또는 근거리의 저장 시설로 운반되고 필요에 따라 소비지로 유통 → 사일리지 숙성후 세절급여하는 시스템이다. 본 모델은 답리작 재배가 사육농가와 거리가 먼 경우 또 다른 유통단계를 거칠 수도 있는 유형으로 부담면적은 트랙터 1대 이용시 약 33.7정보이고, 2대와 3대 이용시는 각각 68.0ha, 101.3 ha로 조사되어졌다. 또한, TDN-kg당 생산비는 10정보 경작규모에서 경운후 산파시 287원으로 나타났고 입모중 산파시 274원으로 나타났다. 특히 본 모델에서는 트랙터의 댓수를 늘려 100ha 경작규모로 확대할 경우에는 TDN-kg 당의 생산비를 176원(입모중 산파)까지 낮출 수 있는 것으로 조사되어졌다.

라. 관행-사일리지 생산 모델은 맥류 조사료를 수확 적기에 모아로 예취 → 포장에서 60%(w.b) 전후의 함수율로 예건 → 레이크로 집초 및 반전 작업 → 목초 수확기로 수확작업 → 근거리의 트랜치 또는 타워 사일로 시설로 운반되고 → 사일리지 숙성후 세절급여하는



시스템이다. 본 모델은 축산농가와 재배지역이 근거리인 경우에 가능한 유형으로 부담면적은 모델중 가장 적은 약 21.6정보이고 TDN-kg당 생산비는 10정보 경작규모에서 219원으로 나타났다.

마. 맥류 건조 제조생산 모델은 수확적기에 모아-컨디셔너로 예취와 동시에 압착 → 포장에서 15%(w.b) 정도의 함수율로 건조 → 레이크로 집초 작업 → 원형 베일러로 결속작업 → 원거리 또는 근거리의 저장 시설로 운반되고 필요에 따라 소비지로 유통 → 세절급여하는 시스템이다. 이 모델은 2일 정도의 작물 건조 시간이 필요하고 기후의 영향을 많이 받으므로 답리작 재배에 많은 어려움이 있지만, 현재 농가에서 많이 이용되고 있는 벧짚 수거용 기계를 이용할 수 있는 장점도 있다. 부담 면적은 약 22.2정보로 나타났으며 10정보 경작의 경우 TDN-kg당 생산비는 297원 정도이다.

라. 앞에서 제시한 3가지 유형 모두 기존의 유통되는 벧짚 또는 수입 조사료의 가격에 비하여 약 1/2~1/3정도의 수준으로 매우 경제성이 있는 것으로 나타났다.

### 제3절 답리작 맥류 랩-사일리지의 기계화 생산 기술

쌀 재배 지역에서 겨울철에 맥류를 파종하고 봄철에 랩-사일리지로 가공을 하여 가축(젖소, 육우)에 급여까지는 여러 단계의 기계화 작업 및 그에 따르는 숙련된 생산 기술을 필요로 한다. 실제로 랩-사일리지의 파종에서부터 가축에 급여로 이어지는 일련의 기계화 작업은 “경운 → 비료살포(기비) → 파종 → 비료살포(추비) → 제초 → 예취 → 건조 → 집초 → 결속 → 랩핑 → 적재 및 하역 → 운반 → 세절 → 저장”의 순서로 이루어진다.

그러나 이러한 답리작으로 랩-사일리지를 생산하고 축산농가에서 가축에 급여하는 작업체계는 학술적으로 정립이 되어 있지 않을 뿐 아니라 작업 공정의 분석과 포장 작업성과 관련되는 일련의 연구가 전무한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 약 9,000평 규모의 경북대학교 부속농장에서 답리작으로 맥류 랩-사일리지 생산작업을 수행하여 ①일련의 랩-사일리지 기계화 생산 작업의 공정별 특성을 분석하고, ②양질의 맥류 사일리지를 생산할 수 있는 작업조건을 제시하며, 아울러 ③ 기계화 모델을 완성하는데 필요한 포장작업 관련 계수 등의 실제적인 자료를 수집하였다.

#### 1. 답리작 맥류 랩-사일리지 생산 작업의 개요

##### 가. 작업 포장의 평가

작업 포장의 약도를 그림2-4에 나타내었다. 랩-사일리지의 생산작업을 실제로 수행한 포장의 전체 면적은 9,250평이며 250~1,000평 규모의 14개의 필지로 이루어져 있다. 그림에 나타낸 작업 포장 중에서 (8), (11), (12)번 포장은 삼각형의 포장으로 볼 수 있으며 나머지는 모두 직사각형의 포장으로 볼 수 있다. 특히 (9), (10)번 포장은 단변폭이 장변의 길이에 비해 짧아 단변/장변 = 1/5 이상이며 나머지는 그 비가 약 1/2정도이다.

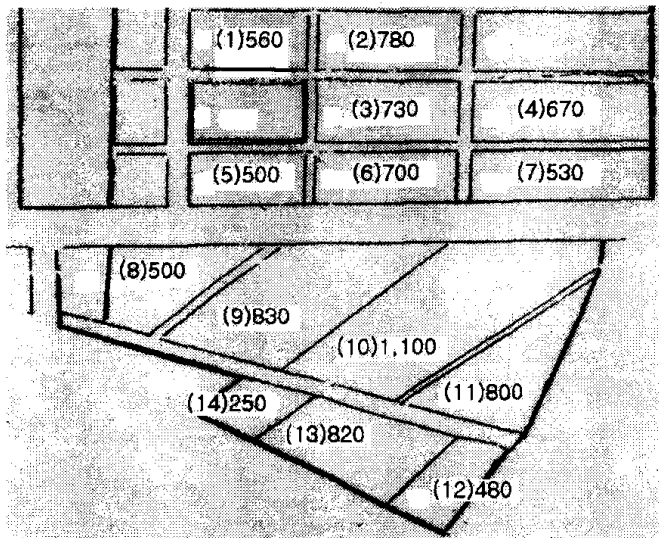


그림 2-4 포장의 개략도

전체 포장은 가운데 도로가 가로지르고 있으나 모두 한 곳에 집중해 있는 포장으로 볼 수 있으며 농기계 보관 창고 및 축사와의 거리도 모두 500m 반경 이내에 있어 단순히 형태의 측면에서 본다면 이런 조건은 기계화 작업에 유리한 면이 있다. 그러나 기본적으로 포장이 배수가 매우 불량한 관계로 가을철 벼 수확후에 논이 매우 습해져 맥류 파종작업에는 매우 불리하였다. 맥류 수확작업은 봄철인 4월말~5월 초순의 이앙 전에 이루어져 본 연구의 작업에서는 큰 문제는 없는 것으로 나타났는데, 보고에 의하면(신승열, 2001) 농촌 현장에서는 맥류 조사료 수확시 주변 논의 물대기 작업으로 인해 작업 곤란이 야기되고 있는 것으로 조사되었다.

그런데 순수하게 포장의 크기만 평가한다면 포장의 규모가 가장 큰 것이 1,100평 정도로 소규모인데, 특히 대규모 작업을 해야하는 조사료의 생산 작업을 위한 단위 면적으로는 매우 적은 것으로 판단된다. 위와 같은 정도의 면적은 우리나라 논의 일반적인 형태로 보여지는데, 지금까지 계속적으로 진행되고 있는 경지정리의 면적은 30~40a 정도이고 현재 전체 논면적의 약 60%의 경지 정리가 완료되었다(농업기계연감, 1999). 그런데 신규로 조성되는 대규모 논의 단위 면적은 1~2 ha 단위이며 보고에 의하면(김학규, 1996) 향후 대형 기계의 투입을 고려한다면 2ha 규모의 경지가 적합한 것으로 예측되어졌다. 따라서, 답리작 맥류

조사료 생산작업은 30a ~ 2ha 규모의 단위 포장에 대해 평가해야 할 것으로 판단된다.

나. 답리작 맥류 랩-사일리지 생산작업의 개요

본 연구에서의 답리작 맥류 랩-사일리지의 생산은 3년간에 걸쳐 실시되었으며 모두 동일한 포장에서 이루어졌다.

1차년도의 파종작업은 경운후 광산파의 방법을 택하였고 파종 시기는 11월 중순으로 당시 일기불순에 의한 콤바인 작업의 지연과 논의 마르지 않은 관계로 상당히 늦은 시기의 파종이 이루어질 수 밖에 없었으며 파종 상태도 매우 불량하였다. 그러나 2차년도에 있어서는 이러한 문제점들을 해소하기 위하여 벼를 수확하기 전에 맥류를 논에 산파하는 입모중 파종을 실시하였다. 이로써 1차년도와는 달리 보다 적기에 맥류를 파종할 수 있었다. 3차년도에는 2차년도와 같이 입모중 파종을 실시하여 단기간 내에 적기에 맥류를 파종하였다. 또한 3차년도에는 파종시 콤바인 탑재형 보리 파종기에 대한 간단한 테스트를 실시하였다.

랩-사일리지 수확작업은 1, 2, 3차년도의 작업 내용이 부분적으로 상이한 내용을 포함하고 있으나 전체적으로는 동일한 공정으로 작업이 진행되었다. 특히 1, 2차년도에는 첨가제의 투입을 수작업으로 실시하였으나 3차년도에는 첨가제 자동 투입 장치로 투입하여 보다 편리하게 작업을 실시할 수 있었으며 또한, 첨가제의 투입도 균일하게 이루어질 수 있었다. 전체 작업의 개요를 표 2-38에 나타내었다.

표 2-38 랩사일리지 생산 작업내용의 요약

구분	1차년도		2차년도		3차년도	
	대맥	호맥	대맥	호맥	대맥	호맥
파종 시기	98/11/14~17일		99/10/18일~19		00/10/10~11	
수확 시기	99/4/23~24	99/5/11~13	00/5/8~10	00/5/8~10	01/5/16~18	01/5/16~18
면적	2,200	7,000	3,800	3,200	1,200	7,000
품종	올보리	코디악	올보리	쿨그레이져	올보리	단코
비고	* 대구지방 맥류 파종적기:10/20경 * 맥류 조사료 수확적기 : 보리(황숙기), 호맥(유숙기)					

## 다. 공정별 작업 내용 및 기계화 생산기술 분석

### 1) 파종 작업 상세 내용

1차년도의 파종에서 수확까지의 작업은 2명의 인원이 2대의 트랙터(43ps, 54ps)를 이용하였으며 위에서 언급한 바와 같이 1차년도의 경우 파종은 경운후 광산파(벼 수확후 비료 살포 → 경운 → 파종, 복토)의 방법을 택하였고 2차년도에는 벼 수확전 입모중 산파(벼수확 전 → 종자의 산파 → 콤바인 수확 → 콤바인 작업시 세질 벧짚으로 종자를 피복 → 비료 살포)를 실시하였다. 입모중 산파의 작업은 작업자 1명이 휴대용 동력 분무기 이용하여 실시하였다. 또한, 비료 살포는 파종 작업 이후에 트랙터 이용하여 살포하였다. 3차년도에도 2차년도와 동일하게 벼 입모중 파종을 실시하였는데, 이와 함께 부분적으로 콤바인 탑재용 보리 파종기로 파종을 실시하여 그 성능을 테스트하였다.

### 가) 1차년도 파종 작업 (경운 후 광산파)

본 연구에서 이용된 파일럿 농장은 경북대학교 부속농장으로서 약 3ha의 논에 벼를 재배하고 있다. 그런데 본 연구의 1차년도에는 농장측의 사정으로 벼 수확이 약간 지연되었고 강우로 인한 논의 배수불량으로 파종 시기가 대폭 지연되었다. 또한 본 농장 논의 토양은 점질토로서 배수가 매우 불량한 논으로 맥류재배에는 매우 적합치 못하였다. 대구 지방 파종적기는 10월20일 경이지만 실제로 11월9일에 로타리 작업을 시도하였다. 그러나 역시 토양에 습기가 대단히 많아 경운작업이 불가능하여 일주일 뒤에 파종작업을 실시하였다. 파종시에는 만파 대비하여 다음의 조치를 취하였다.

①만파(늦은 파종)의 경우 보리 재배에는 대단히 불리하므로 보리 파종 면적을 줄이고 파종량을 100평당 5~6kg으로 늘렸고 아울러 월동력이 강한 호맥을 7,000 평 파종하여 파종 완료하였다. ②또한 보리의 파종 시기 늦어 수량 감소 우려하여 보리를 파종한 1,500평에는 보온 비닐을 설치하여 발아율을 높이도록 하였다. 또한, ③포장의 상태 불량으로 경운 후의 토양의 입자가 너무 굵어 세조파 방식에서 산파 방식으로 파종방법을 변경하였다. 작업 내용을 요약하면 표2-39와 같다.

표 2-39 1 차년도 파종 작업 내용의 요약

일자	작업	작업내용	면적	작업 방법
98/11/14	시비, 경운	비료살포 + 경운(로타리)작업	9,200 평	* 비료살포: 43ps 트랙터+비료살포기 * 로타리 작업: 54ps 트랙터+200cm 로타리 43ps 트랙터+160cm 로타리
98/11/16	보리 파종	보리 종자 살포 + 경운(로타리)작업	2,200 평	* 종자살포: 43ps 트랙터+비료살포기 * 로타리 작업: 54ps 트랙터+200cm 로타리 43ps 트랙터+160cm 로타리
98/11/17	호맥 파종	호맥 종자 살포 + 경운(로타리)작업	7,000 평	* 종자살포: 43ps 트랙터+비료살포기 * 로타리 작업: 54ps 트랙터+200cm 로타리 43ps 트랙터+160cm 로타리

이러한 방법으로 맥류 종자를 산파하는 데에 소요된 시간을 조사한 결과 140분/600평이 소요되었다. 아래 그림2-5와 그림2-6에 비료와 종자를 살포하는 장면과 로타리 경운 작업을 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 경운후의 쇠토 입자가 굵음을 알수 있다. 또한 호맥과 보리의 생육장면을 그림2-7과 그림2-8에 나타내었는데, 호맥의 경우는 부분적으로 생육이 안된 부분이 있었지만 출수기 전후로 많이 회복하였으나 보리의 경우는 그림과 같이 생육상태가 매우 불량하였다. 파종시기가 지연되고 또한 경운 쇠토의 입자가 굵어 종자를 충분히 보온하지 못한 관계로 많은 양이 월동에 실패한 것으로 판단된다.

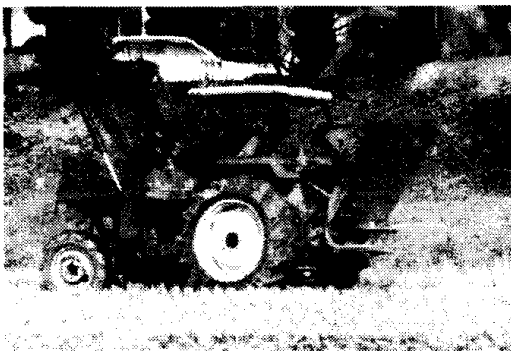


그림 2-5 경운전의 비료 살포 장면



그림 2-6 종자 살포후의 경운작업



그림2-7 호맥의 생육상태



그림2-8 대맥의 생육상태

나) 2, 3차년도 파종 작업(입모중 산파)

본 연구의 2, 3차년도에는 1차년도의 파종 작업의 결과를 분석한 결과 적기의 파종이 이루어지지 않으면 다음 해의 수량이 대단히 저하될 수 밖에 없다고 판단하였다. 배수가 매우 불량한 습답에서 적기에 파종하기 위해서는 무경운 파종이 이루어져야 하며 따라서 2, 3차년도에는 입모중 파종을 실시하였다. 파종 방법은 벼의 콤바인 수확전(약 7일 이내)에 맥류 종자를 미스트기(살분무기)에 투입하여 약제 살포식으로 파종을 하였으며 작업 소요시간은 30분/600평 이 소요되었다. 작업내용을 요약하면 표2-40과 같다.

표 2-40 2, 3 차년도 파종 작업 내용의 요약

구분	일자	작업내용	면적	작업방법
2 차 년도	99/10/ 18	호맥 산파 보리 산파	480평 560평	* 호맥 40kg 2인 인력 산파 * 보리 47kg 1인 동력 살분기 산파
	99/10/ 19	호맥 산파 보리 산파	2,720평 3,240평	* 1인 동력 살분기 산파
3 차 년도	00/10/ 10	호맥 산파 보리 산파	2,430평 560평	* 1인 동력 살분기 산파
	00/10/ 11	호맥 산파 보리 산파	4,560평 500평	* 1인 동력 살분기 산파

파종후에는 콤바인으로 벼를 수확할 때 동시에 벼짚을 세절하여 종자 위에 피복하였다. 1차년도와는 달리 파종작업이 매우 원활하고 신속하게 완료되어 농민들에게 권장하고 싶은 작업방법으로 나타났다. 그림 2-9, 2-10에서는 99년 10월 실시한 입모중 파종 및 비료 살포의 장면을 보여주고 있으며 그림 2-11에서는 월동중의 호맥의 상태를 보여주고 있다. 98년도 파종 상태와 대비하면 매우 우수한 상태임을 알 수 있었다. 또한 그림 2-12에서는 2000년 5월경 수확직전의 생육상태를 보여주고 있는 데, 매우 양호한 성장을 보이고 있다.



그림2-9 벼수확 전 입모중 산파

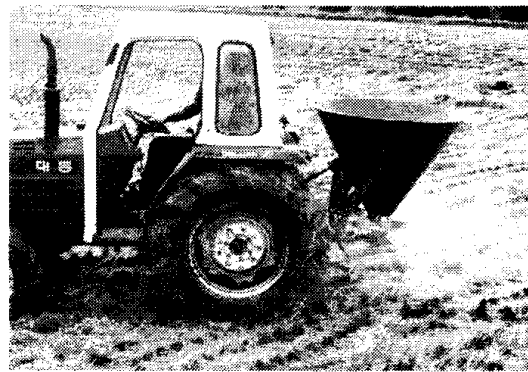


그림2-10 콤바인 수확후의 비료살포



그림2-11 월동 중의 호맥(2000.2)



그림2-12 수확직전의 호맥(2000. 5)

또한, 3차년도에는 콤바인 탑재형 벼수확 동시 맥류 파종기를 이용하여 600평 규모의 논에 보리를 파종하였다. 작업 방법은 구비된 파종장치에 보리를 채우고 보리 종자의 배출



량을 조절한 후, 벼수확과 동시에 파종을 실시하게 된다. 따라서 작업자는 보리 파종 상태를 파악하기 어려우며 전적으로 기계의 작동에 의존할 수 밖에 없었다. 그림 2-13과 2-14에 작업장면을 나타내었다.



그림2-13 파종장치의 장착상태

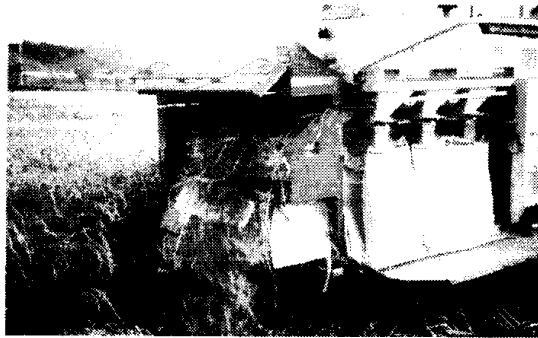


그림2-14 파종후 벧짚 피복 장면

작업 결과, 파종 작업시의 중요 문제점을 발견할 수 있었는데 요약하면 다음과 같다.

- ①직선 작업시의 파종은 원활히 수행되었으나 콤바인 선회시에는 콤바인 자체의 관성에 의한 흔들림으로 인하여 종자 몰림 등의 현상이 나타나 살포 상태가 좋지 않았음
- ②콤바인 후진시는 종자 배출이 중단되도록 되어 있으며 전진하는 경우에 다시 종자가 배출되게 된다. 이 때, 콤바인의 전후진 작동과 종자 배출 장치의 작동이 일치하지 않아 종자의 중복 살포가 발생하였음.
- ③종자의 살포 중에 종자관에 막힘이 발생하여 상당 구간 파종이 되지 않는 현상이 발생했으나 작업자는 이를 감지하지 못하였다. 또한 감지했다고 하더라도 상당 거리를 지난 후에 작업자가 상황을 파악할 수 있어 구간별로 파종이 안되는 현상을 막기가 어려웠음.

이상과 같이 콤바인을 이용한 파종은 작업의 편리성과 경비 절감이 가능한 것으로 보이지만 아직은 작업상의 문제점이 많은 것으로 판단되어 본 연구에서의 파종 작업에서는 이 방식의 파종은 배제하였다.

## 2) 수확 작업 상세 내용

1, 2, 3차년도 수확 방법은 제시된 기계화 일관 작업의 방법으로 시행하였다. 수확 작업의 절차를 요약하면 호맥 및 대맥의 재배 → ①예취(모어) → ②예건 → ③집초, 반전(레이크) → ④수집, 압축, 결속(베일러) → ⑤피복, 밀봉(베일 랩퍼) → ⑥적재(사일리지 핸들러) → ⑦운반(트레일러) → ⑧저장(사일리지 핸들러)의 순서로 작업이 진행되었다.

### 가) 작물 재배 현황 및 수확 일정

아래의 표2-41, 2-42, 2-43에 3년간에 걸친 농장에서의 작업 내용을 요약하여 나타내었다. 1차년도에는 가을에 파종된 보리 2,200 평과 호맥 7,000 평은 파종시기 늦고 파종시의 배수불량으로 인하여 작황이 좋지 않았다. 보리의 경우는 만파에 따른 대비책으로 비닐 피복까지 실시하였다. 이후 수확시에는 비닐을 피복한 포장에서는 출수의 시기도 빨랐고 재배 상태도 매우 좋았다. 그러나 비닐 피복 작업시 여러사람이 동원되었고 바람에 비닐이 벗겨지기도 하여 매우 번거롭고 경비가 많이 소요되었다. 따라서 비닐 피복 등의 조치는 맥류 재배에 있어 권장할만한 사항이 아닌 것으로 판단되었다. 두 작물의 수확적기는 유숙기에서 황숙기 사이지만, 보리의 수확은 비닐 피복을 한 포장의 경우 출수가 빨라 황숙기 초기로 추정되는 99년 4월 25일 수확작업 실시하였고, 호맥은 99년 5월 10일 유숙기 기간 중에 실시하였다.

2차년도와 3차년도에는 각각 적기에 파종하고 적기에 수확하였는데, 특히 호맥의 경우 2차년도의 품종이 koolgrazer로 대표적인 조생종이어서 수확을 5/10일 이전에 실시하였고 1, 3차년도의 품종은 각각 kodic 및 danco로서 만생종인 관계로 수확이 2차년도 보다는 늦게 실시되었다.

표2-41 1차년도 작업 내용 요약

일자	작업	작업내용	면적	작업 방법
99/4/23~24	전공정	대맥, 호맥	4,420 평	*각 공정별 예행 작업
5/11	예취	호맥	4,780 평	*43ps 트랙터+1.2m 드럼 모어
5/12	반전, 집초	호맥	4,780 평	*43ps 트랙터+3m 레이크
5/13	베일링	호맥	4,780 평	*54ps 트랙터+1.2m 베일러
	랩핑	호맥	4,780 평	*43ps 트랙터+1.2m 랩퍼
5/14	운반	호맥	28개	*54ps 트랙터+핸들러 *1 ton 트럭

표2-42 2차년도 작업 내용 요약

일자	작업	작업내용	면적	작업 방법
00/5/8	예취	대맥 예취	3,800 평	*54ps 트랙터+200cm 디스크 모어
00/5/9	수집 밀봉	대맥 집초, 베일링, 랩핑	3,800 평	*54ps 트랙터+3.0m레이크 *100ps 트랙터+1.2m 베일러 *45ps 트랙터+1.2m베일 랩퍼
	예취	호맥 예취	3,200 평	*54ps 트랙터+200cm 디스크 모어
00/5/11	수집 밀봉	호맥 집초, 베일링, 랩핑	1,300 평	*54ps 트랙터+3.0m레이크 *100ps 트랙터+1.2m 베일러 *45ps 트랙터+1.2m베일 랩퍼
	수집 밀봉	호맥 집초, 베일링, 랩핑	1,900 평	* 54ps 트랙터+3.0m 레이크 * 100ps 트랙터+1.2m 베일러 * 43ps 트랙터+1.2m 베일 랩퍼
00/5/12	운반	랩-베일 적재, 운반, 하역	28 개	* 54ps 트랙터+핸들러, 4 ton 트럭

표2-43 3차년도 작업 내용 요약

일자	작업	작업내용	면적	작업 방법
01/5/16	예취	대맥, 호맥	3,270 평	*54ps트랙터+2.0 디스크 모어
	수집, 밀봉	대맥, 호맥	3,270 평	* 54ps 트랙터+3.0m 레이크 * 100ps 트랙터+1.2m 베일러 * 43ps 트랙터+1.2m 베일 랩퍼
5/17	예취	호맥	4,780 평	*54ps 트랙터+2.0m 디스크 모어
5/17	수집, 밀봉	호맥	4,780 평	* 54ps 트랙터+3.0m 레이크 * 100ps 트랙터+1.2m 베일러 * 43ps 트랙터+1.2m 베일 랩퍼
5/14	운반	호맥	54개	*54ps 트랙터+핸들러

## 나) 사일리지의 가공 방법 및 생산량

본 파일럿트 농장에서 수확된 대맥 및 호맥은 다음의 3가지 방법으로 가공을 하였다.

①무처리: 예취된 맥류를 전처리없이 랩핑하여 사일리지로 가공함

②개미산 첨가: 예취된 보리의 집초열 또는 베일에 개미산을 첨가하여 랩핑작업을 실시하였고 첨가량은 재료의 건물량 대비 개미산 첨가 비율이 3% 수준이 되도록 개미산을 물에 희석하여 재료에 투입

③유산균 처리: 예취된 보리의 집초열 또는 베일에 유산균을 첨가하여 랩핑 작업을 실시하였고 1300평당 약 150~200g의 유산균제가 첨가되도록 25ℓ의 물에 희석하여 재료에 투입

## 2. 답리작 맥류 랩-사일리지 기계화 수확 작업의 공정별 특성

본 연구에서는 위와 같은 일정으로 맥류 랩-사일리지의 생산 작업을 수행하였으며 각 작업을 실제 포장에서 실시한 결과 및 특징을 아래에 기술하였다.

### 가. 예취작업

1차년도에는 작물의 예취시 트랙터 부착용 드럼식 모어를 사용하였는데 모어가 트랙터의 후방에 부착된 관계로 논의 가장자리 부분은 트랙터의 폭만큼 인력으로 또는 보행형 예취기로 미리 예취하였다. 이에 따라 인력 및 시간의 낭비가 발생하고 한 포장 내에서의 작물 간의 건조 정도가 달라 베일 작업시의 함수율이 균일하지 못하게 되고 사일리지 품질의 저하가 우려되었다. 2, 3차년도에는 보다 작업 능률이 높은 디스크형의 모어로 예취 작업을 수행하였다. 1차년도의 드럼 모어를 이용한 보리의 예취 작업시는 드럼 몸체에 작물이 부딪히면서 배출되어 보리 알곡의 탈립이 심하였는데 디스크형인 경우 알곡의 탈립방지에는 유리한 것으로 판단되었다. 그리고, 작물의 예취시 칼날 회전부의 노출이 드럼식보다 커서 고속 작업시 포장이 불균일할 경우 파손의 우려가 있으므로 요철부에서의 작업에 유의해야 한다. 또한 1차년도와는 달리 가장자리를 보행형 예취기 등으로 먼저 예취하지 않고 가장자리 부분 작업시 트랙터가 작물을 밟으면서 작업을 수행하였는데, 호맥의 경우 수확에 큰 지장은

없는 것으로 판단되었다. 그러나 대맥의 경우는 작물의 키가 적어 호맥에 비해 예취시의 손실이 큰 것으로 판단되었다. 다소 수확이 어려운 부분이 있었으며 따라서 다양한 작물에 대한 예취 작업으로 고려한다면 전방에서 동력을 취출할 수 있는(front p. t. o) 트랙터를 개발하여 전방 부착형 모어를 사용해야 할 것으로 판단되었다.

작업 능률은 20분/600평 정도였으며 그림2-15 에 트랙터 부착형 디스크 모어를 이용한 작업 광경을 나타내었다.



그림 2-15 디스크 모어를 이용한 예취작업

#### 나. 반전, 집초작업

반전, 집초작업은 레이크를 트랙터에 부착하여, 예취되어 포장에 방치된 작물을 반전시 키거나 집초열을 형성한다.

반전 작업은 기본적으로 작물의 건조를 촉진하기 위해서 실시되었지만 작물이 예취되어 포장에 방치되면 표면이 노출된 작물은 말라있고 밑에 깔린 작물은 함수율이 높으므로 베일 작업 전에 작물을 반전시켜 골고루 말리는 작업이 필요한 것으로 판단된다. 이는 예견 시간에 1회 정도의 반전으로 충분한 것으로 판단된다.

또한, 집초열을 만드는 집초작업은 베일러에 의한 베일 작업이 용이하도록 하여야 빠른 베일 작업이 이루어 질 수 있다. 즉, 형성된 집초열의 집초량이 많을 경우 베일러 공급부가 막히고 작물의 제거 작업에 시간이 많이 소요되며 기계 파손의 우려도 있다. 한번 공급부가

막히게 되면 공급부의 작물을 제거하고 작업을 다시 시작하는 데에 많은 시간이 요구되므로 포장 손실이 커진다. 또한 집초열의 집초량이 균일하게 되지 못하면 트랙터의 움직임도 정상주행과 서행을 반복하므로 작업 능률이 매우 저하된다. 따라서 세심한 집초 작업으로 집초열의 두께가 균일하고 직선을 이루도록 작업해야 한다. 또한 작업전 지면과 레이크의 끌어올림 봉의 간격을 잘 조절하여야 한다. 간격이 좁을 경우 베일에 흙이 많이 들어가게 되고 간격이 넓을 경우 집초작업이 불량하게 된다. 레이크를 이용하여 집초작업을 실시할 경우 작업의 진행 방향에 유의해야 한다. 즉, 앞서의 모어 작업시 재료를 예취하면 작물의 이삭부는 전방을 향하게 되고 레이크 작업의 경우 모어 작업시의 작업방향과 동일한 방향으로 작업을 해야하는데, 그렇지 않으면 레이크의 타인부가 알곡부에 직접 닿게 되어 특히 보리의 경우 알곡의 탈립이 우려된다.

작업 결과 집초 작업의 작업 능률은 10분/600평으로 조사되어졌다. 그림2-16에 예건 중의 작물의 반전작업을 나타내었고 그림2-17에서는 베일링하기 위해 재료를 집초하여 집초열을 만들고 있는 장면이다.



그림2-16 테더에 의한 반전작업



그림 2-17 레이크에 의한 집초작업

#### 다. 베일작업

베일 제조는 예취되어 포장에 방치된 작물을 베일러를 이용하여 작업하게 되는데 초지와는 달리 답리작의 경우는 흙먼지가 많이 발생하여 베일의 품질 저하를 가져올 수 있으므로

로 베일러 작업시 세심한 주의가 필요하다. 베일은 밀도가 높을수록 사일리지 제조에 유리한 데, 원형 베일러의 경우 약 350~400 kg/㎡정도가 된다. 따라서 베일러 작업시 압축 압력이 충분한 상태에서 베일을 배출하여 베일의 밀도 저하가 없도록 해야 할 것이다. 형성된 집초열의 집초량이 많을 경우 베일러 공급부가 막히고 작물의 제거 작업에 시간이 많이 소요되며 기계 파손의 우려도 있어 세심한 집초 작업이 선행되어야 한다. 그리고, 포장이 직사각형의 형태가 아닌 경우 집초열의 형성이 불균일하여 베일링 작업시에도 효율이 매우 떨어졌다. 베일 작업은 고속으로 이루어지는 데 포장 내에 배수토가 있을 경우 충격에 의한 기계의 손상이 발생하거나 작업 속도를 늦춤에 따른 작업의 효율성이 떨어지게 된다. 따라서 배수로 형성시 포장의 가장자리에 배수토를 형성하는 것이 좋다.

베일 작업 직전에는 집초열에 유산균 또는 개미산 등의 첨가제를 살포하여 사일리지의 품질을 향상시키기 위한 작업을 하게 되는 데, 이 때 베일러에 분사장치를 장착하여 용액상태의 첨가제를 살포하면 쉽게 작업이 이루어질 수 있다. 본 연구에서의 개발될 사양에서는 위의 분사 장치가 없어 1, 2차년도 작업에서는 수작업으로 첨가제를 살포하였다. 그러나 3차년도에 분사 장치를 추가로 제작하여 작업을 실시해야 할 수 있었으며 이에 따라 첨가제 작업이 매우 간편해졌다.

베일 작업의 능률은 20분/600평이었으며 수작업 및 기계장치에 의한 첨가제 살포 장면, 베일링 작업 장면을 그림2-18, 그림2-19, 그림2-20에 나타내었다. 또한 베일러에 의해 압축, 결속이 완료된 사진을 그림2-21에 나타내었다.

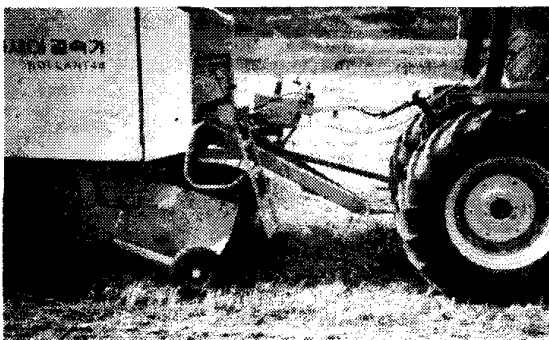


그림2-18 장치에 의한 첨가제 살포

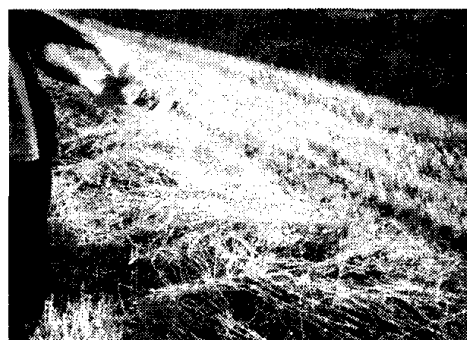


그림 2-19 수작업 첨가제 살포



그림 2-20 베일러에 의한 압축, 결속 작업



그림 2-21 압축, 결속이 완료된 베일

#### 라. 랩핑작업

베일된 작물을 단시간 내에 랩핑하지 않을 경우 베일에서 호흡에 의한 열과 수분이 발생하여 베일의 형태가 파손되어 랩핑이 불가능하므로 베일 작업을 실시한 당일 랩핑 작업을 실시해야한다. 일단 베일링이 된 베일은 무게가 매우 무거운데 베일을 pick-up하여 회전 테이블 위에 불안정하게 안착시킬 경우 베일 회전시 베일이 바깥으로 튀어나갈 우려가 있으므로 안전을 고려한 정확한 작업이 필요하다. 랩핑에 사용되는 비닐은 사일리지의 장기 밀봉에 있어 매우 중요한 역할 하므로 세심하게 살펴보아야 한다. 랩-비닐은 랩핑시 원래 길이의 약 20% 이상이 늘어나면서 재료를 밀봉하게 되므로 비닐에 실날같은 스크래치 등이 있어도 구멍이 발생하게 된다. 비닐에 구멍이 생기면 그 부분에 공기가 침입하여 변패가 일어나며 점차로 그 부위가 커지면서 장기적으로 사일리지 저장 중의 손실을 크게 증대시킨다. 따라서 이상이 있는 랩-비닐은 사용치 말아야 하며 랩-비닐의 보관시에도 건조하면서 통풍이 잘 되는 곳에 보관하여야 한다. 작업 능률을 측정하여본 결과 베일 1개 작업에 약 10분이 소요되었다. 작업 장면을 그림2-22에 나타내었다.



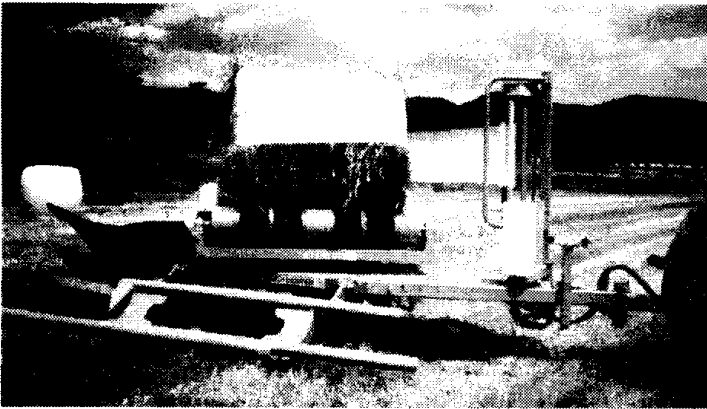


그림 2-22 베일랩퍼에 의한 램핑작업

마. 베일 운반 및 적재 작업

베일 운반은 트랙터에 부착된 사일리지 핸들러를 이용하여 작업하게 된다. 운반 및 적재시 핸들링을 부드럽게 하지 않을 경우 피복된 비닐이 찢어지기 쉽다. 비닐이 찢어질 경우 테이프 등으로 밀봉을 하게 되는데 오래지 않아 틈새가 발생하고 공기가 침투해 사일리지가 변질되므로 최대한 비닐이 찢어지지 않도록 주의해야 하고, 파손된 베일부터 급여를 하여야 한다. 작업 장면을 그림 2-23 에 나타내었다.

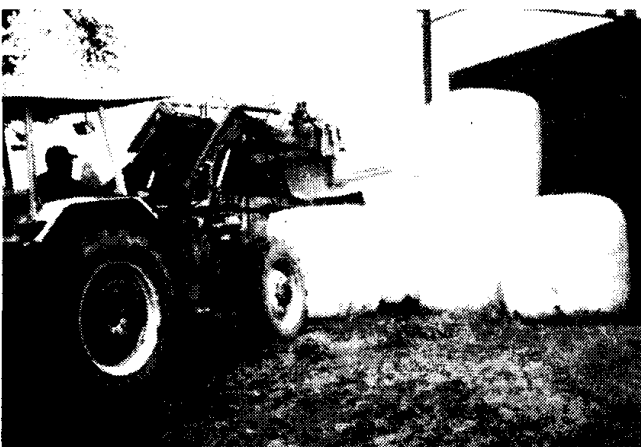


그림2-23 핸들러에 의한 베일운반, 적재

### 3. 랩-사일리지 기계화 생산작업의 실포장작업량의 고찰

앞에서는 공정별 ha당 소요작업일수를 이용하여 모델별 부담면적을 계산하였으며 아래에 다시 나타낸 2절의 식(2-8)과 같이 ha당 소요작업일수는 1일당 실포장작업량의 역수로 계산된다.

$$\text{공정별 ha당 소요작업일수(일/ha)} = 1/\text{1일 실포장작업량(ha/일)}$$

$$, \quad \text{1일 실포장작업량(ha/일)} = \text{실포장작업능력(ha/hr)} \times \text{실작업시간(hr/일)}$$

$$\text{실포장작업능력(ha/hr)} = \text{이론작업포장능력(ha/hr)} \times \text{포장작업효율(\%)}$$

$$\text{실작업시간(hr/일)} = \text{1일 작업가능시간(hr/일)} \times \text{실작업률(\%)}$$

따라서 부담면적은 모델별 작업의 공정 구성에 따라서도 그 크기가 달라질 수 있으나 대체로 공정별 1일 실포장작업량에 따라 부담면적이 결정되며 이에 근거하여 기계화 모델의 규모를 결정하게 된다. 따라서 부담면적의 계산시 정확하게 공정별 실포장작업량을 예측하여야하며 이는 생산비의 예측에도 직결된다. 정확한 실작업포장량의 계산을 위해서는 현실에 맞는 포장작업효율 및 실작업률을 구할 필요가 있는데, 답리작 맥류 조사료 생산 작업에 있어 파종작업은 종래의 작업과 동일하므로 국내의 기존의 데이터 이용에는 무리가 없는 것으로 판단된다. 그러나 수확작업의 경우는 국내에서의 관련 데이터는 전무하며 일본과 미국에서 조사된 내용들이 보고되고 있다. (Hunt, 1983 ; 岡村俊民, 1991)

그러나 이러한 데이터는 주로 초지에서의 포장작업에 대한 데이터로서 논에서의 생산작업과는 많은 차이를 보인다. 따라서 본 연구에서는 3년간의 답리작 맥류 조사료의 수확작업시의 데이터와 기보고된 데이터를 비교 분석하였다.

#### 가. 포장작업효율의 정의

농작업의 포장 작업에 있어 성능을 나타내는 지표로 작업 시간당의 포장작업량인 포장작업능률이 많이 쓰인다. 이 때 작업시간 모두가 실작업에 기여하는 것으로 가정하면 이론

포장작업능률을 구하게 되는데, 식(2-13)과 같다.

$$C_t = 0.1 (W \times S_h) \text{ -----(2-13)}$$

,  $C_t$  = 이론 포장작업 능률(ha/hr)

$W$  = 유효작업폭(m)

$S_h$  = 작업속도(km/hr)

그런데, 여기서의 작업시간은 포장내에서의 작업시간을 의미하는 것으로 실작업시간, 회행시간, 작업기 조정시간 등을 합한 시간을 의미한다. 따라서 작업시간 모두가 실작업에 기여하는 것이 아니며 실제 작업시는 작업이 이루어지지 않는 허실이 발생한다. 따라서 포장 작업효율은 다음의 식(2-14)으로 표시된다.

$$E = (C_a / C_t) \times 100 \text{ -----(2-14)}$$

,  $C_a$  = 실포장작업 능률(ha/hr)

$E$  = 포장작업효율(%)

#### 나. 실작업률의 정의

농작업시 하루 동안에 작업이 가능한 시간은 계절별로 지역별로 상이하다. 이러한 1일당의 작업시간에 대해 문헌에서는(岡村俊民, 1996) 지역별 월평균 일조시간에서 3시간(식사 및 휴식시간)을 뺀 시간으로 정의하고 있다. 그런데 이러한 1일당의 작업시간의 내용을 살펴보면 포장작업, 작업기 정비, 연료 보급, 작업기의 착탈, 농기계 보관창고에서 포장까지의 이동 등으로 구성된다. 따라서 실제 포장 내에서의 작업에 할애되는 시간은 1일당의 작업시간에 비해 적은 시간이며 실작업시간률은 1일당의 작업시간에 대한 실작업시간으로 정의된다.

식2-15에 실작업시간률을 나타내었다.

$$E_t = T_a / T_d \text{ -----(2-15)}$$

,  $E_t$  = 실작업시간률

$T_a$  = 실포장작업시간

$T_d$  = 1일당의 작업시간

일본에서 조사된(岡村俊民, 1991) 트랙터 이용 시간의 대략적인 비율은 포장내 작업시간 68%, 식사시간 제외한 휴식시간이 4~13%, 정비시간 8~9%, 이동시간 10%인 것으로 조사되었다. 또한 작업공정별의 실작업률도 조사되었는데, 본 연구에서는 국내에서 조사된 데이터가 전무한 관계로 조사된 내용을 그대로 적용하였다.

#### 다. 포장 작업 효율과 실작업률의 고찰

##### 1) 각 공정별 포장 작업 효율과 실작업률의 문헌 조사

포장작업효율과 실작업률의 조사는 기존의 알려진 문헌을 조사하였으며 결과를 뒤에서의 표2-47에 나타내었다.

##### 2) 실험 포장 작업시의 공정별 포장 작업 효율

본 연구에서는 앞서 언급한 포장에서 맥류 조사료의 수확작업을 실시하여 각 포장별 포장작업능률을 조사하였다. 또한 경주 지역 관내의 맥류 랩-사일리지 생산지역을 방문하여 포장 작업 능률을 조사하였다. 조사된 포장의 관련 데이터를 표2-44에 나타내었는데, 본 연구의 실험 포장 중에서는 ⑤, ⑩, ⑪번 포장을 선택하였다.

표 2-44 포장관련 데이터

포장번호	면적	형상	단변/장변	비고
실험 포장 ⑤	500평	직사각형	1/2	
실험 포장 ⑩	1,100평	직사각형	1/4	
실험 포장 ⑪	800평	삼각형	-	
경주 지역	10,000평	직사각형	1/3~1/4	* 6필지가 집속됨

위와 같은 포장의 구성은 ⑤번 필지의 경우 반듯한 소규모의 포장이며 ⑩번 포장은 비교적 중간 규모의 포장으로 분류할 수 있고, 또한 ⑪번 포장의 경우는 작업이 까다로운 삼각형의 포장이다. 따라서 실험 포장의 3필지의 포장작업효율은 현재 우리나라에서의 1~2ha의 대구획 필지를 제외한 평균적인 포장이라 할 수 있으며 경주지역에서 조사된 포장은 대구획 포장이라 할 수 있다. 이에 따라 조사된 포장 작업능률의 평균값을 표2-45에 나타내었다. 표에 나타낸 최소치는 본 농장에서의 측정치이며 최대치는 경주 지역 포장에서 조사된 값이다.

표2-45 조사된 작업능률 및 포장 작업 효율

작업공정	작업속도 (km/h)	작업폭 (m)	포장작업능률(ha/hr)		포장작업 효율(%)
			이론작업능률	실작업능률	
예취	7	2.0	1.4	0.6~0.8	43~57
반전, 집초	7	3.0	2.1	1.1~1.7	52~81
베일링	6	5.2	3.1	0.6~1.0	19~32
랩핑	-	-	0.67	0.5~0.55	75~82

조사된 실작업 능률 및 포장효율을 살펴보면 우리나라의 중소규모 평균 포장으로 볼 수 있는 실험 포장과 대구획 포장으로 평가할 수 있는 경주지역의 실작업 능률과 포장 효율은 많게는 2배까지도 차이가 날 수 있는 것으로 판단된다.

### 3) 우리나라에서의 담리작 랩-사일리지 작업시의 공정별 포장 작업 효율과 실작업률

이상과 같이 문헌으로 조사된 외국과 우리나라에서의 포장 작업효율 및 실작업률에 대한 데이터와 본 연구에서 실작업을 통하여 조사된 우리나라에서의 포장 작업 효율 데이터를 표2-46에 나타내었다. 표에서 보듯이 우리나라 포장에서의 포장작업 효율은 대구획 필지인 경우 외국 자료의 효율에 근접하고 있으나 중소규모의 포장의 경우는 효율이 매우 떨어지는 것으로 나타나고 있다.

표 2-46 포장 작업 효율과 실작업률

공정	항목	포장 작업 효율(%)			실작업률(%)		비고
		일본	미국	한국	일본	한국	
파종작업	로타리	75~85	-	78	85	68~85	
	구굴	75~85	-	-	85	-	
	시비, 직파	50~60	-	-	80	55~77	
	시비	50~60	-	-	80	55~77	
	광산파	50~60	-	-	80	55~77	
	입모중산파	40~60	-	54	75	69~82	
수확 작업	예취	75~85	65~85	43~57	85	-	
	예취업쇄	75~85	80~95	-	85	-	
	예건	-	-	-	-	-	
	반전	80~85	62~89	52~81	85	-	
	집초	75~85	62~89	52~81	85	-	
	베일링	50~60	40~50	19~32	80	-	
	랩핑	-	-	75~82	-	-	
	랩베일운반	-	-	-	-	-	
	목초 수확	60~70	50~76	-	80	-	
	목초 운반	-	-	-	-	-	
	건초 운반	-	-	-	-	-	

### 4. 랩-사일리지 생산작업의 결과 요약

#### 가. 생산작업의 결과 요약

본 연구에서 맥류 랩-사일리지 생산을 위해 경북대학교 부속 농장에서 작업을 실시한

결과를 요약하여 표2-47에 나타내었다. 작업의 결과는 모두 호맥 작업에 대한 결과만을 제시하였다. 보리의 경우는 작황이 불량하여 제외하였다.

표 2-47 포장 작업의 결과 요약

공정 작업명	파종		수확, 가공					운반
	경운산파	입모중산파	예취	예건	집초	결속	랩핑	운반
작업 가능일	20	20	15	-	15	15	15	15
작업 인원(명)	2	1	2					
작업면적(ha)	3							
작업능력(ha/hr)	0.086	0.4	0.4	-	0.53	0.4	0.4	0.4
연료비(원/ha)	65,000	1,563	35,906					
재료비(원/ha)	비료:118,500 종자:189,600		베일끈:64,650, 랩비닐:154,410 **첨가제:69,284					
베일 운반비(원/ha)	44,000							
비 고	* 함수율은 w.b. 50~65% **첨가제는 전체 생산량의 50%에만 투입							

#### 나. 수확량의 고찰

랩-사일리지의 생산작업을 실시하여 수확을 하고 그 생산량을 조사하여 본 결과를 아래의 표2-48에 나타내었다. 본 연구에서 생산된 생산량은 건물 기준으로 평균 약 7 ton/ha로, 축산기술 연구소에서 보고한 최적시기의 최대 생산량보다는 떨어지는 데, 이는 본 작업이 실시된 경북대학교 부속 농장이 맥류를 재배하기는 매우 어려운 배수 불량답임을 고려한다면 매우 좋은 성적이라 할 수 있으며 이는 파종방식을 입모중으로 실시함으로써 가능하였다.

표 2-48 수확량의 조사

구분	품종	수확량(ton/ha)		비고
		건물	TDN	
경북대	호맥	7.0	4.2	* 호맥 건물중 TDN(%) 60
*최대	호맥	12.8	7.4	* 축산기술연구소
생산	대맥	12.1	7.7	일반적으로 건물 8~12 ton/ha

## 5. 결론 및 요약

쌀 재배 지역에서 겨울철에 맥류를 파종하고 봄철에 랩-사일리지로 가공을 하여 가축(젓소, 육우)에 급여까지는 “경운 → 비료살포(기비) → 파종 → 비료살포(추비) → 제초 → 예취 → 건조 → 집초 → 결속 → 랩핑 → 적재 및 하역 → 운반 → 세절 → 저장”의 여러 단계의 기계화 작업을 수행해야 하고 그에 따르는 숙련된 생산 기술을 필요로 한다.

따라서, 본 연구에서는 약 9,000평 규모의 경북대학교 부속농장에서 답리작으로 맥류 랩-사일리지 생산작업을 수행하여 ①랩-사일리지 기계화 작업의 공정별 특성을 분석하고, ②양질의 맥류 사일리지를 생산할 수 있는 작업조건을 제시하며, 아울러 ③ 기계화 모델을 완성하는데 필요한 포장작업 관련 계수 등의 실제적인 자료를 수집하였는데, 그 결과는 다음과 같다.

가. 본 연구에서의 답리작 맥류 랩-사일리지의 생산은 3년에 걸쳐 실시되었다. 1 차년도에 파종작업은 1차로 경운 세조파 방식을 시도했으나 작업이 불가능하였으며 다시 경운후 광산파의 방법을 택하였는데 당시의 일기불순에 의한 콤바인 작업의 지연과 논이 마르지 않은 관계로 파종 시기가 지연되고 파종 상태도 매우 불량하였다. 이에 따라 다음 해의 작황이 함수율 건물 기준으로 4 ton/ha가 되어 일반적인 생산량 8~12 ton/ha의 절반 수준이었다. 그러나 2, 3 차년도에 있어서는 이러한 문제점들을 해소하기 위하여 벼를 수확하기 전에 맥류를 논에 산파하는 입모중 파종을 실시하여 단기간 내에 적기에 맥류를 파종하였으며 다음 해의 작황은 건물 기준 약 7 ton/ha의 생산량을 보였다.

수확 작업은 대맥의 수확적기인 호숙기, 호맥의 수확적기인 유숙기에 수확작업이 가능하여 약 3 ha의 수확작업에서는 수확적기의 선택에 전혀 무리가 없었다.

나. 랩-사일리지의 가공은 ①무처리, ②개미산 처리, ③유산균 처리를 각각 실시하여 제조하였는데, 개미산 처리의 경우는 작업이 약간 위험하고 시간 소요가 컸으며 유산균 처리의 경우는 자동 투입기를 이용할 경우 작업은 손쉽게 가능하지만 비용의 부담이 컸다. 전체적으로 첨가제 처리한 베일과 처리하지 않은 베일의 급여시 젓소의 섭취량에 차이를 보이지는 않았다.

예취 작업에서는 트랙터의 전방에 장착되는 모어의 개발이 필요하였다. 대맥의 경우는 알



곡의 탈립이 심하였으며, 특히 대맥의 키가 작은 관계로 예취시의 손실이 크게 나타났다.

집초 작업에서는 작업전에 타인과 지면과의 높이를 적당하게 조절하지 않으면 작물의 수집 손실이 커지거나 이물질의 혼입이 크게 일어났다.

베일 작업은 집초 작업의 영향을 많이 받아 집초열이 너무 크거나 균일하지 못하면 공급부 막힘 등이 발생하여 포장 작업 효율 저하의 큰 원인이 되었다.

랩핑 작업은 맥류의 원형 베일이 제조된 이후 적어도 24시간 이내에는 비닐 밀봉이 되어야 원형을 유지하면서 랩핑이 가능하였다. 또한, 밀봉시 비닐의 품질에 매우 유의하여야 한다. 비닐에 구멍이 있을 경우 저장 중 변패의 원인이 된다.

핸들러 작업에 유리한 최소의 비닐 두께는 운반 작업을 고려하면 4겹 이상이 좋은 것으로 판단된다.

다. 맥류의 파종 및 수확 작업은 주어진 작업공정을 모두 수행하면서 3ha를 경작하여 각각 2~3일의 단기간 내에 작업을 완료하였다. 파종과 수확 작업시 기계 자체의 문제로 인한 작업의 지연은 거의 없었으며 작업자의 맥류의 랩-사일리지 기계화 작업 경험이 매우 짧았음에도 불구하고 큰 문제점없이 작업이 수행되었다. 이는 랩-사일리지 기계화 작업의 현장 적용에 있어 단기간 내에 완성도 높은 작업이 가능할 것으로 판단된다.

또한, 조사되어진 포장 작업능률 및 포장 작업 효율은 각각, 예취 작업의 경우 0.6~0.8 ha/hr 및 43~57%, 반전 및 집초 작업은 1.1~1.7 ha/hr 및 52~81%, 베일링 작업이 0.6~1.0 ha/hr 및 19~32%, 그리고 랩핑 작업이 0.5~0.55 ha/hr 및 75~82%로 나타났다. 따라서 우리나라의 답리작 포장에서의 작업 성능은 그 규모에 따라 많은 차이를 보이며 이는 곧 해당 지역의 부담면적을 결정하게 되므로 포장 작업효율의 제고를 위한 여러 가지 노력들이 필요한 것으로 판단된다.

라. 랩-사일리지의 기계화 생산 및 가공 시험 결과 기계화 생산 작업은 우리나라 농촌에서 많이 쓰이는 54~60ps 트랙터를 이용하여 단기간 내에 성공적으로 작업을 완료할 수 있었다. 따

라서 우리나라에서의 맥류 탭-사일리지의 기계화를 통한 일관 작업의 적용 가능성은 충분한 것으로 판단되었다.

## 제4절 답리작 맥류의 랩-사일리지 가공 및 저장 조건

답리작 랩-사일리지는 수확 후에 재료를 절단하지 않고 원형으로 압축한 후에 비닐로 밀봉 피복을 하여 공기의 유입을 차단함으로써 15-20일 이상의 발효과정을 거쳐 안정된 사일리지를 생산하는 방법이다. 본 시험에서 생산된 원형 랩-사일리지는 직경이 120cm, 길이가 120cm, 무게가 약 500kg 정도로 1개의 중량이 무거운 편에 속한다.

따라서 사일리지의 가공과 저장에 있어 그 과정이 올바르게 못하면 큰 손실을 입을 수 있어 적절한 가공 및 저장 기준이 제시되어야 할 것으로 판단된다. 본 연구는 사일리지의 생산성과 품질에 영향을 미칠 수 있는 요인을 구명하는 것으로 본 연구 2년차와 3년차에 연구를 실시하였다. 2년차에는 생산된 호맥 및 대맥으로 사일리지 가공기술에 대한 주요 요인에 대해 살펴 보았으며 3년차에는 2년차의 요인 분석에 대한 추가 및 보완작업을 하고 사일리지의 저장시의 주요 요인에 대해 조사하였다. 그 결과를 아래에 기술하였다.

### 1. 랩-사일리지의 가공원리

랩-사일리지는 적정 함수율인 상태에서 베일러로 압축하여 공기를 배제한 후 랩-비닐로 밀봉하면 일정 기간이 지나 발효가 되는 데, 대략 그 단계를 4단계로 나누고 있다. 이 때의 사일리지 내의 산소, 미생물의 양과 pH는 서로 관계를 가지면서 변하게 되는 데, 그림2-24 에 사일리지 발효시의 전형적인 형태를 나타내었다.

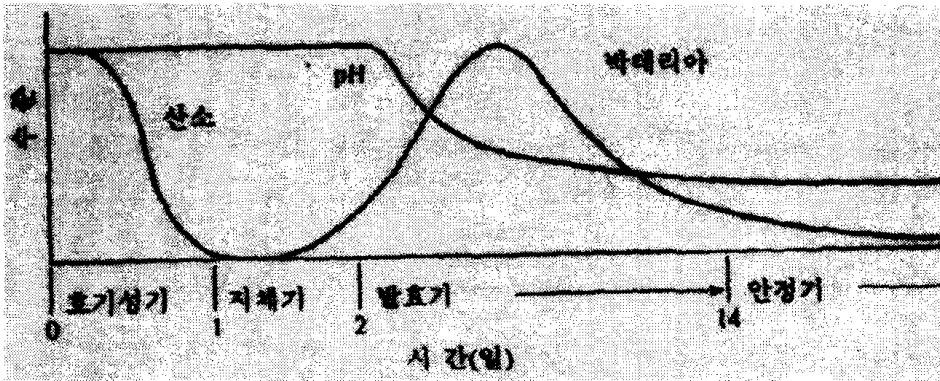


그림 2-24 사일리지의 발효 과정 ( 축산 기계학 )

발효의 첫 단계인 호기성기에서 재료는 예취가 된 상태이면서도 사일리지 내부 또는 재료 내부의 산소를 소모하면서 호흡을 지속하게 된다. 이 때 탄수화물이 소모되면서 다량의 당분이 생성되며 이는 차후 사일리지의 pH를 안정시키는 미생물의 영양원이 된다. 저체기에서는 세포 내부의 산소까지도 모두 호흡으로 소진하여 발효기에서는 완전한 혐기상태를 유지하여 젖산균이 급격히 증가하고 pH가 낮아진다. 이후 사일리지는 안정기에 들어서 안전한 상태가 되는 데 관행의 사일로에서 제조할 경우 pH 4.2이하가 되고 랩-사일리지의 경우 pH 5 전후를 유지한다.

랩-사일리지의 가공 및 저장시에 고려해야 할 인자는 여러 가지가 있으며 그 중에서 중요한 사항으로는 ①재배 품종의 선택, ②맥류 수확 적기의 선택, ③예건시의 건조 정도, ④발효 촉진을 위한 첨가제의 투입, ⑤밀봉 두께, ⑥예취후 밀봉까지의 소요 시간, ⑦랩-사일리지의 운반 및 적재 방법 등을 들 수 있다.

## 2. 재배 품종의 영향

### 가. 보리

겨울 재배용 사료작물은 반드시 월동기간을 무사히 넘겨야 하는데 지금까지 우리나라에 재배 되어온 겨울철 조사료 작물로는 호밀이 추위에 강하여 중부 이북지방에 적합한 것으로 나타났으며 남부지방에는 보리(대맥)가 적합한 것으로 나타났으나 연구결과에 의하면 보리의 사료

가치가 호맥을 능가하는 것으로 밝혀졌다. 그러나 본 연구의 결과 보리를 사일리지로 제조할 경우 몇가지의 문제점이 발견되었는데, 첫째로 기존의 보고에서 알려졌듯이 보리는 호맥보다 TDN이 높아 단위 면적당의 총 TDN 생산량의 측면에서는 호맥과 비슷한 결과를 보이고 있다. 그러나 현재 우리나라에서 절대적으로 필요한 것은 대량의 섬유질 조사료이며 따라서 건물 수량의 확보의 측면에서 본다면 보리가 호맥에 비해 불리한 것으로 판단된다. 두 번째로는 국내에서 공급 중인 보리 종자는 모두 사료용이 아닌 곡식용으로 쓰인다. 따라서 상대적으로 작물의 키는 작고 알곡은 많이 열리며 또한 알곡의 탈립이 보다 쉽게 일어난다. 보리의 사료 이용에 있어서는 알곡의 황숙기가 수확적이인데 이 때 베일링 작업을 실시한 결과 많은 알곡의 탈립이 발생하여 수확시의 손실을 증대시켰다. 따라서 향후 보리의 사료용 종자가 시급히 개발되어야 할 것으로 판단된다. 또한 세 번째로는 베일링 작업시의 이물질 혼입을 들 수 있는데, 보리의 경우는 작물의 키가 작아 베일러의 픽업부를 지상에 근접시켜 작업해야하고 이에 따라 흙이나 벧짚 등의 이물질 혼입이 많았다. 흙의 혼입은 사일리지 발효중에 생성된 유기산을 흙 속의 무기물이 중화시켜 pH 저하를 방해하여 양질의 사일리지 제조를 어렵게 한다. 특히 본 연구에서는 맥류의 파종을 입모종으로 하여 벧짚으로 종자를 피복한 관계로 재료를 수확할 당시 포장에는 분해되지 않은 벧짚이 남아 있어 베일 작업시 이물질 혼입에 더욱 불리하였다.

#### 나. 호맥

본 연구의 시험생산에 사용된 호맥 종자는 Kodiak 품종으로 만생종이며 국내에서는 Koolgrazer 품종 다음으로 많이 공급되어 있는 품종이다. 수확시 작물의 키가 150 cm를 상회할 만큼 키가 커서 수확기인 유숙기에서의 수량이 많고 알곡의 탈립이 거의 없어 포장에서의 손실은 보리에 비하여 적은 편이었다. 월동력 및 습답에서의 생존력이 보리에 비해 강하여 연중 안정된 수량의 랩사일리지 생산한 것으로 판단되었다. 가공 후 소에 급여시에는 세절 작업을 실시하지 않을 경우 작물의 길이가 길어 급여 손실이 매우 큰 것으로 나타났는데, 일반 농가에서 흔히 구할 수 있는 벧짚 절단기를 이용하여 급여한 결과 급여허실을 대폭 줄일수가 있었다. 그러나 호맥 종자는 자가 생산이 불가능하여 전량 수입에 의존하고 있

어 종자의 가격이 높고 국가적으로도 외화 낭비의 단점이 있어 이에 대한 보완이 필요하다.

### 3. 수확적기의 선택

맥류를 사일리지로 이용할 경우 수확 시기의 선정은 여러 가지 요인들을 고려하여 결정하여야 하는데 일차적으로 작물의 성숙 정도에 따른 단위 중량당의 에너지 함량, 사일리지의 섭취량, 사일리지 발효 중의 손실, 수확시의 생산량, 수확시의 포장 손실 등을 들 수가 있고 그 외 재배 지역 과 기후 조건 및 벼 생산과의 작업 시기 중복을 피하기 위한 파종 및 수확 시기의 조정등에 영향을 받을 수도 있다.

따라서 적기에 수확한다는 것은 지역별로 벼 이앙시기와 중복되지 않는 수확기간 내에서 작물별 에너지 이용율이 가장 큰 시기에 예취하는 것이 된다. 그러나 에너지 함량의 측면에서 본다면 그림 2-25에 나타낸 축산기술연구소의 연구 결과와 같이 대맥은 황숙기에 수확이 적기이며 호맥은 유숙기에 수확이 적기인 것으로 나타나 있다.

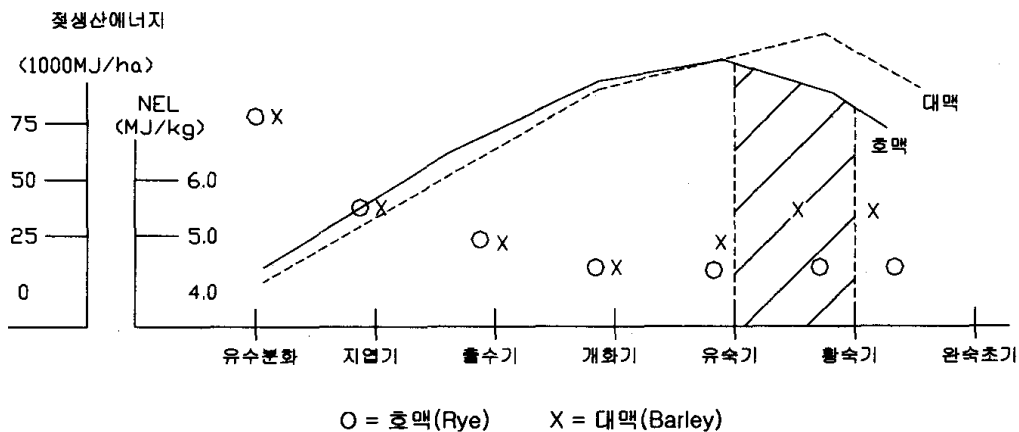


그림 2-25 답리작 맥류의 생육단계별 에너지 축적 형태(축산시험장, 1991)

본 연구에서의 시험 생산시는 앞서의 시험 결과에서 나타낸 바와 같이 수확작업을 보리의 경우 황숙기 초기에, 호맥의 경우 유숙기 초기에 실시하였다.

이 때 함수율은 작물이 성장하면서 점차 감소하는 추세를 보였고 단위 면적당 생산량

은 증가하는 추세를 보였다.

#### 4. 예건에 따른 함수율의 변화와 효과

사일리지 제조에서 재료의 함수율은 매우 중요하다. 양질의 사일리지를 제조하는 데에 있어 영향을 미치는 요인은 여러 가지가 있지만 실제 제조작업시의 기준이 되는 사항은 함수율이 큰 비중을 차지한다. 즉, 재료의 함수율에 따라 사일리지의 발효형태와 생산물의 특성이 달라지게 되므로 작업자는 상황에 맞게 재료의 함수율을 조절하여 사일리지를 가공하게 된다. 우선 사일리지는 함수율에 따라 다음과 같은 3가지로 분류할 수 있다(고영두, 2000).

##### ①고수분 사일리지

통상 작물 예취후 즉시 수확가공하는 사일리지이며 재료의 함수율은 70%를 넘게 된다. 이 방법은 이전에 시행되었던 방법으로 현재에는 옥수수 등의 당분 함량이 큰 재료에 한하여 그 속기를 지연시켜 함수율이 70% 이하일 때 예취 즉시 수확가공하고 있다. 함수율이 높으면 답압력을 증대시킬 수 있어 고온 발효를 방지할 수 있으나 지나치게 많은 수분으로 즙액이 다량 발생하여 건물 손실이 커지고 발효에 유해한 낙산균 등의 미생물 번식에 유리한 환경이 조성될 우려가 크다. 특히 상대적으로 당함량이 낮은 목초, 맥류 등에는 불리한 방법이다.

##### ②예건 사일리지

통상 예취 직후 일광건조를 통한 예건을 실시하여 재료의 함수율을 60~70%로 조절하여 사일리지로 가공한다. 재료를 기준 함수율에 맞게 조절하는 데에는 지역별로, 계절별로 소요 시간에서 많은 차이를 보인다. 통상 1일 정도 소요되는 것으로 알려지고 있으나 연구에 의하면(김종근, 1996) 우리나라 경기도에서 4월경 호밀을 건조하였을 때 0.5일 정도 소요되는 것으로 나타났다. 그러나 본 연구의 조사결과에 의하면 대구지역에서 4월경에 건조할 경우 역시 0.5일 정도 소요되나 답리작의 경우 5월경에 수확하는 것으로 보아야 하며 이 경우 벌이 좋을 경우 약 2~3시간 일광 건조로 함수율 60~70% 유지가 가능한 것으로 보였으며 오히려 초기 건조 속

도가 빨라 실작업시 함수율 60~70% 유지하는 데에 어려움이 있었다. 이 방법은 일반적으로 트랜치 또는 벙커 사일로를 이용하는 경우에 많이 사용하며 이 경우 즙액의 발생이 적당하고 발효가 양호하게 진행되어 품질과 보존성이 우수한 것으로 보고되고 있다.

### ③저수분 사일리지(헤일리지)

함수율 50~60%의 사일리지를 저수분 사일리지(헤일리지)라고 하고 1960대 미국에서 개발된 방법으로 보고되고 있다. 이 방법은 재료의 수분이 낮아 답압력이 낮고 따라서 공기 침입의 방지에 주의해야 하므로 이제까지는 기밀 사일로에만 적용되어왔다. 재료의 함수율이 낮은 관계로 발효가 억제되고 따라서 pH가 높게 형성되므로 기밀유지가 안될 경우 고온 발효, 2차발효 등의 우려가 커지게 된다. 또한 예건 기간이 통상 1~2일정도 되는 것으로 알려져 비용의 측면에서도 불리하다.

그러나 본 연구에서 실시한 맥류의 랩-사일리지 방법은 랩-비닐을 이용하여 500kg 단위의 압축된 베일을 개별 밀봉하므로 저수분 상태에서 사일리지를 가공하여도 기밀유지가 용이하므로 고온발효, 2차발효 등의 우려가 매우 적다. 또한 발효가 제한되므로 건물의 손실이 줄어들고, 낙산균 등의 발효에 유해한 미생물은 재료의 함수율이 낮을 경우 성장이 극히 제한되므로 불쾌한 냄새가 없고 기호성이 좋아지는 등 사일리지의 품질이 향상된다.

예건 기간의 경우도 본 연구의 조사결과에서는 우리나라 대구 지방에서 5월 초순에 예건을 실시하여 약 4~8시간의 일광 건조로 함수율 60~50%를 유지할 수 있는 것으로 판단되어 예건에 따른 영양분 및 건물의 손실은 우려하지 않아도 되며, 오히려 짧은 시간에서의 급속한 수분 건조는 사일리지의 품질을 한층 향상시키는 결과가 된다.

이상에서 살펴본 바와 같이 본 연구에서의 랩-사일리지는 예건 사일리지, 또는 저수분 사일리지 상태의 사일리지 가공이 이루어질 수 있으며 재료 함수율 40~65%의 넓은 범위의 사일리지 제조가 가능할 것으로 판단되고, 이로써 다양한 지역, 기후, 토양 조건에 대한 생산성의 보장이 가능한 것으로 판단된다. 아래에 본 연구에서 조사한 예건에 따른 함수율의 변화와 그 효



과를 나타내었다.

가. 수확시기에 따른 함수율의 변화

재배되는 작물들은 생장에 따라 함수율의 변화가 나타나는데, 일반적으로 영양생장기 이후의 생식생장기에는 성숙도가 진행됨에 따라 함수율이 감소하는 것이 일반적이다. 호맥이나 대맥같은 맥류에 있어서도 마찬가지인데, 본 연구에서의 조사결과 예취당시의 재료의 함수율은 그림 2-25와 같이 나타났다.

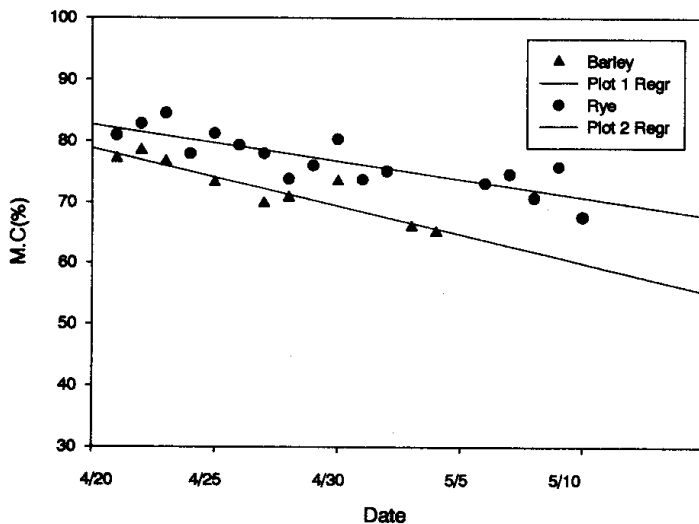


그림2-25 대맥 및 호맥의 예취시기별 함수율 변화

본 연구에서 이용한 호맥 종자는 1년차에는 만생종인 Kodiak, 2년차에는 조생종인 Koolgrazer, 3년차에는 중생종인 danco를 이용하였으며 그 파종시기 및 예취 당시의 함수율은 표 2-49와 같다.

표 2-49 호맥의 종자별 파종시기 및 숙기

년도	품종	파종시기	예취시기	예취시의 함수율
1차년도	Kodiak	전년도 11/10	5/11	73%
2차년도	Koolgrazer	전년도 10/20	5/8	75%
3차년도	danco	전년도 10/15	5/16	75%

따라서 본 연구의 예취시기에서의 함수율은 호맥이 73~75%를 유지하였다. 보고(권찬호, 1991) 등에 의하면 호맥 품종별 출수기 함수율은 표2-50과 같이 나타났는데, 본 연구에서 얻어진 결과보다는 재료의 함수율이 높은 것으로 나타났다.

표 2-50 호맥의 종자별 수확시 함수율

품종	파종시기	출수기	함수율
Wintermore	10/30	4/29	81.6
Kodiac	10/30	5/8	83.1

자료: 권찬호(1991)

#### 나. 예건 일수에 따른 함수율의 변화

호맥이나 대맥은 수확시기에 따라 다소 차이가 나지만 대부분 함수율이 70~80% 정도로 되고 있어 본 연구에서의 실험 결과와 기존의 연구 결과에 의하면 랩-사일리지 제조에 적합한 함수율인 50-60% 보다 매우 높은 수분을 가지고 있는 것으로 나타났다. 이렇게 고함수율인 재료를 곧바로 랩-사일리지로 제조할 수는 없으며 재료를 일광 건조하여 적정 함수율로 맞추어 가공해야 한다. 따라서, 본 연구에서는 적정 함수율로의 건조에 소요되는 기간을 알아보기 위하여 파일로트 농장에서 4월 말 부터 5월 중순사이에 각각 유숙기 및 황숙기 초기로 추정되는 호맥 및 대맥을 예취하여 포장에서 일광건조를 실시하여 함수율의 변화를 살펴보았다.

시험 결과에 의하면 우선 초기 함수율이 높고 전체적인 외기온이 20~25℃ 정도(99년도 대구지방)인 4월 20일 전후의 함수율 변화는 예취 후 1일이 지나면 약 65~70%, 이틀이 지나면 약 50~60% 전후가 되는 것으로 나타났다. 그런데 5월 10일 전후에 예취할 경우는 재료의 초기 함수율이 약 70% 전후가 되고 외기온도 30~35℃ 수준으로 상당히 높아져 예취후 약 3~4시간 정도가 경과되면 함수율 60%정도에 도달하며 약 8시간 정도를 건조할 경우 함수율이 약 50%에 도달하는 것으로 조사되어졌다.

작물의 부위별 건조에서는 잎의 건조 속도가 다른 부위에 비해 빨리 건조되는 것으로

나타나 건조로 수확할 경우 잎과 줄기, 이삭의 함수율이 서로 다르게 되어 함수율의 균일성이 떨어지고 상대적으로 잎의 과건조에 의한 손실이 커지게 된다. 그러나 재료를 사일리지로 가공하는 경우는 함수율이 적어도 40~50% 이상에서는 수확하므로 그림2-26, 2-28, 2-30에 나타나듯이 잎, 줄기, 이삭 등의 함수율이 대체로 동등한 상태에서 가공이 가능하여 손실을 상당 부분 줄일 수 있는 것으로 판단된다. 특히 5/10경의 수확시, 반나절 정도의 건조로 함수율 60%대까지 건조가 가능하였다.

또한, 작물을 압쇄하여 건조할 경우 부위별 건조속도가 비슷하여 균일한 함수율 분포를 얻을 수 있고 또한 건조속도도 빨라 초기 함수율이 높고 외기온이 높은 경우는 그림2-27, 2-29, 2-31과 같이 이틀 정도 건조할 경우 건조 가공에 적합한 15% 정도의 함수율을 얻을 수 있다. 따라서 건조 작업의 경우는 컨디셔너 등의 장비가 고가이지만 작물을 예취시 압쇄하지 않으면 기간내에 작업완료가 어려운 것으로 판단된다. 또한 별이 좋은 날에는 예취 후 건조를 2일 이상 실시할 경우 재료의 함수율이 급격히 감소하여 사일리지 저장시 충분한 발효가 일어나지 않아 변패의 우려가 커지고 가축에의 기호성이 저하될 우려가 있다. 따라서 사일리지의 가공은 예취 후에 포장에서 예건을 실시한 후에 당일에 곧바로 베일작업을 하는 것이 바람직한 것으로 나타났다. 그림 2-26에서 2-31까지는 각각의 처리방법에 따르는 호맥의 및 대맥의 건조시간에 따르는 건조상태를 보여주고 있다.

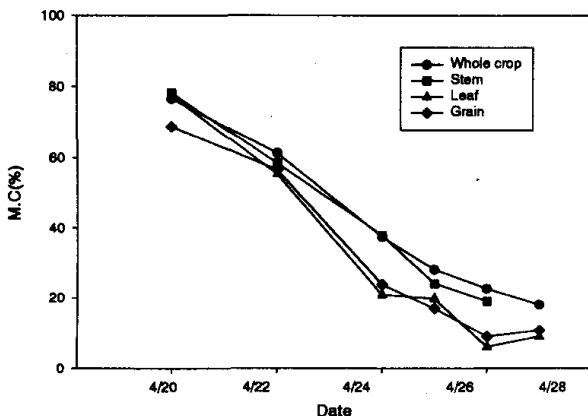


그림 2-26 비압쇄 호맥의 건조일수에 따른 부위별 함수율 변화(4/20예취)

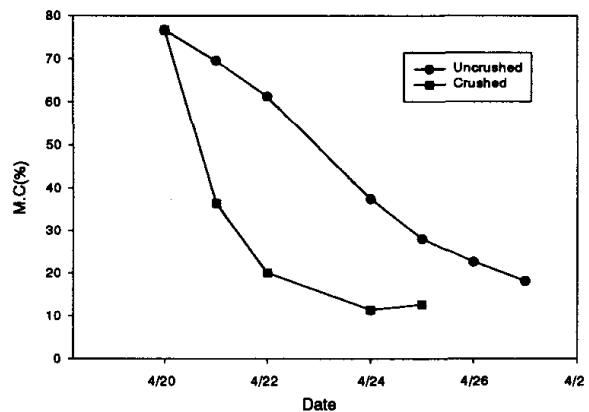


그림2-27 압쇄 및 비압쇄 호맥의 건조일수별 함수율 변화(4/20예취)

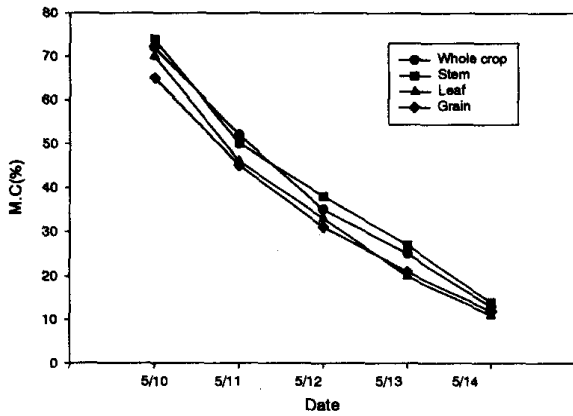


그림 2-28 비압쇄 호맥의 건조일수에 따른 부위별 함수율 변화(5/10예취)

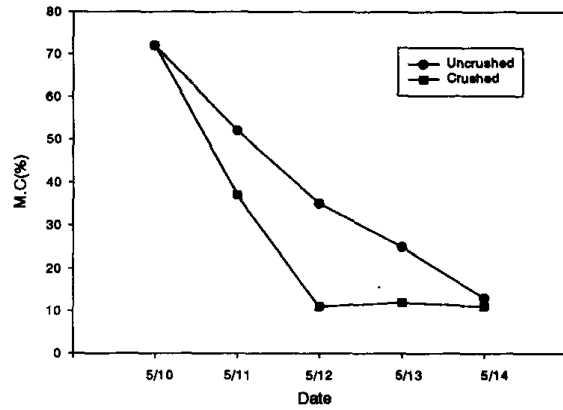


그림2-29 압쇄 및 비압쇄 호맥의 건조일수별 함수율 변화(5/10예취)

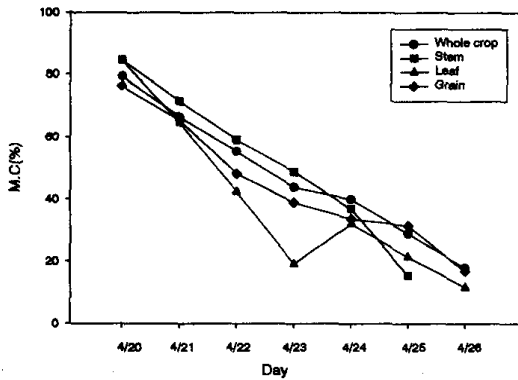


그림2-30 비압쇄 대맥의 건조일수별 부위별 함수율 변화(포장건조, 5일째 오전 한때 비)

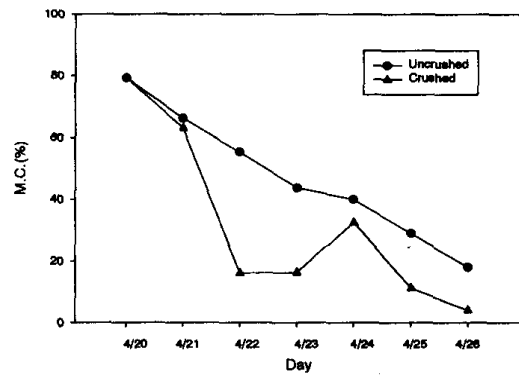


그림2-31 압쇄 및 비압쇄 대맥의 건조일수에 따른 부위별 함수율 변화(포장건조, 5일째 오전 한때 비)

따라서, 본 연구의 파일럿 농장에서의 시험을 통하여 조사하여 본 바로는 5월 초순의 일기가 좋은 날은 예취후 반나절 정도의 예건으로도 적정 함수율의 유지가 가능했다. 비를 맞은 재료는 폭우를 맞은 경우가 아니라면 역시 햇볕이 좋은 날 반나절에서 하루 예건이면 충분하였다. 그러나 예취된 상태나 예취후 집초된 상태에서 비를 맞게 되면 예건을 하여도 작물 내부의

수분이 빨리 외부로 증발하지 않으므로 반드시 작물의 아래 위를 뒤섞어 주는 tedding 작업이 이루어져야 한다. 그림 2-32는 레이크를 이용한 집초 장면이고 그림 2-33은 비맞은 재료를 예건



그림 2-32 레이크를 이용한 집초



그림 2-33 비맞은 재료의 예건

다. 재료의 함수율이 사일리지 품질에 미치는 영향

1) 재료 함수율에 따른 건물량의 손실

앞서 언급한 바와 같이 헤일리지와 같이 사일리지 재료의 함수율이 낮을 경우 건물 손실이 낮아지는 것으로 알려지고 있다. 호밀 랩-베일을 이용한 실험 보고에서도(김종근, 1996) 표 2-52와 같이 같은 결과를 보여주고 있다.

표 2-52 저장 60일 후 랩-사일리지의 건물 손실

수확시기	예건일수			평균
	예건 안함	0.5일	1 일	
수잉기	32.6	28.4	16.2	25.73
출수기	20.5	18.7	9.2	16.13
개화기	16.3	13.7	7.4	16.64
평균	27.31	20.27	10.93	19.50

## 2) 재료의 함수율에 따른 pH 및 유기산의 변화

앞에서와 같이 적절한 수분을 유지하여 랩-사일리지를 제조하면 품질을 일정하게 유지하고 또한 연중 사일리지의 생산량을 일정하게 유지할 수 있다. 고수분 재료의 경우는 장기저장을 위한 산도의 유지가 어려워 품질의 변이가 크고 불량발효가 일어날 가능성이 큰 것으로 알려져 있으나 원형 베일의 랩-사일리지의 경우 적정 함수율이 50~60%로서 발효가 기존의 사일리지에 비해 약하게 일어나 유산의 생성량이 적고 pH가 높게 된다. 그러나 함수율이 낮은 관계로 낙산균 등의 불량균의 번식이 억제된다. 사일리지의 건물 함량과 유기산의 함량 관계는 그림2-34에 나타낸 바와 같이 건물함량 40% 이상에서는 낙산균의 함량이 대단히 적어지게 된다. 또한, 본 연구의 조사에서도 답리작 호맥 랩-사일리지의 함수율별 pH를 조사한 결과 50%대의 함수율로 제조된 사일리지보다 60%대의 함수율을 가진 사일리지의 pH가 낮게 형성되는 것으로 나타났다.(그림 2-41)

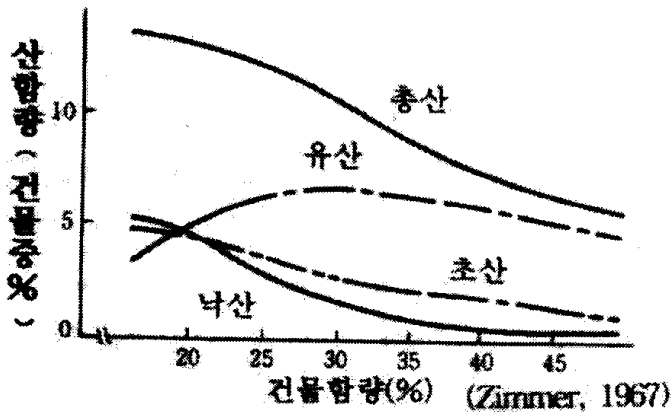


그림 2-34 사일리지의 건물 함량과 유기산의 함량

## 5. 발효 촉진을 위한 첨가제의 영향

대상작물의 수확시기가 다소 빠르거나 늦었을 경우, 당분등 사일리지 발효에 필요한 영양분이 적어 젖산 발효를 유도하기 위하여 발효 촉진제를 사용하는데 일반적으로 ①개미산 ② 젖산균(사일리지 이노큐런트)등 2가지를 사용한다.

본 연구에서는 이상의 2가지 첨가제 외에 무처리로 사일리지를 가공하였는데 첨가내용 및 결과는 다음과 같았다.

#### 가. 무처리

발효촉진제를 첨가하지 않고 랩-사일리지를 제조하는 것으로 호맥 및 대백을 각각 유숙기 및 호숙기에 예취하여 약 0.5~1일을 포장에서 건조하여 함수율이 50~60%가 되었을 때 베일 작업을 하여 비닐로 밀봉(랩핑)을 한 처리 방법이다.

약 2개월 이상을 저장 한 후에 개봉을 한 결과 향과 색이 매우 우수하게 나타났으며 가축에게 급여를 하여 본 결과 섭취량이 매우 높아 다른 조사료(벼짚등)을 기피까지 하는 결과가 나타났다. 실제로 표2-53에 나타난 바와 같이 무처리의 경우 유산의 발생량은 첨가제 투입시보다 낮고 pH도 높게 형성되지만 낙산의 검출이 거의 없고 가축에의 기호성에도 큰 차이가 없는 것으로 판단되었다. 따라서 예건 중 비를 맞는다든지, 발효에 불리한 토사의 혼입이 있는 경우 이외에는 첨가제의 투입없이도 양질의 사일리지 제조가 가능한 것으로 판단되었다.

#### 나. 개미산

개미산은 산성이 강한 유기산으로 발효초기에 재료의 산도를 신속하게 낮추어 줌으로서 호기성 부패균을 제거하고 젖산균이 빨리 증식을 할 수 있도록 작용을 하는 것으로 보고되고 있다. 본 연구에서는 호맥 톤당 약 3kg(0.3%)를 살포를 한 후에 베일 및 랩핑 작업을 하였고 저장 2개월 후에 개봉한 결과 무처리를 한 사일리지 보다 짙은 향이 났으며 외관상 품질도 매우 좋은 것으로 나타났다. 역시 pH와 유기산의 함량을 조사한 결과 무처리의 경우보다 pH가 낮고 유산균의 함량이 높은 것으로 나타났으나 유산균 처리보다는 pH가 높고 유산균의 함량이 낮은 것으로 나타났다. 따라서 개미산의 첨가는 유산균 첨가 방법에는 미치지 못하지만 사일리지의 유산 발효를 촉진하는 것으로 판단되었다. 그러나 개미산은 가격이 저렴하고 처리효과도 우수한 장점이 있으나 문제점으로는 발생하는 냄새가 매우 독하여 인체에 유해할 뿐 아니라 농작업기를 부식시키는 부정적인 요인이 있어 랩-사일리지의 품질 향상 방법으로는 적절치 않은 것

으로 판단되었다.

#### 다. 젖산균 첨가

젖산균(유산균) 첨가제는 특정 유산균을 냉동 건조시켜 만든 것으로 사일리지 작업시에 젖산균제를 미리 접종함으로써 다른 불량세균의 번식을 억제하고 발효에 유용한 젖산균의 증식을 촉진 시켜주는 역할을 하는 것으로 보고되고 있다. 본 연구에서는 일반 시중에서 사용중인 첨가제(캠락, Kemin Europa NV) 150g을 25ℓ의 물에 희석하여 1 ha의 면적에 살포하여 사일리지를 가공하였으며 저장 2개월 후에 개봉하여 분석한 결과 사일리지 고유의 젖산량이 매우 진하게 나타났고 유기산 및 pH의 조사 결과 표2-53과 같이 앞의 2가지 처리 보다도 우수한 것으로 나타났다. 그러나 이에 대한 문제로는 대부분의 유산균 첨가제가 수입품으로 가격이 비싸 대량으로 사용하기에는 매우 부담스러운 것으로 나타났다.

이상에서 언급한 2가지 첨가제 외에 무처리로 사일리지를 가공하여 함수율, pH 및 유기산 함량을 조사하여 그 결과를 표2-53에 나타내었다.

표 2-53 첨가제 처리 효과의 비교

첨가제 처리	함수율 (%)	pH	건물중 유기산(%)			비고
			젖산	낙산	초산	
유산균	44	4.8	4.2	0	1.0	
유산균	65	4.3	7.4	0	1.6	
유산균	57	5.1	5.6	0	1.8	(재료 비맞음)
개미산	44	4.4	2.7	0	0.4	
무처리	48	5.2	1.8	0	0.5	

위의 표에서 알 수 있듯이 유산균을 첨가한 경우 40~65%의 넓은 함수율의 범위에서 또한 재료의 조건에 크게 영향을 받지 않고 안정된 사일리지의 발효가 가능한 것으로 판단된다. 개미산 처리의 경우 역시 양호한 품질을 보이고 있으나 젖산의 함량이 유산균처리에 비해 떨어지는 것으로 나타났다. 개미산은 가격이 저렴하고 처리효과도 우수한 장점이 있으나 인체에 유해



하고 농 작업기를 부식시키는 부정적인 요인이 있다. 무처리의 경우 역시 1차년도에 제조한 사일리지를 6개월 이상 저장 후 급여하였을 때 품질에 이상이 없었으며 대체로 우수한 품질을 보였다. 그러나 젖산의 검출이 유산균 또는 개미산 처리의 경우에 비해 가장 낮게 나타났다. 따라서 첨가제의 투입은 재료의 상태한 불량한 경우, 장기 저장용, 고품질용 등에 한정적으로 이용하여 전체 적인 생산물의 품질을 상승시키면서도 비용을 절감하는 것이 좋은 것으로 판단되었다.

## 6. 랩-비닐을 이용한 랩핑 방법의 영향

### 가. 밀봉 두께별 랩-사일리지 함수율의 변화

사일리지는 적정 함수율인 상태에서 압축하여 공기를 배제한 후 밀봉하면 일정 기간이 지나 발효가 되는 데, 이 때 베일-랩의 내부는 철저하게 혐기적인 상태를 유지해야 불량균에 의한 부패 또는 재료와 공기의 접촉에 의한 2차발효 등에 의한 손실을 방지할 수 있다. 따라서 기밀을 위한 밀봉 성능은 랩-사일리지의 장기 저장에 있어 매우 중요하며 특히 밀봉 두께를 얼마로 하는가 하는 문제는 안전한 저장의 기준이 될 뿐만 아니라 불필요한 비닐의 낭비를 줄일 수 있어 생산비 절감에도 기여하게 된다.

이와 같은 안전 밀봉 두께의 평가는 밀봉 당시의 함수율과 장기저장 후의 함수율을 비교함으로써 간접적인 평가를 할 수 있다. 그러나 사일리지 재료의 밀봉 후 랩-베일 내에서는 발효시의 탄수화물 분해로 인해 물이 발생하게 되어 있으며 또한 여러 겹의 비닐 밀봉에도 불구하고 장기 저장시에는 랩-베일 외부로의 수분의 이탈이 불가피한 것으로 보인다. 따라서 함수율의 변화가 어느 정도 일어나는 지를 판단하는 것은 어려운 일이며 보고에 의하면(김종근, 1996) 사일리지 자체의 건물률은 표2-54와 같이 저장기간에 비례하여 감소한다고 하였으나 건물 함량의 감소 또는 증가의 상반된 여러 보고들을 소개하고 있다. 또 다른 보고에 의하면(Undersand, 2000) 비닐 2겹 이하에서는 함수율이 감소했으며 4겹 이상에서는 함수율이 증가하는 것으로 보고하였다.

표2-54 발효 진행에 따른 랩-사일리지 건물량의 변화(김종근, 1996)

저장일수	수확시기		
	수잉기	출수기	개화기
1	21.24	27.60	36.10
2	21.03	27.03	35.83
3	20.84	26.91	35.29
5	19.23	25.62	34.46
10	18.92	24.87	34.07
30	18.03	23.92	33.24
45	18.47	23.08	32.03
60	18.24	22.78	32.80
평균	20.07 <sup>c</sup>	25.73 <sup>b</sup>	34.60 <sup>a</sup>

본 연구에서 사용된 랩-비닐은 1겹의 두께가 25 $\mu$ 이며 2겹, 4겹, 6겹, 8겹의 밀봉을 실시하여 함수율의 변화를 비교하였다. 조사결과 4겹~8겹 밀봉시 함수율 변화의 차이를 발견하기 어려웠으며 2겹 밀봉의 경우는 랩-사일리지의 운반 및 저장시 파손이 지나치게 빈번하여 현실적으로 2겹의 밀봉은 피해야 할 것으로 판단되었다.

#### 나. 밀봉 두께별 랩-사일리지 온도의 변화

사일리지는 적정 함수율인 상태에서 압축하여 공기를 배제한 후 밀봉하면 일정 기간이 지나 발효가 되는 데, 밀봉이 확실하게 이루어지지 않으면 재료가 다시 산소와 접촉하게 되고 이때 사일리지는 2차발효를 일으키면서 재료의 건물량이 줄어들고 사일리지의 산도가 유지되지 않아 부패가 일어나게 된다.

따라서 랩-사일리지의 밀봉은 장기 저장에 있어 품질을 유지하는 데에 가장 중요한 요인이다. 제조된 사일리지는 비닐의 피복을 4겹 ~ 6겹으로 실시하였으며 6겹으로 가공한 사일리지를 저장한 지 1년이 지나 개봉하여본 결과 품질에 이상이 없었으며 젖소에 안전하게 급여할 수 있었다. 재료의 함수율 변화를 관찰한 결과 4겹 이상의 밀봉에서는 함수율이 조금 증가되어 적어도 밀봉 불량에 의한 수분 이탈은 없는 것으로 판단되었다. 그러나 저장시의 랩-베일의 내부 온도를 조사하여본 결과 6겹 및 8겹으로 밀봉한 경우는 발효 초기 35~40 $^{\circ}$ C를 유지하다가 약 10일이 경과한 후에 25 $^{\circ}$ C 전후에서 온도가 안정됨을 알 수 있었다. 그러나 함수율 50%대의 비교적 낮은 함수율에서는 4겹 밀봉의 경우 여타의 경우보다 높은 30 $^{\circ}$ C 이상의 온도를 보였다.

사일리지의 경우 적어도 30℃이하에서 저장이 되어야만 고온 발효로 인한 건물 함량의 감소, 사일리지 품질의 저하 등을 방지할 수 있는 것으로 알려져 있어 4겹으로 베일을 밀봉하는 경우 직사광선의 차단 등의 조치가 없으면 장기 저장에 문제가 있는 것으로 판단되었다.

#### 다. 예취 후 밀봉 시기가 랩-사일리지에 미치는 영향

베일된 작물은 단시간 내에 랩핑 처리를 하지 않을 경우 베일에서 호흡에 의한 열과 수분이 발생하여 베일의 형태가 파손되어 랩핑이 불가능해진다. 또한 랩핑 당시 베일의 온도가 지나치게 상승하여 고온발효가 일어나 사일리지의 품질이 떨어지게 된다. 보고에 의하면 (Undersand, 2000) 베일링 이후 밀봉까지의 소요시간이 24시간이 경과할 경우 베일 내부 온도가 급상승하고 산성세제 불용성 섬유소 ADF 등이 증가하며 조단백질은 감소하는 등의 사일리지 품질이 저하되고 갈색화 현상과 부패가 심화되는 것으로 조사되었다. 따라서 베일링한 재료는 당일 랩핑 작업을 실시해야 하며 비닐의 피복은 저장 기간에 따라 3겹(2개월 저장)~6겹(1년간 저장)으로 저장하도록 하여 장기간 저장에 따른 사일리지의 품질 저하를 방지하고 비닐의 낭비를 줄여야 할 것이다.

이상의 내용을 정리하면 랩-베일의 비닐 밀봉 두께의 영향은 앞서 언급한 바와 같이 4겹 미만의 밀봉시는 함수율의 저하가 우려되며 4겹 밀봉시는 직사광선에 노출될 경우 고온 발효의 우려가 있는 것으로 조사되었다. 또한 본 연구에서의 운반 작업시 4겹 이하의 랩-베일은 그 파손 빈도가 높은 것으로 판단되어 다양한 조건에서 무리없이 사일리지를 저장하기 위해서는 6겹 이상의 밀봉이 필요한 것으로 판단되었으며 단기 저장할 분량은 4겹의 밀봉을 실시한 후 별도로 서늘한 곳에 관리하여 온도의 상승이 없도록 해야할 것으로 판단되었다.

## 7. 랩-사일리지의 운반 및 저장 방법의 영향

### 가. 랩사일리지의 운반 및 적재

비닐로 밀봉된 랩-사일리지의 운반은 근거리인 경우는 필히 사일리지 핸들러를 사용하여

운반을하고 장거리인 경우는 트레일러 또는 트럭 등에 적재하여 운반토록 한다. 이 때 랩-사일리지의 핸들링을 부드럽게 하지 않을 경우 피복된 비닐이 찢어지기 쉽다. 비닐이 찢어질 경우 테이프 등으로 밀봉을 하게 되는데 오래지 않아 틈새가 발생하고 공기가 침투해 사일리지가 변질되므로 최대한 비닐이 찢어지지 않도록 주의해야 한다.

랩-사일리지의 저장은 별도의 창고 등을 필요로 하지 않고 노천에 방치하여도 무방하다. 저장시의 랩-사일리지 적재 방법은 환경에 따라 다를 수 있는 데, 랩-사일리지를 세워서 저장하거나 눕혀서 저장해야 할 것이다. 또한 1단 적재, 2단 적재, 3단 적재, ... 등을 생각할 수 있는데 우선 본 연구에서는 랩-사일리지를 세우고 2단으로 적재하는 방법을 실시하였다. 이는 본 연구팀의 시험 생산 결과 3단 이상의 적재는 안정적이지 못하여 사고의 위험이 있고 최하단에 위치한 사일리지의 변형이 심할 것으로 판단되었다. 본 연구에서의 저장 결과 가공 당시의 함수율이 높지 않으면(60%w.b 미만) 1, 2단 적재의 경우는 큰 차이가 없는 것으로 나타났으며 세워서 저장하는 것은 2단으로 적재하였다. 역시 함수율이 높은 경우에는 2단 이상의 적재시 랩사일리지 내의 삼출액이 누출될 염려가 크며 사일리지 형태가 변화되는 등의 부정적인 현상이 나타나게 된다. 본 연구에서 세워서 2단 적재한 결과 1년 이상에서 전혀 문제가 없었으며 사일리지 급여를 위한 운반을 고려한다면 눕혀서 저장하는 것보다 세워서 저장하는 것이 좋을 것으로 판단되었다. 또한 눕혀서 저장할 경우 랩-사일리지 내에서 발생한 수분이 하부에 집적되어 사일리지 일부의 품질 저하가 우려되므로 세워서 저장함이 좋은 것으로 판단되었다.

#### 나. 랩-사일리지의 저장

현재까지 알려진 바로는 랩-사일리지의 경우 수확가공후 별도의 창고없이 일반 노지에 저장하여도 무방한 것으로 알려져 있다. 이는 곧, 별도의 사일로 시설을 필요로 하는 여타의 사일리지 제조방식에 대한 랩-사일리지 방식의 장점이기도 하다. 그러나 본 연구에서의 발효기간 중 랩-베일의 온도변화를 조사해본 결과 랩-사일리지의 내부온도는 외기온에 대해 순간적인 변화를 보이지는 않으나 전체적으로는 외기온에 영향을 받는 것으로 판단되었다. 그러나 랩-베일

의 상부 또는 측면부의 경우는 외기온에 대해 영향을 매우 많이 받았는데, 햇볕이 잘드는 상부의 경우는 심지어 온도가 외기온의 온도보다 높고, 약 50℃에 근접하는 수준까지 보이고 있어 사일리지 품질 저하가 대단히 우려되는 것으로 판단되었다. 따라서 탭-사일리지를 저장하는 경우에도 햇볕이 차단될 수 있고 통풍이 잘되어 전체적으로 온도 상승을 막을 수 있는 장소에 적재해야 할 것으로 판단되었다.

## 8. 결과 및 요약

답리작 탭-사일리지는 수확 후에 재료를 절단하지 않고 원형으로 압축한 후에 비닐로 밀봉을 하여 발효과정을 거쳐 안정된 사일리지를 생산하는 방법이다. 본 시험에서 생산된 원형 탭-사일리지는 직경이 120cm, 길이가 120cm, 무게가 약 500kg 정도로 1개의 중량이 무거운 편에 속한다. 따라서 사일리지의 가공과 저장에 있어 그 과정이 올바르게 못하면 큰 손실을 입을 수 있어 적절한 가공 및 저장 기준이 제시되어야 한다. 본 연구에서 제조된 호맥 및 대맥으로 사일리지 가공기술에 대한 주요 요인에 대해 살펴보았으며 3년차에는 2년차의 요인 분석에 대한 추가 및 보완작업을 하고 사일리지의 저장시의 주요 요인에 대해 조사하였으며 그 결과는 아래와 같다.

가. 우리나라의 논에서 재배 가능한 사료용 맥류 품종은 보리와 호맥으로서 보리는 영양분의 함량이 높고 호맥은 수량이 풍부한 특징을 가진다. 그러나 답리작으로 재배할 경우의 장단점을 고찰한 결과 보리의 경우 수량의 불안정, 알곡의 탈립, 베일링 작업시의 이물질 혼입 우려 등의 문제가 있는 것으로 판단된다. 따라서 우리나라 답리작 맥류 탭-사일리지 제조시에는 호맥 생산을 기본으로 하고 지역적으로 보리 재배가 양호한 지역에서 보리 탭-사일리지를 제조하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

나. 본 연구에서는 논에서 맥류를 예취하여 건조시험을 실시하였는데, 결과는 다음과 같다.

- 1) 대구 지방의 5/10경 예취시의 작물의 함수율은 73~75% 수준이었다.
- 2) 대구 지방의 4/20경 주간 온도 20~25℃ 정도에서 예취된 맥류는 함수율 60%에 도달하는 데에 1~2일이 소요되었다. 5/20경 주간 온도 30~35℃의 경우는 0.5일 정도 건조시 함수율 60%에 도달하였고 하루 건조시 50% 정도의 함수율로 건조되었다. 따라서 맥류의 랩-사일리지 제조시의 예건은 온도가 상대적으로 높은 경우 반나절에서 하루 정도면 가능한 것으로 판단되었다.
- 3) 건초 제조를 위한 건조의 경우는 4/20 예취된 보리 및 호맥의 경우 컨디셔닝을 하지 않은 경우 약 15%의 함수율까지 건조되는 데에 6일 이상이 소요되었고 컨디셔닝을 실시하면 2일 정도면 건초 제조가 가능한 함수율로 건조가 가능하였다.

5/10일 예취한 호맥의 경우는 약 4일 정도 건조하면 건초가 가능하고 컨디셔닝을 실시할 경우 1.5일 ~2일 정도면 약 15% 함수율 유지가 가능하여 건초제조가 될 수 있는 것으로 판단되었다.

다. 본 연구에서는 랩-사일리지 제조시 함수율을 50~60% w.b. 되도록 하였고 pH와 유기산을 조사한 결과 pH는 5.0 전후가 되어 일반 사일리지에 비해서 높고 유기산 중 젖산의 함량은 건물중에 약 1~3% 정도가 함유되어 함수율 60% 이상의 사일리지에 비해 발효가 대단히 억제되고 있음을 확인하였다.

기존의 보고에서도 건물함량이 높으면 발효가 억제되지만 pH 5 수준을 유지하면 적절한 것으로 보고되고 있고( Zimmer, 1967 ; 김종근, 1999) 랩-사일리지의 재료의 건물 함량의 손실은 함수율이 낮을 수록(예건을 많이 할수록) 낮은 것으로 보고되고 있어(김종근, 1999) 함수율 50~60%대의 랩-사일리지는 수분과다에 의한 저장 중의 품질변화 및 운반시의 건물당 비용을 감소시킬 수 있어 유리한 것으로 판단된다.

라. 랩-사일리지 가공시의 처리 방법은 ①무처리, ②개미산 처리, ③유산균 처리를 하였는데 유산균을 첨가한 경우 40~65%의 넓은 함수율의 범위에서, 또한 재료의 조건에 크게 영향을 받지 않고 안정된 사일리지의 발효가 가능한 것으로 판단된다. 개미산 처리의 경우 역시 양호한

품질을 보이고 있으나 젖산의 함량이 유산균처리에 비해 떨어지는 것으로 나타났다. 개미산은 가격이 저렴하고 처리효과도 우수한 장점이 있으나 인체에 유해하고 농작업기를 부식시키는 부정적인 요인이 있다. 무처리의 경우 역시 1차년도에 제조한 사일리지를 6개월 이상 저장 후 급여하였을 때 품질에 이상이 없었으며 대체로 우수한 품질을 보였다. 그러나 젖산의 검출이 유산균 또는 개미산 처리의 경우에 비해 가장 낮게 나타났다.

따라서 첨가제의 투입은 재료의 상태한 불량한 경우, 장기저장용, 고품질용 등에 한정적으로 이용하여 전체적인 생산물의 품질을 상승시키면서도 비용을 절감하는 것이 좋은 것으로 판단되었다.

마. 본 연구에서 조사된 랩-사일리지 가공을 위한 적절한 밀봉 작업 조건은 함수율의 변화와 작업시의 파손, 저장 중의 랩-사일리지의 온도변화를 고려한다면 장기저장시는 6겹 이상을 밀봉하고 단기저장시는 4겹 밀봉하되 직사광선을 피하는 정도의 조치가 있어야 할 것으로 판단된다. 또한 맥류의 랩핑 작업은 베일 작업을 한 당일 시행하여야 한다.

바. 랩-사일리지 작업의 일반 사일리지 작업 대비하여 편리한 점은 별도의 사일로를 만들거나 작물을 사일로에 저장하는 고된 작업을 하지 않아도 된다는 점을 들 수 있을 것이다. 그러나 비닐은 찢어지기 쉬우므로 랩-베일의 핸들링시는 매우 주의를 해야한다. 본 연구에서 시험을 실시한 결과 랩핑 작업은 매우 양호하게 완료되었으며 랩-비닐이 양호한 경우 6개월 이상의 장기저장에 무리가 없는 것으로 판단된다. 그러나 지나치게 온도가 높은 곳에 랩-베일을 방치할 경우 품질 저하를 가져올 수 있으므로 유의해야 한다.

## 제5절 답리작 맥류 랩-사일리지의 품질분석

답리작 맥류의 랩-사일리지 생산 시스템은 대형의 다양한 기계가 투입되어 짧은 시간 내에 대량의 사일리지를 생산하는 시스템으로서 아직은 제조기술과 기계화를 통한 생산기술이 수도작 농가 및 축산농가에 보편화되어 있지 못하다. 따라서 랩-사일리지 생산 시스템이 실제 농가에서 널리 이용되기 위해서는 여타의 사료에 비해 ①생산비가 저렴하고 ②생산된 사일리지의 품질이 높아, ③궁극적으로 수도작 농가와 축산 농가 모두에게 소득향상의 기회가 될 수 있어야 한다. 이미 본 연구에서는 수입 조사료, 볏짚 등에 비해 월등히 낮은 생산비로 랩-사일리지의 생산이 가능함을 보였으며, 이렇게 저렴하게 생산된 맥류 랩-사일리지 가 우리나라 축산업의 조사료원이 되기 위해서는 사일리지의 품질과 가축에 급여되었을 때의 효과에 대한 검증이 이루어져야 한다.

따라서 본 연구에서는 답리작 맥류 랩-사일리지의 실제 생산작업을 통해 얻어진 자료를 토대로 ①여러가지 방법으로 가공처리된 맥류 랩-사일리지의 사료적 가치를 규명하며, ②실제 젖소에 급여했을 때의 효과를 조사하여 답리작 맥류 랩-사일리지 가 우리나라 축산업의 주조사료원으로 이용될 수 있음을 제시하는 데에 목적이 있다

### 1. 맥류 랩-사일리지의 품질분석 내용과 방법

#### 가. 맥류 랩-사일리지의 제조공정과 품질

맥류를 랩-사일리지로 가공하기 위한 제조공정은 ①맥류 재배 → ②예취(모어) 후 포장에서 예건(천일건조) → ③건조축진을 위해 반전하고, 결속작업을 위해 작물을 집초(레이크) → ④집초된 작물을 압축밀도가  $350\text{kg}/\text{m}^3$  이상이 되도록 원형으로 압축·결속(베일러) → ⑤원형베일을 비닐로 반복하여 감아 공기가 새지 않도록 밀봉(베일 래퍼) → ⑥적당한 장소로 운반, 저장하면 약 30일 경과시 완전한 사일리지가 되고 가축에 급여할 수 있게 된다.



이 때, 맥류 랩-사일리지의 품질을 좌우하는 것은 예취시의 맥류의 성장정도(호맥인 경우 유숙기, 대맥인 경우 호숙기가 예취 적기 : 김정갑 외, 1995b), 베일링 작업시의 작물의 함수율(예건 후 함수율 w.b. 50~60%가 적합 : 박경규 외, 2000b ; 고영두 외, 1999), 저장시의 베일의 온도 변화, 베일의 압축밀도, 베일을 밀봉한 랩 비닐의 밀봉정도 등이다. 맥류를 랩-사일리지로 가공함에 있어 이러한 요인에 대해 충분히 대비하지 않는다면 많은 양의 작물을 수확하였다고 하더라도 사일리지의 품질이 저하되고 결과적으로 생산 능력은 막대한 손실을 입게될 것이다.

#### 나. 맥류 랩-사일리지의 가공 방법

보리나 호맥 등의 맥류는 수확시기가 지나치게 빠르거나 함수율이 지나치게 많은 경우, 당분 등 사일리지 발효에 필요한 영양분이 적고 양질의 발효를 촉진시키는 유산균 증식에는 부적합하며 불량균의 증식에 적합한 환경이 조성될 수 있다. 이 때 젖산 발효를 촉진하기 위하여 직접 발효 촉진제를 투입하거나 불량발효 억제를 위해 발효 억제제를 투입하게 되는데, 본 연구에서는 소량의 유산균을 직접 재료에 접종하거나 개미산(formaic acid)을 재료중량 대비 0.3%가 되도록 주입하였다. 또한 이상의 2가지 방법 이외에 아무 것도 첨가하지 않는 무처리 방법으로도 사일리지를 가공하였다.

#### 다. 맥류 랩-사일리지 품질분석 내용

사일리지의 품질은 여러가지 방법에 의하여 판단할 수 있다. 관능적인 방법, 화학적인 방법, 가축에 의한 평가 등이 있는데, 이 중에서 가장 간단하고 실제 현장에서 사용되어지는 방법은 관능적인 방법이다. 즉, 발효가 완료된 사일리지의 냄새, 색깔, 잎과 줄기 등의 보존 정도에 따라 점수를 부여하고 등급을 산정하는 방법이다(고영두 외, 1999 ; Ohyama 등, 1980). 본 연구에서는 4개월 동안 밀봉 저장된 호맥 랩-사일리지에 대해 Ohyama의 기준을 근거로 품질을 평가하였다. 그러나 이 방법은 주관적인 것이므로 보다 객관화하기 위해

화학적 분석을 실시하였는데, 우선 pH를 조사하여 사일리지의 산도를 알아보고 젖산, 초산, 낙산 등의 함유량을 조사하여 Flieg법(1978)에 의해 사일리지의 품질을 분석·평가(맹원재 외, 1998)하였다. 일반적으로, pH는 사일리지의 발효정도를 나타내는 지수로 이용이 되고 유기산 구성비는 사일리지의 품질을 향상시키는 초산에 대한 유산의 정도와 낙산에 의한 부패의 정도를 알 수 있게 한다(고영두 외, 1999). 또한 이러한 랩-베일의 pH 및 유기산의 함량 등은 여러 가지 요인에 의해 영향을 받게 되며 발효가 진행되는 동안 연속적으로 변화한다. 즉 사일리지의 5단계의 발효 과정에 있어 각 단계별 특성을 가지게 되며 이에 따라 산소함량, pH, 유기산, 미생물 수, 온도 등이 변하게 된다. 본 연구에서는 이러한 변화를 관찰하기 위해 연속적인 측정이 가능한 온도와 pH의 연속적인 변화를 조사하였다.

#### 라. 함수율, 온도, pH 및 유기산 함량의 측정 방법

##### 1) 시료의 준비

품질 분석에 사용된 재료는 1999년, 2000년, 2001년 5월에 수확한 호맥 및 대맥 랩-사일리지이다. 이들 재료는 정상적으로 예건된 것과 예건 기간 중에 비를 맞아 건조 기간이 늘어난 것을 선정하였고 가공방법에 따라 앞에서 언급한 바와 같이 유산균처리, 개미산처리, 무처리 등의 3가지로 분류하였다. 함수율과 pH 및 유기산의 함량을 조사하기 위하여 제조 후 4개월간 저장된 사일리지를 채취하였다. 채취 방법은 그림2-35와 같이 원형의 긴 파이프를 랩-베일의 내부까지 삽입하고 상하좌우의 여러 지점에서 약 200g의 샘플을 채취하여 재료가 샘플용기 내에서 골고루 잘 섞이게 하였다. 이 때 시료는 즉시 밀봉하여 공기가 새지 않도록 해야한다. 준비된 시료 중에서 15g을 채취하여 pH 및 유기산 분석에 사용하고 나머지는 함수율 측정에 이용하였다.

온도와 pH의 연속적인 변화는 2001년도 5월 생산한 호맥 랩-사일리지에 대하여 조사하였고 시료는 제조 방법별로 다음과 같이 ①재료 함수율은 w.b. 50%(0.5일 예건), w.b. 60%(1일 예건), ②밀봉두께는 4겹(100  $\mu$ m), 6겹(150  $\mu$ m), 8겹(200  $\mu$ m), ③가공방법은 무처리, 개미

산 처리, 유산균 처리한 베일을 각각 준비하였다. 또한 온도는 랩-베일의 내부, 상부, 측면 부에서 측정하였고, pH는 랩-베일 내부의 pH를 측정하였다.

## 2) 함수율과 pH 및 유기산의 측정

사일리지의 함수율은 적외선 수분계(일본Kett, FD-240)로 측정하였다. pH와 유기산의 측정은 각각 pH-meter(Orion, 420A), HPLC(고속액체크로마토그래피; U.S.A Waters Co. Model 600E)장비를 이용하였다. 그런데, 준비된 시료는 모두 고체상태로 pH와 유기산의 분석이 불가능하므로 이를 용액상태로 추출하는 전처리를 실시하였다. 그림 2-35는 샘플 채취 장면이다. 전처리의 실시는 사일리지 용액추출시의 전형적인 방법(하종규 외, 1992)을 사용하였다. 과정을 요약하면 ①준비된 시료 15g을 샘플병에 넣고 여기에 증류수 150ml를 가하여 때때로 흔들며 주면서 24시간 방치한다(그림 2-36). ②여과지(5A)로 여과하여 추출물을 얻는다. pH의 측정은 얻어진 추출물 일정량으로 그림 2-37와 같이 범용의 pH-meter를 이용하여 반복 측정하였다. 유기산을 분석하는 경우는 추출물을 고정도 필터를 이용하여 한번 더 여과하고 여과액 10 $\mu$ l를 HPLC 장비에 주사하여 용액 내에 존재하는 젖산, 초산, 낙산의 함량을 측정하였다(그림 2-38).



그림 2-35 샘플 채취장면



그림 2-36 용액 추출을 위한 진탕



그림 2-37 pH의 측정

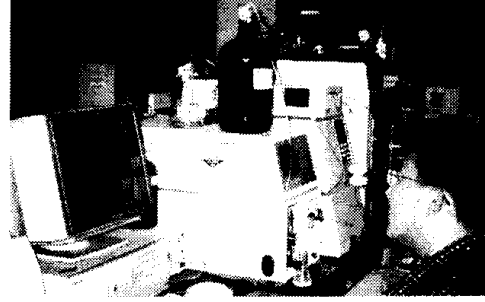


그림 2-38 유기산의 측정

### 3) 랩-베일 내의 온도와 pH의 측정

랩-베일의 온도와 pH의 변화 조사는 제조된 위에서와 같이 준비하여 온도 센서와 pH 센서를 랩-베일 내부에 삽입하여 측정하였다. 삽입시는 랩-베일에 원하는 깊이 만큼 센서가 삽입될 수 있을 정도의 구멍을 뚫고 센서를 삽입한 후에 다시 재료를 압축하여 채워넣고 랩-베일 외부로 공기가 새지 않도록 1차 접착 밀봉후 실리콘으로 2차 밀봉하였다.

pH 측정 장비는 범용 ph-meter(HANNA HI8314, Korea)이며 사양은 표2-55와 같다.

표 2-55 pH 측정에 이용한 장비의 사양

항목	기준
측정 범위	0.00 ~ 14.00 pH
정확도	±0.01 pH
온도보상	자동, 0℃ ~ +100℃
전극 형태	플라스틱 몸체 + pH 전극

또한 온도 측정에 이용된 센서와 계측장비의 사양을 표 2-56에 나타내었다

표 2-56 온도 측정에 이용된 센서와 계측장비의 사양

다점 온도계	사용 센서	측정범위	정확도	최소 분해능
형식명 : DR130 제조사 : YOKOGAWA	T-type Thermocouple	-200 ~ 400℃	±0.05%	0.1℃

온도와 pH의 연속적인 측정을 위한 장치의 설치 장면을 그림 2-39에 나타내었다.

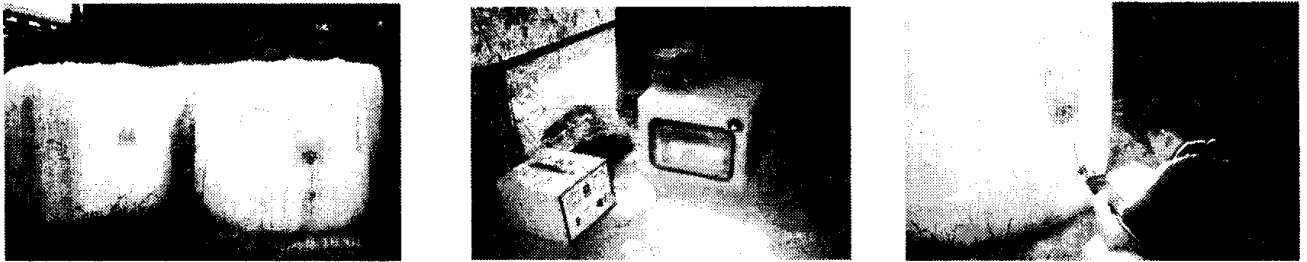


그림 2-39 온도와 pH의 연속적인 측정을 위한 장치의 설치 장면

## 2. 품질 분석 결과 및 고찰

### 가. 맥류 랩-사일리지의 품질 분석 결과

#### 1) 관능 검사결과

관능 검사의 결과를 아래의 표 2-57에 나타내었는데, 결과는 매우 양호했다.

표 2-57 맥류 랩-사일리지의 관능 검사결과

항목	성상	점수	판정	비고
냄새	낙산취없고, 향긋한 산취	14	*합계점수 : 18 *등급 : 1 (우수~양호)	(Ohyama 등, 1980)
구조	앞과 줄기 약간 파괴	2		
색깔	변색이 없는 담황색	2		

#### 2) 함수율 측정 결과

본 연구에서 사용된 랩-비닐은 1점의 두께가 25 $\mu$ 이며 함수율의 측정은 재료의 함수율 (w.b. 50%, w.b. 60%)에 따라 각각 2점, 4점, 6점, 8점의 밀봉을 실시하여 함수율의 변화를 비교하였다. 그런데 비닐 2점 밀봉의 경우는 랩-사일리지의 운반 및 저장시 파손이 지나치게 빈번하여 현실적으로 2점의 밀봉은 피해야 할 것으로 판단되었다.

본 조사에서는 베일링 당시의 베일의 함수율을 각각 5개소에서 측정하여 평균함수율을 조사하였고 변화된 함수율은 2개월 후 동일한 랩-베일에 대해 3개소에서 표면에서 중심부까지의 시료를 채취하여 그 평균치를 취하였다. 그 결과를 그림 2-40에 나타내었다.

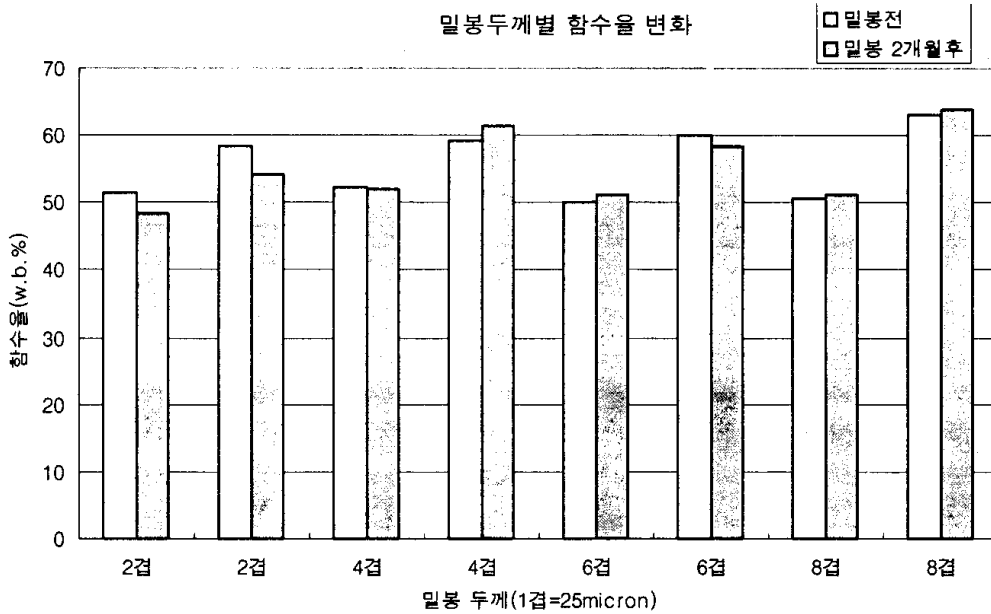


그림 2-40 랩-사일리지의 밀봉전 과 후의 함수율 변화

측정 결과 2겹 밀봉(비닐 1겹 = 25 $\mu$ m)을 한 경우 함수율 50~60% 수준에서 모두 함수율이 3~4% 감소했음을 확인할 수 있었다. 그러나 4겹 이상의 밀봉에서는 부분적으로 감소한 것도 있었으나 대체로 함수율이 증가하는 것으로 조사되었다. 따라서 수분 보존의 측면에서 본다면 2겹 밀봉은 문제가 있는 것으로 판단되며 4겹 이상의 경우 수분 보존이 양호한 것으로 판단되었다.

### 3) 랩-베일 내부 온도와 pH의 변화 측정결과

#### (가) 함수율별 가공방법별 랩-베일 내부의 온도와 pH의 변화

랩-베일 내부 온도와 pH의 연속적인 조사는 함수율 w. b. 50%, w. b. 60%대의 무처리 또는 유산균제 첨가 처리한 베일에 대하여 실시하였다. 랩-베일의 밀봉 두께는 6겹으로 고정하였으며 온도와 pH의 측정방법은 전술한 바와 같다. 그림 2-41에 측정결과를 나타내었다.

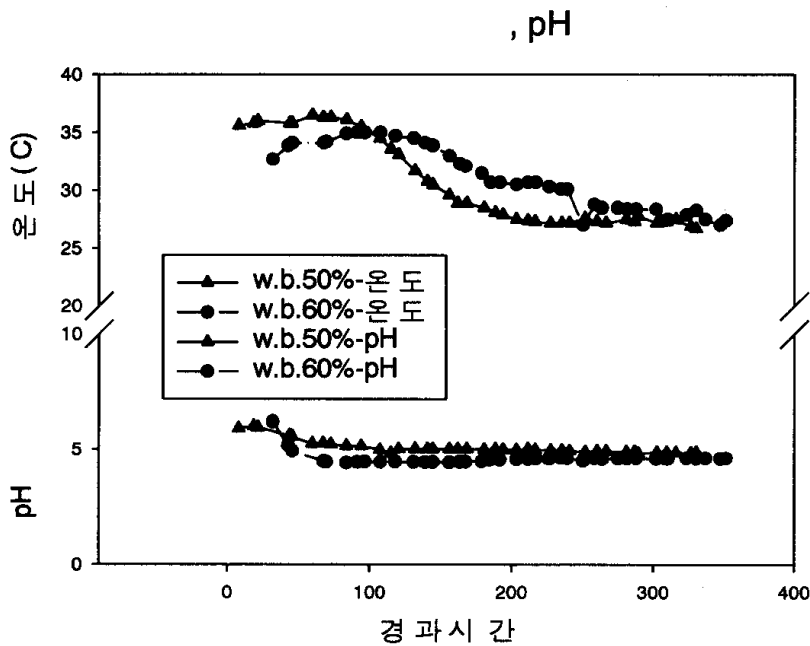


그림2-41 함수율별 랩-베일내부의 온도, pH의 변화

위의 결과에서 우선 온도의 변화를 관찰하여 보면 함수율 50%의 경우 초기에 온도가 35℃이상 급상승하였다가 밀봉후 약 100시간이 경과하면서 온도가 급격히 떨어지고 이후 약 250시간이 경과되면서 약 27℃부근에서 안정되는 모습을 보였다. 함수율 60%의 경우는 함수율 50% 재료에 비해 온도의 상승과 하강이 완만하게 이루어지지만 최고온도가 35℃부근에서 형성되고 최종 안정 온도도 약 28℃ 부근으로서 큰 차이가 없는 것으로 판단된다.

반면 pH의 변화는 함수율 50% 재료의 경우는 초기의 6.0정도에서 pH가 감소하여 최종 300시간 이상이 경과한 후에는 4.8 정도에 안정이 되지만 그 변화가 매우 완만하게 이루어짐을 알 수 있었다. 이는 곧 재료의 건물함량이 높아 유산균의 활동이 억제되고 따라서 pH도 느리게 내려가는 모습을 보이는 것으로 판단된다. 그러나 함수율 60% 재료의 경우는 초기 pH6.0 정도에서 산도가 신속히 저하되어 약 50시간이 경과하면서 이미 pH 4.6~4.7 정도가 되었다. 두 경우를 비교하면 함수율이 낮은 경우 발효속도가 느리고 함수율이 높은 경우 발효속도가 빠른 것으로 판단되어지며 최종 산도도 함수율 60% 재료가 함수율 50% 재료보다 낮아지는 것으로 판단된다. 그러나 함수율 50%의 재료도 pH5.0 이하의 수준을 보여 랩-사일

리지에서의 산도로서는 적합하며 장기저장시에도 문제가 없을 것으로 판단된다.

(나) 랩-베일 부위별 온도의 변화

본 연구에서 생산된 원형 랩-베일의 크기는 지름이 1.2m이고 높이가 1.2m이며 약 500kg의 중량을 가진다. 따라서 각 부위의 온도는 서로 다른 양상을 보이게 되는데, 본 연구에서는 랩-베일의 중심부, 측면부(깊이 약 15cm), 상면부(깊이 약 15cm)에 온도 센서를 삽입하여 온도를 측정하였다. 결과를 그림 2-41에 나타내었다.

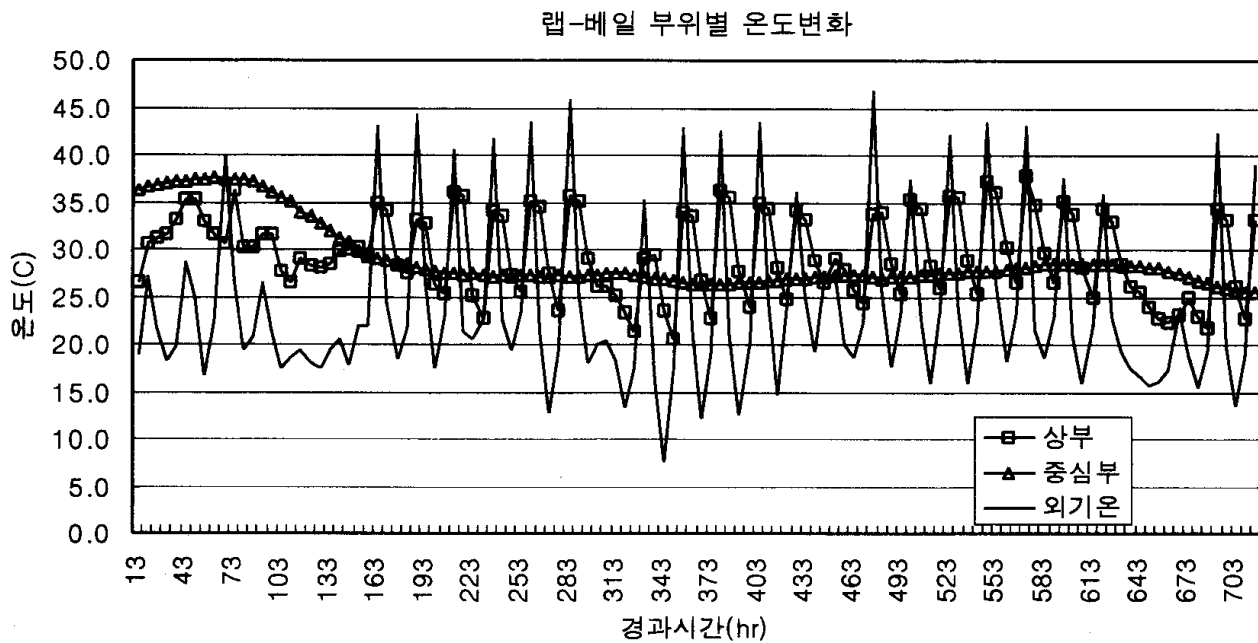


그림 2-41 랩-베일 부위별 온도변화-1(함수율 50%, 유산균 처리)

그림 2-41에서 나타낸 바와 같이 랩-베일 내부의 온도는 외기온에 대하여 국부적으로는 영향을 받지 않지만 전체적으로 영향을 받는 것으로 보인다. 즉 초기에 재료의 호흡 및 발효가 활발히 진행중일 때는 외기온에 큰 영향을 받지 않고 온도가 상승 또는 하강하지만 온도가 안정되고 난 이후 장시간 저장중인 경우 외기온에 따라 약간의 온도 변동이 있는 것으로 보인다. 한편 랩-베일 외부의 온도는 외기온에 따라 온도가 변동하는데, 하루의 온도



변화에서도 외기온의 변화에 따라 즉각적으로 온도가 변동하는 것을 알 수가 있다. 그림 2-41의 경우는 랩-베일을 직사광선이 닿지 않는 곳에 배치하여 측정한 결과로 온도의 변동이 외기온의 변동보다는 훨씬 적은 범위에서 이루어지고 있다. 그러나 그림 2-42의 경우는 랩-베일을 햇볕에 완전히 노출시킨 상태에서 측정한 것으로 외기온보다 오히려 온도가 높아질 정도로 높은 온도를 유지하였다. 따라서 이러한 경우는 직사광선이 닿는 랩-베일의 외부는 고온발효로 인하여 유익균이 사멸하고 단백질 함량이 감소하며 재료가 갈변현상을 일으키거나 장기간 저장시 곰팡이가 발생할 가능성이 커지게 된다. 따라서 제조된 랩-베일은 하절기의 높은 외기온을 고려하여 그늘지고 통풍이 좋은 곳을 선택하여 저장해야 할 것으로 판단된다.

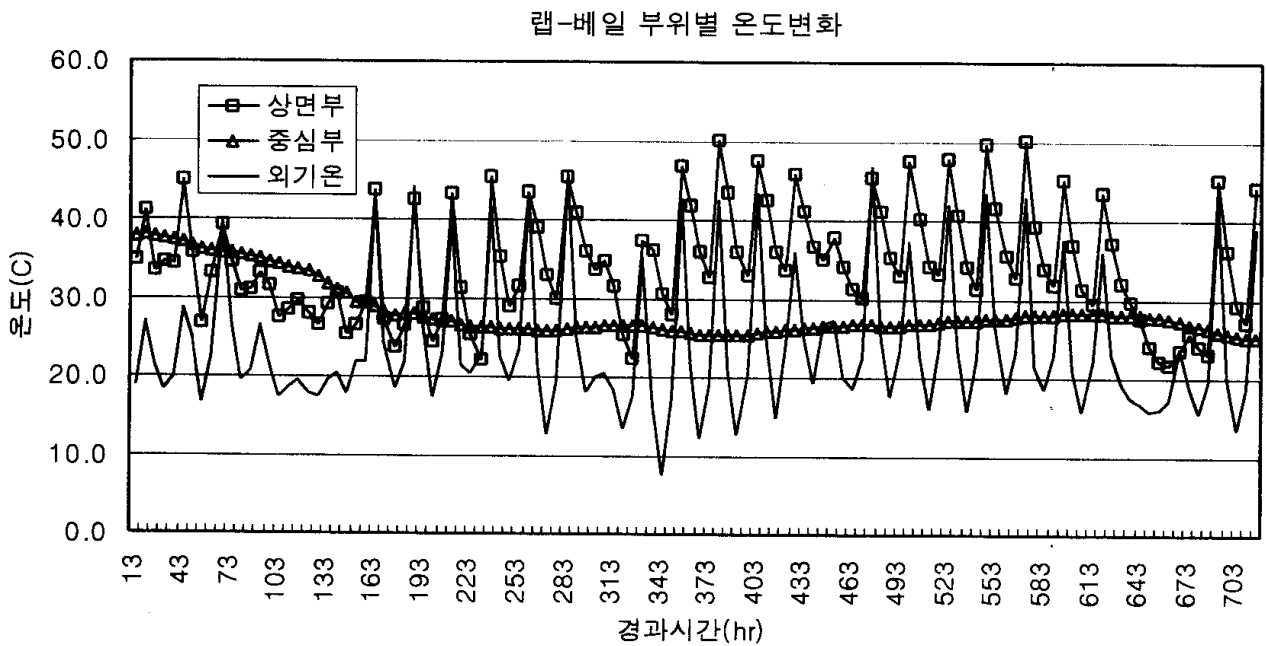


그림 2-42 랩-베일 부위별 온도변화-2(함수율 50%, 무처리)

(다) 밀봉 두께별 랩-베일의 온도변화

본 연구에서의 온도변화의 관찰은 4겹, 6겹, 8겹으로 밀봉한 랩-베일에 대하여 실시하였다. 온도 측정 방법은 앞서 언급한 바와 같고 함수율 50%, 60% 재료를 각각 4겹, 6겹, 8겹으로 밀봉하였다. 조사결과를 그림 2-43, 그림 2-44에 나타내었다.

랩-베일 두께별 온도변화

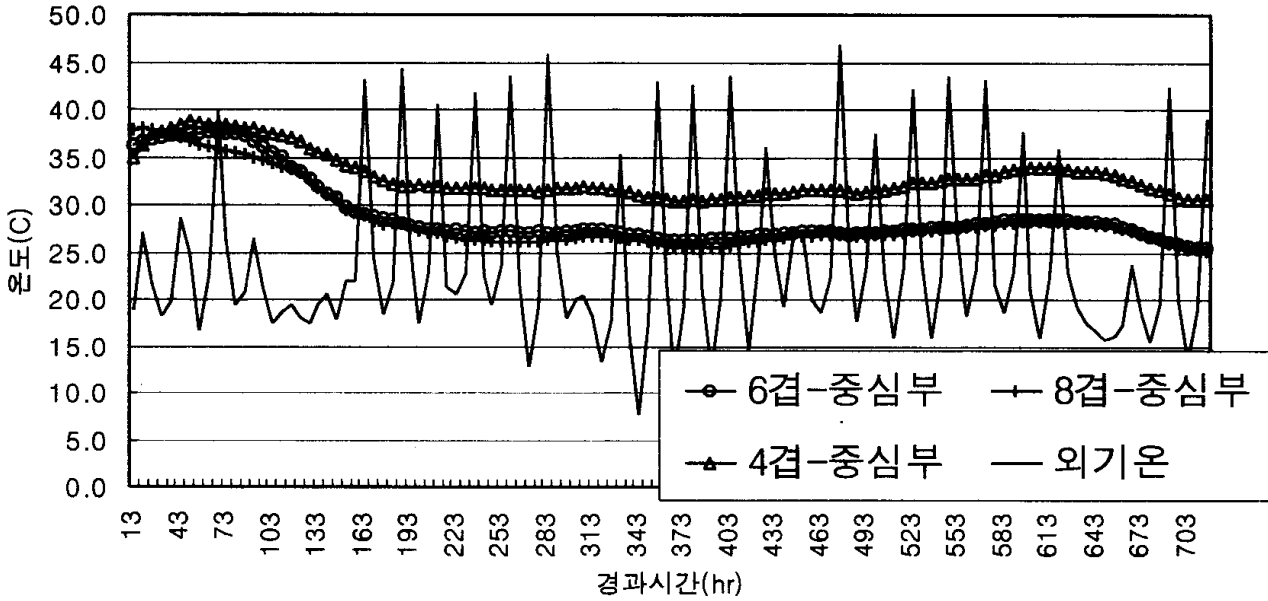


그림2-43 랩-베일 두께별 온도변화(함수율 50%)

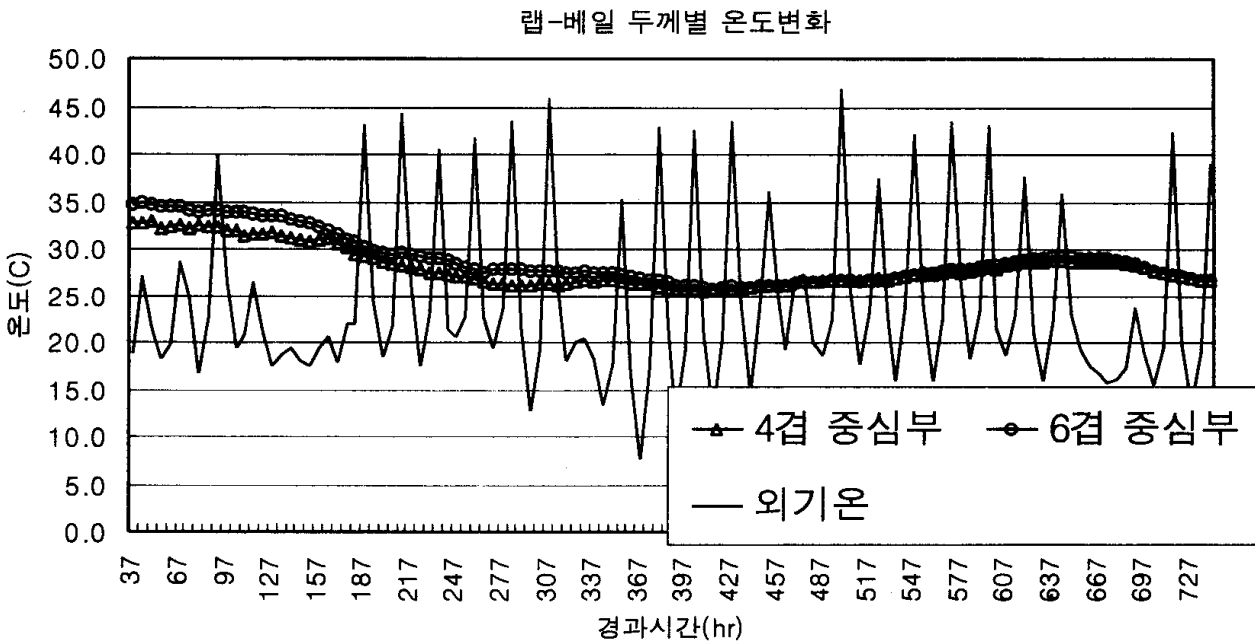


그림2-44 랩-베일 두께별 온도변화(함수율 60%)

결과를 살펴보면 함수율 60% 재료의 경우 밀봉 두께에 관계없이 모두 약 300시간이 경과한 후 약 28°C 근방에서 안정되는 모습을 보였다. 그러나 함수율 50% 재료는 6겹, 8겹의

경우 함수율 60% 재료와 유사하게 약 27℃ 근방에서 온도가 안정되었으나 4겹 밀봉의 경우는 심부의 온도가 약 32℃에서 안정되고 측면부의 온도는 무려 50℃까지 상승하는 모습을 보이고 있다. 따라서 함수율 50% 재료의 4겹 밀봉의 경우는 외기온의 영향을 대단히 많이 받아 전체적으로 30℃를 상회하는 고온발효가 진행된 것으로 판단되며 따라서 사일리지의 품질은 현저히 저하된 것으로 판단된다.

그런데, 함수율 60% 재료의 4겹 밀봉의 경우는 온도가 여타의 경우와 같이 안정된 모습을 보이고 있는 데, 이것은 함수율이 높은 경우 외기온의 영향을 덜받는 때문인 것으로 판단되며 따라서 함수율이 낮고 밀봉 두께가 4겹(100 $\mu$ m) 미만인 경우는 랩-베일 저장시 필히 온도가 지나치게 높게 상승되지 않도록 해야 한다.

#### 4) pH 및 유기산의 측정결과

맥류 랩-사일리지의 함수율과 pH, 유기산의 측정결과를 표2-57에 나타내었는데, 맥류를 랩-사일리지로 가공하는 경우 대부분 매우 좋은 품질의 사일리지를 얻을 수 있었다.

표 2-57 맥류 랩-사일리지의 함수율과 pH 및 유기산의 측정결과

품종	첨가제 처리	함수율 (w.b %)	pH	건물중 유기산(%)			Flieg 등급	
				젖산	낙산	초산		
호맥	유산균	45	4.5	4.2	0	1.0	1등급	
호맥	유산균	57	4.8	5.6	0	1.8	1등급	(재료 비맞음)
호맥	개미산	44	4.7	2.7	0	0.4	1등급	
호맥	무처리	48	4.8	3.1	0	1.2	1등급	

\*Flieg 등급: 맹원재외, 1998

본 연구에서 제조한 랩-사일리지는 모두 제조시에 햇볕이 좋은 날 반나절~1일 정도의 예건 기간을 거친 관계로 함수율이 관행의 옥수수 사일리지보다는 낮은 수준인 40~60%(w.b) 정도로 형성되었다. 이를 보고된 자료(김정갑 외, 1995a)와 비교하면 대체로 함수율과 젖산의 함량

은 약간 낮고 pH는 비슷한 것으로 나타났으며, 젖산의 함량이 낮은 것은 낮은 함수율과 연관이 있는 것으로 판단된다. 그러나 젖산 생성량이 적고 pH는 약간 높지만 불량발효의 지수가 되는 낙산의 생성량이 거의 없어 발효품질이 매우 양호한 것으로 판단되는데, 이는 보고된 내용과 (고영두 외, 1999) 같은 결과인 것으로 보인다. 보고에 의하면(김종근, 1991 ; Gordon 등, 1965 ; Mcdonald 등, 1968) 일반적으로 비예건 사일리지의 적정 pH를 4.2로 볼 때, 예건된 저수분 사일리지의 경우 적정 산도의 범위가 5.0을 넘더라도 큰 문제는 없다고 하였다.

유산균 처리의 경우 함수율 40~65%(w.b)의 넓은 범위에서, 또한 재료가 비를 맞는 등의 조건에 크게 영향을 받지 않고 안정된 사일리지의 발효가 가능한 것으로 판단된다. 개미산 처리의 경우 양호한 품질을 보이고 있으나 젖산 함량이 유산균처리에 비해 떨어지는 것으로 나타났다. 무처리의 경우 역시 99년도에 제조한 사일리지를 6개월 이상 저장 후 급여하였을 때 품질에 이상이 없었으며 위의 결과에서 보듯이 대체로 우수한 품질을 보였다. 젖산의 검출은 개미산 처리와 같이 유산균 처리에 비해 낮게 나타났으나 낙산의 검출이 전혀 없어 품질에 문제가 없는 것으로 판단된다. 따라서 함수율을 40~60%(w.b)를 유지하고 이물질의 혼입이 없도록 하면 비용이 많이 드는 유산균이나 인체에 유해한 개미산 등의 첨가제 처리를 하지 않아도 양질의 사일리지를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 저수분 사일리지의 이용은 10~20%에 이르는 수분을 감소하여 제조하므로 탭-사일리지의 운반, 저장에 있어 경비의 절감이 가능하다.

### 3. 결론 및 요약

본 연구는 우리나라 축산업의 고질적인 문제인 축산 조사료의 부족을 해결하기 위해 겨울철 논에 보리나 호맥 등의 맥류를 재배하여 조사료화하기 위해 실시되었다. 본 절에서는 저렴하게 생산된 탭-사일리지의 농가에 공급되었을 때 안전하고도 생산성이 높은 조사료로 이용될 수 있는지를 알아보기 위해, 사일리지의 품질을 분석하고 가축에 급여했을 때의 효과를 조사하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 생산된 탭-사일리지를 4개월 이상 저장하여 관능검사를 실시한 결과 냄새는 낙산취없이

향긋한 산취가 나며 잎, 줄기 등의 구조가 양호하고 사일리지 특유의 담황색을 보였다. 또한 사일리지의 함수율, pH, 유기산(젖산, 초산, 낙산)을 조사한 결과 부패정도를 나타내는 낙산의 검출이 전혀없고 젖산과 초산의 조성비도 우수하여 1등급의 사일리지로 판단되었다.

나. 예취 후 0.5~1일 정도 예건하여 제조된 사일리지의 함수율은 40~60%(w.b)의 분포를 보이고 전체적으로 첨가제의 투여 없이도 품질 좋은 사일리지의 생산이 가능하였다. 이는 저수분의 사일리지를 생산할 수 있고 값비싼 첨가제 투입을 줄일 수 있어 사일리지 생산과 저장에 있어서의 제반 경비의 절감이 가능한 것으로 판단되었다. 또한, 유산균 또는 개미산 등의 첨가는 작물에의 이물질 혼입, 예건시의 비맞음 등에 의해 작물의 양분 손실이 예상될 경우 적용하면 안전한 사일리지 제조가 가능한 것으로 판단되었다.

다. 밀봉 두께별 함수율을 측정한 결과 2겹 밀봉은 문제가 있는 것으로 판단되며 4겹 이상의 경우 수분 보존이 양호한 것으로 판단되었다.

라. 랩-사일리지 저장 중의 pH와 온도의 변화를 관찰한 결과 함수율이 낮은 경우 발효속도가 느리고 함수율이 높은 경우 발효속도가 빠른 것으로 판단되었으며 최종 산도도 함수율 60% 재료가 함수율 50% 재료보다 낮아지는 것으로 판단된다. 그러나 함수율 50%의 재료도 pH5.0 이하의 수준을 보여 랩-사일리지에서의 산도로서는 적합하며 장기저장시에도 문제가 없을 것으로 판단된다. 또한, 베일 내부의 온도는 발효 초기에 35℃ 정도의 높은 온도를 보이다가 약 300시간이 경과하면서 27℃ 전후에서 안정되었다.

마. 랩-베일의 부위별 온도 변화를 관찰한 결과 베일의 내부는 외기온 변화에 큰 반응을 보이지 않은 반면 베일의 외부는 외기온의 변화에 큰 영향을 받아 온도가 45℃까지 증가하는 양상을 보여 장기 저장시에 직사광선이 피하여 통풍이 좋은 곳에 저장하는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

바. 이상에서 살펴본 바와 같이 우리나라에서 담리작 맥류를 랩-사일리지로 생산하였을 경우 품질이 매우 좋은 것으로 나타나 축산 농가에서 이용할 경우 옥수수 이외의 양질의 조사료를 이용할 수 있어 가축의 생산성을 증대시킬 수 있을 것으로 판단된다. 따라서, 조사료가 부족한 우리나라에서 담리작 맥류 랩-사일리지는 주요한 조사료 공급원으로 자리잡을 수 있으며, 이에 따라 축산업의 안정적 발전, 대외 경쟁력의 강화, 수입 곡물 및 수입 조사료의 국산화 대체로 외화 절감에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

## 제6절 답리작 맥류 랩-사일리지의 급여 사양 시험

앞의 5절에서는 본 연구에서 수확가공된 랩-사일리지의 품질에 관하여 관찰하였다. 그러나 분석결과에 의한 사일리지의 품질이 외관상(관능평가, pH측정, 화학적 분석 등) 우수해도 가축의 기호성이 떨어지거나 섭취 후 생산성이 떨어진다면 우수한 사일리지가 될 수 없다. 따라서 사일리지 평가의 가장 실질적이고 중요한 방법은 가축에 급여하여 기호성과 섭취량 및 가축의 생산성을 조사하는 것이다(고영두 외, 1999)

따라서, 본 연구에서는 생산된 호맥 사일리지를 경북대학교 부속농장에 저장하여 4개월 뒤인 2000년 9월경에 사일리지가 완전히 숙성된 다음 젖소에 급여하여 그 효과를 조사하였다.

### 1. 맥류 랩-사일리지의 급여효과의 조사 내용

급여효과의 조사 항목은 본 연구진에서 조사할 수 있는 항목으로 일일 사료 섭취량, 일일 우유 생산량 등을 관찰, 기록하였고 생산된 우유의 품질과 유대 수입 등은 납유 회사의 우유 등급 검사결과 및 납유 대금을 기준으로 하였다.

대상 젖소는 모두 착유우로 한정하고 실험기간 내의 젖소의 수는 8~10마리로 유지하였다. 이 때, 호맥 사일리지를 급여한 효과를 볏짚 급여와 옥수수 사일리지 급여할 경우와 비교하여 관찰하기 위하여 ①볶짚 + 배합사료 위주로 사료를 급여하다가 ②호맥 사일리지 + 배합사료 위주로 급여하고 이어서 ③옥수수 사일리지 + 배합사료 위주로 급여하였다. 이 때, 볏짚과 호맥 사일리지, 옥수수 사일리지 등은 자유채식으로 급여하고 나머지 사료의 양은 고정하였다. 위의 세 가지 형태의 사료급여기간은 각각 31일, 15일, 31일로 연이어 사료

를 급여하였으며 사료의 내용이 바뀌는 경우의 사료 적응기간은 3일 정도로 하였다. 급여사료의 종류와 양은 경북대학교 부속목장에서 자체 사료급여프로그램에 의거 결정하였다.

또한, 본 연구진에서는 위의 급여효과 조사 이외에도 경상북도 경주시 안강읍 소재의 D목장에서의 맥류 랩-사일리지 급여 사례를 조사하였다. 동 목장에서의 착유우의 평균두수는 44마리이고 1999년 봄에 수확, 가공한 랩-사일리지를 2000년 1월~4월 사이에 집중적으로 급여하였다. 이상과 같이 조사한 경북대와 D목장에서의 사료급여 내용을 표2-58에 나타내었다.

표 2-58 급여 사료의 구성

경북 대학교 부속 목장	구분	벼짚 중심 급여		호맥 사일리지 중심 급여		옥수수 사일리지 중심 급여		
	사료급여 내용 (1일-1두)	벼짚 : 자유 채식		호맥 사일리지 : 자유채식		옥수수 사일리지 : 자유채식		
		배합사료 14 kg		배합사료 8 kg		배합사료 8 kg		
		수입건초 2 kg		수입건초 2 kg		수입건초 2 kg		
경주 D목장	구분	맥류 사일리지 급여 이전(1999)		맥류 사일리지 급여 이후(2000)				
	사료 급여 내용 (1일-1두)	옥수수 사일리지 없는 경우	옥수수 사일리지 있는 경우	옥수수사일리지 없는 경우	옥수수 사일리지 있는 경우			
		벼짚 10kg	벼짚 5 kg	벼짚 1 kg	벼짚 1 kg			
		배합사료 13.5 kg	배합사료 13.5 kg	배합사료 8.8 kg	배합사료 8.8 kg			
		-	옥수수 사일리지 10 kg	보리 사일리지 15.5 kg	옥수수 사일리지 11.7 kg			
		-	-	수입건초 2 kg	수입건초 2 kg			
		합계 23.5 kg	합계 28.5 kg	합계 27.3 kg	23.5 kg			

## 2. 맥류 랩-사일리지의 급여효과의 조사 결과

앞에서 언급한 바와 같이 본 연구진에서는 경북대학교 부속목장에서 착유우에 사료를 직접 급여하고 두당 일일 산유량, 우유등급, 유대수입 등을 관찰하였다. 또한 사례조사로서 D목장에서의 1999년~2000까지의 생산과 매출 자료를 조사하여 그 내용을 표2-59에 나타내었다.



표 2-59 맥류 랩-사일리지 급여효과의 조사결과

구분	사료 내용	채식량 (kg/두-일)	두당 산유량 (kg/두-일)	우유 품질	유대 수입 (원/두-일)	비고
a) 경북 대학교 부속목장	벼짚 중심	15(벼짚)	14.2	평균 1B	8,655	**
	호맥 중심	25(호맥**)	17.7	평균 1A	10,837	
	옥수수 중심	27(옥수수**)	20.2	평균 1A	12,263	
b) D목장	맥류 사일리지 비급여(1999)	10~15 (벼짚+옥수수**)	22	평균 1B	11,146	사일 리지
	맥류 사일리지 급여(2000)	12.7~16.5 (벼짚+맥류**+옥수수**)	25	평균 1A	13,524	

표에서 보는 바와 같이 a)의 경우 벼짚 대신 호맥 랩-사일리지를 급여했을 때, 채식량과 두당 산유량이 증가하고 유대수입이 25% 이상 증가하였다. b)의 경우도 두당 산유량이 증가하고 유대수입이 21% 증가하였다. 우유의 품질 또한 1B에서 1A로 향상되었으나 이는 전적으로 호맥 사일리지 급여 결과라고 단정하기는 어렵다. 따라서 호맥 랩-사일리지의 급여결과는 벼짚 급여에 비하여 비약적인 생산량의 증대가 가능한 것으로 판단된다. 맥류 랩-사일리지는 옥수수 사일리지와 비교하여 보면 전체적으로 채식량이 낮고 산유량도 낮은 것으로 나타났다. 우리나라와 같이 옥수수를 경작할 수 있는 사료포가 제한되어 있는 실정에서는 관행의 옥수수 사일리지의 훌륭한 대체사료로 이용될 수 있음을 확인할 수 있다.

### 3. 랩-사일리지의 세절 가공 효과

본 연구의 사일리지 생산 시험에서는 베일러에 의한 베일 작업시 작물의 세절을 실시하지 않고 원형 그대로 압축, 결속, 피복을 실시하였는데 개봉 급여하여본 결과 사일리지의 품질에는 이상이 없는 것으로 나타났다. 그러나 작물이 세절되어 있지 않고 길이가 길어 젖소에 급여시 허실이 상당량 발생하였다. 따라서 급여시는 필히 사일리지를 세절하여야 할 것으로 보이며 본 연구에서는 일반 농가에서 흔히 쓰이는 벼짚 절단기를 사용하여 세절 작업을 실시할 수 있었다. 이렇게 사일리지를 세절하여 급여하는 경우 사료가치의 증대효과도

가져오게 된다. 즉, 반추 가축인 소에게 길이가 긴 조사료를 그대로 급여하는 경우 영양소의 소화율을 저하시킬 수 있어 조사료로서의 기능을 하기가 어려운데 대상물을 적당한 길이로 세절하여 급여하면 소의 씹는 노력에 필요한 에너지를 줄이고 반추위 내 미생물이 작용할 수 있는 면적이 넓어지기 때문에 소화율을 증대할 수 있으며 이용효율이 향상되어 정미 에너지가가 증대하게 된다. 따라서 조사료의 세절은 여타의 방법보다 경제적인 사료 가치 증대 방안이 될 수 있으며 세절의 방법에서는 조사료의 입자도가 적을수록 소화율이 증가하는 것으로 보고되고 있다. 그 예를 표2-60에 나타내었다

표2-60 조사료 세절정도가 cellulose 소화율에 미치는 영향(벼짚)

입자도(cm)	소화율(%)
0.5	70.9
1.0	63.4
2.5	49.9
5.0	40.7

그러나 이렇게 대형의 원형 베일을 범용의 커터기로 절단하여 급여하는 방식은 베일을 수작업으로 풀어헤친 후 범용 커터로 절단하므로 베일 절단 작업에 지나치게 많은 노력과 시간이 허비된다. 특히 낙농가나 한우 농가의 바쁜 하루 작업일정을 고려한다면 인력에 의한 세절 작업은 거의 불가능한 것으로 판단된다. 따라서, 이러한 문제를 해결하기 위해서는 기존의 국내에 보급된 트랙터로 원형 베일을 손쉽게 운반 및 적재하여 대량의 램-베일을 단시간 내에 세절하고 가축에 급여할 수 있는 기계장치의 개발이 필요하다.

이렇게 잘게 세절된 사일리지는 TMR배합시에도 대단히 적합한 원료가 될 수 있어 TMR 사량의 확대보급에도 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 4. 결론 및 요약

생산된 호맥 사일리지는 경북대학교 부속농장의 젖소를 대상으로, 급여한 효과를 관찰

하기 위하여 ①볏짚 위주로 사료를 급여하다가 ②호맥 사일리지 위주로 급여하고 이어서 ③ 옥수수 사일리지 위주로 급여한 후 일일 사료 섭취량, 일일 우유 생산량, 우유 품질, 유대 수입 등을 조사하였다. 또한, 경주 관내 D 목장에서 맥류 탭-사일리지 급여효과를 조사하였다. 그 결과 두 군데 모두 옥수수 급여시보다는 산유량이 약간 적었지만 볏짚 급여 대비 하여 젖소의 채식량이 증가하고 산유량이 각각 25%, 14% 증가했으며, 유대 수입이 각각 25%, 21% 증가한 것으로 나타났다.

## 제3장 조사료 압축·결속용 원형 베일러의 개발

### 제1절 서 설

모아에 의해 예취 된 맥류 생초의 함수율은 약 75-80%로 사일리지 용으로는 부적합하다. 따라서 포장(Field)에서 하루 정도 일광 건조를 한 후 함수율이 60%정도로 떨어진 후에 수집·결속을 하는데 본 연구에서 개발된 베일러는 목초를 수집함과 동시에 압축·결속을 할 수 있는 원형 베일러이다. 55마력급 이상의 트랙터에 부착이 되어 동력은 트랙터의 PTO로부터 취출하여 작동이 되는 기종이다. 이 과제는 본 연구에서 개발이 될 기계 중 가장 핵심이 되는 것으로 3년에 걸쳐 수행되었으며 연구 내용은 다음과 같다. 본 연구는 아세아종합기계와 공동으로 수행하였다.

1년차 연구에서는 ①시작기 모델을 선정하고 선정된 모델을 수입하여 ②세부 설계도를 작성하고, ③차축부, 외관부 및 배출 링크부 등의 부품을 개발하였으며 2년차에는 ①동력전달장치, ②압출 레이크장치, ③픽업장치를 개발하였다. 3년차에는 ①동력전달장치(U/joint, 기어박스), ②픽업장치용 유압실린더 및 휠부, ③롤러 구동장치부를 개발하였다.

### 제2절 조사료 압축·결속용 원형 베일러의 개발

#### 1. 모델 선정 및 공정별 기능 분석

##### 가. 기대 사양

본 연구에서 개발되는 베일러는 랩핑을 전제로 한 사양으로 결정되어야 한다. 현재 국내 및 외국에서 널리 쓰이는 베일러의 종류는 크게 사각형과 원형으로 나눌 수 있는데 국내에는 벗짚

수거를 위한 소형의 사각 베일러가 많이 공급되어 있다. 소형의 사각 베일러로 생산 가능한 베일의 무게는 통상 벧짚 기준 20-30 kg 정도가 되는데 이는 랩핑을 하기에는 부적합한 정도로 소형이다. 기계적으로 랩핑을 실시할 수 없는 것은 아니나 생산물이 너무 소형이어서 사일리지 생산비용이 매우 높아질 것으로 예상되기 때문이다. 외국에서 널리 사용되고 있는 랩-사일리지 생산에 사용되는 베일러의 사양을 조사하여 본 바 주로 원형이 많이 쓰이고 있었으며 일부 대형의 사각 베일러를 사용하고 있는 것으로 파악되었다. 대형의 사각 베일러의 경우 소요 동력이 지나치게 크고 사각 베일을 위한 랩퍼 또한 기계 구조가 복잡하고 기계 가격도 비싼 것으로 나타나 우리나라에 적용하기에는 부적합한 것으로 판단되었다. 따라서 본 연구팀에서는 개발 기대의 개발 참조용 수입기대를 참여 업체인 아세아 종합기계와 협의하여 원형 베일러 중 가장 소형인, 직경 1.2m x 길이 1.2m의 베일을 생산할 수 있고 소요 동력도 우리나라 농가에서 많이 사용하고 있는 55ps 트랙터에 적합한 기종으로 선정하였다. 기대의 사양을 표3-1에 나타내었다.

표 3-1 개발 기대의 사양

항 목	사 양	비 고
소요 동력	55 PS	
P.T.O rpm	540 rpm	
베일 원통 직경 x 폭	φ1.2 m x 1.2 m	
pick-up 폭	1.58 m	
기대 높이	2.34 m	
기대 폭	2.50 m	
기대 길이	4.00 m	
중량	1,750 kg	

#### 나. 작업 공정의 분석

베일러의 작업공정은 아래와 같이 대략 5단계로 나눌 수 있다.

##### 1)작물의 수집

모어로 예취된 작물은 포장에서 1-2일 정도 일광 건조(천일 건조)하게 된다. 이후 베일

작업을 실시하게 되는 데 포장에 넓게 흩어져 있는 작물을 베일러로 수집하기 위해서는 우선 레이크를 이용하여 수집 작업이 가능하도록 작물을 집초하여야 한다. 집초된 작물을 베일러의 pick-up 장치부로서 베일러 내로 끌어 들이게 되는데 이 때 pick-up 장치부와 지면과의 간격이 너무 넓으면 작물의 수집이 잘 되지 않고 간격이 너무 좁으면 pick-up 장치부의 파손이 생기거나 베일에 흙 등의 이물질이 많이 들어가 사일리지의 품질을 떨어뜨릴 수가 있다. 따라서 pick-up 장치부는 지면에 대해 기대 본체와는 별도로 높낮이를 조절할 수 있게 하여야 한다. 또한 작업시 포장의 평면이 균일하지 못하므로 높낮이의 조절은 유압식으로 하여 작업중에도 조절이 가능토록 해야 한다.

## 2)작물의 공급

베일러로 끌어올려진 작물은 베일을 압축 성형하기 위해 베일 원통부로 이송되어야 한다. 이러한 이송 기능을 담당하게 되는 부분이 공급 장치부인데 통상 4절 기구를 구성하여 작물이 원통 베일부 쪽으로 잘 이동하도록 밀게 한다. 이 때 4절 기구는 원통 베일부 쪽으로 작물을 밀어 주는 방향으로 작동하는 경우는 작물에 확실하게 접촉하고 그 반대 방향으로 움직일 경우는 작물에 접촉되지 않도록 구성되어져야 한다. 한편 랩-사일리지의 제조시 작물을 미리 세절한 다음 비닐 랩핑을 하면 양질의 랩-사일리지를 보다 빠르게 많은 양을 처리할 수 있다. 따라서 필요한 경우 공급 장치부에 세절 장치부를 추가 설치할 수 있는데, 이 경우 베일 작업에 소요되는 동력이 최고 20ps 이상이 추가로 소요되고(합계 최고 75 ps 소요 예상) 기대의 가격 또한 매우 비싸질 것으로 예상되어 본 연구에서는 세절 장치부는 제외하도록 하였다.

## 3)압축, 성형

공급 장치부에 의해 이송된 작물은 베일 원통부로 이송되어 압축되고 원형으로 성형된다. 압축, 성형된 베일이 좋은 사일리지가 되기 위해서는 베일의 밀도가 높아야 하는 데 이를 위해서는 베일러가 높은 압축력을 유지하여야 한다. 수입 샘플 기대의 압축력은 최고 300

kg/㎡까지 견딜 수 있도록 설계되어 있다. 베일의 압축, 성형을 위한 베일 원통부의 개발은 앞서 언급한 바와 같이 본 연구의 과제에서 제외되었다.

2차년도에 개발 중인 동력전달장치, 압출 레이크 장치, 픽업 장치는 모어에 의해 예취되어 포장에 집초되어 있는 작물의 수집 및 압축과 베일 성형의 연속적인 작업을 가능하게 하는 장치들이다. 각 부품의 상세 내용에 언급하기 전에 본 연구에서 개발 중인 베일러의 베일 성형 원리에 대해 살펴볼 필요가 있다. 그림3-1 에 작물의 수집-압축-베일 성형- 압축의 과정을 나타내었다.

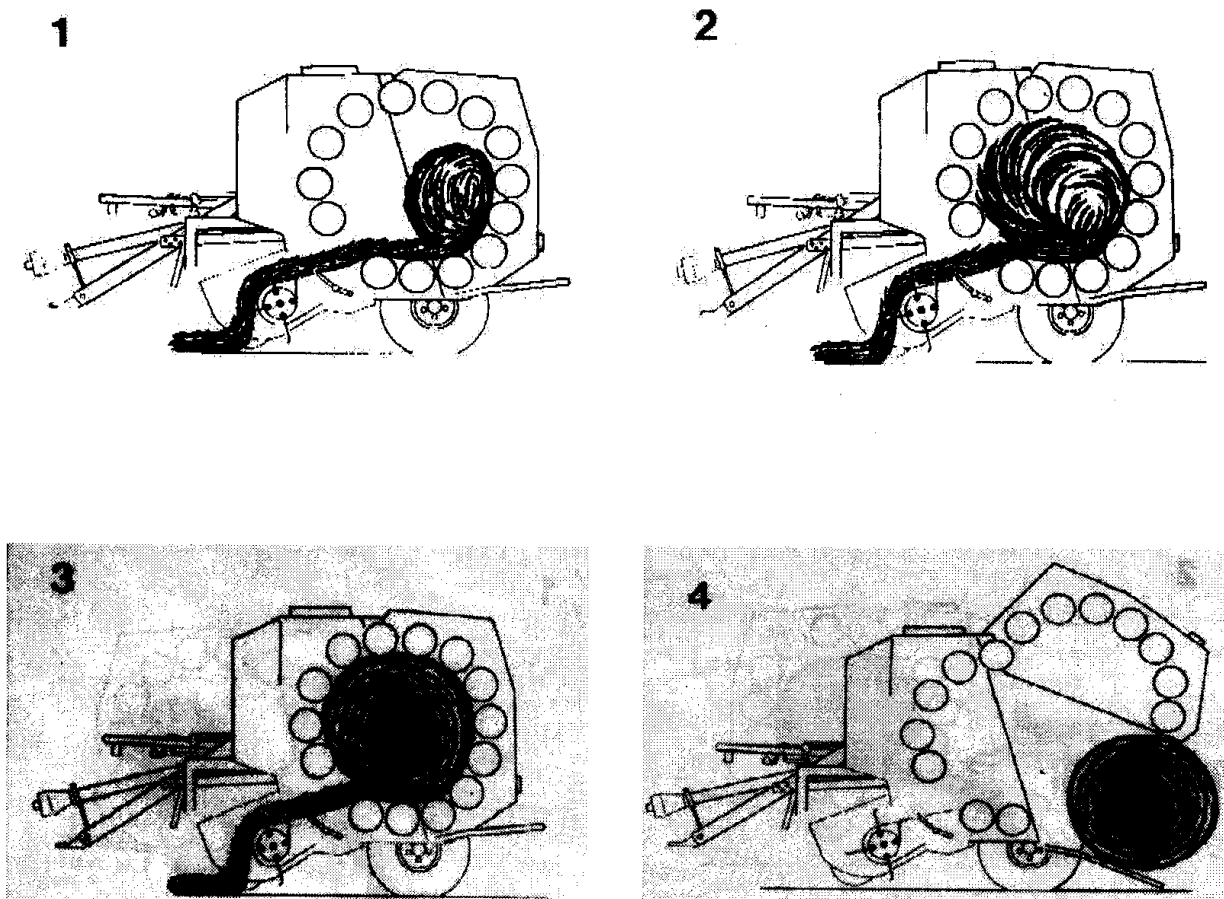


그림 3-1 베일 성형 과정

그림3-1-1에서와 같이 집초된 작물은 픽업 장치부에 의해 베일러 내부로 진입하게 되는데, 픽업 칼퀴에 의해 지면에서 1차로 걷어올려진 작물은 4절 기구로 이루어진 보조 feed

rake에 의해 베일 압축실 내로의 이송이 촉진된다. 이 때 입구의 상하에는 2개의 수평 레이크가 있어 베일 압축실 내로의 작물 투입량을 조절한다. 집초된 작물열의 두께와 폭은 베일링 작업에 있어 그 성능을 결정하는 매우 중요한 요소가 된다. 압출 레이크와 픽업 장치부는 투입되는 작물열을 일정한 두께와 폭을 넘지 않도록 제한하면서 연속적으로 베일 압축실로 이송한다. 이송된 작물은 베일 성형이 이루어지는 데, 작물 투입이 시작되는 초기에는 그림 3-1-2에서와 같이 작물이 순서없이 채워진다.

이후, 보다 많은 작물이 투입이 되면 그림 3-1-3과 같이 14개의 위치가 고정되어 회전하는 롤러가 작물을 원형의 베일이 되도록 하며 새로 투입되는 작물은 회전하는 베일 형성 롤러에 의해 베일을 등글게 싸게 된다. 압축실내의 작물의 양이 증가함에 따라 베일은 외측에서부터 내측을 향하여 압축된다. 베일 압축실의 압력이 상승하면 압력 게이지에 표시된다. 사전에 셋팅된 베일의 밀도에 도달하면 베일은 그물망이나 끈에 의해 결속되어 진다. 결속작업이 완료되면 이어서 유압이 작동하여 뒷문(tailgate)이 열리고 그림 3-1-4와 같이 베일은 밖으로 배출이 된다

#### 4)결속

베일 압축시의 압축력은 유압 게이지에 의해 사용자가 확인할 수 있도록 하여야 한다. 작업자는 게이지를 통하여 원하는 압축력을 확인하고 결속을 실시하게 된다. 결속작업은 회전 중인 원통부에 베일끈을 접근시켜 베일이 끈을 감고 돌도록 구성되어 있다. 베일 끈의 감는 횟수는 기계식 타이머를 구성하여 조정하고 또한 결속 횟수가 만족되면 베일 끈의 절단이 자동으로 이루어진다. 본 결속 장치부의 개발은 앞서 언급한 바와 같이 본 연구의 과제에서 제외되었다.

#### 5)배출

베일이 압축, 성형, 결속된 후 작업자는 후방의 안전을 확인한 후 베일을 후방으로 배출하게 되는데 베일은 베일 원통부의 절반 정도가 유압에 의해 뒤로 들려지면서 밖으로 배출



되게 된다. 이 때 베일의 배출을 부드럽게 하고 베일을 기대에서 어느 정도 떨어진 곳으로 배출시켜 원통부를 안전하게 닫기 위해서 디스차지 램프부를 베일러의 후방에 설치한다. 이상에서 언급한 내용을 공정도로 나타내면 그림 3-2 과 같다.

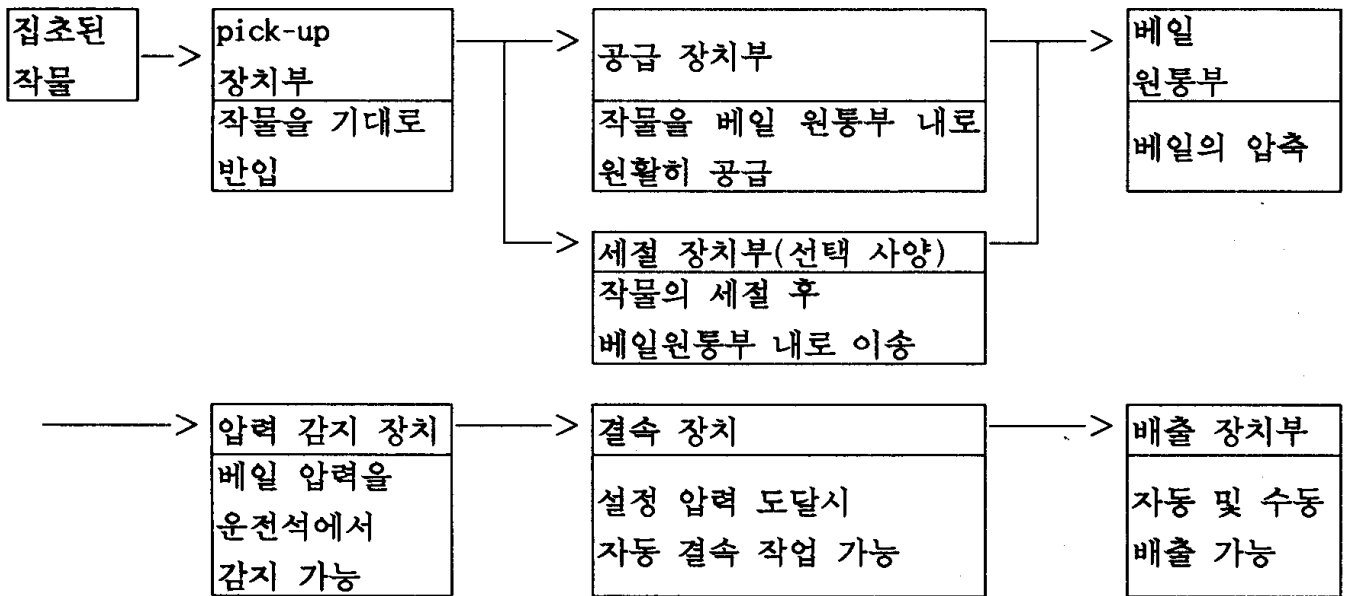


그림3-2 개발될 베일러의 주요 작업 흐름도

#### 다. 베일러의 구성도 및 기능

##### ① 조절형 견인 장치

트랙터에 의한 견인을 용이하게 하기 위해 히치부의 높이를 조절할 수 있도록 한 장치

##### ② 광각 유니버설 조인트

큰 폭의 각도 변화에도 회전이 가능하여 작업 중 선회시에도 안전하고 확실하게 동력을 전달할 수 있는 동력 전달 장치

##### ③ 자동 결속 조정판

유압에 의해 감지된 베일의 압력이 설정치에 도달할 경우 경고음과 램프가 작동하여 작업자에 신호를 주며 작업자는 트랙터의 운전석에서 버튼을 눌러 결속작업을 진행하는 장치

##### ④ pick-up 장치부

원통형 축부에 스프링 강재의 tine을 부착하여 회전시킴으로써 포장에 집초된 작물을 기  
대 안으로 끌어 올리는 장치로서 포장 조건에 따라 높낮이를 조정할 수 있도록 하였다.

⑤ 보조 공급 장치부 또는 세절 장치부(선택 사양)

㉠ 보조 공급 장치부

4절기구로 이루어진 공급 rake에 의해 작물이 연속적인 흐름을 가지면서 원통 내부로  
공급될 수 있도록 하는 장치로서 4절 기구는 작물이 원통 내로 진입하는 방향으로는  
작물을 직접 밀도록 되어 있으나 진입 반대 방향으로는 작물에 닿지 않도록 설계되어 있다

㉡ 세절 장치부(선택 사양)

양질의 사일리지를 제조하기 위해서는 작물을 짧게 절단(5cm 내외)할 필요가 있는  
데 이를 위해서 작물을 세절하고 원통 내로 이송하는 장치

※ 본 장치의 구동을 위해서는 약 20 ps의 추가 동력이 필요하고 가격 또한 상승되는  
관계로 본 연구에서는 세절 장치부를 채택하지 않음

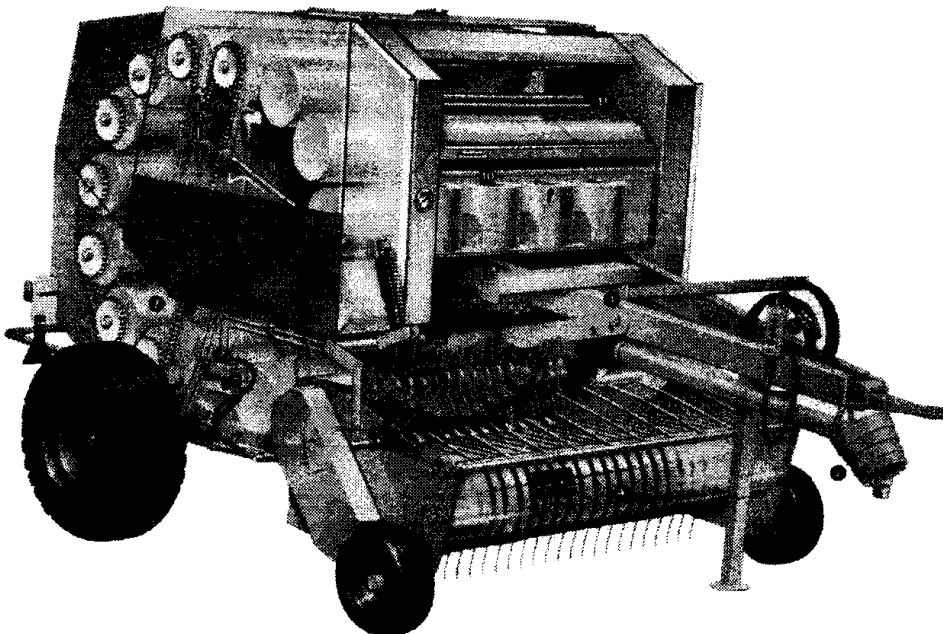


그림 3-3 본 연구에서 개발된 베일러 시작기의 모형

⑥ 두 개의 rake 장치

작물의 원통내 공급시 원활한 흐름을 유지하기 위해 작물의 공급량을 조절할 수 있도록 입구의 상하에 설치된 장치

⑦ 베일 원통

공급된 작물을 일정한 밀도로 압축하고 원통형으로 성형하는 장치로써 원통의 내부 용적이 변하지 않는 고정식임

내부에는 체인 구동에 의해 회전하는 14개의 철제 원통이 장착되어 있으며 원통의 표면은 작물의 균일한 압축을 돕기 위해 돌기가 형성되어 있음

⑧ 구동 체인

베일 원통 내부의 개별 원통을 구동시키기 위한 체인 장치

⑨ 베일 배출 장치

작업자가 베일을 배출할 경우는 트랙터 내의 유압을 작동하여 베일 배출용 유압 실린더를 작동시켜 베일 원통의 후방부를 개방시킴

⑩ 자동 결속 장치(베일 끈 결속 장치)

결속은 2줄이 동시에 베일을 결속하도록 작동하며 운전석에서 자동 결속 조정판의 버튼을 누르면 자동으로 결속 작업이 진행 완료됨

⑪ 그물망 피복 장치(선택 사양)

압축 성형된 원통형 베일에 그물망 형식의 피복을 하는 장치로서 본 연구에서는, 국내에서 많이 실시하고 있는 베일 끈 결속 장치를 우선 검토하기 위해 기대 사양에서 제외함

2. 연구 개발 결과

원형 베일러의 1차년도 개발은 당초 계획에 의거 차축부와 외관부 그리고 배출 링크부에 대해 이루어 졌으며 2차년도 개발은 ①동력전달장치, ②압출 레이크장치, ③픽업장치이고 3년 차에는 ①동력전달장치(U/joint, 기어박스), ②픽업장치용 유압실린더 및 휠부, ③롤러 구동장

치부를 개발하였는데 주요 부품내역은 표 3-1과 같다. 체인 및 베어링 등의 부품은 전문 업체에서 제작된 부품을 사용하였으며 나머지는 자체 설계 완료후 외주 제작하였다. 위의 부품 개발에 의하여 기대의 국산화율은 50%가 된다. 각부의 주요 개발품에 대한 내용을 살펴보면 아래와 같다.

표 3-1 베일러 개발품 리스트

그룹	번호	품번	품명	대당 갯수	개발 현황	비고
(1) 배출 링크부	1	822 192.3	디스차지 램프	1	완료	
	2	821 777.1	써포트	2	완료	
	3	822 080.0	레버	1	완료	
	4	822 078.0	로드	1	완료	
(2) 외장부	1	821 578.3	카버	1	완료	
	2	823 762.0	작은 문(좌)	1	완료	
	3	821. 616.0	작은 문(우)	1	완료	
	4	823 758.1	문(좌)	1	완료	
	5	823 759.0	문(우)	1	완료	
	6	821 622.0	연결판	1	완료	
	7	821 764.1	카버	1	완료	
	8	821 532.1	카버	1	완료	
	9	822 099.1	카버(하)	1	완료	
	10	821 581.2	써포트(좌)	1	완료	
	11	821 582.2	써포트(우)	1	완료	
	12	821 522.3	보호판	1	완료	
	13	821 526.2	보호판	1	완료	
(3) 차축부	1	682 702.0	휠 림	2	구매품	
	2	823 725.0	타이어	2	구매품	
	3	823 696.1	액슬축	2	완료	
	4	813 692.2	허브	2	완료	
	5	813 189.0	오일 씰	2	구매품	
	6	235 922.0	테이퍼롤러 베어링	2	구매품	
	7	235 918.0	테이퍼롤러 베어링	2	구매품	
	8	923 693.0	캡	2	완료	

표 3-1 베일러 개발품 리스트(계속)

그룹	번호	품번	품명	대당 갯수	개발 현황	비고
(4) 동력전달 장치	1	822.693	롤러체인	1	개발완료	
	2	821.128	롤러체인	1	개발완료	
	3	822.695	롤러체인	1	개발완료	
	4	821.131	롤러체인	1	개발완료	
	5	821.121	스프로켓	5	개발완료	
	6	823.705	스프로켓	2	개발완료	
	7	821.466	스프로켓	1	개발완료	
	8	822.223	스프로켓	6	개발완료	
(5) 압출 레이크	1	822.930	수평 칼퀴	1	개발완료	
(6) 픽업 장치	1	821.456	드라이브 축	1	개발완료	
	2	821.421	스프링 칼퀴	36	개발완료	
	3	813.758	리테이너와 레버	4	개발완료	
	4	813.764	수평 칼퀴	1	개발완료	
	5	816.075	판	23	개발완료	
	6	821.442	캠 트랙	1	개발완료	
	7	813.762	플랜지 베어링	8	개발완료	
(7) 동력전달 장치 (유니버설 드라이브 축 조합, 기어박스)	1	823.862.0	기어박스 조합	1	개발중	
	1-1	235.986.0	롤러 베어링	1	구매품	
	1-2	823.941.0	하우징	1	개발중	
	1-3	823.946.0	베벨기어 조합	1	개발중	
	1-4	212.210.0	롤러 베어링	1	구매완료	
	1-5	823.947.0	축	1	개발중	
	1-6	243.686.0	롤러 베어링	1	구매완료	
	1-7	823.944.0	베어링 하우징	1	개발중	
(8)픽업장치부 (유압 실린더, 픽업 휠)	1	821.959	레버	1	개발완료	
	2	632.133.0	핀	1	개발완료	
	3	821.960.1	실린더	1	개발완료	
	4	821.956.1	써포트	1	개발완료	
	5	819.412.0	휠	1	구매완료	
	6	821.397.1	써포트 압	1	개발완료	
(9) 롤러 구동 장치	1	822.157.0	허브	3	개발완료	
	2	822.166.0	허브	2	개발완료	
	3	822.163.0	허브	1	개발완료	
	4	822.496.1	허브	2	개발완료	
	5	824.149.1	스프로켓	1	개발중	
	6	822.151.0	스프로켓	2	개발중	
	7	821.466.1	스프로켓	1	개발중	
	8	822.223.0	스프로켓	6	개발중	

## 가. 차축부

원형 베일러는 자주식이 아닌 트랙터 견인형으로 사용되는데 차축부는 베일러와 베일의 전체 무게를 지탱하면서 운행될 수 있도록 견고히 설계되어졌다. 수입 기대의 타이어는 지면과의 접촉을 최대한 늘리기 위해 광폭을 채택하여 면압을 줄였으며 휠은 광폭 타이어에 알맞도록 선정되어 있는데 본 연구에서는 우선 현재 국내의 다른 차종에 사용중인 제품을 구매하기 위하여 보다 좁은 폭의 타이어를 채택하였다. 광폭의 타이어를 사용할 경우 안정된 주행 성능의 측면에서 본다면 유리하나 전체 기대의 주행 폭이 넓어져 좁은 농로의 경우 운행에 지장이 있을 수도 있다. 바퀴나 휠의 개발은 상당한 비용이 필요한 관계로 통상 기계의 개발시기 개발되어 있는 종류를 사용하고 또한 여러 종류의 바퀴를 장착할 수 있도록 하여 필요에 따라 바퀴의 형태를 달리할 수 있도록 한다. 따라서 타이어 및 휠의 사양은 기대 제작 완료후 장기간의 현장 테스트에서 가장 적절한 사양을 결정하도록 할 예정이다. 또한 액슬축 및 허브 등은 수입 견본품의 사양을 참조하고 원형 베일러 및 베일의 전체 중량을 고려하여 운행시 축부의 파손이 발생하지 않도록 견고하게 설계한 후 실제 제작을 하였다. 차축의 재질은 고강도 재료인 Cr-Mo 합금 탄소강을 사용하였으며 허브의 경우는 충격치, 탄성을, 진동흡수 성능이 좋은 ductile주철을 사용하였다. 적용된 베어링은 테이퍼 롤러 베어링으로서 차축에 걸리는 축방향의 힘에도 잘 견디도록 하였다. 중요 개발품의 제작사진은 다음과 같다.

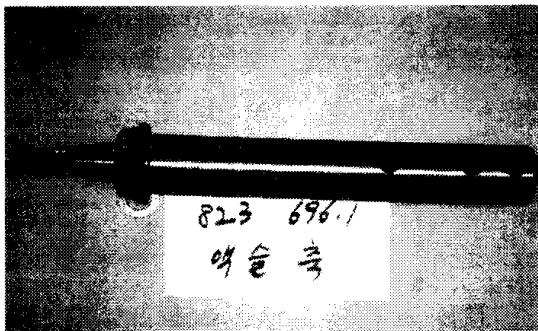


그림3-4 액슬축과 테이퍼 롤러 베어링

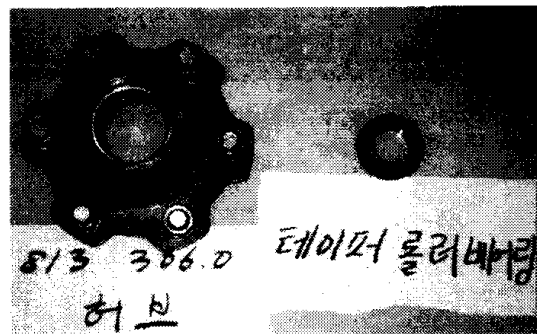


그림3-5 허브와 테이퍼 롤러 베어링

## 나. 외장부

외장부는 원형 베일러의 좌우 측면에 위치한 동력 전달부, 각 링크 장치부, 유압부 등과 후

면으로 노출되어 있는 베일 원통부를 보호함과 동시에 기대의 상품성을 높이기 위해 보다 미려한 외관이 되도록 수입 견본을 참조하여 설계하였다. 또한, 철판의 재질은 스테인레스 강판으로서 장시간 작업으로 도장이 벗겨지더라도 녹이 슬지 않도록 하였다. 중요 개발품의 제작사진은 아래와 같다.

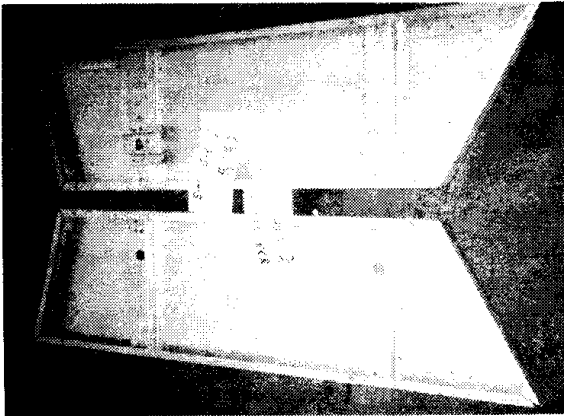


그림3-6 작은 문(좌), 작은 문(우)

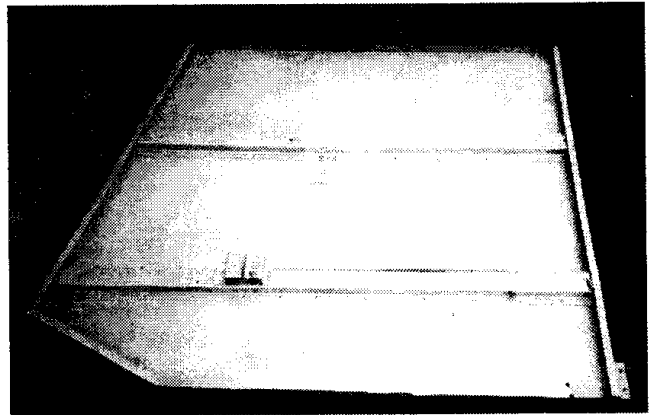


그림3-7 문(우)

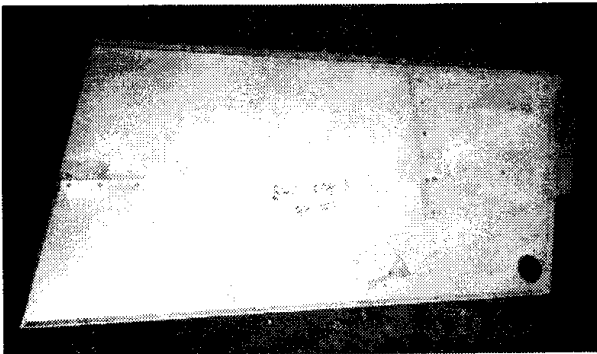


그림3-8 카버

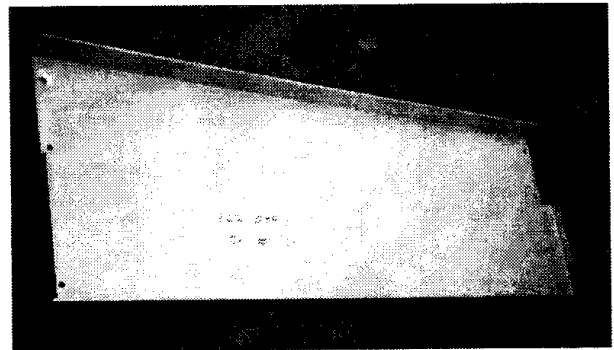


그림3-9 카버(하)

#### 다. 배출 링크부

배출 링크부는 베일작업 완료한 뒤 베일 배출 후 베일러 후측부의 단함에 지장이 없게 하기 위해 베일이 기대로부터 완전히 벗어날 수 있도록 유도하는 장치이다. 배출 링크부의 디스차지 램프(Discharge Lamp)에는 리미트 스위치를 작동할 수 있도록 기구장치가 연결되어 있는데 이는 베일이 완전히 배출되었는가를 작업자가 트랙터 내에서 감지할 수 있도록 하기 위함이다. 베일이 기대의 작동에 이상이 없을 만큼 멀어지도록 하기 위해서는 디스차지 램프의 높이와 길

이가 알맞게 설계되어야 하는데 본 연구에서는 수입기대의 사양을 참조하여 작동에 이상이 없도록 설계, 제작하였다. 또한, 압축된 베일의 무게는 500-600 kg 정도로 매우 무거운 데, 배출시의 충격을 견딜수 있도록 디스차지 램프는 직경 48mm의 파이프를 사용하였으며 스프링을 장착하여 완충이 될 수 있도록 하였다.

중요 개발품의 제작사진은 아래와 같다.

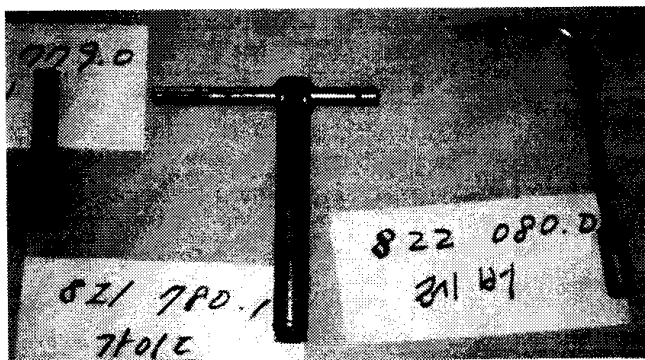


그림3-10 핀, 레버, 가이드

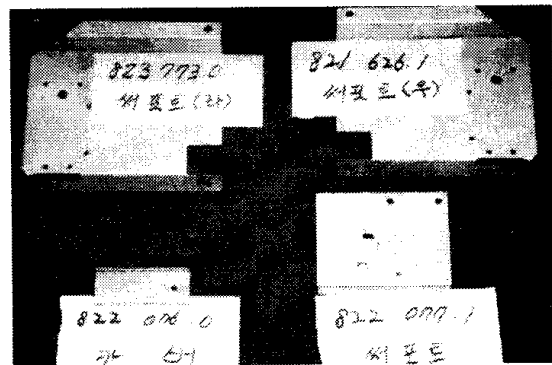


그림3-11 카버, 씨포트

#### 라. 동력전달장치

위에서 살펴 본 바와 같이 베일의 성형은 일련의 연속 작업에 의해 작물의 수집-압축-결속-배출의 과정을 거침으로서 완료가 된다. 이러한 연속적인 과정의 기계 작동은 배출시의 tailgate 작동시의 유압 이용 외에는 모두 트랙터의 P.T.O 동력을 이용하고 있다. P.T.O 회전 속도의 기준은 540rpm으로 하였으며 U/joint를 이용하여 베일러로 동력을 전달하도록 하였다. U/joint의 트랙터 측에는 광각 U/joint가 사용되었는데, 그 이유는 트랙터에 장착한 상태에서 베일링 작업을 할 경우 작업은 직선작업과 선회작업으로 이루어진다. 특히 선회하면서 베일링을 하는 경우는 그 꺾임각이 대단히 커질 수 있어 보다 넓은 각도에까지 사용될 수 있는 광각 U/joint를 쓰지 않으면 U/joint의 파손이 발생할 수 있고 나아가 작업자의 안전에도 문제가 발생할 수 있다.

이렇게 전달된 동력은 베일러의 각 부에 전달되어 각각의 기능을 수행토록 하는데, 그림 3-12에 동력의 전달과정을 나타내었다. 그림에서 나타난 바와 같이 트랙터의 P.T.O를 통하여 전달된 동력은 작물의 투입을 위한 픽업 장치와 보조 feed rake의 작동, 베일의 성형을



위한 롤러의 구동 및 결속장치의 구동에 사용되어진다. 소요동력은 최고 55PS 정도인 것으로 계산되고 있는 데, 필요 동력의 거의 대부분이 베일 압축 과정에서 발생하므로 베일의 압축 및 성형을 위한 롤러와 tailgate, 그리고 이들을 지지하는 구조물 및 동력 전달에 사용되는 구성품의 강도를 높이기 위해 고강도의 재료를 사용하고 구조는 가볍고도 높은 강도를 낼 수 있는 구조가 되어야 한다. 개발된 동력전달의 구성 부품인 체인, 스프로킷 등을 개발하였는데, 모두 고강도의 재료를 사용하여 제작하였다.

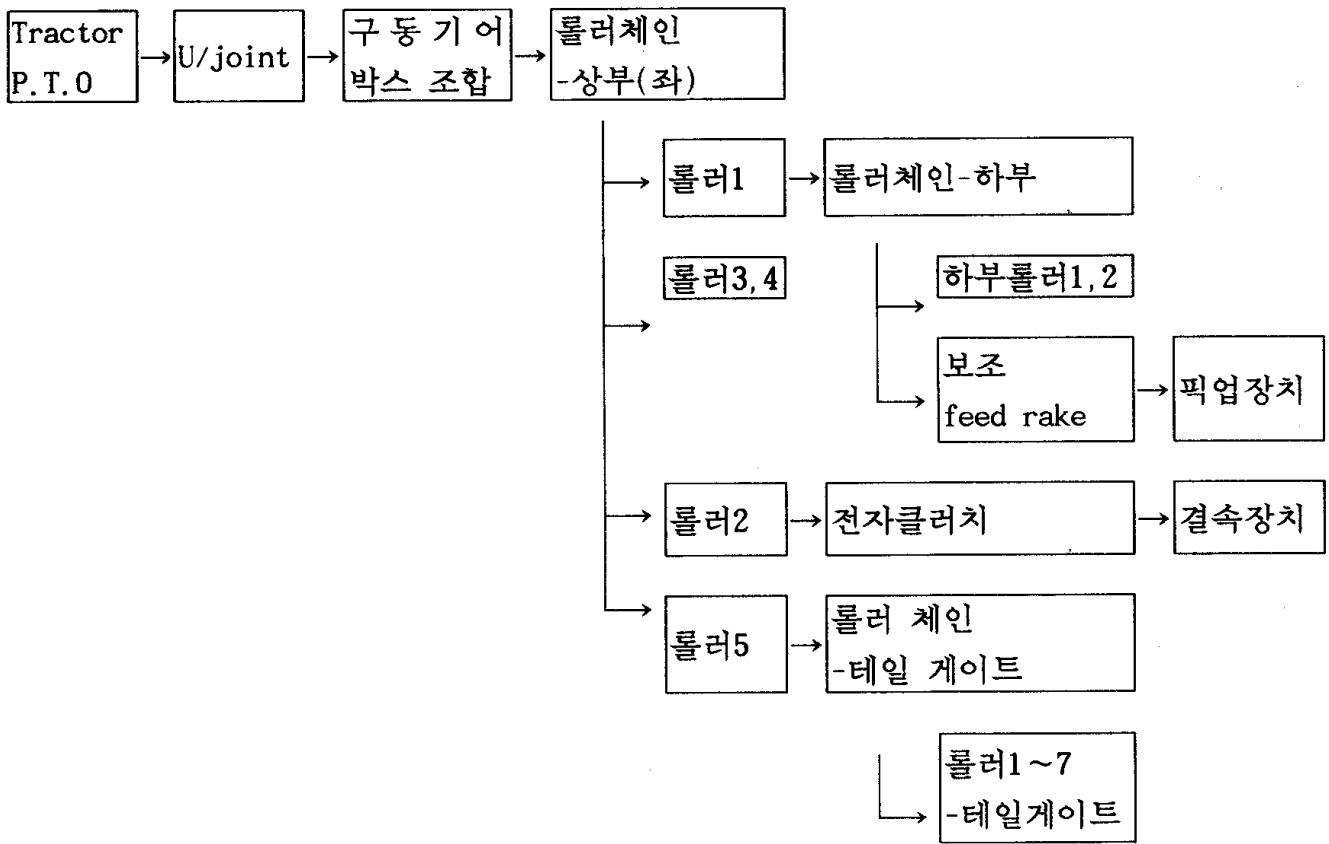


그림3-12 베일러의 동력 전달 흐름도

그림3-13과 그림3-14에서는 개발된 베일러의 좌, 우측면에서의 동력전달 상세 내용을 보여주고 있다. 우선 그림3-13에서는 베일러 좌측면에서의 동력 전달과정 및 관련 부품을 조합된 상태로 나타내어 주고 있다. 베일러의 좌측면에서의 동력 전달의 흐름은 트랙터 P.T.O → U/joint → 기어박스 조합 → 상부 롤러1(좌) → 롤러 체인-상부 → 상부 롤러 1, 2, 3, 4, 5의 구동 → 상부롤러1에서의 동력 취출 → 픽업 장치부의 보조 feed rake 및 하부 롤러

(좌)1, 2의 구동 → 보조 feed rake 구동부에서 동력을 취출 → 픽업 장치의 구동의 순서로 이루어지고 있다. 이 중 상부 롤러5는 베일러의 우측면으로 동력을 전달하여 테일 게이트의 롤러 들을 구동하고 상부 롤러2는 베일러의 우측면으로 동력을 전달하여 결속 장치부에 동력을 전달한다. 그러나 실제의 결속 장치의 구동은 전기적인 신호에 의한 전자 클러치의 작동에 따라 동력의 전달이 이루어진다. 따라서 전체적인 동력의 전달 방식은 체인과 스프로킷에 의해 이루어지고 있는 데, 동력이 전달되는 각 부분에는 텐션 장치를 설치하여 체인의 긴장력을 유지시킨다. 또한 텐션 장치는 그 길이를 조절할 수 있도록 해야 하는 데, 그 이유는 사용되는 체인의 길이가 매우 길어 체인의 늘어남의 양이 매우 커지기 때문이다. 그러나 텐션 장치가 부착되어 있어도 체인의 늘어남이 지나치면 자주 체인을 정비 또는 교체해야 하는 난점이 있을 수 있어 제작시에 양질의 재료의 사용과 이음 부분의 부품의 정밀도의 향상이 필수적이다. 대체로 체인의 부품 생산은 전문업체에서 이루어지고 있는 데 베일러와 같이 길이가 매우 길면서도 고강도를 요구하는 경우는 보다 엄격한 설계 기준 및 품질관리가 필요하다 할 수 있다.

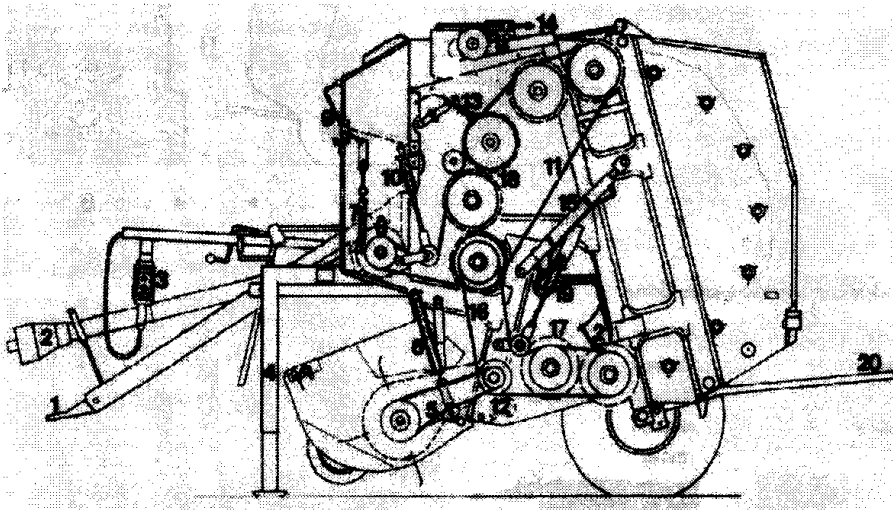


그림3-13 동력 전달 흐름(I)

주) 2:U/joint, 5:픽업장치, 8:기어박스 조합, 11:롤러체인-상부, 12:보조 공급 레이크 축  
 16 : 상부롤러1 , 17 : 하부롤러1, 18 : 상부 롤러 2~5, 21 : 하부롤러2

그림3-14에서는 좌측면에서 동력을 전달받은 롤러5에 의해 테일 게이트 측에 장착된 모든 롤러가 롤러체인을 통하여 구동된다. 또한 좌측면에서 동력을 전달받은 롤러5는 우측면에 풀리를 장착하여 결속장치 구동을 위한 전자 클러치와 벨트로 연결되어 있다. 따라서 결속장치의 구동은 운전자의 전기적인 신호에 의해 전자 클러치가 작동을 하여 동력을 전달함으로써 이루어진다. 결속 장치의 구동은 상대적으로 아주 적은 동력이 소요되므로 벨트와 풀리에 의해 동력을 전달한다.

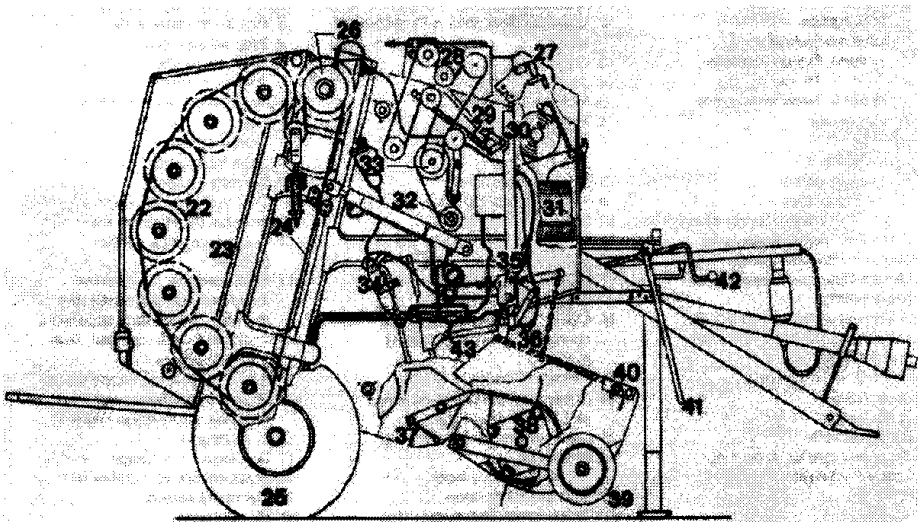


그림3-14 동력 전달 흐름(II)

주) 22: 테일게이트 롤러1~7, 23: 롤러체인-테일게이트, 26: 상부롤러5, 28: 결속장치 구동부  
 32 : 상부롤러5의 풀리, 33 : 전자 클러치

이상에서의 동력 전달 관련 부품들은 현재 업체에서 제작이 완료되었으며 아래에 체인과 스프로킷에 대한 사진을 나타내었다.

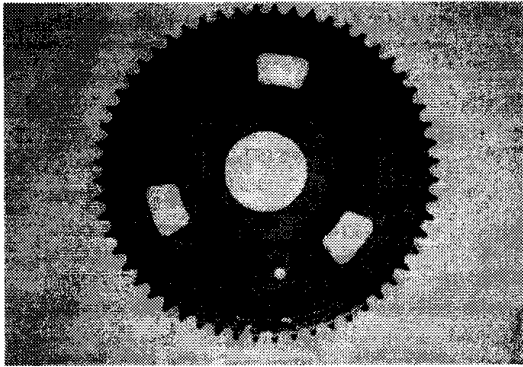


그림 3-15 구동 스프로킷

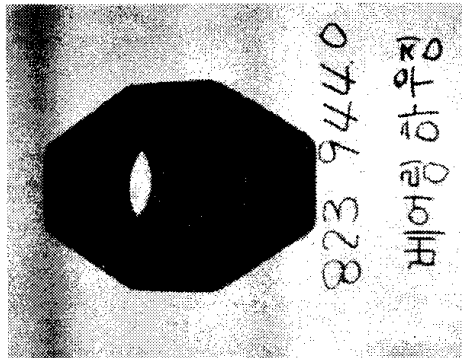


그림 3-16 베어링 하우징



822 693

그림 3-17 롤러 체인

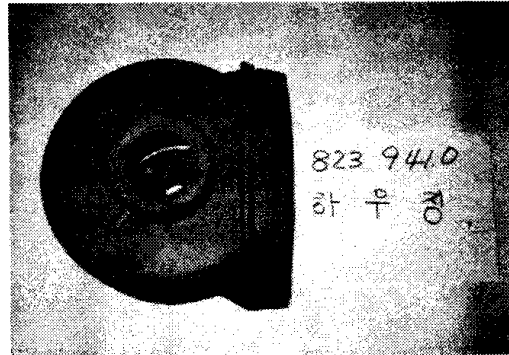


그림 3-18 기어박스 하우징

#### 마. 압출 레이크장치

압출 레이크 장치는 작물 수집시 작물들을 베일 압축실로 안내하는 장치로써 상하 2개의 레이크로 이루어져 있다. 이 들은 픽업 장치의 뒤쪽에 위치하여 픽업 장치에 의해 투입되는 작물이 압축실(bale chamber)로 공급될 때 일정한 두께가 유지될 수 있도록 작물의 투입 두께를 조정한다. 즉 지나치게 많은 작물이 한꺼번에 투입되는 것을 방지하며 특히 상부의 압출 레이크의 경우는 텐션 스프링이 장착되어 있어 투입 작물에 약간의 압축력이 작용

할 수 있도록 되어 있다. 하부의 보조 공급 rake는 롤러1에 장착된 스프로킷과 체인에 의해 구동되는 데, 여러개의 칼퀴가 4절 기구의 방식으로 보조 공급 rake의 축을 중심으로 회전 하도록 되어 있다. 이 때 칼퀴는 작물을 베일 압축실 쪽으로 밀어주도록 작동해야 하며 작물의 이동 방향과 반대 방향으로 칼퀴가 움직일 때는 칼퀴가 작물에 닿지 않도록 4절기구를 구성하였다. 그림3-19 에 보조 공급 레이크의 작동을 나타내었다. 관련 부품들은 현재 제작 완료되었으며 그림3-20 에 수평 칼퀴를 나타내었다.

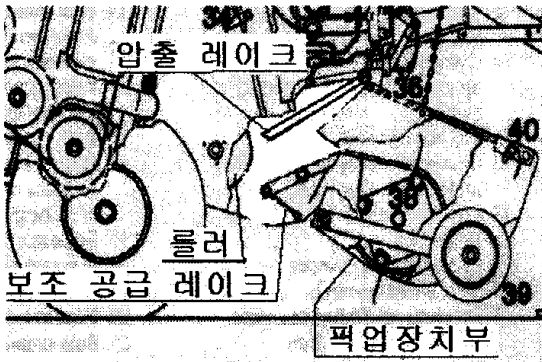


그림3-19 압출 레이크부의 상세도

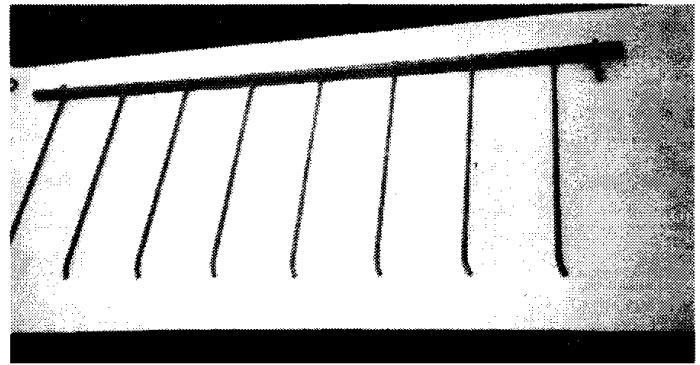


그림 3-20 수평 칼퀴

#### 바. 픽업장치

그림3-21에서 상세 구조를 나타낸 픽업 장치부는 본체의 보조 feed rake의 구동 스프로킷에 체인으로 연결되어 구동된다. 또한 픽업 장치부는 보조 feed rake 축에 힌지 상태로 연결되어 작업시 베일러가 전진하면 픽업 장치부는 힌지점을 중심으로 회전이 가능한 상태에서 견인된다. 따라서 작업 주행시 베일러 본체의 상하 움직임과 관계없이 픽업 장치부는 포장의 높낮이를 따라서 상하로 자유로이 움직일 수 있도록 구성되어 있다. 즉, 포장의 상태에 관계없이 작물의 수집이 가능하도록 되어 있는 것이다. 이러한 자유회전식 픽업 장치는 압력 스프링과 2개의 댐퍼가 본체에 연결 부착되어 픽업 장치의 바운싱(상하의 진동) 충격을 흡수한다. 또한 픽업 장치부의 최소 높이는 제한 체인에 의해 유지되는 데 높이 조절

은 유압 실린더로 제한 체인의 높이를 조절함으로써 이루어진다. 작업을 하지 않고 주행하는 경우는 픽업 장치부의 높이를 높게할 수 있도록 하여 장치의 파손을 방지할 수 있도록 해야 한다. 픽업 장치의 내부에는 지상의 작물을 픽업 장치부로 끌어올리는 칼퀴가 회전축에 연결되어 있으며 좌우측에 오거 장치가 부착되어 있어 2m의 넓은 폭으로 수집된 작물을 압축실(bale chambre)의 폭에 맞도록 1.6m 수준으로 압축한다. 또한 상부에는 수평 레이크가 장착되어 1차로 수집된 작물의 두께를 일정하게 유지시킨다.

관련 부품들은 설계 및 부품 제작이 완료되었으며 그림 3-22에서는 완성 제작된 부품의 사진의 나타내었다. 또한 그림3-23 에서는 드라이브 축과 수평칼퀴, 베어링 리테이너, 레버 등의 부분 조립을 나타내었고 그림3-24 에서는 픽업 장치부의 전체 조립된 상태를 보여주고 있다. 상세도면은 <첨부2>에 수록하였다.

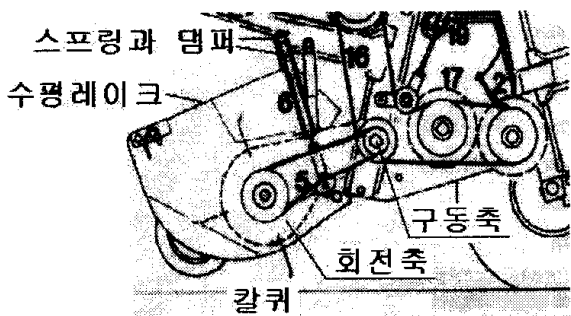


그림3-21 픽업 장치의 상세도

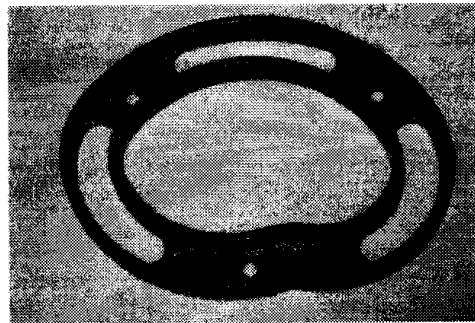


그림 3-22 캠 트랙

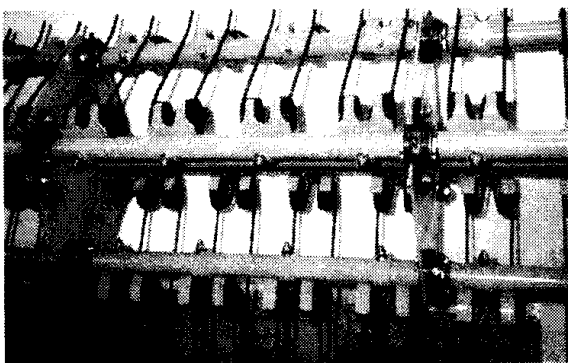


그림 3-23 픽업부 부분조립

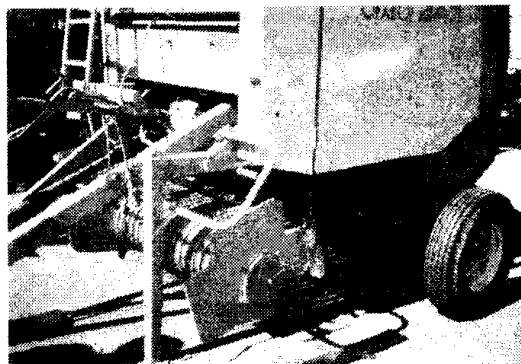


그림 3-24 조립완료된 개발 기대

### 3. 결론 및 요약

랩-사일리지를 생산하기 위한 베일러의 개발을 위하여 본 연구팀에서는 참여 기업인 아세아종합기계와 협동으로 사양을 검토한 결과 직경 1.2m x 길이 1.2m의 원형 베일을 생산할 수 있는 원형 베일러가 우리나라 실정에 가장 적합한 것으로 판단하여 사양을 확정하였으며 샘플 기대를 수입하여 기능별, 부품별로 분석을 실시하였다. 기능 분석은 실제 포장에서의 작업을 통하여 실시하였고 기계의 개발을 위해 부품은 년차별 개발 부품을 분해하여 재질을 분석하고 제원을 파악하여 부품 하나하나에 대한 기술적인 연구를 실시하였다. 그 결과를 살펴보면 차축부는 기계의 안전성과 내구성을 위하여 고강도의 재료를 사용하였으며 외장 부품의 철판류는 녹이 슬지 않도록 stainless 강재를 사용하였다. 각 부품은 제조사의 비용을 줄이기 위해 많은 금액이 투자되는 금형을 이용치 않고 생산할 수 있도록 설계된 것이 많았고 작업자가 작업에 편리하도록 기계의 구성이 이루어져 있었다. 1년차의 국산 부품 개발부분은 차축부, 외관부, 배출링크부로서 국산 개발 진척도는 당초의 개발 계획에 만족하는 수준으로 이루어졌다.

2년차에서도 계획된 부품 개발을 지속적으로 추진하였으며 특히 본 연구의 세부 과제인 랩-사일리지 기계화 생산 기술 연구에서의 실증 시험시 대규모의 작업을 실시하여 설계에 필요한 인자를 관찰하여 최종 설계에 참조하였다. 그 결과를 살펴보면 동력 전달부는 기계의 안전성과 내구성을 위하여 고강도의 재료를 사용하였으며 특히 롤러 체인의 경우는 길이가 매우 길면서도 큰 힘이 작용하므로 특히 부품의 정도를 높게 하였다. 또한 스프로킷 등도 강도가 높은 고탄소강을 사용하였으며 지나친 마모를 방지하기 위하여 치형 부분에 고주파 열처리를 실시하도록 하였다. 또한 픽업 장치부의 칼퀴는 악조건에서도 기능을 수행할 수 있게 하기 위해 스프링 강재를 사용하였다. 각 부품은 제조사의 비용을 줄이기 위해 많은 금액이 투자되는 금형을 이용치 않고 생산할 수 있도록 설계하였고 작업자가 작업에 편리하도록 기계의 구성이 이루어져 있었다. 2년차의 국산 부품 개발부분은 동력 전달부, 압출 레이크부, 픽업 장치부로서 국산 개발 진척도는 당초의 개발 계획에 만족하는 수준으로 이루어졌다.

마지막 3년차 연구에서는 롤러부와 결속부를 제외한 동력전달 장치부, 픽업장치부, 롤러 구동장치부 등을 개발하여 국산화율 50% 달성이 되도록 국산화 개발을 추진하였다. 또한

년차별로 국산화 대상 부분에 대해 수입 샘플 기대를 이용하여 수확기에 장시간의 작업을 계속하고, 발생하는 문제점을 파악하여 설계에 반영하였다.



## 제4장 사일리지 가공용 베일 래퍼의 개발

### 제1절 서 설

원형으로 베일(압축·결속)이 된 맥류 생초를 사일리지로 가공하기 위해 공기를 차단시키는 랩핑작업이 필요한 래퍼의 개발은 매우 중요하며, 이 과제 역시 협동 연구업체인 아세아종합기계와 공동으로 개발을 하고 있으며 개발 계획은 다음과 같다.

1차년도에는 ①시작기의 모델을 선정하고 선정된 모델에 적합한 기계를 수입하며, ②세부설계도를 작성하고 ③드로바(Draw Bar) 및 프레임, 유압 장치, 차축부, 미션부등의 부품을 개발하였으며 2차년도에는 ①베일 픽업 및 배출장치, ②전기장치, ③비닐 홀더 및 커터부, ④롤러부 등을 개발하였다. 3차년도에는 나머지 부분인 ①실린더 류, 유압 모터, 유압 콘트롤 밸브 등의 유압장치, ②덤프 장치부, ③로타리 테이블 장치부 등을 개발완료 하였다.

### 제2절 사일리지 가공용 베일 래퍼의 개발

#### 1. 모델 선정 및 공정별 기능 분석

##### 가. 기대 사양

현재 외국에서 널리 사용되고 있는 베일 래퍼의 대표적인 종류로는 원형의 베일을 비닐 피복하는 원형 베일 래퍼를 들 수 있다. 이들은 그 작업 형태에 따라 ①원형 베일이 2축 회전을 하면서 피복되는 형태(그림4-1, 그림4-2)와 ②베일러와 연결하여 베일-랩핑을 동시에 실시하는 형태(그림4-3), ③원형 베일이 길이 방향의 축을 중심으로 회전하고 비닐 공급부가 베일의 주위를 회전하며 피복하는 형태(그림4-4)등으로 나누어진다.

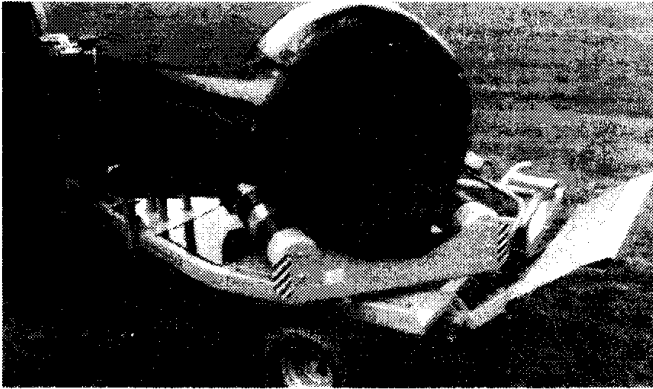


그림 4-1 원형 베일 래퍼

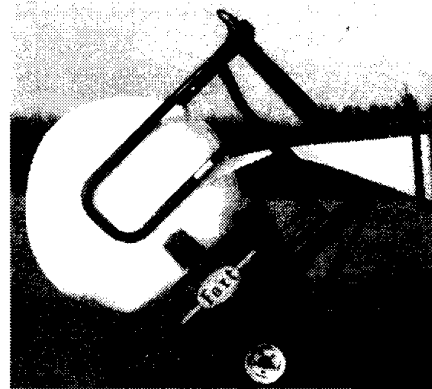


그림 4-2 원형 베일래퍼(소형)

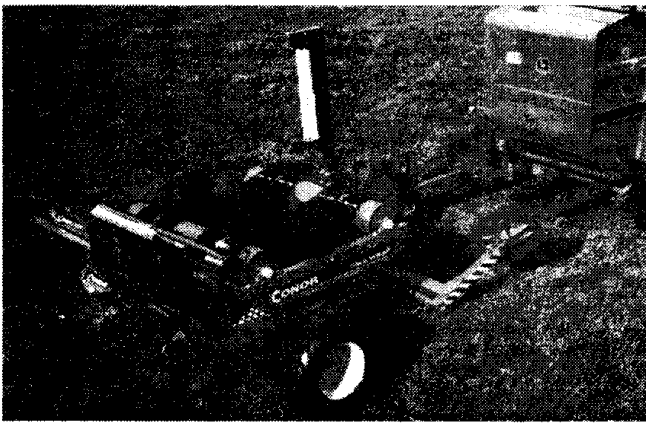


그림 4-3 조합형 래퍼(원형 베일용)

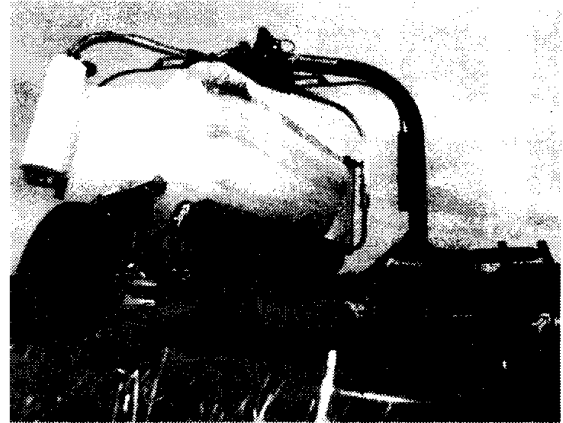


그림 4-4 비닐 공급부 회전형 베일래퍼

위에서 살펴본 바와 같이 현재 세계 각국에서는 여러 형태의 베일 래퍼가 사용되고 있는데, 우리나라는 서구와 달리 경지 규모가 협소하므로 베일 래퍼는 베일-랩핑 조합형보다도 트랙터에 장착하여 단독으로 작업할 수 있는 트레일러 형으로 결정하였다. 랩-비닐의 피복 형태는 비닐 공급부의 회전에 의한 피복 장치가 비닐의 인장(stretching)효과와 기구의 구조가 상대적으로 약한 것으로 판단되어 2축 회전(회전 테이블 및 회전 드럼)형태로 하였다. 동력은 트랙터의 외부 유압에서 취출하였으며 따라서 유압의 작동이 일반적인 범용의 트랙터에서 가능하도록 작동압력을 최고160 kg/cm<sup>2</sup>, 최소 작동유량을 18 litre/min로 하였다. 베일의 리프트 능력은 최대 1,000 kg으로 하였는데, 이는 현재의 원형 베일러에 의해 생산될 수 있는 베일의 무게는 건조인 경우 약 300kg에서 생초의 경우 약 800 kg을 상회하

는 수준이 되기 때문이다. 전체 기대의 사양을 표 4-1에 나타내었다.

표 4-1 개발 기대의 사양

항 목	사 양	비 고
전장 × 전고 × 전폭	5,420 × 2,500 × 3,800 (mm)	
상용 유압력	160 bar	최소 유압력
상용 유량	18 ℓ/min	최소 유량
테이블 회전수	30 rpm	최대 회전수
작업 능력	1,000 kg	베일 무게
동력의 출처	트랙터 외부 유압	
견인 방식	트랙터 견인식(히치식)	

#### 나. 작업 공정의 분석

베일러의 작업공정은 아래와 같이 대략 4단계로 나눌 수 있다.

##### 1) 베일의 pick-up

베일러에 의해 배출된 베일은 포장에 방치되게 되는 데 랩핑을 위해서는 베일을 랩퍼의 회전 테이블에 올려 놓아야 한다. 작업자는 트랙터에 랩퍼를 부착한 채로 운전하여 랩퍼의 측면에 부착되어 있는 pick-up 장치부의 중심에 베일이 오도록 조정한다. 그리고 pick-up 장치부의 유압 실린더를 작동시켜 베일을 회전 테이블에 올려 놓는다.

##### 2) 랩핑

랩-비닐의 피복(랩핑)은 베일 원통의 길이 방향으로의 피복과 베일 원통의 원주 방향으로의 피복이 동시에 이루어져야 베일의 전체 부위에 대한 피복이 가능하다. 따라서, 베일을 회전 테이블에 올려 놓은 후 유압 모터를 작동시켜 회전 테이블을 회전시키고 동시에 베일을 축중심으로 회전시키기 위해 하부 원통형의 롤러를 회전시킨다. 그림4-5에 나타낸 바와 같이 회전 테이블이 회전하면 적재된 베일의 길이 방향으로의 피복이 일어나게 되는 데, 베일은 매우 무거워 회전에 의한 관성력이 대단히 크다. 따라서 고속의 회전시는 베일이 회전

테이블에 불균일하게 올려져 회전하는 경우 약간의 편심으로 베일이 이탈될 수 있으며 인명의 손상도 우려된다. 따라서 유압 모터의 작동 유량이 20 litre/min 이내가 되도록 정유량 밸브를 장착하여 회전 테이블의 회전수를 30 rpm으로 제한하였다.

원통 베일의 원주 방향의 피복은 회전 드럼의 회전에 의해 좌우의 드럼에 연결된 연결 벨트가 회전하게 되고 이에 따라 위에 올려진 베일이 회전하고 원주방향으로 비닐이 피복된다. 또한 비닐 피복을 위한 회전에 있어 회전 테이블의 마지막 회전에서는 회전속도를 감소시킬 수 있는 브레이크밸브를 장착하여 유연한 정지가 되도록 감속유압회로를 구성하였다.

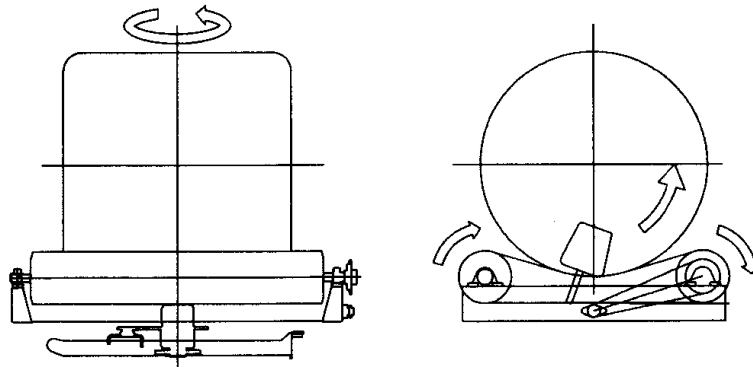


그림 4-5 랩핑 작동의 구성도

### 3)비닐의 공급 및 절단

비닐의 공급은 작업자가 랩핑 작업 전에 비닐 공급부에서 비닐을 끌어와 회전 테이블 위의 베일 지지용 유압 실린더에 연결시켜야 한다. 또한 랩핑 완료 후 비닐의 절단은 베일이 배출되기 전에 회전 테이블이 상승하는 데 이 때 자동으로 절단이 될 수 있도록 기구를 구성한다.

### 4)랩-베일의 덤핑 및 배출

피복이 완료된 랩-베일은 회전 테이블과 함께 유압 실린더에 의해 덤핑되고 일정 이상의 덤핑 각도가 되면 무거운 랩-베일은 자기 중량에 의하여 회전 테이블을 이탈하게 된다. 이 때 랩-베일을 그냥 지면으로 떨어뜨릴 경우 피복된 비닐의 파손 및 충격에 의한 래퍼의 손

상이 우려된다. 따라서 랩-베일은 낮은 속도로 하강하여 배출되어야 하는 데, 그림4-6의 (1)에서와 같이 랩-베일을 배출하기 위한 배출 프레임이 회전 테이블의 덤핑 전에 이미 상승 위치에 있게 하여 회전 테이블로부터 이탈되는 랩-베일을 받을 수 있도록 한다. 이를 위하여 두 개의 유압 실린더(회전 테이블의 상승·하강용, 배출 장치부의 상승·하강용)가 연동 작용에 의해 작동될 수 있도록 유압 시스템의 회로를 구성한다. 이후, 랩-베일의 중량에 의해 배출 프레임은 하강을 하게 되는데, 이 때 랩-베일의 하강이 지나치게 빠르면 하강 완료시 충격에 의해 배출 프레임 및 랩-베일이 파손될 우려가 있으므로 하강 속도를 조절할 수 있는 meter-out 방식의 유량 조절 밸브를 장착하였다. 안전하게 하강된 베일은 배출판의 조정에 의해 베일이 누운 형태 또는 세워진 형태로 배출이 될 수 있도록 하였다. 또한 작업자는 항상 주위의 안전을 살핀 후 베일을 배출하여야 한다. 랩-베일의 주요 작업 공정을 그림4-7에 나타내었다.

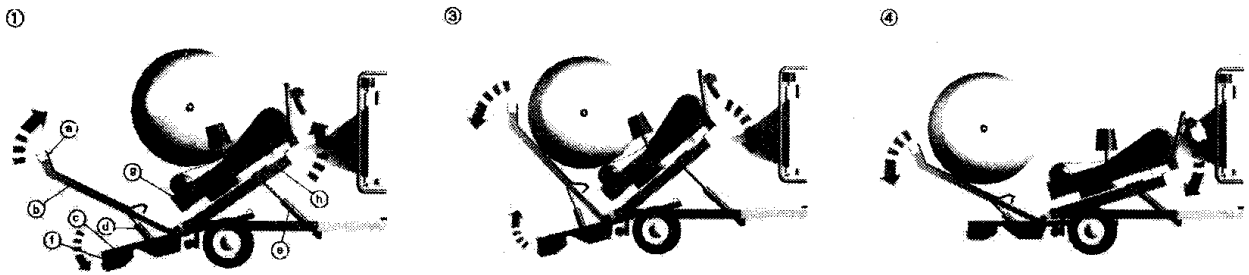


그림 4-6 랩-베일의 배출 공정도

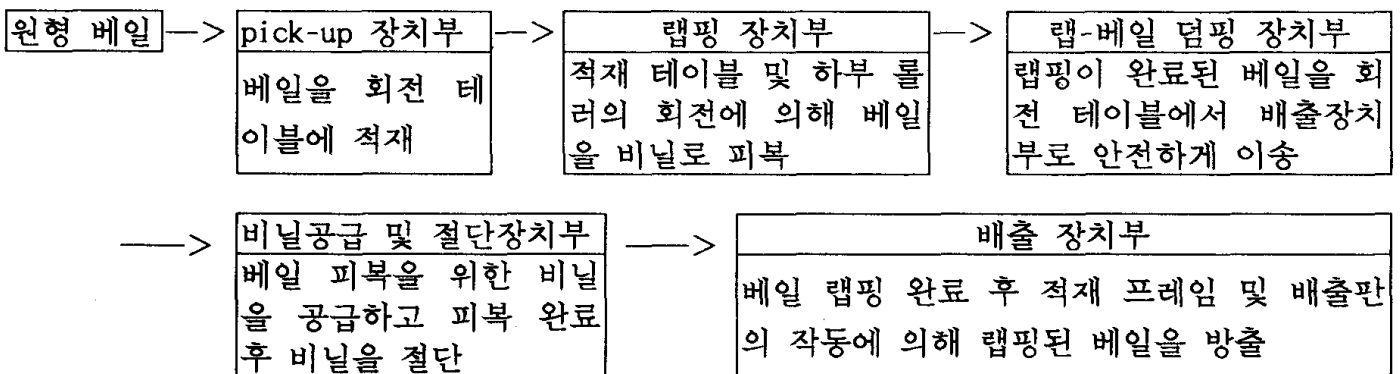


그림4-7 개발중인 베일-랩퍼의 주요작업 공정도

다. 베일 래퍼의 구성도 및 기능

- ① 메인 프레임 : 차축에 의해 지지되는 모든 구성품의 기본 프레임으로서 트랙터에 견인됨
- ② 슬라이드 아암 : 포장에 방치된 원형 베일을 집어 올려 회전 프레임에 적재하는 장치
- ③ 원통 롤러 : 저널 베어링으로 지지되며 유압 모터로부터 동력을 전달받아 지지축을 중심으로 회전하여 원형 베일을 자신의 원통 중심으로 회전시키는 장치
- ④ 회전 프레임 : 원형베일이 적재된 후 유압모터에 의해 프레임이 회전되어 베일이 피복되도록 하는 장치. 랩핑완료 후 유압 실린더에 의해 상승되어 베일을 배출장치로 이송함
- ⑤ 기어 박스부 : 유압모터 및 베벨기어, 축으로 이루어져 래퍼 각 구동부에 동력을 전달
- ⑥ 배출 장치부 : 랩-베일 배출장치로서 유압 실린더에 의해 상승 및 하강 운동을 함. 회전 프레임을 상승시키는 유압실린더와 배출 장치부의 유압실린더는 서로 연동되어 작동을 함
- ⑦ 비닐 공급부 : 비닐이 균일하게 공급되도록 공급부의 롤러를 거쳐 절단부로 공급됨
- ⑧ 동력 전달 체인 및 스프로킷 : 원통 롤러를 구동하는 동력을 전달하기 위한 장치
- ⑨ 유압 조정 장치 : 유압 모터, 유압 실린더 등에 유압을 공급하는 장치로 각 부의 운동이 서로 연결되어 일어날 수 있도록 유압 회로가 형성되어 있음
- ⑩ 비닐 집속 및 절단 장치 : 회전 프레임의 회전에 의해 비닐이 집속되고 베일의 랩핑이 완료된 후 유압 작동에 의해비닐 절단용 커터가 작동되는 장치

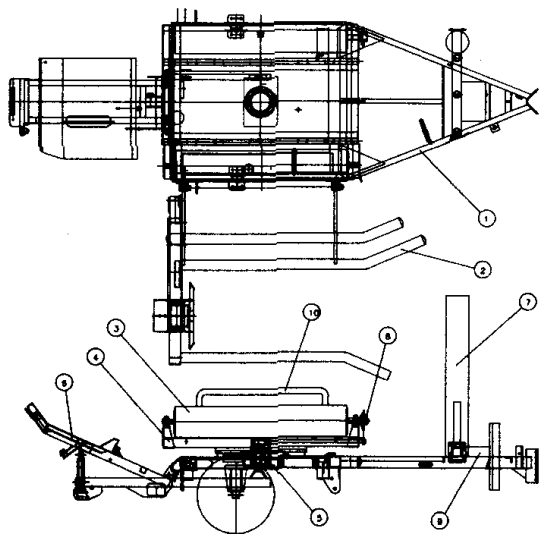


그림4-8 본 연구에서 개발된 베일-래퍼 시작기 모델

## 2. 유압 작동압력 및 소요 동력의 측정

베일의 랩핑시에 작용하는 관내의 공정별 유압력과 소요 동력의 측정은 아래의 그림4-9에 나타난 바와 같은 계측 시스템을 구성하여 동시에 측정하고 data를 저장하도록 하였다.

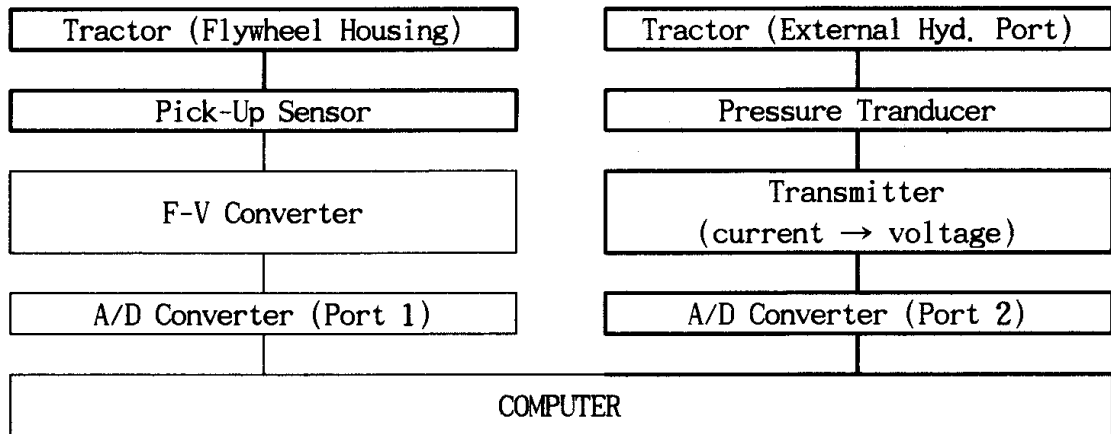


그림 4-9 계측 장치의 구성도

### 가. 소요동력 측정 장치 및 방법

베일 래퍼의 공정별 소요동력 분석은 동력 시스템의 주요부 축의 직경, 재질 및 베어링의 선정, 체인의 선정 등 설계에 있어서 매우 중요하다. 또한 이들 설계는 베일 래퍼의 성능 및 내구성에도 큰 영향을 미치며, 또한 제조 원가에도 영향을 주게된다. 소요동력의 측정에 사용된 트랙터는 대동공업(주)의 D4351-4WD 이었고, PTO출력 측정결과 최대 42PS로 측정이 되었다. 실험에 사용된 트랙터와 동력계 기본 제원을 표4-2에 나타내었으며 이에 대한 최대 PTO출력 측정결과는 그림 4-10에 나타내었다. 배합기의 소요 동력측정은 트랙터 엔진의 무부하 회전수를 1200, 1600, 2000, 2400 RPM으로 세팅을 한 후 측정하고, 랩핑 과정에서 연속으로 F-V 컨버터를 이용하여 엔진의 RPM을 측정하여 미리 분석된 엔진의 출력특성을 이용하여 작업공정별 소요동력을 계산하였다. 이 F-V 컨버터는 전자픽업에서 나오는 사인파 신호를 정류회로를 통하여 구형파로 전환시킨 후 엔진의 회전수에 비례한 전압으로 출력을 하여 A/D 컨버터에서 data를 수집, 저장하도록 하고 컴퓨터의 모니터로 작업 도중의 엔진의 회전수 변화를 볼 수 있도록 하

였다. 그리고 전자 픽업센서는 트랙터의 플라이휠 하우징의 플라이휠 링기어 위치에 설치하여 링기어의 잇빨과 골과 산의 반복에 의해 발생하는 사인파를 형성하도록 하였다. 그림 4-11 은 F-V 컨버터를 보정하는 Calibration diagram으로 측정된 전압으로 엔진의 회전수를 예측할 수 있는 그림이다.

표 4-2 트랙터 동력시험의 기본 제원

	모델	규격	제조처
트랙터	D4351-4WD	43PS/2600RPM	대동공업(주)
다이내모미터	AG250	400kW/400RPM	Froude

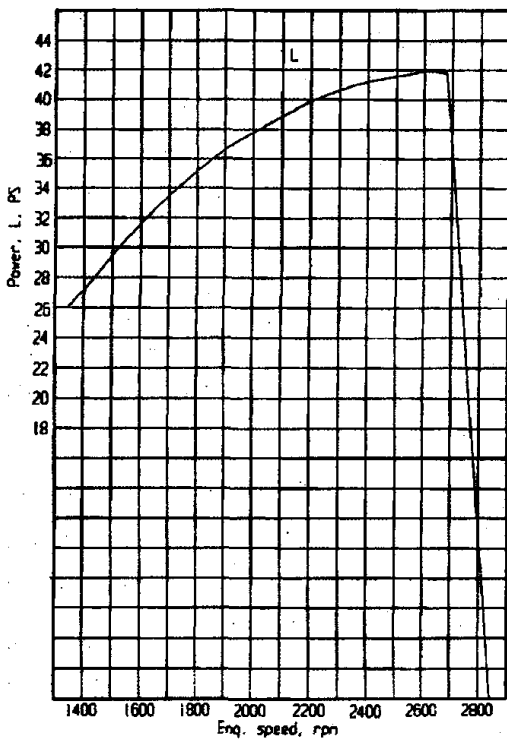


그림4-10 트랙터 P.T.O 출력 성능곡선

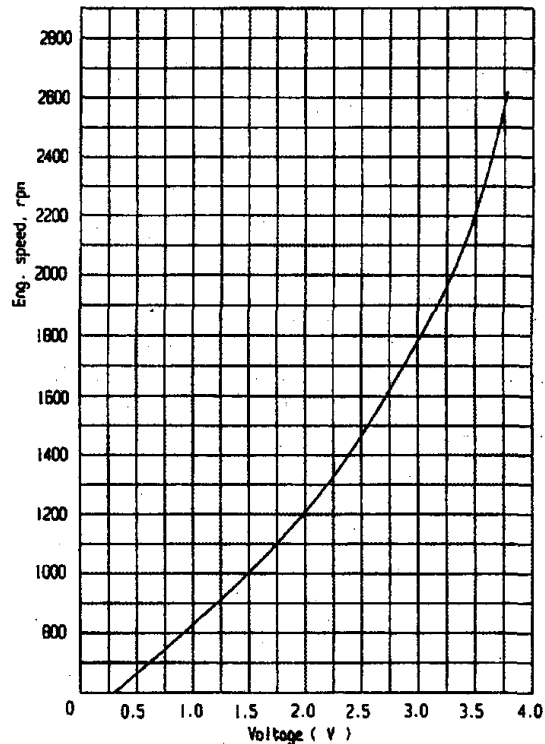


그림4-11 F-V 컨버터 Calibration 선도

#### 나. 유압 작동 압력 측정 장치 및 방법

베일 래퍼의 공정별 작동 유압력 분석은 유압 주요부품 및 관련 부품의 사양 선정 및 설계에 있어서 매우 중요하다. 또한 이들 설계는 베일 래퍼의 성능 및 내구성에도 큰 영향을 미치며, 또한 제조 원가에도 영향을 주게된다. 베일의 랩핑 작업시에 사용된 트랙터는 대동공업



(주)의 D4351-4WD 기종으로 복동식 외부유압 포트에 유압을 연결하도록 하였다. 트랙터의 유압은 최대 압력 220kg/cm<sup>2</sup>, 최대 유량 30 ℓ/min의 사양을 가지고 있지만 베일 래퍼에는 유압 회로 내의 안전을 위한 릴리프 밸브의 작동압력이 최대 170 kg/cm<sup>2</sup>로 셋팅되어 있고, 유량 역시 작업 상의 안전을 위하여 20 ℓ/min 이상의 유량은 by-pass 되도록하는 정유량 밸브를 장착하고 있다. 압력의 측정은 strain gauge type의 압력 변환기를 유압 입구측에 장착하여 베일 랩핑의 전공정에 있어 관내에 형성되는 압력을 측정하도록 하였다. 사용된 압력 변환기의 사양은 아래의 표4-3 와 같고 그림4-12 와 4-13 에 압력 센서 및 마그네틱 센서 취부장면을 나타내었다. 또한 그림 4-14에서는 실제 작업을 실시하면서 data를 수집하는 장면이다.

표 4-3 압력 센서의 사양

제조회사	독일 WIKA 사
모델 NO.	Model 891.23.510
형식	thin-film strain gauge
압력 측정 범위	0 - 500 kg/cm <sup>2</sup>



그림4-12 압력 센서 취부 상태

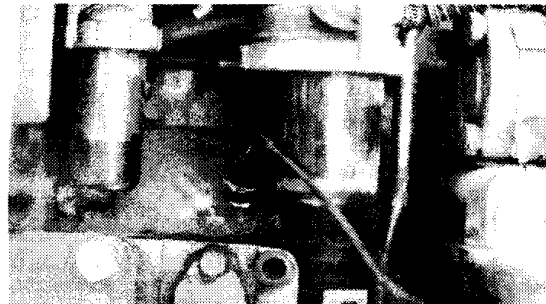


그림4-13 마그네틱 센서 취부 장면

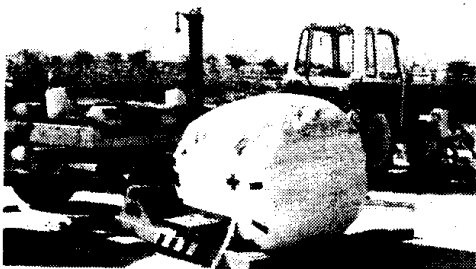


그림4-14 data 수집 장면

#### 다. 측정 결과

랩핑 작업시의 공정별 소요 동력 및 작동 유압력의 측정은 트랙터 무부하 회전수 1285, 1740, 2156, 2344 rpm에서 실시되었으며 2344rpm에서 측정되어진 결과를 아래의 그림에서 공정별로 나타내었다. 그림4-15~그림4-22에서 보는 바와 같이 작업시의 회전수는 공정별로 각기 다르게 나타났으며 위의 43ps 트랙터 엔진의 전부하 성능을 이용하여 회전수 변화에 따른 소요 동력을 추정하였다. 또한 작동 유압력의 경우는 작업 공정별로 관내에 형성되는 압력을 직접 측정하였다. 이에 따라 그 결과를 표4-4에 정리하였다.

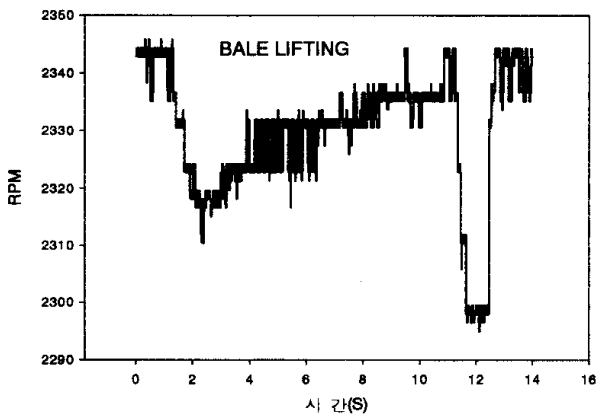


그림4-15 베일 적재시의 회전수 변화

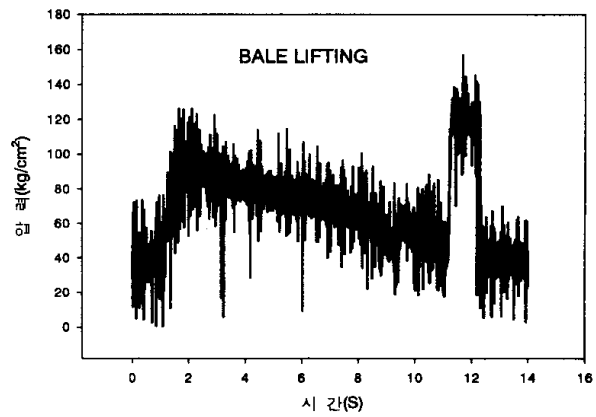


그림4-16 베일 적재시의 압력변화

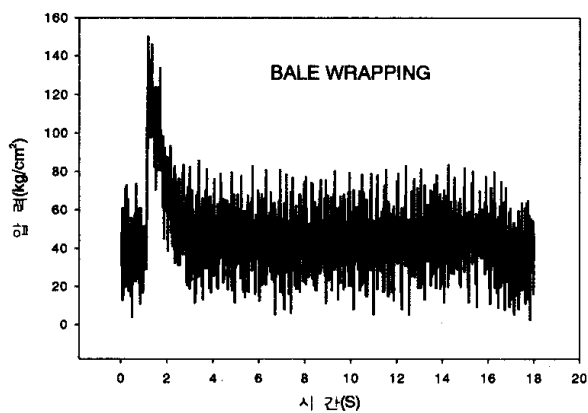


그림4-17 베일 랩핑시의 압력 변화

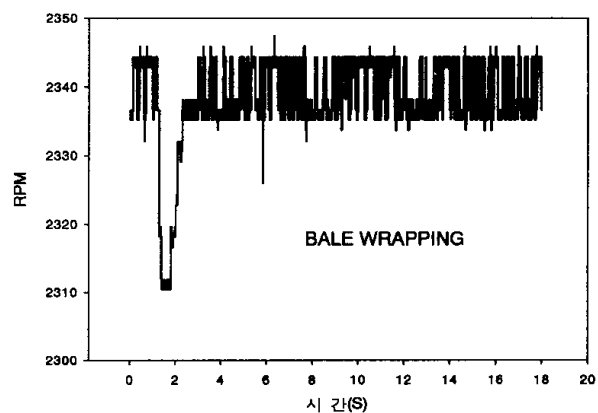


그림4-18 베일 랩핑시의 회전수 변화

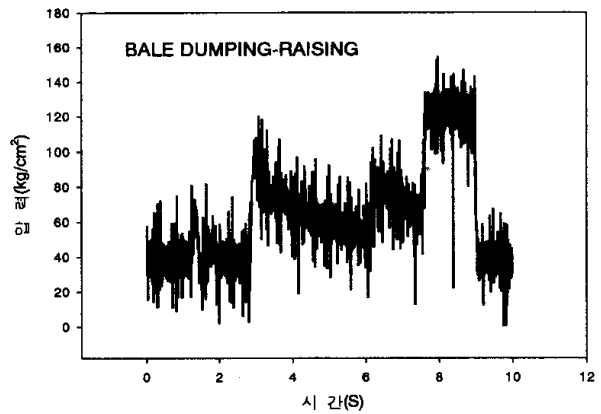
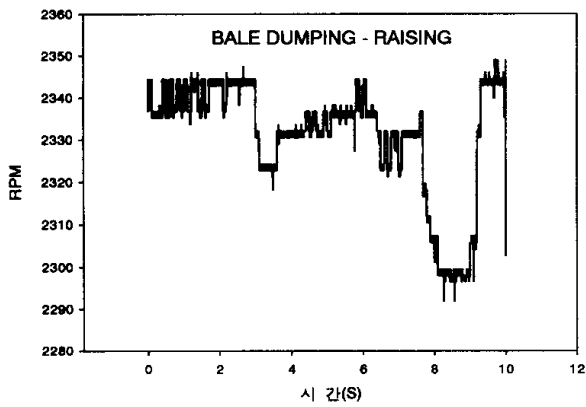


그림4-19 베일 덤핑(상승)시의 회전수 변화      그림4-20 베일 덤핑(상승)시의 압력 변화

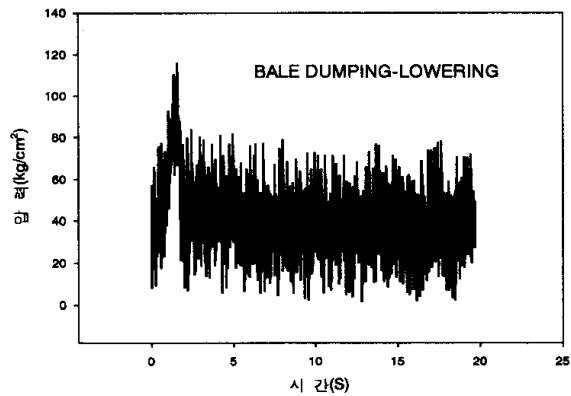
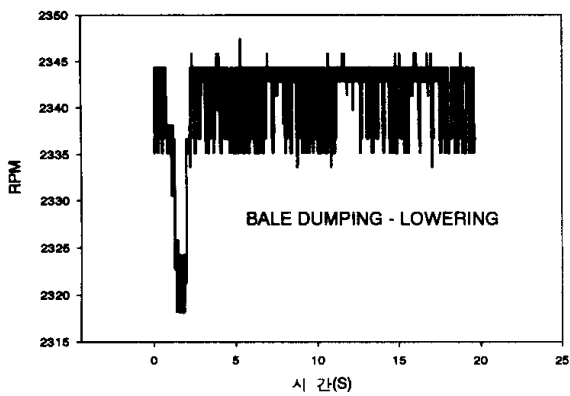


그림4-21 베일 배출시의 회전수 변화

그림4-22 베일 배출시의 압력 변화

표 4-4 베일 래퍼 작업시의 공정별 소요동력 및 압력의 변화

구분	무부하 회전수	베일 탑재(상승)	베일 랩핑	베일 덤핑(상승)	베일 배출	비고
최대유효 소요동력 (ps)	1740rpm	10.2	2.5	7.0	2.2	
	2156	4.2	1.2	2.8	1.0	
	2344	5.0	2.2	5.1	2.0	
	평균	6.5	2.0	5.0	1.7	
최고작동 유압력 (kg/cm²)	1285rpm	100	95	120	70	
	1740	120	110	120	80	
	2156	120	120	130	90	
	2344	130	120	130	100	
	평균	118	111	125	85	

위에서 살펴본 바와 같이 소요동력의 경우 최소 1.7ps(베일 배출 공정)에서 최대 6.5ps(베일 탑재 공정)까지 소요된 것으로 나타나 베일의 랩핑 작업시 소요동력은 대단히 낮은 것으로 나타났으며 베일을 실은 베일 랩퍼의 운반능력 및 기대 제원을 고려한다면 43ps 트랙터에 매우 적합한 것으로 판단된다.

공정별 작동 유압력의 경우 베일 덤핑의 상승 공정에서 125kg/cm<sup>2</sup>의 압력이 형성된 것으로 나타나 가장 높은 압력을 보였으며 베일의 배출공정에서 85kg/cm<sup>2</sup>으로 가장 낮게 나타났다. 최대의 작동 압력을 기준으로 본다면 관내의 릴리프 압력보다 낮게 형성되므로 전체적으로 유압 시스템은 안정된 것으로 판단된다.

### 3. 연구 개발 결과

베일 랩퍼의 1차년도 개발은 당초 계획에 의거 1)드로바 및 프레임 2)미션부 3)차축부에 대해 이루어 졌으며 2차년도는 (1)베일 픽업 및 배출장치, (2)전기장치, (3)비닐 홀더 및 커터부, (4)롤러부, 3차년도에는 나머지 미개발된 ①실린더 튜, 유압 모터, 유압 콘트롤 밸브 등의 유압장치, ②덤프 장치부, ③로타리 테이블 장치부 등을 개발완료 하였는데 전체 주요 부품 내역은 아래의 표4-5과 같다. 이로써 기대의 국산화율은 100%가 되었다.

상기 주요 부품 중 신규 개발품은 자체 제작이 완료된 부품이며, 구매품은 전문 업체의 기존 생산품 또는 현재 다른 기종에 사용 중인 공통 부품이다. 각부의 주요 개발품에 대한 내용을 살펴보면 아래와 같다.

또한 부품 개발과 관련 장치들의 설계를 위한 기초자료를 조사하기 위하여 랩핑 작업중의 공정별 작용압력과 작업 공정별 소요 동력 측정을 위한 계측 시스템을 구성하고 유압력 및 동력을 측정하였으며 결과는 앞에서 나타낸 바와 같다.

표4-5 랩퍼 개발품 리스트

그룹	번호	품번	품명	수량	개발결과	비고
(1)드로바 및 프레임	1	BW-1600.0	견인드로우바	1	완료	
	2	BW-1100.0	주프레임	1	완료	
(2) 미션부	3	BW-4101.0	기어박스 하우징	1	완료	
	4	BW-4104.0	기어박스 축	1	완료	
	5	BW-4108.0	씰하우징	1	완료	
	6	BW-4109.0	블베어링	1	구매품	6216DD
	7	BW-4112.0	베벨기어	2	완료	
	8	BW-4113.0	베벨기어축	1	완료	
	9	BW-4114.0	기어박스카버	1	완료	
	10	A400-6007	블베어링	2	구매품	
(3) 차축부	11	BW-1707.0	차축프레임	1	완료	
	12	BW-1704.0	액슬축	2	완료	
	13	BW-1705.0	허브	2	완료	
	14	215 011.1	슬리브	2	완료	
	15	813 197.1	오일실	2	구매품	
	16	235 986.0	테이퍼로울러베어링	2	구매품	
	17	235 987.0	테이퍼로울러베어링	2	구매품	
(4)베일픽 업 및 배출장치	1	BW-1300	픽업프레임 조합	1	개발완료	
	2	BW-1301	픽업프레임(A)	1	개발완료	
	3	BW-1302	픽업프레임(B)	1	개발완료	
	4	BW-1220	베일이송 프레임	1	개발 진행중	
	5	BW-1240	매트 홀더	1	개발 진행중	
	6	BW-1200	베일배출 프레임	1	개발 진행중	
	7	BW-1270	배출 댐퍼 지지판	1	개발 진행중	
(5) 전기장치부	1	BW-9401	배선(A)	1	개발 진행중	
	2	BW-9410	배선(B)	1	개발 진행중	
	3	BW-9501	방향지시등 조합	2	개발 진행중	
	4	BW-9420	배선(C)	1	개발 진행중	
	5	BW-9301	전자 콘트롤러	1	개발 진행중	
	6	BW-9302	연결배선	1	개발 진행중	
(6)비닐홀 더 및 커터부	1	BW-6101	랩커터 실린더 프레임	1	개발 진행중	
	2	BW-6140	랩커터 날	1	개발 진행중	
	3	BW-9104	실린더 조합	1	개발 진행중	
(7)롤러부	1	BW-1400	디스펜스 포스트	1	개발완료	
	2	BW-5112	스퍼기어 55T	1	개발완료	
	3	BW-5113	스퍼기어 37T	1	개발완료	
	4	BW-5105	랩 로울러	2	개발완료	

표4-5 랩퍼 개발품 리스트(계속)

그룹	번호	품번	품명	수량	개발결과	비고
(8) 유압 장치부	1	BW-9101.0	덤프 실린더	1	개발완료	
	2	BW-9102.0	픽업 실린더	1	개발완료	
	3	BW-9103.0	베일 배출 실린더	1	개발완료	
	4	BW-2201.1	유압 모터	1	개발완료	
	5	BW-2202.0	유압 모터 부착판	1	개발완료	
	6	BW-9831.0	메인호스 조합(A)	1	개발완료	
	7	BW-9841.0	메인호스 조합(B)	1	개발완료	
	8	BW-9867.0	유량조절 밸브	1	개발완료	
	9	BW-9601.0	유압 콘트롤 밸브 조합	1	개발완료	
(9)덤프 프레임부	1	BW-2100.0	덤프 프레임	1	개발완료	
	2	BW-9320.0	마그네틱	5	개발완료	
	3	BW-2119.0	마그네틱 잡이판	1	개발완료	
	4	BW-2120.0	안전바	1	개발완료	
	5	BW-2210.0	로울러 체인	1	개발완료	
(10)로타리 테이블	1	BW-3100.0	로타리 테이블	1	개발완료	
	2	BW-3301.0	아이들 롤러(원동)	1	개발완료	
	3	BW-9104.0	아이들 롤러(중동)	1	개발완료	
	4	BW-3601.0	가이드 롤러	1	개발완료	
	5	BW-3602.0	가이드 롤러축	1	개발완료	
	6	BW-3501.0	체인카버	1	개발완료	
	7	BW-3611.0	크로스 축	1	개발완료	
	8	BW-3612.0	플랜지 베어링(25)	1	개발완료	
	9	BW-3622.0	스프라켓 조합	1	개발완료	
	10	BW-3614.0	스프라켓(10T)	1	개발완료	
	11	BW-3627.0	로울러 체인	1	개발완료	

가. 드로바 및 프레임

본 부품은 랩퍼의 기본 골격을 이루는 부분으로서 드로바는 트랙터에 장착이 용이한 구조로 만들어져 있으며 프레임은 랩퍼 각 기능 장치부를 탑재할 수 있도록 수입기대 참조하고 안전성 및 내구성을 고려하여 설계되었다. 재료는 단면계수가 큰 사각파이프(□ 100x100, □ 100x50)를 주요 골격으로 사용하고 각부에 보강재를 설치하였다. 개발품의 제작사진은 아래와 같다.

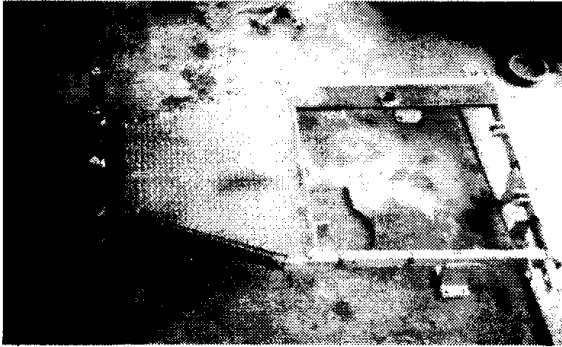


그림4-23 프레임

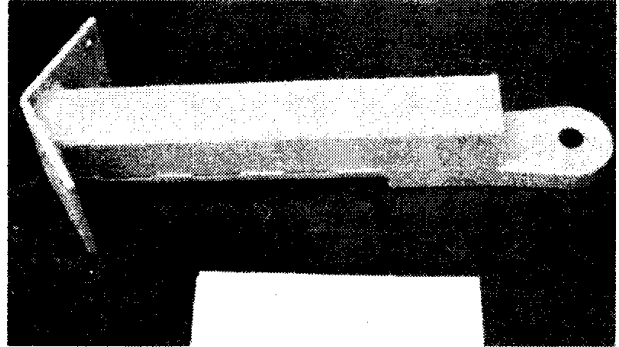


그림4-24 견인 드로바

#### 나. 트랜스 미션 및 회전 테이블 장치부

트랜스 미션부는 유압모터로부터 전달되는 회전력을 체인을 통해 기어박스 하우징에 용접되어 있는 스프로켓(잇수 38)으로 전달하여 기어 박스 전체를 회전시킨다. 이에 따라 38 스프로켓에 볼트로 연결되어 있는 회전 테이블이 회전하게 된다. 또한, 기어박스 축 조합은 덤프 프레임에 고정되어 있어 기어 박스(회전 테이블)가 회전함에 따라 베벨 기어에 의해 연결되어 있는 베벨기어 축이 회전하게 되고 베벨기어 축에 동력이 연결되어 있는 롤러가 회전하게 된다. 이로써 회전 테이블 위에 올려진 원형 베일은 회전 테이블의 회전에 의해 수직축 중심으로 회전함과 동시에 롤러의 회전에 의해 수평축 중심의 회전을 하게 되어 베일의 모든 부분이 비닐 피복 될 수 있다. 따라서 베일의 2축 중심의 회전 작동은 미션부의 기어박스 조합을 통하여 이루어지게 되는 것이다. 이러한 기어박스 조합은 무거운 베일과 회전 테이블, 롤러 등을 지지하면서 회전하는 관계로 부품의 높은 강도가 요구된다. 따라서 미션부의 기어 박스 하우징, 스프로켓, 축류 등의 부품 재질은 강도가 높은 고탄소강(SM45C)을 적용토록 하였으며 베벨기어의 경우 탄소강 중에서도 기계적 성질이 뛰어난 Cr-Mo강(SCM415(H)-SCM420(H))을 적용하여 기계 작동시의 각종 응력에 잘 견디고 내마모성을 증대시켰다. 중요 개발품의 제작사진은 아래와 같다.

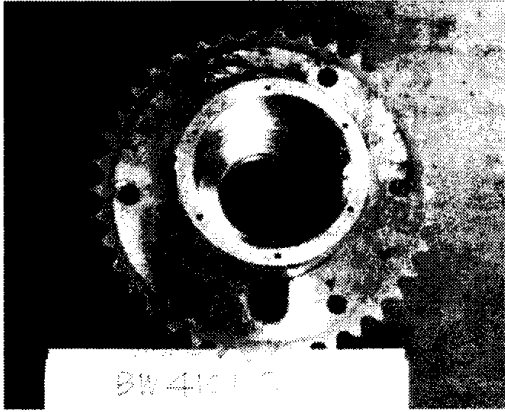


그림 4-25 기어박스

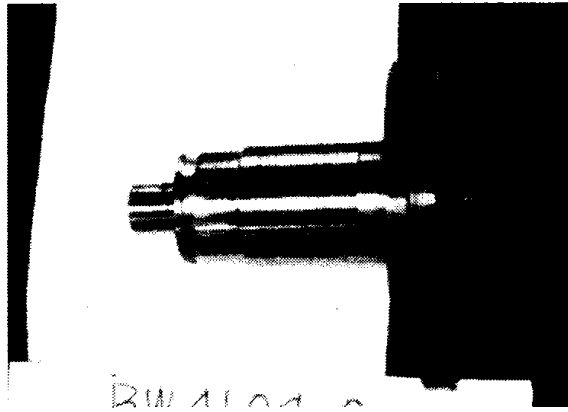


그림4-26 기어박스 축

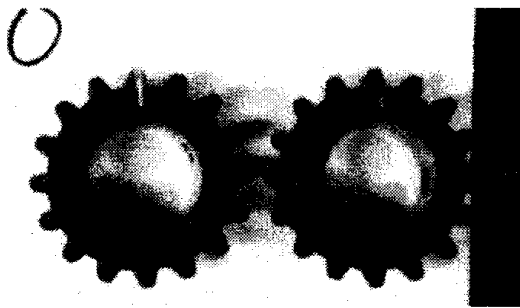


그림 4-27 베벨 기어

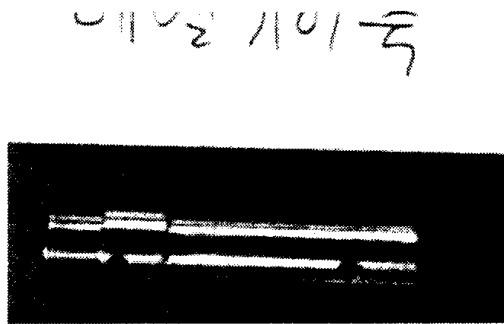


그림4-28 베벨기어축

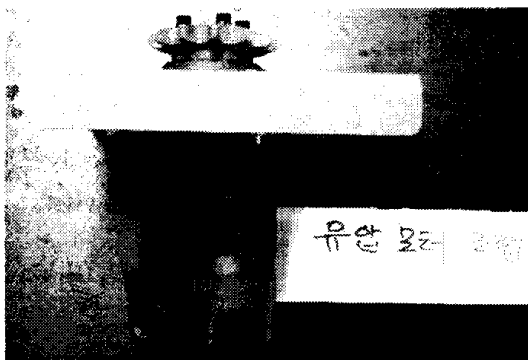
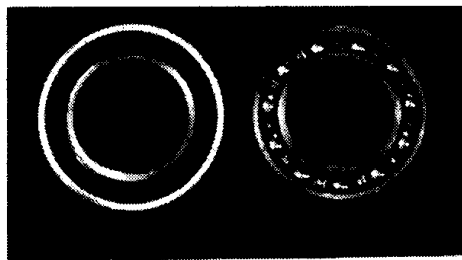


그림4-29 유압모터 조합



볼 베어링

그림4-30 볼베어링





그림4-31 회전 테이블과 트랜스미션 조립 장면

#### 다. 차축부

베일 래퍼는 자주식이 아닌 트랙터 견인형으로 사용되는데 차축부는 베일 래퍼의 전체 무게와 베일 자체의 무게를 지탱하면서 운행될 수 있도록 견고히 설계되어졌다. 타이어는 지면과의 접촉을 최대한 늘리도록 광폭을 채택하여 면압을 줄였으며 휠은 광폭 타이어에 알맞도록 선정하였는데 본 부품은 모두 현재 국내의 다른 차종에 사용중인 제품을 구매하도록 하였다. 또한 차축 및 차축 허브, 차축 프레임 등은 수입 견본품의 사양을 참조하고 베일 래퍼와 베일의 무게를 합한 전체 중량을 고려하여 운행시 축부의 피손이 발생하지 않도록 견고하게 설계한 후 실제 제작을 하였다. 차축의 재질은 고강도 재료인 탄소강(SM45C, 직경 67.5 mm)을 사용하였으며 허브의 경우는 충격치, 탄성을, 진동흡수 성능이 좋은 ductile주철을 사용하였다. 적용된 베어링은 테이퍼 롤러 베어링으로서 차축에 걸리는 축방향의 힘에도 잘 견디도록 하였다. 중요 개발품의 제작사진은 아래와 같다.

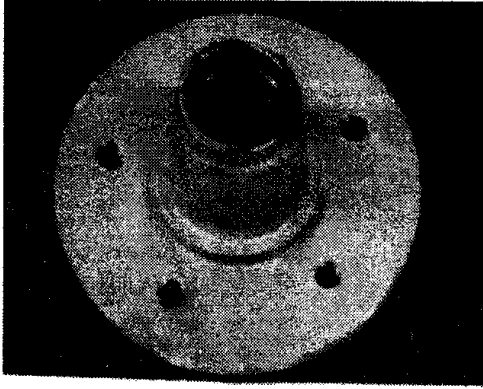


그림4-32 차축 허브

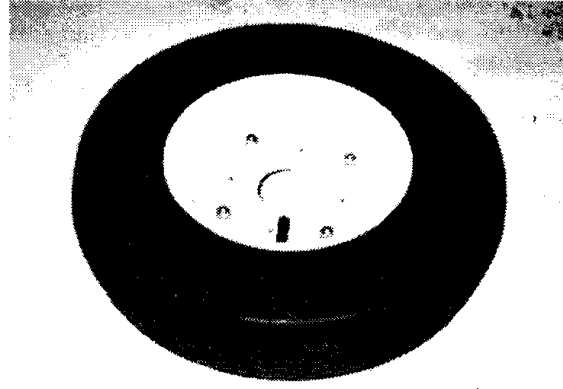


그림4-33 바퀴조합

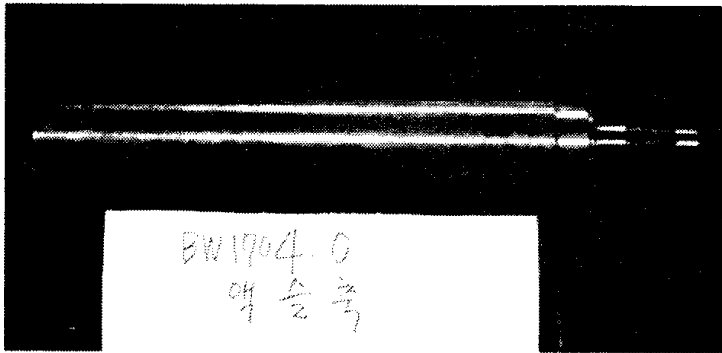


그림4-34 액슬 축

## 라. 베일픽업 및 배출장치

### 1) 베일 픽업 장치

본 장치는 베일러에 의해 압축된 베일을 래퍼의 회전 테이블에 올려 놓기 위한 장치로서 픽업 프레임A(그림 4-35), 픽업 프레임B(그림 4-36)의 2개의 프레임으로 구성되어 있으며 작동은 본체의 프레임에 장착된 유압 실린더에 의해 구동된다. 프레임은 500kg 이상의 무게를 가지는 랩-사일리지용 베일의 핸들링에서도 무리가 없도록  $\varnothing 100\text{mm}$ 의 두꺼운 파이프로 이루어져 있으며 입구측은 베일 진입이 용이하도록 외측으로 벌어지도록 하였다. 또한 베일을 프레임 안으로 진입시킨 후 정확한 위치에 베일이 오도록 하기 위해 스톱퍼 (stopper)를 설치하였다. 프레임A와 프레임B의 간격은 베일의 직경이 달라져도 베일을 안전

하게 들어올릴 수 있도록 조절이 가능하도록 되어 있다. 프레임A의 내측은 2개의 봉으로 구성하였는데, 이는 베일을 픽업 프레임으로 들어올린 후 회전 테이블에 내려 놓을 때의 충격을 줄이기 위한 것이다.

픽업 프레임 조합의 설계 사양은 완성 부품을 본체 프레임에 부착하여 시험을 실시한 후 확정하였다. 그림 4-37 은 픽업 프레임 조합의 완성 제작된 사진이며 본체의 프레임에 장착하고 있는 장면이다.

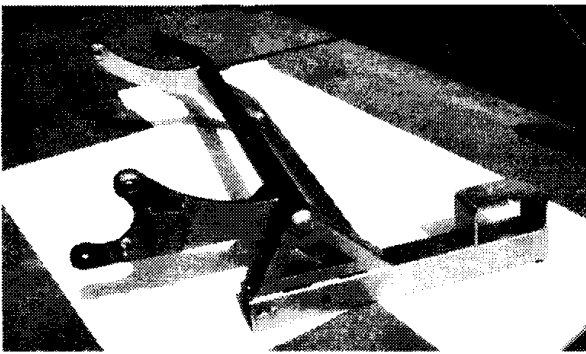


그림4-35 픽업프레임(A)

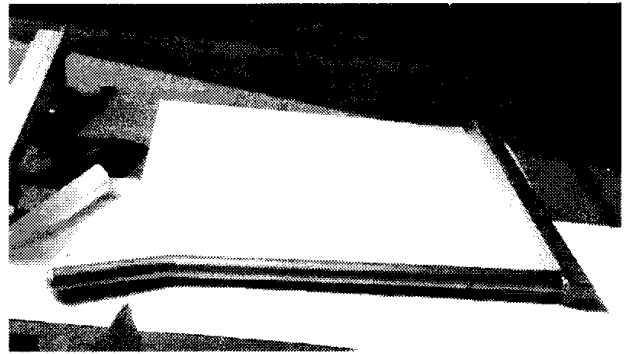


그림4-36 픽업 프레임(B)



그림4-37 픽업 프레임 조합

## 2) 베일 배출장치

베일 배출 장치는 베일 배출 프레임, 베일 이송 프레임, 매트 홀더판, 베일댐퍼 지지판 과 이들을 작동시키는 유압 실린더 등으로 구성되어 있다. 베일 배출의 작동은 2개의 실린더의 연동작용에 의해 이루어지는 데 베일의 배출 작동에 대한 개념도를 그림4-38 에 나타내었다. 그림에서 나타낸 작동의 mechanism을 설명하면 다음과 같다. 그림에서와 같이 베

일을 배출해야 할 경우는 ①덤프 실린더가 작동하여 덤프 프레임과 회전 테이블을 상승시키고 연이어서 배출 실린더가 작동하여 베일 이송 프레임의 상승과 베일배출 프레임 및 베일 댐퍼 지지판의 하강이 동시에 이루어지게 된다. ②덤프 프레임과 회전 테이블 및 베일 이송 프레임의 상승이 계속되면 베일은 자신의 중량에 의해 회전 테이블에서 떨어져 나와 베일 이송 프레임에 조립된 매트 홀더 판으로 옮겨지게 된다. 이후 ③ 베일 이송 프레임과 베일 배출 프레임은 랩-베일의 중량에 의해 각각 하강, 상승하고 회전 테이블은 자신의 중량에 의해 하강하게 된다. ④최종적으로 2개의 프레임 모두가 완전히 하강하게 되면 베일은 매트 홀더 판의 후측 또는 측면으로 떨어져 배출된다.

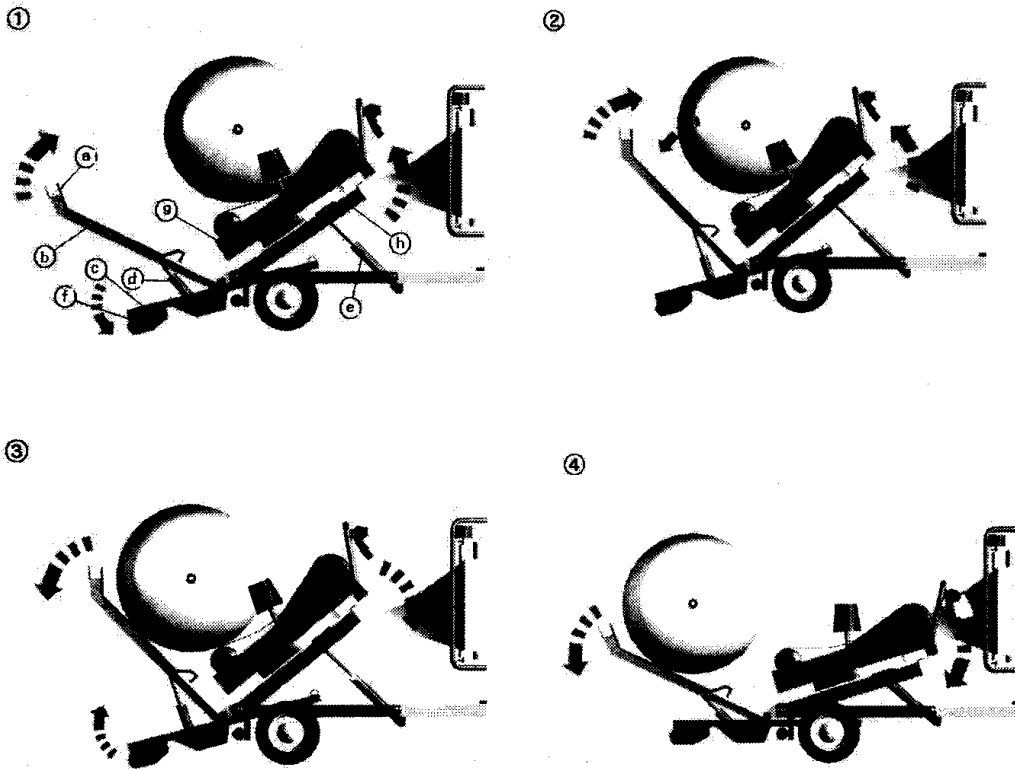


그림 4-38 배출 장치부의 작동 mechanism

주) ① : 매트홀더 판, ② : 베일이송 프레임, ③ : 베일배출 프레임, ④ : 배출 실린더,  
 ⑤ : 덤프 실린더, ⑥ : 베일 댐퍼 지지판, ⑦ : 회전 테이블, ⑧ : 덤프 프레임

아래의 그림에 본 연구에서 제작이 완료된 부품들을 나타내었다.

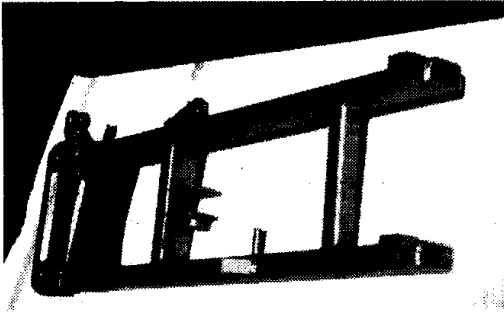


그림 4-39 베일이송 프레임

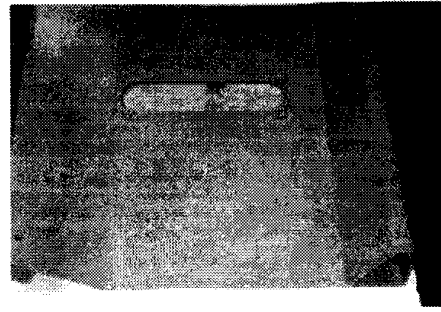


그림 4-40 매트 홀더

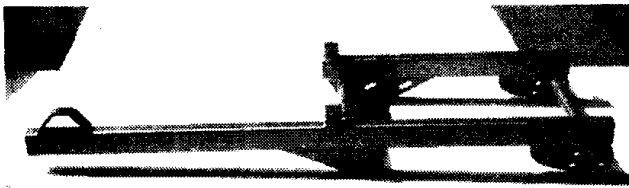


그림 4-41 베일 배출 프레임



그림 4-42 배출 댐퍼 지지판

#### 마. 전기장치부

베일 래퍼에서의 랩핑 작업은 ①베일의 수집 및 적재, ②비닐의 공급, ③랩핑 작업, ④ 랩핑된 베일의 댐프 및 하역, ⑤랩-베일 배출 후의 회전 테이블의 원위치의 순서로 작동된다. 이들 작업들은 모두 유압모터 또는 유압 실린더 등의 유압 구동으로 작동되며 작동의 방법은 일련의 작업들을 작업자의 초기 작업 명령으로 전 공정을 자동으로 작동되게 하는 방법과 매 공정마다 작업자의 명령에 의해 수동으로 작동되게 하는 방법으로 나뉜다. 그림 4-43 에서는 수동 방식과 자동 방식에서의 작업 공정도를 나타내었다.

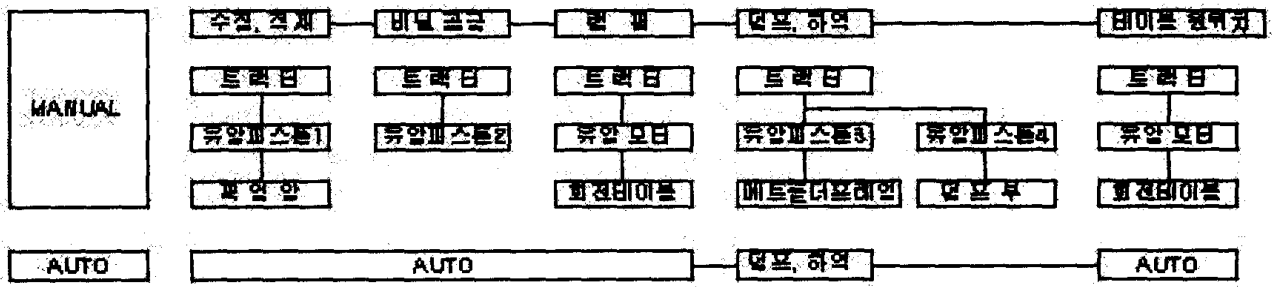


그림4-43 수동방식 및 자동방식의 작업 공정도

이러한 유압 작동은 모두 솔레노이드 밸브를 거쳐 이루어지며 솔레노이드 밸브는 24volt의 전기신호에 의해 작동된다. 그림 4-44에서는 4개의 솔레노이드 밸브에 의해 작동되는 작업 및 구동장치를 나타내었다.

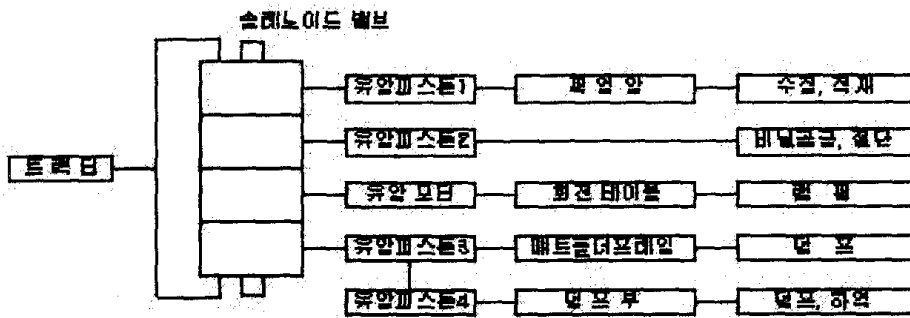


그림4-44 솔레노이드 밸브에서의 유압 작동

따라서 자동과 수동의 작동은 솔레노이드 밸브를 작동시키는 신호를 개별적으로 주거나 프로그램된 신호를 실행시킴으로써 가능하게 된다. 이를 위해 전자 컨트롤러를 구성하였으며 기능은 앞에서 언급한 작업들을 개별적으로 또는 연결하여 작업이 가능하도록 설계하였다. 그림 4-45에서는 전자 컨트롤러를 통하여 제어되어지고 있는 전체 작동의 회로도를 보여주고 있다. 부품은 전문업체에서 제작하여 현재 제작이 완료된 상태이며 아래의 그림에 완성품을 나타내었다.

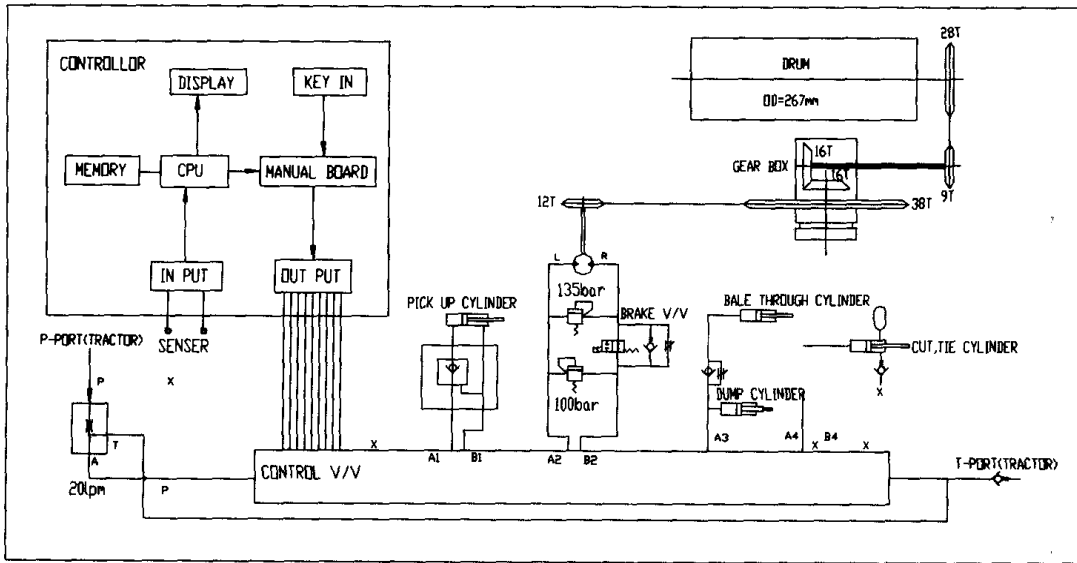


그림4-45 베일래퍼의 전체 작동 회로도

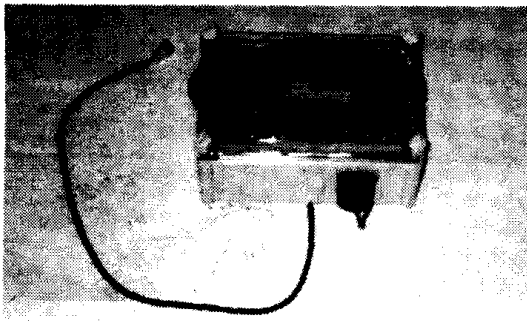


그림4-46 전자 콘트롤러 조합

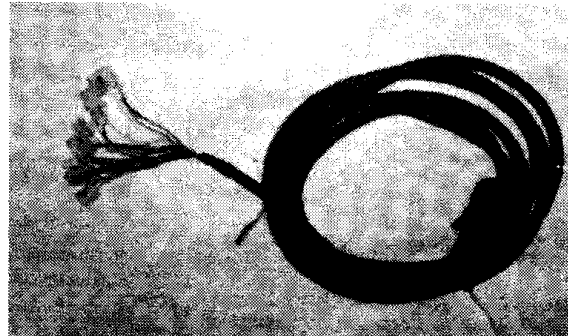


그림4-47 연결 배선

#### 바. 비닐홀더 및 커터부

본 장치의 기능은 베일의 랩핑 작업전에 베일을 밀봉할 비닐을 작업 가능 위치에 셋팅 하는 기능과 베일의 배출시 랩을 싸고 있는 비닐을 절단하여 주는 역할을 한다. 초기 작업 에서의 비닐은 작업자가 비닐을 랩핑이 가능하도록 고정시켜야 하지만 이후의 작업에서는 비닐의 절단과 동시에 자동적으로 비닐이 랩핑 가능 위치에 오도록 해야 한다. 이의 작동은 전자 콘트롤러의 작동에 의해 조절되도록 하였다. 본 장치의 세부 부품은 작동 실린더와 커

터 및 이들을 고정할 수 있는 프레임으로 구성되어 있다. 이들 부품에 대한 설계 및 부품 제작이 완료되었으며 부품의 사진은 아래의 그림에 나타내었다.



그림4-48 랩커터 실린더 프레임

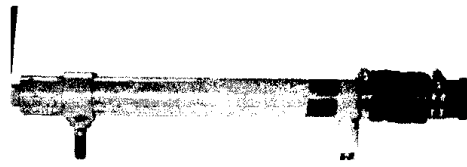


그림4-49 실린더 조합

#### 사. 롤러부

본 장치부는 랩 비닐을 공급하는 장치로서 베일의 랩핑시 랩 비닐을 항상 팽팽하게 당겨진 상태로 공급이 되도록 한다. 베일러에 의해 결속이 되어진 베일은 베일러의 높은 압축력으로 인하여 그 형태가 원형으로 형성된다. 또한 그 내부는 공기를 최대한 배제한 상태를 유지하고 있는 데, 공기가 베일내에 많을 경우 호기성 세균의 번식이 활발해져 사일리지의 품질을 떨어뜨릴 수 있기 때문이다. 따라서 최대한 공기가 배제된 상태인 베일을 랩핑할 때 공급되는 비닐이 항상 팽팽한 상태를 유지하지 못하면 랩 베일의 내부에 공기가 많이 차게 되고 이는 곧 높은 압축력에 의한 베일링 작업 효과를 감소시킬 뿐 만 아니라 랩핑시의 추가 압축 효과를 기대할 수 없게 된다. 이러한 이유로 랩 비닐은 항상 긴장된 상태에서 공급이 되어져야 하며, 이를 위해서 랩 비닐은 2개의 롤러 사이를 지나서 베일에 공급된다. 그림 4-50 에서 비닐의 이동 경로를 나타내었다. 원통형의 랩 비닐은 롤 상태로 디스펜스 포스트에 장착되고 랩 비닐은 롤러A와 롤러B 사이를 지나 베일에 공급되며 롤러A와 롤러B의 상부에는 각각 55T의 기어와 37T의 기어가 장착되어 있고 두 기어는 서로 맞물려 있다. 따라서 베일이 올려져 있는 회전테이블이 회전하면 랩 비닐이 잡아 당겨지게 되는 데, 이 때 롤러B가 회전하며 이에 따라 롤러A는 롤러B보다 느린 속도로 회전하면서 비닐을 공급하므로 롤러B를 빠져나가는 비닐은 항상 팽팽해진 상태로 빠져 나가게 된다.



본 장치를 구성하는 세부 부품들은 모두 개발 완료된 상태이며, 그림4-51 에서는 디스펜스 포스트를 나타내었고 그림4-52 에서는 랩 로울러, 스퍼기어(55T, 37T) 등의 제작 완료된 각 부품들을 부분적으로 조립한 상태를 나타내고 있다.

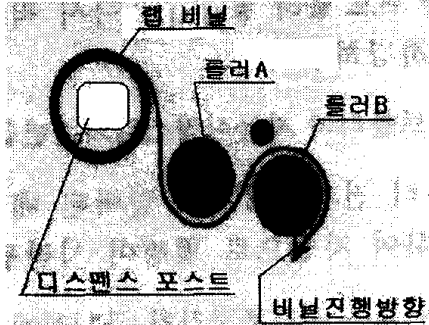


그림4-50 비닐 공급 경로

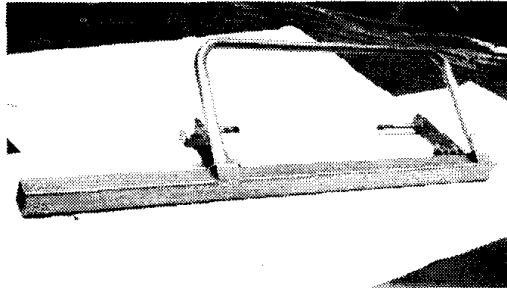


그림4-51 디스펜스 포스트



그림4-52 부분조립 상태의 비닐공급 장치부

#### 4. 결론 및 요약

랩-사일리지를 생산하기 위한 랩퍼의 개발은 앞서 결정된 직경 1.2m x 길이 1.2m의 원형 베일을 생산할 수 있는 원형 베일러와 그 사양이 일치하고 우리나라 실정에 보다 적합하도록 회전 테이블이 회전하는 타입으로 결정하였다. 베일 랩핑의 기능 분석은 실제 포장에서의 작업을 통하여 실시하였다.

또한 베일 랩퍼 작동시의 소요동력과 작동 유압력을 측정하여 부품 및 구조물 설계시의 설계자료로 활용하였는데, 소요동력의 경우 최소 1.7ps(베일 배출 공정)에서 최대 6.5ps(베일 탑재 공정)까지 소요된 것으로 나타나 베일의 랩핑 작업시 소요동력은 대단히 낮은 것으로

로 나타났다. 공정별 작동 유압력의 경우는 베일 덩핑의 상승 공정에서 125kg/cm<sup>2</sup>의 압력이 형성된 것으로 나타나 가장 높은 압력을 보였으며 베일의 배출공정에서 85kg/cm<sup>2</sup>으로 가장 낮게 나타났다. 최대의 작동 압력을 기준으로 본다면 관내의 릴리프 압력보다 낮게 형성되므로 전체적으로 유압 시스템은 안정된 것으로 판단된다. 따라서 베일을 실은 베일 랩퍼의 운반능력 및 기대 제원을 고려한다면 개발된 베일랩퍼는 40~50ps 급 트랙터에 매우 적합한 것으로 판단된다.

기계의 국산 개발을 위해 개별 부품은 개발 부품을 분해하여 재질을 분석하고 제원을 파악하여 개별 부품에 대한 상세 분석을 실시한 후 개발을 완료하였다.

그 결과를 살펴보면 차축부, 미션부는 기계의 안전성과 내구성을 위하여 고강도의 재료를 사용하였으며 드로바 및 프레임부는 트레일러의 기본형인 A형 구조로 하였고 내구성을 높이기 위해 단면계수가 높은 사각 프레임을 적용하였다. 유압 장치부는 필요한 사양을 결정한 후 유압 전문업체의 개발품을 사용하도록 하였다. 1년차의 국산 부품 개발부분은 차축부, 미션부, 유압장치 일부, 드로바 및 프레임부로서 국산 개발 진척도는 당초의 개발 계획에 만족하는 수준으로 이루어졌다. 2년차에서도 계획된 부품 개발을 지속적으로 추진하였으며 특히 본 연구의 세부 과제인 랩-사일리지 기계화 생산 기술 연구에서의 실증 시험시 대규모의 작업을 실시하여 설계에 필요한 인자를 관찰하여 최종 설계에 참조하였다. 그 결과를 살펴보면 베일 픽업 장치는 무거운 랩-사일리지를 다루어야 하는 관계로 Ø100mm의 두꺼운 파이프를 구성하여 제작을 완료하였다. 전기 장치부는 베일 랩퍼의 작동을 이끌어 내는 핵심 부분으로 베일랩퍼의 요구되는 기능을 만족하면서 필드에서의 진동 등에도 오작동을 일으키지 않도록 설계되었다. 2년차의 국산 부품 개발부분은 베일 픽업 및 배출 장치부, 전기 장치부, 비닐 홀더 및 커터부, 롤러부로서 국산 개발 진척도는 당초의 개발 계획에 만족하는 수준으로 이루어졌다.

3년차 연구에서도 유압장치부, 덩프 프레임부, 로타리 테이블 부 등의 개발을 계속 추진하여 국산화율 100%를 달성하였으며 년차별로 국산화 대상 부분에 대해 수입 샘플 기대를 이용하여 수확기에 장시간의 작업을 계속하여 발생하는 문제점을 파악하여 설계에 반영하였다.

## 제5장 개발된 제품의 현장 테스트 및 최종 보완

### 제1절 서 설

본 연구에서는 3년간의 연구기간 동안 매년 실제 포장에서의 수확작업을 수행하였고 심포지움 및 연시를 개최하였다. 또한 여타의 연·전시에도 참여를 하여 기계의 전시 및 작업을 수행하였다. 1, 2차년도에는 개발 참조용으로 수입된 기대를 이용하여 작업을 수행하면서 문제점들을 조사하여 기계 개발에 참고하였다. 또한 3차년도에는 최종 개발된 기계인 국산 베일러 및 베일-랩퍼를 준비하여 2001년 5월10~20일 경 경북대학교에 마련한 파일롯트 농장에 투입을 하여 수확작업을 실시하고(3 ha 규모) 5월20~30일 경 경기도 고삼 농협 관내에서 대규모 수확작업을 실시하였다.

이러한 여러 차례의 현장 테스트를 통하여 농민들이 실제로 사용을 하는데 필요한 문제점 및 개선할 점을 조사하였으며 우리나라 실정에 알맞는 기계로 최종적으로 보완을 하였다.

### 제2절 개발된 제품의 현장 테스트 및 최종 보완

#### 1. 랩-사일리지 생산을 위한 수확작업의 내용 요약

##### 가. 년도별 파일롯트 농장 수확작업 내용의 요약

본 연구의 1차년도에 설치된 파일롯트 농장을 이용한 맥류의 랩-사일리지 수확작업은 3년에 걸쳐 시행되었으며 그 내용을 요약하면 표5-1과 같다.

표 5-1 랩사일리지 생산 작업내용의 요약

구분	1차년도		2차년도		3차년도	
	대맥	호맥	대맥	호맥	대맥	호맥
포장 위치	대구시 북구 학정동 경북대학교 부속 농장					
파종 시기	98/11/14~17일		99/10/18일~19		00/10/10~11	
수확 시기	99/4/23~24 (황숙기초기)	99/5/11~13 (유숙기초기)	00/5/8~10 (황숙기초기)	00/5/8~10 (유숙기초기)	01/5/16~18 (황숙기초기)	01/5/16~18 (유숙기초기)
재배 면적	2,200	7,000	3,800	3,200	***	***
품종	올보리	코디악	올보리	클그레이저	올보리	단코
비고	*대구지방 맥류 파종적기:10/20경 *대구지방 벼 이앙시기:5/20~6/20					

위에서 요약한 파일롯트 농장에서의 수확작업은 예취(모어)→예건→반전(테더)→집초(레이크)→베일링(베일러)→밀봉(베일 래퍼)→운반(사일리지 핸들러)의 전공정의 작업을 연속적으로 수행했다. 특히 본 연구에서의 개발 기종인 베일러 및 베일 래퍼의 경우는 1, 2차년도에는 개발참조용의 수입기대를 이용하였고, 3차년도에는 개발된 시작품을 이용하여 작업을 수행하였다. 상세한 작업 내용은 앞서 1장 3절 “답리작 맥류 랩-사일리지의 기계화 생산기술”에서 언급하였으므로 본 절에서는 문제점 분석 내용과 기대 보완에 대하여 언급한다.

#### 나. 여타의 수확작업 내용 요약

##### 1) 1차년도

연구주관기관(경북대학교)의 주최로 “친환경답리작 조사료 생산기술 및 일관작업을 위한 기계화 모델”이란 주제로 조사료 생산관련 심포지움을 1994년 4월 30일 농어촌진흥공사 대호 환경 농업시험지구에서 개최하여 주관연구기관에서는 “답리작 조사료 일관 생산을 위한 기계화 모델”을, 협동연구과제팀(신승열, 서종혁)은 “친환경답리작 조사료의 이용활성

화 방향”이란 주제로 발표하였고, 다음날에는 개발될 기계를 이용하여 실제로 간척지에 재배된 호맥을 기계화 일관작업 연시를 하여 매우 좋은 평을 받았다.

아래의 그림5-1은 “친환경답리작 조사료 생산기술 및 일관작업을 위한 기계화 모델” 심포지움 진행 현장을 보여주고 있으며 그림5-2는 호맥의 랩-사일리지 기계화 일관 작업 연시 현장의 모습을 담은 사진이다.



그림5-1 “친환경답리작 조사료 생산기술 및 일관작업을 위한 기계화 모델” 심포지움 진행 현장

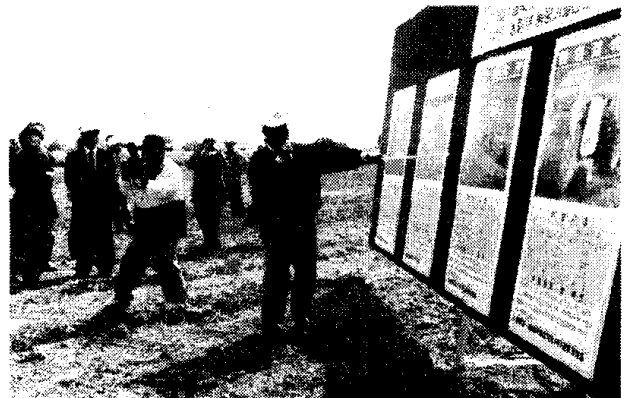


그림5-2 호맥의 랩-사일리지 기계화 일관 작업 연시 현장

## 2) 2차년도

연구주관기관(경북대학교)의 주최로 “생태 순환적 답리작 맥류 랩사일리지 조사료 생산 기술과 경제성 평가”라는 주제로 조사료 생산관련 심포지움을 2000년 5월 10일 경상북도 농촌진흥청 산하 농업인 회관에서 개최하여 주관연구기관에서는 “맥류 랩사일리지의 생산일관화 모델”을, 협동연구과제팀(신승열, 서종혁)은 “답리작 맥류 랩사일리지 생산의 경제성 분석”이란 주제로 발표하였고, 마지막 시간에는 경상북도 안강에서 목장을 경영하는 농민의 맥류 사일리지 생산 및 급여의 사례 발표가 있었다. 또한 심포지움이 끝난 다음에는 이제까지 개발되었거나 개발될 기계로 실제로 경북대학교 부속농장에서 재배된 호맥을 기계화 일관작업 연시를 하고 99년도 생산하여 보관하고 있던 호맥 랩사일리지를 전시하여 매우 좋은

평을 받았다.

아래의 그림5-3 은 “생태 순환적 닭리작 맥류 랩사일리지 조사료 생산기술과 경제성 평가” 심포지움 진행 현장을 보여주고 있으며 그림 5-4 는 호맥의 랩-사일리지 기계화 일관 작업 연시 현장의 모습을 담은 사진이다.

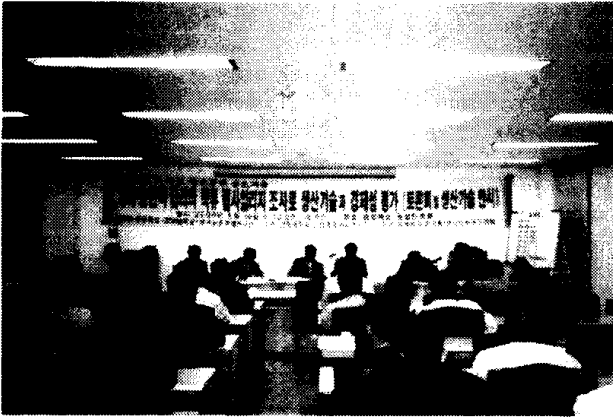


그림5-3 심포지움 진행 현장



그림5-4 호맥의 랩-사일리지 기계화 일관 작업 연시 현장

### 3) 3차년도

농촌 진흥청 및 연구주관기관(경북대학교), 협동연구기관(한국농촌경제 연구원)의 주최로 “논을 이용한 생태순환적 조사료 생산체계 구축 방안”이라는 주제로 조사료 생산관련 심포지움을 2001년 5월 25일 경기도 수원시 농촌진흥청 대강당에서 개최하여 농림부 축산국에서 “국내 조사료 수급과 조사료 생산단지 조성방향”을, 작물시험장에서는 “조사료용 맥류 신품종 개발과 최적 작부체계”를, 축산기술 연구소에서는 “맥류 곤포 담근먹이의 사료적 가치와 가축 급여효과”를 발표하였다. 또한, 주관연구기관(경북대학교)에서는 “곤포 담근먹이 기계화 작업을 위한 한국형 모델 및 기계개발”을, 협동연구기관(한국 농촌경제 연구원)에서는 “곤포 담근먹이의 경제성 분석과 생산 유통체계 구축 방안”이란 주제로 발표하였고, 마지막 시간에는 경기도 안성 고삼농협 조합장의 “곤포 담근먹이 생산단지 운영사례 발표”가 있었다. 또한 심포지움이 끝난 다음에는 이제까지 개발된 기계와 특히 본 연구에서 개발된

베일러 및 베일 래퍼를 이용하여 실제로 고삼농협 관내에서 재배된 보리를 기계화 일관작업 연시를 하여 높은 호응을 받았다.

아래의 그림5-5와 5-6은 고삼농협 관내에서 수행된 보리의 랩-사일리지 기계화 일관 작업 중 본 연구에서 개발된 기계를 이용한 베일링 및 랩핑 작업의 현장 모습을 담은 사진이다.

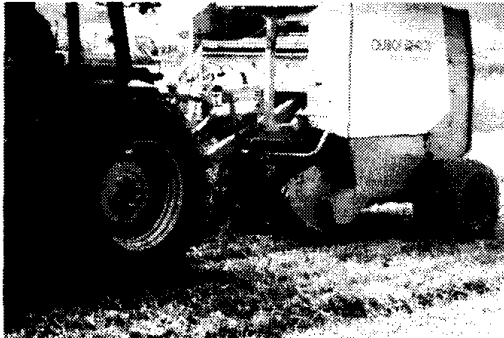


그림 5-5 개발된 베일러를 이용한 베일링 작업

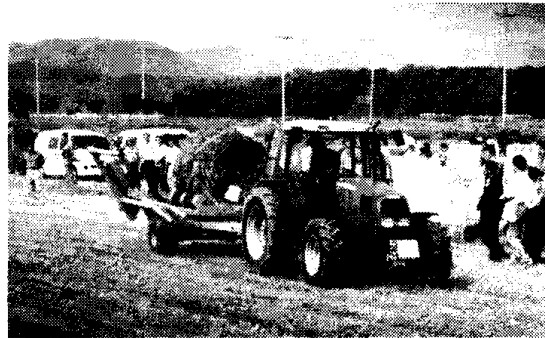


그림 5-6 개발된 베일 래퍼를 이용한 밀봉작업

## 2. 수확작업시의 문제점 분석 및 개발 기대의 최종보완

### 가. 베일링 작업시의 문제점 및 보완

베일 제조는 예취되어 포장에 방치된 작물을 베일러를 이용하여 작업하게 되는데 초지와는 달리 답리작의 경우는 흙먼지가 많이 발생하여 베일의 품질 저하를 가져올 수 있으므로 베일러 작업시 세심한 주의가 필요하다. 특히 픽업 장치부의 높낮이 조절이 원활하지 않을 경우 토사의 혼입이 많거나 작물이 픽업되지 못하고 흘러내리는 현상이 발생했다. 초기 개발 기대에서는 픽업부 유압의 작동이 급격히 이루어졌으나 이를 보다 세밀한 조정이 가능하도록 하였다. 형성된 집초열을 따라 베일러가 작물을 끌어올리는 데, 포장이 넓은 경우 직선 주행이 많고 선회 주행은 많지 않아 베일작업이 한결 쉬웠다. 그러나 대부분의 포장에서는 선회의 빈도가 많아 집초열이 불균일할 경우 베일러 공급부가 막히고 작물의 제거 작업에 시간이 많이 소요되었으며 픽업장치부의 파손 사례도 있었다. 이에 따라 최종 기대의 제작시에는 작물의 투입구를 약간 넓게 하였으며, 특히 좌우측의 구석 부분에서 작물이 유

입되는 부분에 되도록 부드러운 곡면이 유지될 수 있도록 보완하였다. 그리고, 베일 작업은 고속으로 이루어지는 데 포장 내에 배수로가 있을 경우 충격에 의한 기계의 손상이 발생하거나 작업 속도를 늦춤에 따른 작업의 효율성이 떨어지게 된다. 따라서 배수로 형성시 포장의 가장자리에 배수로를 형성하는 것이 좋다.

베일 작업 직전에는 집초열에 유산균 또는 개미산 등의 첨가제를 살포하여 사일리지의 품질을 향상시키기 위한 작업을 하게 되는 데, 이 때 베일러에 분사장치를 장착하여 용액상태의 첨가제를 살포하면 쉽게 작업이 이루어질 수 있다. 본 연구에서의 개발된 사양에서는 위의 분사 장치가 없어 1, 2차년도 작업에서는 수작업으로 첨가제를 살포하였다. 이러한 수작업의 첨가제 살포는 인력과 시간의 낭비가 심하여 작업에 큰 불편함을 초래하였다. 이를 보완하기 위해 3차년도에 분사 장치를 추가로 제작하여 작업을 실시해야 할 수 있었으며 이에 따라 첨가제 작업이 매우 간편해졌다. 수작업 및 기계장치에 의한 첨가제 살포 장면, 베일링 작업 장면을 그림5-7, 그림5-8에 나타내었다.



그림5-7 수작업에 의한 첨가제 살포

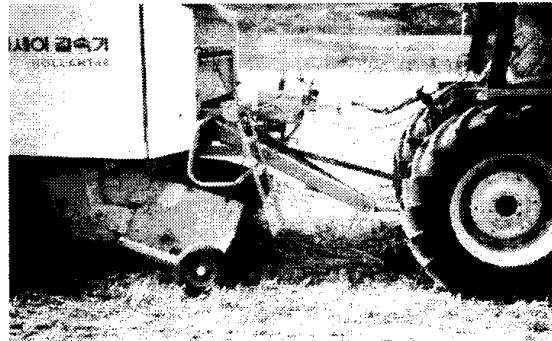


그림5-8 기계장치에 의한 첨가제살포

#### 나. 베일 래퍼 작업시의 문제점 및 보완

베일된 작물을 단시간 내에 랩핑하지 않을 경우 베일에서 호흡에 의한 열과 수분이 발생하여 베일의 형태가 파손되어 랩핑이 불가능하므로 베일 작업을 실시한 당일 랩핑 작업을 실시해야한다. 마찬가지로 밀봉이 파손되는 경우도 베일의 온도가 급격히 상승되고 저장 중의 랩-베일이 변패되고 품질은 급격히 떨어진다. 따라서 랩핑에 사용되는 비닐은 사일리지



의 장기 밀봉에 있어 매우 중요한 역할 하므로 세심하게 살펴보아야 한다. 랩-비닐은 랩핑 시 원래 길이의 약 20% 이상이 늘어나면서 재료를 밀봉하게 되므로 비닐에 실날같은 스크래치 등이 있어도 구멍이 발생하게 된다. 랩-비닐의 파손은 2가지 경우에 발생하였는데, 랩퍼의 비닐 공급부의 롤러부에 날카로운 부위가 있었던 경우와 실제로 랩-비닐에 눈으로 식별이 어려운 스트레치가 있는 경우였다. 작업시 롤러의 예리한 부위는 제거하고 작업하였지만 불량한 랩-베일은 작업이 완료된 후에 확인이 되었다. 따라서 작업자는 랩핑 작업 전에 랩-비닐이 지나는 기계 부위 및 랩-비닐의 외관을 필히 살펴야 할 것으로 판단되었다.

베일링이 완료된 베일은 무게가 매우 무거운데 베일을 pick-up하여 회전 테이블 위에 불안정하게 안착시킬 경우 베일 회전시 베일이 바깥으로 튀어나갈 우려가 있으므로 안전을 고려한 정확한 작업이 필요하다. 실제로 작업 중에 베일이 이탈한 경우가 발생하여 유압 모터의 작동 유량이 20 litre/min 이내가 되도록 정유량 밸브를 장착하여 회전 테이블의 회전수를 30 rpm으로 제한하였다.

### 3. 기타 문제점

앞서 언급한 바와 같이 본 연구에서는 실제 농민이 요구하는 기계의 개발을 위하여 각 계 각층이 참여하는 여러 차례의 심포지움 및 연시를 실시하여 문제점을 조사하였다. 그 내용은 다음과 같다.

#### 가. 급여시 허실 발생

목장에서의 사일리지 급여 결과 손실이 너무 많은 것이 나타났다. 특히 베일의 한 단의 무게가 500kg이 되기 때문에 주로 트랙터 로더에 부착한 원형집계(핸들러)로 집어서 운반을 하고, 랩을 벗겨서 자유급식을 하게 하는데 이 과정에 바닥에 흘뜨려서 손실되는 양이 많이 발생을 하였다.

실제로 벧짚 절단기로 잘게 세절하여 TMR급여를 한 결과 아주 좋은 효과를 보았다. 따라서 베일이된 사일리지를 잘게 세절을 할수 있는 세절기의 개발이 중요하다하겠다.

## 나. 보리와 호밀의 선택

보리사일리지를 급여할 경우 호맥사일리지를 급여한 경우보다 배합사료의 소비가 훨씬 적어진다. 그러나 단위 명적당 수확량은 호맥이 더 많다.

또한 보리와 호맥의 결정은 서로간에 잘되는 논을 선택하는 것이 중요하다. 그리고 호밀도 재배가 잘 안되는 곳에서는 이타리안 라이그래스의 재배도 좋을 것 같다.

## 다. 사료용 보리 품종의 개발 및 보급

현재 우리나라에서는 사료용의 보리 품종이 개발되어 있지 않으며 사료로 많이 이용되고 있는 수입 호맥 종자에 비해 발아력, 월동력, 봄철 가뭄에 견디는 능력 등이 떨어지는 데, 이를 보완할 수 있는 품종이 개발되어야 한다. 벼의 이앙 작업을 위해서는 조기 수확이 가능해야 하는 데 경북관내 기준으로 4월 중순의 조기 수확에서도 높은 건물 수량 및 에너지를 얻을 수 있는 조생 품종이 필수적이다. 또한 보리는 조사료로 수확시 알곡의 탈립이 커 손실이 많으므로 수확시의 알곡의 탈립이 적은 품종이 개발되어야 한다.

## 라. 저장방법

랩핑용 비닐은 여러 가지 색이 있는데 본인이 조사한 바에 의하면 검은새과 연두색은 햇볕에 오래 가지만 흰색과 녹색은 빨리 분해가 되어 사료의 품질을 저하시킨다.

## 마. 기계구입비의 보조 및 협업작업

맥류 사일리지를 수확 및 가공하기 위해서는 모아, 레이크, 베일러, 베일 래퍼, 핸들러 등과 같은 대형의 많은 기계들이 소요된다. 또한 이들의 기계들은 매우 고가이므로 정부의 보조가 절실히 필요하다. 그리고 몇몇 농가에서 각자 한 종류씩 관리 및 운영을 하면서 재배-수확-가공작업은 서로 분업을 하여 작업을 하는 것이 효과적이고 또한 경제적인 것으로 생각이 된다.

#### 바. 농로의 개량

대형 작업 기계들이 논에서 효율적으로 작업을 하려면 작업공간이 넓고, 이동이 편리하여야한다. 기존의 농로와 논의 규격(600평, 또는 900평)으로는 작업에 많은 불편이 따르고 있다.

#### 사. 보리 수확전용 크라스콤바인을 이용한 수확작업

사일리지용 보리의 수확기에 비가을 경우 크라스콤바인으로 보리를 탈곡하여 사료의 원료로 쓰고, 다시 모아로 포장에 남아 있는 보리의 줄기를 예취하고, 베일작업을 하는 방법이 있다. 이것은 지주에게 적기에 수확을 한다는 믿음을 주는 효과가 있으며 원활한 관계를 유지할 수가 있다.

#### 아. 체계적인 기술교육 부족

보리의 파종 적기, 파종 방법, 비료 시비 등의 작물의 재배와 수확 적기, 함수율 조정, 첨가제 투입 등에 대한 일반적인 기술의 보급이 미흡하다.

#### 자. 노동력 부족

보리수확과 벼 이앙작업의 중복으로 노동력이 부족하여 사일리지 수확에 어려움이 많다.

#### 차. 농기계 가격 부담

사용 농기계의 가격이 고가로 구입 사용에 부담이 큼

#### 카. 랩-사일리지의 소형화

현재의 베일러를 이용한 랩-사일리지의 무게는 약 500kg으로 다루기가 매우 어렵다. 따라서 보다 소형의 랩-베일을 생산할 수 있는 베일러 및 장비의 개발이 필요함

# 제6장 답리작 맥류의 랩-사일리지와 베일건초의 생산·가공·유통시스템의 경제성 분석 및 장단기 발전대책

## 제 1 절 서 설

최근 축산물의 안전성에 대한 소비자 요구의 증가와 구제역 등 가축질병의 세계적 확산 추세를 고려할 때 조사료 국내자급의 필요성은 과거 어느 때보다 절실히 요청되고 있다. 초식가축에 있어 조사료는 필수적이며, 조사료를 적정 급여함으로써 가축사육에 있어 경제적 이득을 제고시키지만 현재 우리 나라의 경우 조사료 급여형태가 벼짚과 수입조사료 위주로 이루어지고 있는 현실이다. 이러한 현실에서 조사료 자급을 위한 답리작 사료작물 재배면적의 확대는 국내 유희자원의 활용성을 제고할 수 있고, 가축분뇨의 시비면적을 확대시킴으로서 가축분뇨처리와 효율적으로 연계되어 환경 친화적인 축산업을 가능하게 하는데 그 의미가 있다고 할 수 있다. 이러한 필요성에도 불구하고 현재 우리 나라의 답리작 사료작물 생산이 부진한 이유는 사료작물의 재배면적이 적어 규모화 하기 어려우며, 부족한 노동력을 기계로 대체하는 데 미흡할 뿐만 아니라 벼 파종시기와 수확시기가 중복되어 농지임차가 어렵기 때문이다.

랩사일리지 생산기술은 이러한 조사료 생산의 일부 제약요인을 해결하여, 생산의 기계화와 수확기간의 단축으로 벼 이앙시기의 중복을 피할 수 있고, 규모화 된 논을 임차할 수 있어 답리작 사료작물 재배의 규모 경제성을 이룰 수 있게 하였으며 또한 마른 벼짚보다 사료가치가 높은 생벼짚 랩사일리지를 생산하여 벼짚의 사료이용율을 높일 수가 있다. 답리작 사료작물과 생벼짚 랩사일리지 생산기술은 아직 일부 농가에 의한 시험도입단계 및 농업기술센터를 통한 교육용으로 보급되고 있는 단계이나, 기존의 관행 사일리지 생산체제를 일관

생산시스템으로 전환하여 획기적인 답리작 사료작물 및 생볏짚 랩사일리지의 대량 생산 가능성을 제시하고 있다. 현재 국내산 조사료로는 볏짚만이 유통되고 있으나, 수도작농가에서 일관 생산시스템에 의해 답리작 사료작물 랩사일리지 생산된다면 수요자인 축산농가에 유통 판매되어 사료포가 제한되어 있는 도시근교 낙농가나 영세 소규모 축산농가에 공급할 수 있게 되는 것은 물론, 볏짚 위주의 사양체계에서 양질의 조사료 급여체계로 전환하여 축산농가의 생산성을 높일 수 있게 된다. 또한, 겨울철 유휴농지를 활용함으로써 수도작 농가소득을 증대시킬 수 있게 된다. 그러나 일관생산시스템에 의한 생산방식이 양질의 조사료 생산 확대를 가능케 할지라도 생산비를 낮추어 수입조사료보다 경제성이 있어야 랩사일리지의 이용과 유통이 확대될 것이다.

이상을 고려해 볼 때 앞으로 국내에서의 랩사일리지 기술에 대한 수요는 증가할 전망이다. 그러나 우리의 농업조건에 맞는 조사료 생산기술 및 재배면적의 확보 방안, 생산의 경제성 제고, 랩사일리지의 시장유통 활성화를 가능케 하는 생산·유통체계의 확립 없이는 지속적으로 성공적인 생산확대를 보장하기가 어려운 것도 현실이다.

## 제 2 절 조사료의 수급과 이용체계

### 1. 조사료의 이용현황

#### 가. 조사료 생산기반 현황

사료작물의 면적의 경우 1990년대 들어오면서 지속적인 감소세를 보이고 있는데 이는 사료작물 면적의 대부분을 차지하였던 밭면적이 수익성이 좋은 채소류 재배면적으로 전환되면

서 발생하였다. 이에 반해 답리작 면적의 경우 1996년까지 감소세를 보였으나 IMF이후 1998년에는 수입조사료 가격의 상승영향으로 인해 조사료자급생산이 증가하면서 면적이 1980년 대비 166% 증가한 6만 3천ha 확대되었다. 즉 사료작물 면적의 경우 밭과 답리작의 비율이 1998년에 반전되어 2000년도에는 50%수준에 이르게 되어 답리작을 이용한 조사료 생산의 필요성이 커지고 있다.

〈표6-1〉 조사료 생산기반 현황

단위: 천ha

구분	1980	1990	1995	1996	1998	1999	2000
초지관리 면적	48	90	66	63	56	54	52
사료작물 면적	78	181	164	132	101	87	73
밭	40	138	140	98	38	40	25
답리작	38	43	24	34	63	47	48
계	126	271	230	195	157	141	125

자료: 농림부(2001. 3)

#### 나. 조사료 연도별 수급동향

조사료 연도별 수급동향을 살펴보면, 사육두수 감소와 수입조사료의 증가로 배합사료와 국내산 조사료의 수요가 감소하였으며, 수입조사료가 조사료에서 차지하는 비중이 2000년에 17.3%까지 증가함을 알 수 있다.

〈표6-2〉 조사료 연도별 수급동향

	사료수요량(천톤)					C/D	C/E
	농후사료(A) (배합사료)	조사료			합계 E(A+D)		
		국내산 (B)	수입 (C)	소계 (D)			
'90	3,457	5,447	60	5,507	8,964	1.1	61.4
'95	5,775	7,602	161	7,763	13,538	2.1	57.3
'00	5,231	2,793	599	3,392	8,623	17.3	39.3

주: ① 사료수요량중 농후사료는 한우 및 낙농 배합사료 생산량임

② 조사료중 국내산은 초지·사료생산량과 농산부산물(벼짚)공급량이며, 수입은 외국으로부터 수입 공급된 조사료임

자료: 농림부

한편, 수입조사료의 수입증가에 따라 수입대상국가에서 미국과 캐나다가 2000년도에는 402천톤, 126천톤으로 전체 수입량 중 67%와 21%로 지속적인 수입량 증가를 보이고 있다. 이에 반해 인도네시아 등 주요 수입국 이외의 국가의 수입량은 근소한 증가세를 보이고 있어서 수입경로의 다변화 필요성이 증가되고 있다.

〈표6-3〉 연도·국별 수입동향

단위: 천톤

구분	국별				
	계	미국	중국	캐나다	인도네시아·기타
1998	172 (100)	81 (47)	32 (19)	54 (31)	5 (3)
1999	342 (100)	183 (54)	49 (14)	95 (28)	15 (4)
2000	599 (100)	402 (67)	43 (7)	126 (21)	28 (5)

자료: 농림부

다. 조사료 및 배합사료 급여비율

<표6-4> 축우사육에 있어서 조사료와 농후사료 공급현황

단위: 천톤

연도	농후사료 (A)	조사료					계 (A+B)	조사료 비율 (%)
		초지	사료 작물	벼짚	수입	소계 (B)		
1990	3,457	594	2,238	2,615	60	5,507	8,964	61.4
1997	6,453	413	583	2,184	256	3,436	9,889	34.7
1998	5,438	392	874	2,188	172	3,626	9,064	40.0
1999	5,655	376	794	2,203	342	3,715	9,370	39.6
2000	5,231	364	628	1,801	599	3,392	8,623	39.3

자료: 농림부

조사료 급여비율은 1990년대 들어서면서 농후사료생산의 급격한 증가와 조사료 생산기반의 붕괴로 인해 감소하다가 1997년 IMF 이후 환율증가로 인한 사료가격 상승이 농후사료 생산에 영향을 미쳐 1998년 40%까지 단기적으로 증가하였다.

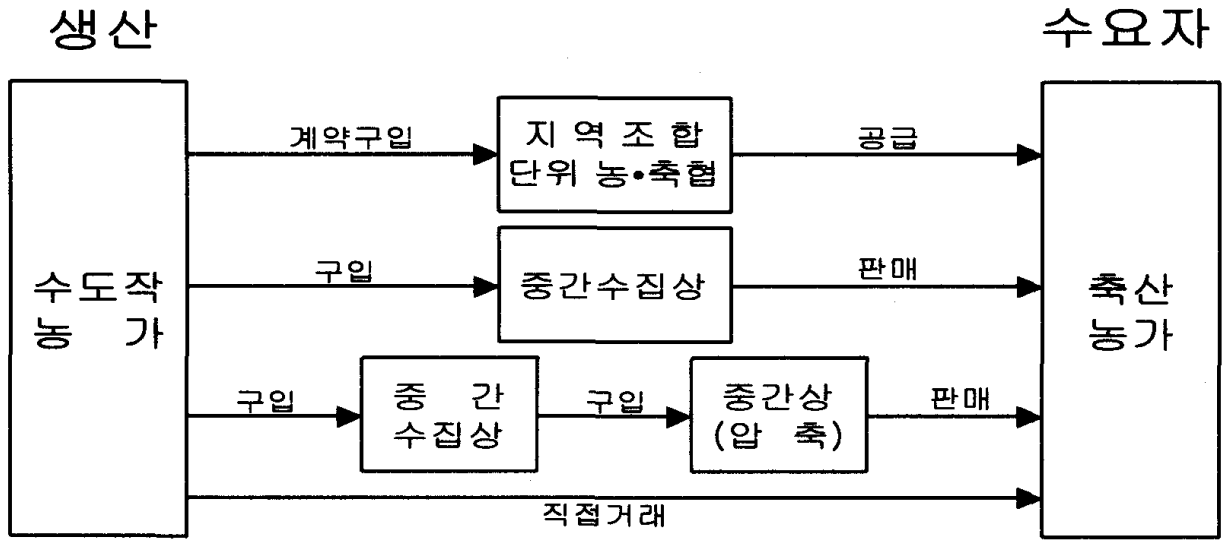
2. 조사료의 유통

가. 국내산 조사료

국내산 조사료 중 유통되는 벼짚의 유통경로(flow)를 살펴보면 수도작 농가의 논을 벼수확 후 축산농가가 면적당 벼짚 구입비를 지급하고 벼짚을 사각이나 원형베일러로 결속하여 이용하는 경우와 지역 농·축협이 축산농가로부터 필요량을 신청받아 일괄구매하여 판매하는 경우도 있다.



〈그림 6-1〉 벼짚의 유통체계



또한 중간 수집상에 의해 수도작 농가에서 생산된 벼짚을 축산농가에 판매하는 경우가 있고, 일부 중간상인들이 중간수집상으로부터 벼짚을 구입하여 압축시켜 축산농가에 판매하는 경우도 있다. 대부분 중간유통업자는 벼짚 생산지역에서 소규모로 운영되고 있으며, 기상조건에 따라 벼짚의 품질차이가 큰 것으로 나타나 축산농가들은 품질이 균일하고 사료가 치가 높은 수입조사료를 선호하고 있다.

벼짚의 유통상 문제점은 지역적 수급불균형과 유통비용의 과다로 벼짚의 생산지가격은 낮으나 농가 구입가격은 높다는 것이다. 그리고 벼짚 공급량은 특히 벼 수확기 이후 몇 일 간의 기후에 크게 영향을 받으며, 공급과 수요도 농번기에 이루어지기 때문에 구입 및 운송에 애로가 있고 보관에도 어려움이 있다. 또한 유통체계가 형성되어 있지 않아 중간상인의 매점·매석 등 횡포가 큰 문제점도 있다.

〈표6-5〉 벚짚 농가공급가격 대비 유통단계별 가격

단위: 원/kg

	물품대	운송비	가 공 (결속작업)	중간수집상 마 진	농 가 공급가격
벚짚가격 (비율)	120 (64.9)	20~25 (10.8~13.5)	20~30 (10.8~16.2)	10 (5.4)	185 (100)

자료: 서울우유협동조합

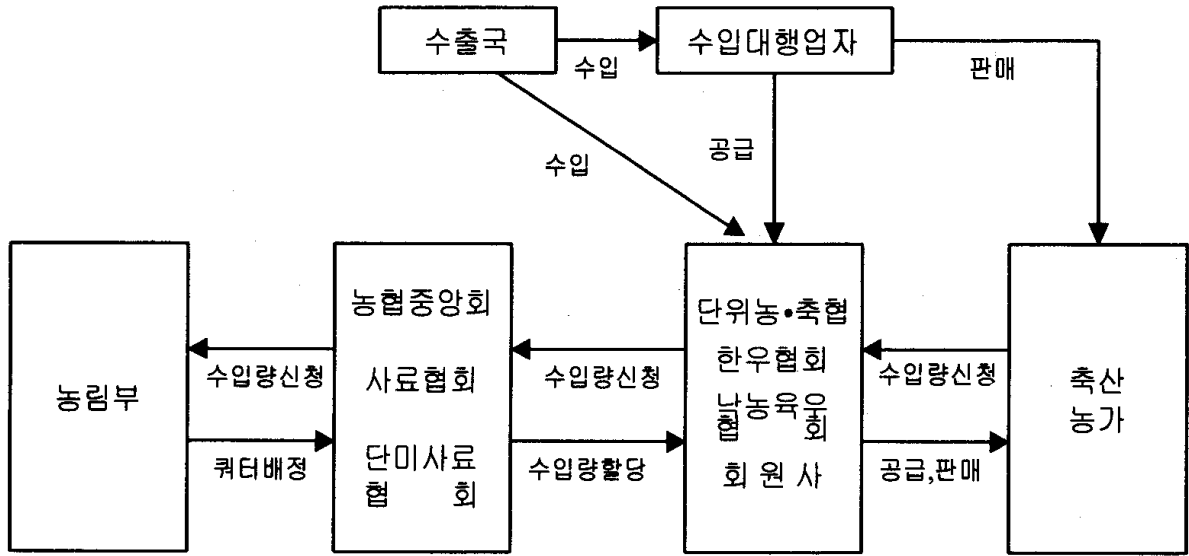
유통단계별 벚짚의 농가공급가격에서 차지하는 운송비용이 최대 13.5%로 수입조사료 4%보다 높은 수준을 보이고 있고, 결속작업 등 벚짚의 가공단계 비용이 농가 공급가격 대비 최대 16.2%로 높은 비율을 차지하고 있다.

#### 나. 수입조사료

“농축산물 시장접근물량 양허관세 추천 및 수입관리요령”(농림부 고시 제2000-83)의 법적 근거 규정에 따라 조사료 수입제도가 실시되고 있는데 수입산 조사료는 정부가 시장접근물량에 대해 수입쿼터물량을 배정하고, 실수요자인 축산농가가 수입추천 대행기관인 농협중앙회, 한국사료협회, 한국단미사료협회에 신청하여 수입량 할당 및 허가를 받아 수입대행업자로부터 구입하고 있다.

수입조사료 유통은 수입업체가 많아 가격차는 별로 없지만 품질격차가 심해 품질을 고려한 가격차는 매우 큰 실정이다. 또한 다량의 수분과 토양 이물질의 함유 등 수입조사료의 품질은 전반적으로 낮고 농가가 수입조사료에 대한 품질을 정확히 이해하지 못하고 있기 때문에 수입업자가 조사료의 등급과 가격을 조작하여 농가가 피해를 입는 경우가 발생하기도 한다.

<그림 6-2> 수입조사료 수입 및 유통체계



<표6-6> 시장접근 수입물량(MMA) 및 세율

	1995.	2000	2001	2004
수입물량(천톤) 증량	19 (-)	26 (424)	28 (428)	32
세율(%) (일반세율)	5.0 (109.5)	5.0 (105.0)	5.0 (103.9)	5.0 (100.5)

주: 시장접근물량은 실수요자가 요청하는 물량을 증량하여 수입하고 있음

현재 수입조사료 가격은 <표6-7>과 같다. 이중 조사농가별 소비비중이 높은 톨페스큐 짚과 알팔파류의 경우 품질에 따라 각각 200원, 290원, 350원으로 공급되고 있다.

〈표6-7〉 수입조사료 가격

단위: 원/kg

구분	품명	수입가격	농가공급가격
알팔파류	알팔파건초	245	330~370
	알팔파큐브	190	280~300
화분과목초	티모시건초	292	330~400
	연맥건초	256	300~350
	틀페스큐 짚	156	180~220
	오차드 짚	156	180~220
	라이그라스 짚	146	180~200

주: 수입가격은 '01년 9월 평균 수입가격이고, 농가공급가격은 조사료의 등급 및 품질에 따른 공급가격 범위임.

자료: 농협중앙회 축산자원부

〈표6-8〉 수입조사료 농가공급가격 대비 유통단계별 가격 비중

단위: %

구분	통관비용			운송비용	수입업체 마진	조합 마진	농가 공급가격
	물품대	수입제비	소계				
알파파품목	71	20	91	4	5		100
화분과목초	70	19	89	4	4	3	100

주: 1. 알파파품목은 자유화 품목으로서 조사료 수입업체에서 직접 농가공급

2. 화분과목초 품목은 쿼터품목으로서 동 쿼터는 농협, 회원축협에서 관리하여 자체수입 및 업체에 수입대행을 의뢰하여 농가에 공급

자료: 농협중앙회 축산자원부

수입조사료의 유통단계별 가격비중은 통관비용과 물류비용이 각각 알파파 95%, 화분과목초 93%로 상당히 높은 수준을 보이고 있어 유통주체의 유통마진이 상대적으로 낮다. 수입조사료의 경우 물류비용이 전체 농가공급가격에서 4%를 차지하고 있는데 이는 수입조사료 가격

이 국내에서 유통되는 벗짚가격보다 상대적으로 높고, 수입조사료는 수입한 후 대량으로 농가에게 직접 공급함으로써 국내 운송비용이 낮다.

### 3. 조사료 수급전망

#### 가. 소 사육전망

〈표6-9〉 한우 및 젖소 사육두수 전망

단위: 천두

	'98. 12	'99. 12	'00. 12	'01. 12(전망)
한육우	2,383	1,952	1,590	1,460
젖소	539	535	544	544
계	2,922	2,487	2,134	2,197

자료: 농업전망 2001, 한국농촌경제연구원, 2001. 1.

2001년 이후에는 다산장려금제와 송아지생산안정제 사업이 강화됨에 따라 한육우 번식농가들의 암소 도축이 진정되어 2000년 말에 비해 2만두 이상 증가할 것으로 전망되지만, 2001년 한육우 송아지는 인공수정두수 감소와 출산을 저하로 2000년에 비해 13% 감소한 146만두까지 감소할 것으로 전망된다.

젖소의 경우 인공수정두수가 감소하였지만 젖소(암)의 도축실적이 줄고 낙농여건이 좋아 전체 사육두수는 2000년도에 비해 0.1% 증가할 것으로 전망된다.

나. 조사료 수급전망

사료작물 재배면적이 지속적으로 감소하는 가운데 2001년 재배면적은 61ha로 전년대비 약 18% 감소할 것으로 전망되며 이에 따른 조사료의 국내 공급은 벣짚을 제외한 모든 조사료가 감소할 것으로 전망되고 있다. 또한 수입 조사료의 경우도 11.4% 감소할 것으로 나타나 전체 조사료 공급은 0.4% 감소할 것으로 전망된다.

<표6-10> 조사료 생산여건

단위: 천ha

구분	1998	1999	2000	'2001(전망)
초지관리면적	56	54	53	52
사료작물 재배면적	101	87	73	61

자료: 농림부, 2001. 3.

<표6-11> 조사료 수급전망

단위: 천톤

구분	조사료 공급						
	양질조사료				벣짚	수입	계
	목초	청예작물	답리작	소계			
2001(A)	364	266	269	899	1,951	488	3,338
2000(B)	371	299	329	999	1,801	551	3,351
A/B	△1.9%	△11.0	△18.2	△10.0	8.3	△11.4	△0.4

자료: 농림부, 2001. 3.

#### 4. 조사료 이용의 경제적 효과

##### 가. 초식동물에서의 조사료의 역할과 중요성

초식동물에 있어서 일정수준의 조사료 급여는 생산성을 향상시킨다. 한우비육의 경우 일정한 조사료 급여는 송아지의 초기골격 형성 및 장기비육을 위해 반드시 필요하며, 번식우의 경우 산차 증가, 번식을 제고 등의 효과가 있는 것으로 나타나고 있다. 낙농에 있어서도 산차 증가, 번식을 제고와 함께 두당 산유량 증가와 유지율 향상에도 효과가 있는 것으로 보고되고 있다.

조사료와 농후사료의 비율이 60:40인 경우 소의 경제수명은 7~8산 정도이나 조농비율이 현재와 같이 40:60인 경우는 경제수명이 3~4산에 머물고 있다. 뿐만 아니라 현재 한우 번식률은 78.7%에 머물고 있으나 조농비율이 개선될 경우 86.8%로 상승한다는 보고가 있다. 낙농의 경우에도 발정 재귀일이 59.5일에서 58일로 단축되며 연간 종부회수도 2.5에서 2.8회전으로 늘어난다고 보고되어 있으며, 평균 산유량은 하루 29.5kg에서 30.3kg으로, 그리고 평균 유지율도 3.41에서 3.46으로 좋아진다는 보고가 있다<sup>1)</sup>. 현재 우리나라의 조농비율이 32:68로 평균 경제 수명은 3~4산을 나타내고 있으나, 조농비율을 60:40로 개선할 경우 경제수명 연장 효과는 두당 4산정도 연장되는 것으로 나타났다. 경제수명 연장에 따른 낙농은 연간 4,785억원, 한우는 연간 2,067억원의 경제적 효과를 창출한다.

---

1. 축산기술연구소 시험연구결과보고서, 1990

〈표6-12〉 조농비율 개선에 따른 경제수명 연장 효과

축종	가임두수 (A) (천두)	번식률 (B) (%)	수명연장 (C)	두당연간 산유량(kg)	kg당 또는 두당 소득(원)			연간효과 (억원)
					가격	경영비	소득	
낙농	383	-	4산	6,094	575	370	205	4,785
한우	920	78.7	4산	-	823,171	537,667	285,504	2,067

주: 소득 계산자료는 1998년 농림부 농산물품질관리원 조사치임.

자료: 조사료 생산 확대방안 연구, 한국농촌경제연구원, 1999. 12.

조농비율개선에 따라 한우 번식율은 78.7%에서 86.8%로 상승하며, 번식률 제고에 따른 경제적 효과는 216억원으로 추정되며, 젖소 번식률 제고에 따른 경제적 효과는 325억원으로 추정된다. 조농비율 개선에 따라 젖소는 유지방이 향상되는 효과가 있어 원유내 유지방함량의 증가로 인한 유대단가의 증가로 수익성이 향상된다. 유대체계는 유지방을 3.4% 기준으로 유지율 0.1% 증감에 따라 원유 1kg당 11원을 가감하고 있다.

〈표6-13〉 조농비율 개선에 따른 번식률 제고 효과

축종	가임두수 (천두)	번식율 (%)			두당연간 산유량(kg)	kg당 또는 두당 소득(원)			효과 (억원)
		개선전	개선후	효과		가격	경영비	소득	
낙농	383	65.9	72.7	6.8	6,094	575	370	205	325
한우	920	78.7	86.8	8.1	-	823,171	537,667	285,504	216

자료: 조사료 생산 확대방안 연구, 한국농촌경제연구원, 1999. 12.



축산기술연구소 시험연구 결과에 따르면 조농비율이 40:60에서 60:40으로 향상될 경우 평균 유지율은 3.41%에서 3.46%로 0.05% 증가되는 것으로 나타났고, 본 연구의 조사 결과에서도 조농비율과 두당사료포 면적 향상에 따라 0.04% 증가하는 것으로 나타났다. 현재 1998년 평균 두당 연간산유량이 6,094kg이고, 1998년 원유생산량이 2,027천톤이므로, 착유우 30두 규모 농가의 경우 연간 유대증가는 1백만원이며, 총 유대 증가는 112억원으로 추정된다.

이상을 고려할 때 현재의 조·농비율 32:68을 60:40으로 개선할 경우 국가적으로 연간 총 7,500억원의 경제적 효과를 실현하게 된다.

#### 나. 농가차원에서의 조사료 중요성

앞에서 제시된 가축의 생산성 향상 효과는 결국 농가의 소득으로 이어지게 된다. 소득은 조수익에서 경영비를 뺀 것을 말하는 데, 유지율 향상 및 산유량 증가는 조수익의 증가에 직결되고 그 밖에 번식을 제거나 경제수명의 단축, 발정 재귀일 단축, 연간 종부 회수의 증가 등 생산성 향상 효과는 경영비뿐만 아니라 생산비목에만 해당하는 두당 자가노력비나 각종 자본이자를 줄이게 됨으로써 직접적으로 비용의 절감에 기여하여 결과적으로 농가의 소득은 커지게 된다. 뿐만 아니라 값비싼 농후사료를 값싼 조사료로 대체 급여함으로써 사료비용이 절감될 수 있어 경영비 절감에 기여할 수 있게 된다.

조농비율 개선으로 인한 배합사료 총절약분은 2,242천톤이며, kg당 농가구입가격 260원을 적용하면 5,829억원의 배합사료비용이 절감되는 것으로 계산된다. 반면, 배합사료 대체분으로 증가하는 조사료는 국내 생산분이 1,992천톤이며, 이를 대표적인 국내 생산 조사료인 옥수수 kg당 생산비 77.7원을 적용하면 1,548억원의 비용이 증가되며, 수입조사료 증가분이 250천톤으로 대표적인 수입조사료인 알팔파큐브의 농가구입가격 kg당 239원을 적용하면 598억원이 증가하는 것으로 예측된다.

〈표6-14〉 조농비율 개선에 따른 국내 조사료 증가분

	사육두수 추정치	1일 두당 조사료 필요량		연간필요량(kg)		농후사료 대체효과(톤 )
		38 : 62	60 : 40	38 : 62	60 : 40	
한 우	2,038천두	3.8kg	6 kg	2,826	4,462	1,636
낙 농	563천두	5.1kg	8.05kg	1,047	1,653	606
계	2,601천두	-	-	3,873	6,115	2,242

자료: 조사료 생산 확대방안 연구, 한국농촌경제연구원, 1999. 12.

조농비율 개선으로 인한 순 사료비 절감효과는 총사육두수 2,601천두(한우 2,038, 낙농 563천두)을 기준으로 할 때 3,604억원이며, 이를 두당으로 환산하면 141,599원이 되는 것으로 나타났다. 사료비 절약분을 축종별로 적용하면 한우 비육우의 사료비 절감율은 13.5%이며, 생산비중 사료비 비중 38.0%(98년기준)을 적용하면 생산비 절감효과는 5.1%로 나타난다.

〈표6-15〉 조농비율 개선으로 인한 사료비 및 생산비 절감효과

단위: %

		사료비절감율	사료비비중	생산비절감율
낙 농		8.8	50.7	4.4
한 우	번식우	25.4	47.4	12.0
	비육우	13.5	38.0	5.1

자료: 조사료 생산 확대방안 연구, 한국농촌경제연구원, 1999. 12.

한우 번식우의 사료비 절감율은 25.4%이며, 생산비중 사료비 비중 47.4%를 적용하면 생산비 절감효과는 12.0%로 나타난다. 낙농의 사료비 절감율은 8.8%이며, 생산비중 사료비 비중 50.7%를 고려하면 생산비 절감효과는 4.4%로 나타난다.

IMF관리체제를 계기로 축산경영에 있어서 대외의존적 사료공급체계의 한계가 노출되었다. 국내 축산물 생산비에서 비중이 큰 사료비가 환율 불안정으로 크게 상승함에 따라 채산성이 악화되어 많은 축산농가가 경영을 포기하는 경험을 겪었다.

다시 말하면, 농가소득의 향상이라는 측면뿐만 아니라 국내부존자원 이용의 확대를 통한 조사료 생산의 확대는 대외 의존적인 배합사료의 비중을 감소시킬 수 있으며, 이에 따라 사료비의 불안정으로 인한 국내 축산농가의 경영 불안정을 완화시켜 주는 효과도 있다. 동시에 국내 부존자원의 최대한 활용을 통한 조사료 생산의 확대는 축산농가의 사료비 절감에도 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 다. 국가차원의 조사료의 역할과 중요성

앞에서도 지적한 바처럼 농후사료를 조사료로 대체 급여한다 함은 결국 수입에 의존하는 배합사료의 급여량을 줄일 수 있다는 것을 의미한다. 즉, 국내 조사료 자급률 향상과 조농 비율의 개선은 수입 배합사료의 비중을 감소시킬 것이며, 농가의 생산비 절감효과와 함께 국가차원에서는 외화를 절약시킬 수 있는 효과를 가져올 수 있다.

우리나라의 배합사료의 대외의존도는 원료만을 기준으로 할 때 국내소비량의 76.0%이며, 곡물가공 부산물 등을 포함하면 96.0%에 달하고 있다. 1997년 배합사료 소비량은 7,959천톤이며, 이중 수입량은 6,049~7,641천톤인 것으로 추정된다. 2004년 조농비율 개선 및 사육

두수 감소분을 고려할 때, 예상되는 농후사료 필요량은 4,077천톤이며, 수입 예상량은 3,099~3,914천톤인 것으로 추정된다. 따라서 조농비율개선에 따른 배합사료의 대체효과는 2004년 추정두수 한우 2,038천두, 젖소 563천두를 기준으로 조농비율이 현행 38:62에서 60:40으로 개선되었을 경우 배합사료 절약분은 연간 2,242천톤으로 추정되며, 이를 IMF이전 1997년 배합사료 수입단가 평균치인 톤당 145\$을 적용하면, 조농비율을 개선함으로써 배합사료의 대체효과로 인한 수입절감효과는 배합사료 2억4천달러(수입의존율 76%)~3억1천만달러(수입의존율 96%)에 이르는 것으로 추정된다.

〈표6-16〉 조농비율 개선에 따른 농후사료 대체효과

	사육두수 추정치	1일 두당 농후 사료필요량		연간필요량(톤)		농후사료 대체효과
		38 : 62	60 : 40	38 : 62	60 : 40	
한 우	2,038천두	6.2kg	4.00kg	4,612	2,975	1,637
낙 농	563천두	8.3kg	5.36kg	1,706	1,101	605
계	-	-	-	6,318	4,249	2,242

자료: 조사료 생산 확대방안 연구, 한국농촌경제연구원, 1999. 12.

농후사료를 조사료로 대체하기 위해서는 국내생산 조사료를 늘리거나 조사료 수입을 확대함으로써 가능하다. 그런데, 외화 절약이라는 측면을 강조하면 가능한 한 국내에서 조사료를 싸게 생산함이 바람직한 방향이다.

국내 생산 조사료를 증산하기 위해 가장 먼저 생각할 수 있는 방법이 기존에 경작하고 있는 면적을 유지하고 경작 가능한 면적을 개발·확충하는 것일 것이다. 다음으로 경지 면적당 단수를 높이는 생산성 향상을 들 수 있다. 이러한 측면에서 유희농지를 활용한다거나 산간지를 조사료원으로 개척하고, 벼를 생산한 다음 후작으로 답리작 사료작물 재배를 활성화하는 것 등을 통하여 조사료 생산 면적을 확대시킬 수 있을 것이다. 이렇게 하여 국가가 보유하고 있

는 토지 자원의 이용률을 높일 수 있다. 뿐만 아니라 이는 가축분뇨비료 시비면적을 안정적으로 확보할 수 있도록 하는 방안이 될 수 있다. 궁극적으로 조사료 생산과 가축분뇨 처리를 효율적으로 연계시키는 리사이클링 체계로 환경 친화적인 축산업의 발전을 가능하게 할 수 있을 것이다.

법적으로는 액비를 살포하기 위해 확보해야 할 경지면적을 규정하고 있는 데, 한옥우의 경우 두당 520~990㎡정도를 확보하여야 하고, 젓소의 경우는 한옥우의 3배 이상 되는 두당 1,610~3,080㎡의 면적을, 그리고 돼지의 경우는 두당 340~640㎡를 확보하도록 되어 있지만, 아직까지 이러한 규정이 현실적으로 적용되기는 어려운 실정이어서 가축분뇨의 액비화사업이 활성화되지 못하고 있는 한 요인으로 작용하고 있다(표6-17 참조).

〈표6-17〉 액비살포에 필요한 초지·농경지면적

구 분	초 지	농 경 지	
		논	밭
소	520㎡/두이상	990㎡/두이상	640㎡/두이상
젓 소	1,610㎡/두이상	3,080㎡/두이상	1,990㎡/두이상
돼 지	340㎡/두이상	640㎡/두이상	420㎡/두이상

자료: 환경부고시 제1999-110호, 1999. 7. 8

조사료 재배 경지면적의 증가는 가축분뇨의 시비면적을 확대하여 친환경적 축산을 추구할 수 있다. 특히 겨울철 담리작 사료작물의 재배 확대는 가축분뇨비료 시비면적의 안정적 확보를 가능하게 하며, 궁극적으로 조사료 생산과 가축분뇨처리를 효율적으로 연계시킬 수 있다.

조농비율 개선에 따른 조사료 급여 증가분은 국내 생산의 경우 전작(사료포)에서 1,668천 톤, 담리작에서 208천톤, 초지에서 205톤 증가시키는 계획을 세운 바 있다. 조사농가의 조

사료 생산량은 전작(옥수수)가 10a당 10,644kg, 답리작(호맥)이 4,800kg, 초지(수단그라스)가 8,500kg을 생산하는 것으로 나타났다. 이를 건물로 환산하면 전작이 3,725kg, 답리작이 1,512kg, 초지가 2,125kg인 것으로 나타났다. 조사료 증가분 계획치를 생산하기 위한 필요 재배면적은 조사농가의 10a당 조사료 생산량을 기준으로 할 때, 전작이 44,779ha, 답리작 13,757ha, 초지 9,647ha인 것으로 계산되며, 이러한 재배면적에 퇴비 살포 가능량은 농촌진흥청의 표준영농교본에서 제시하고 있는 살포기준량인 답리작(유채) 10a당 394kg, 초지(목초) 985kg, 전작(옥수수) 739kg을 기준으로 할 때, 480천톤으로 추정된다.

〈표6-18〉 퇴비살포 면적 확대 효과

구분	전작	답리작	초지	계
10a당 조사료 생산량(kg)	3,725	1,512	2,125	-
조사료증가계획량(천톤)	1,668	208	205	-
증가분필요면적(ha)	44,779	13,757	9,647	-
10a당 퇴비살포량(kg)	739	394	985	-
퇴비살포가능량(천톤)	331	54	95	480

조사료 증가분 계획량을 재배면적으로 환산하면 20kg단위의 퇴비 2,400만포를 추가적으로 시비할 수 있는 면적이 확보된다. 가축분뇨를 퇴비화하여 시비하였을 경우 대맥의 수확량이 26% 증가하는 효과를 가져온다.<sup>2)</sup>

2) 축산시험장, 가축분뇨 자원화와 농촌환경 개선 전략, 1994

## 5. 조사료 관련 정책

### 가. 투융자 현황

1992년부터 1997년까지 조사료 관련사업 투융자는 축산업 구조개선사업 후에 한우경쟁력 제고사업과 젓소경쟁력 제고사업의 일환으로 시행되어 왔다. 이후 조사료 생산기반 확충사업으로 통합되어 운영되고 있다. 조사료 관련 정부의 투융자 규모를 보면, 한우경쟁력 제고사업에 3,529억원, 젓소경쟁력 제고사업에 2,935억원, 조사료생산기반 확충사업에 316억원이 투입되었다. 1997년 이후 한우 및 젓소경쟁력 제고사업에서 조사료생산기반 확충사업이 별도의 사업으로 통합되었다. 1998년에는 정부의 긴축재정으로 축산자금의 지원규모가 축소되었지만 조사료부문의 사업비는 오히려 늘어 370억원이 지원되었다. 조사료생산기반 확충사업의 연도별 지원 금액과 계획을 보면 1997년에는 522억원 정도에서 1998년 606억원으로 16.2% 증액되었으며, 정부의 보조액과 자부담액은 각각 21.8%, 30% 정도로 크게 늘어났다. 반면 융자액은 6.7% 증가에 그치고 지방비 부담액은 오히려 3.3% 감소하였다. 1998년의 총사업비는 다소 증가하였으나 1999년, 2000년에는 320억원이 보조와 융자로 지원될 예정이다. 즉, 1999년에는 1998년에 비해 10.3% 감축되었지만 자부담액은 오히려 1998년에 비해 7.2%나 늘어났고, 보조액은 13.0%, 융자액은 12.1%, 지방비는 47.1%나 감축되었다.

〈표6-19〉 조사료 생산 확충사업 투융자 실적 및 계획

구 분	단위: 백만원				
	1997	1998	1999	2000	2001~2004
총사업비	52,191	60,631	54,376	50,000	280,000
보 조	15,256	19,677	17,128	17,000	96,000
융 자	16,397	17,499	15,374	15,000	64,000
지 방 비	6,225	6,017	3,185	-	-
자 부 담	14,313	17,438	18,689	18,000	120,000

자료: 2000년도 농림사업시행지침서, 농림부, 1999.11.20.

이것은 축산발전기금의 고갈로 인해 지원할 수 있는 자금의 원천이 줄어들어 기인한다. 앞으로 2000년에는 총사업규모도 다소 줄어들고 지방비는 없어지게 되며 자부담 비율은 유지될 것으로 보이지만, 2001년부터 2004년까지는 주로 자부담 비율을 높여 사업비를 확충해 나갈 계획이다.

축산 농가는 다양한 정부 투융자 사업의 수혜를 받게 된다. 조사료 생산기반 사업 이외에도 한우경쟁력 강화사업, 젖소 경쟁력 강화사업, 가축분뇨 퇴비처리시설자금, 농가경영자금, 단지화사업자금 등 지원 받을 수 있는 자금의 종류가 많지만, 지역에 따라서는 중복 지원하는 곳도 있고 단일 사업에 국한하여 지원하는 지역도 많다. 축산농가의 정책자금 수혜실태를 살펴보면<sup>3)</sup>, 한우농가 108호, 낙농농가 106호, 총214호의 농가 조사 결과 조사료생산기반 확충 사업을 통하여 지원된 내역은 10.7%(개별농가 11건, 공동사업 12건)를 차지하는 것으로 나타났다. 개별지원의 경우 조사료생산을 위한 트랙터, 벧짚 수거기 등 농기계 구입 지원에 사용되었으며, 평균 호당 사업비는 2,000만원으로 추산된다. 농가 공동사업인 조사료 기계화단지 사업으로 지원된 사업비(보조금 제외)의 용자금은 사업당 3,600만원으로 6.25명이 공동으로 사업에 참여하고 있으며, 용자금과 자부담을 합친 호당 부담금 규모는 약 1,000만원정도로 나타났다.

#### 나. 정책 방향

1999년도 조사료 생산 및 이용을 확대하기 위해 정부는 추진대책의 기본 방향을 첫째, 소사육농가에 대한 양질의 조사료 공급 확대 둘째, 벧짚 등 국내외 부존 조사료자원의 적극 개발 이용 셋째, 목초 및 사료작물 재배용 우량종자 공급체계 확립 넷째, 조사료 생산의 기계화로 인력난을 해소하는 데 설정하였다. 이러한 정책의 추진으로 1998년의 조사료 급여비율

3) 본 연구원의 1998년 12월 농림사업 정책자금 500만원이상을 지원 받은 전국 축산경영체 중에서 임의로 표본 추출 조사



40%를 1999년도에는 45%, 2002년에는 55%, 2004년에는 60%까지 향상시키는 것을 목표로 하고 있다. 이러한 목표를 달성하기 위하여 개발 가능한 임야 56천ha를 대상으로 신규로 초지 조성을 확대하도록 사업비를 지원하고 있으며, 기성 초지 관리를 강화하기 위해서 초지 보완자금을 정부 보조와 용자에 의해 지속적으로 지원하여 부실화를 방지하고자 하고 있다. 아울러 초지의 타용도 전용을 억제하기 위해서 관리를 강화한다는 계획으로 있다. 그런데, 전문가들은 국내 여건으로 볼 때 기후 조건이 목초의 생장에 부적합하여 초지 조성은 한계가 있다는 점을 인식하고 있으며, 사료작물 재배를 늘려 양질의 조사료를 생산하는 방안을 추진 중에 있다.

#### 다. 사료작물 재배단지 조성사업

정부에서 발표한 2001년도 사업시행요령을 살펴 보면, 크게 기반시설사업과 조사료 생산사업 그리고 기계·장비 지원사업으로 구분된다. 지원대상은 한우, 젖소 등 초식가축을 3년 이상 사육중인 농가와 영농조합법인, 협업체, 농업회사법인(20ha 규모이상 쌀전업농), 축협조합, 제주도 마을공동목장이다.

정부의 농지를 이용한 대규모사료작물재배단지 조성사업 내용을 보면 기존의 조사료 생산 기반 확충사업은 종자비, 비료비의 50%를 보조하였으나 이번 시범사업에서는 ha당 비료비 263천원, 종자비 160천원 한도내에서 전액 보조 지원함. 또한 농지 임차료를 ha당 450만원 한도내에서 지원한다. 이번 시범사업은 단지별로 시·군지역내 30ha 이상되는 재배면적을 확보하는 지역농·축협과 영농조합법인, 조사료기계화단지, 낙우회, 한우회를 대상으로 하고 개별 축산농가는 시범사업에서 제외되었으며 장비의 이용은 시·군 농업기술센터에 보급된 장비를 임대 활용하는 것을 기본으로 하고 있다.

〈표6-20〉 사료작물재배단지조성사업 대상자별 사업계획(확정)

도	시군	대상단지	사업대상자			재배면적(ha)			
			법인	기계화단지	축·낙협	논	밭	간척지등	계
경기	8	11	1	5	5	216	149	7	372
강원	5	6			6	183			183
충북	1	1	1			27	3	20	50
충남	6	8		2	6	139	62	110	311
전북	2	3			3	67	13	12	92
전남	4	5			5	42	18	112	172
경북	2	2			2	51	12	14	77
경남	4	4		3	1	112		30	142
제주	1	1			1		30		30
계	33	41	2	10	29	837	287	305	1,429

자료: 농림부

〈표6-20〉과 같이 사업대상 단지별 사업 운영주체를 보면 축·낙협 등 지역조합이 29개단지로 전체의 70%를 차지하고 있고 기계화단지, 낙우회, 한우작목반이 10개소로 24%를 차지하고 있다. 재배면적 중 답리작 비율이 56%로 계획되어 유희농지의 활용을 확대하려는 것으로 나타났으며 사료포는 간척지, 하천부지보다 계획면적이 적음을 알수 있다. 재배작물로는 호밀이 90%로 대부분을 차지하고 있고, 보리 5%, 나머지는 연맥, 이탈리아안그라스를 재배할 계획으로 나타났다.

라. 일본의 생산조정 보상금체계

일본의 쌀재배 면적의 휴경 및 생산조정을 위한 보상금지급 내용을 보면 대상작물에 사료작물과 사료용 쌀, 벼발효조사료가 포함되어 있어 조사료생산의 자급율을 높이고, 특히 농가가 이들 작목을 재배하였을 경우 추가 보상을 받아 최고 10a당 9만3천엔의 보상금을 지원받을 수 있게 하였다.

<표6-21> 일본의 생산조정 보상금체계

금액	73,000엔	43,000엔	13,000엔	13,000엔	9,666엔	3,333엔
경영확립보장	논고도이용등 가산금1만엔					
	기본보상 4만엔	기본보상 2만엔				
공동보상	지구전체달성 3천엔					
	공동보상 2만엔	공동보상 2만엔	지구전체달성 3천엔			
			공동보상 1만엔	공동보상 1만엔	3천엔	
					6,666엔	3,333엔
작물명	맥류, 대두, 사료작물, 벼발효조사료	두류, 메밀, 사료용 쌀, 유채, 골풀, 자 운영, 녹비, 청에	채소, 엽연초, 곤약	영년생작물, 경관 형성논등	조정논	보 전 관 리, 토지개량 시행등
	일반작물		특례작물			

- 주: (1) 「기본보상」의 요건은 단지화이며, 기준면적은 4ha 이상(북해도 12ha)이다.  
 (2) 「논 고도이용」의 요건은 연 2모작이다.

- (3) 「조정논」은 벼 생산력을 유지하기 위하여 일정기간 담수관리 및 제초 등을 행하는 논을 말한다.
- (4) 「보전관리」는 경작이 가능한 상태로 휴경하는 경우를 말한다.
- (5) 보상금의 지급기간은 영년생 작물 이외는 매년 지급되며, 영년생 작물의 경우 과수는 4년간, 과수 이외의 목본성 작물은 3년간, 전환 밭은 4년간이다.
- (6) 상기 금액 외에 긴급종합쌀대책에서 결정된 긴급확대분(47,000ha)에 대한 추가 보상이 있다. 벼발효 조사료, 볏짚전용 쌀, 메밀, 사료용 쌀에 대해서는 2만엔이 추가된다. 예를 들면 벼발효 조사료의 경우 최고 93,000엔이 된다.

### 제 3 절 답리작 맥류 조사료 생산 시스템

#### 1. 답리작 조사료 생산 여건

1997년 논면적 1,268천ha의 30%가 답리작 사료작물 재배가 적합한 논이며, 70%가 재배가능 면적으로 조사되었다. 남부지방의 규모화된 경지를 중심으로 확대될 경우 별도 토지기반 정비작업 없이 작물을 재배할 수 있는 여건이 조성되어 있는 실정이다.

〈표 6-22〉 답리작 사료작물 재배가 가능한 논면적

구 분	총논면적	답리작 재배가 가능한 논			답리작 이용이 어려운 논
		적합한 논	재배가능한 논	총가능면적	
면적(ha)	1,268,138	385,730	498,933	884,663	383,175
비율(%)	100	30.4	39.3	69.7	30.3

자료: 농업과학기술원, 한국토양총설, 1997

토양배수가 양호하여 답리작 이용에 적합한 386천ha 중에서 일반 식량작물 및 시설원에 재배면적을 고려하더라도 답리작 사료작물재배가 활발하였던 1998년도 전작 및 답리작 재배면적을 합치더라도 101천ha에 불과하고 1999년도 답리작 조사료 생산은 75천ha에 525천톤을 목표로 하였지만 329천톤 생산에 그치고 있어 답리작 이용 가능 면적의 5.3%에 그치고 있어 아직도 확대할 여지가 충분히 있는 것으로 판단된다.

답리작에 적합한 논 386천ha 중에서 약 50%인 200천ha에 호밀 또는 보리를 재배할 경우 연간 조사료 건물량으로 1,700천톤 생산이 가능하며, 이는 배합사료 1,417천톤을 대체할 수 있다.<sup>4)</sup>

## 2. 축산농가의 답리작 이용실태

UR협상에 따른 축산물의 수입 개방에 대응하여 1992년에 착수한 농어촌구조개선사업(1992~98)과 WTO체제 출범에 대응하기 위해 1994년부터 착수한 농특세사업(1994~2004)의 일환으로 한우 및 젓소경쟁력제고사업 및 조사료 생산기반확충사업이 추진 중에 있다.

1992년부터 1997년까지 투융자된 실적은 한우경쟁력제고사업에 3,529억원, 젓소경쟁력제고사업에 2,935억원, 조사료생산기반확충사업에 327억원이 투입되었다. 1998년에는 정부의 긴축재정으로 축산자금의 지원규모가 축소되었지만 조사료 생산기반확충사업비는 오히려 늘어 400억원이 지원되었다.

한국농촌경제연구원에서는 1998년 12월 농림사업 정책자금 500만원이상을 지원 받은 전국 축산경영체중에서 임의로 표본을 추출하여 축산농가의 경영실태를 파악하였다. 현재 사업중인 축산분야의 한우농가 108개소, 낙농농가 106개소 총 214개 농가를 방문 조사하였다.

한우·젓소 경쟁력제고를 위한 정부지원사업을 받아 조사된 한우농가의 평균 사육두수는

4) 조사료, 농촌진흥청, 1998. (생산량은 맥류(호밀, 보리)의 평균 생산량, 배합사료의 TDN 함량은 72%에 기준)

45.8두, 젖소농가의 평균사육두수는 46두로 나타났다. 이는1998년 말 현재 전국 평균 호당 한우사육두수 5.8두를 훨씬 상회하고 있으며, 젖소농가의 경우도 34.3두보다 규모가 크게 나타났다.

〈표6-23〉 조사지역별 호당 평균 사육두수

단위: 두

	경 기	강 원	충 청	전 라	경 상	평 균
한 우	69.9	37.3	42.1	43.3	36.2	45.8
낙 농	37.3	43.2	49.5	54.5	46.5	46.2

〈표 6-24〉에서 보는 바와 같이 한우 사육 조사농가 중 논을 소유한 농가는 평균 77%로 평균 소유면적은 4,125평이다. 이 중에서 조사료 생산을 위하여 답리작을 이용하는 농가는 22%를 차지하는 18개 농가로 이들의 평균 재배면적도 2,152평에 그치고 있다. 평균 사육두수가 46두인 전업적인 한우사육에서도 논을 소유하고 있는 농가비율은 높으나 답리작 사료작물을 재배하는 비율은 낮게 나타나고 있다.

젖소 사육농가의 경우는 한우 사육농가보다 논을 소유하고 있는 비율은 57%로 낮았으나, 이중 답리작 사료작물을 재배하는 농가는 31%로 한우농가보다 높다. 또한 논을 소유한 농가의 평균 논면적이 3,084평이며, 이중 답리작 사료작물을 재배하는 농가의 호당 면적은 2,272평으로 한우사육 농가보다 답리작 재배 이용 면적이 높은 것으로 나타났다.

전체적으로 한우 사육농가의 논에 답리작 사료작물 재배 이용 면적은 평균 11.3%이며, 젖소농가의 경우는 23%로 한우사육농가보다 높게 나타나 젖소사육농가들이 한우사육농가보다 답리작 사료작물 재배에 적극적인 것으로 나타났다.

〈표6-24〉 한우농가의 논 소유 및 답리작 재배 현황

	조사 농가수	논 소유농가		답리작 재배	
		농가수 (%)	평균면적(평)	농가수 (%)	호당 면적(평)
경 기	10	9 (90)	5,275	1 (11)	1,500
강 원	14	9 (64)	3,966	1 (11)	2,000
충 청	27	19 (70)	4,002	2 (10)	4,150
전 라	29	26 (90)	4,739	8 (31)	1,743
경 상	28	20 (71)	2,644	6 (30)	1,366
계	108	83 (77)	4,125	18 (22)	2,152

〈표6-25〉 젓소농가의 논 소유 및 답리작 재배 현황

	조사 농가수	논 소유농가		답리작 재배	
		농가수 (%)	평균면적(평)	농가수 (%)	호당 면적(평)
경 기	22	11 (50)	4,614	1 (9)	1,500
강 원	9	5 (56)	1,473	1 (20)	3,300
충 청	29	17 (59)	3,619	4 (24)	2,450
전 라	22	14 (64)	3,461	6 (43)	1,633
경 상	24	14 (58)	2,254	7 (50)	2,478
계	106	61 (57)	3,084	19 (31)	2,272

축산업 구조개선사업으로 기반시설 및 사육시설, 사육장비가 점차 현대화됨에 따라 소 사육농가는 트랙터의 이용이 증가하여 조사농가의 63%가 트랙터를 보유하고 있으며, 평균 규격은 50마력의 기종을 보유하고 있다.

수도작 농가의 평균 재배면적은 1.2ha이며, 평균 트랙터 규격은 40마력급인 것에 비하면 축산농가는 평균 수도작 농가의 트랙터보다 큰 규격의 기종을 보유하고 있는 것이다. 또한 향후 트랙터를 교체할 경우 규격은 평균 60마력의 트랙터를 희망하고 있다. 축산농가의 트랙터이용은 점차 대형화를 선호하는 것으로 나타나 대규모(10정보) 사료포 및 답리작의 사

료작물의 기계화일관작업을 위한 트랙터의 중형규격인 64마력에 근접하는 것으로 나타났다.

〈표6-26〉 한우·낙농농가의 트랙터 보유현황

	조사 농가수	보유농가 (%)	평균규격(마력)	교체시 평균규격(마력)
경 기	32	24 (75)	50.4	53.2
강 원	23	14 (61)	48.8	60.4
충 청	56	31 (55)	50.8	60.0
전 라	51	37 (73)	54.0	65.5
경 상	52	29 (56)	46.8	58.7
계	214	135 (63)	50.2	59.6

조사료 생산기반확충사업을 통하여 개별농가 및 농가공동사업으로 지원된 내역은 한우·젖소농가 214개 농가 중 개별농가 11건, 공동사업 12건으로 10.7%를 차지하고 있다. 개별지원의 경우 조사료생산을 위한 트랙터, 벧짚수거기 등 농기계 구입 지원에 사용되었으며, 평균 호당 사업비는 2,000만원으로 추산된다.

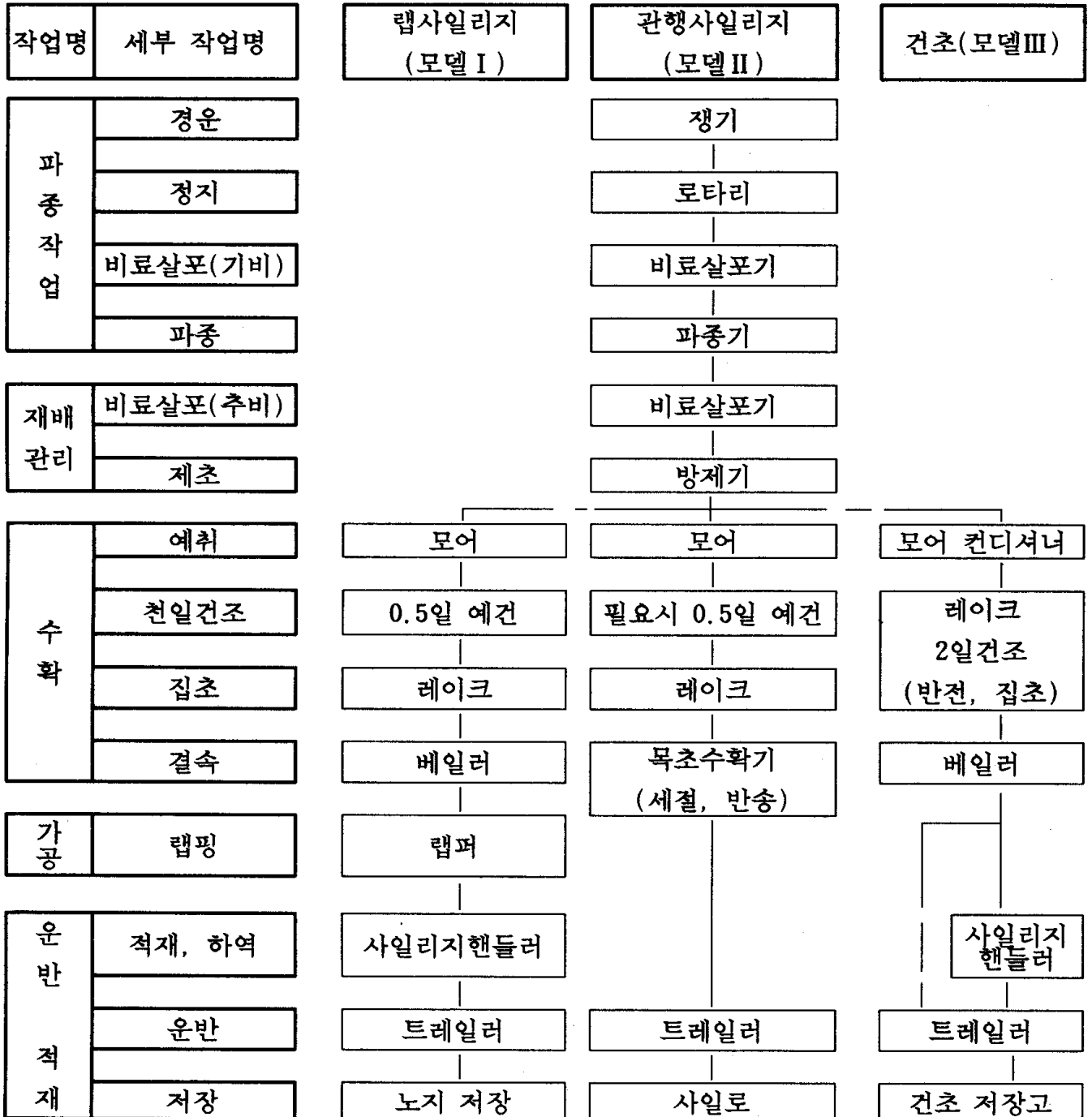
농가 공동사업인 조사료 기계화단지 사업으로 지원된 사업비 (보조금제외)의 용자금은 사업당 3,600만원으로 6.25명이 공동으로 사업에 참여하고 있으며, 용자금과 자부담을 합친 호당 부담금 규모는 약 1,000만원정도 지원되고 있다.

### 3. 관행 맥류 조사료 생산시스템과 랩사일리지 생산시스템의 비교

랩사일리지 생산기술은 개별기술보다는 시스템기술의 특성을 갖기 때문에 생산기반, 조사료생산, 이용 및 유통과정에서 기존의 관행기술 시스템과 큰 차이를 보이고 있다. 개별기술 시스템의 생산과정과 특징을 요약하면 〈그림 6-3〉과 〈표6-27〉 같다.



〈그림 6-3〉 답리작 맥류 조사료 생산시스템 모델



자료: 랩사일리지 기계화작업을 위한 한국형 모델 및 기계개발, 경북대학교, 2001. 5.

#### 가. 관행사일리지(트렌치 또는 타워 사일로)에 의한 생산시스템

관행사일리지에 의한 생산시스템은 사육농가의 자가생산 또는 사육농가와 인접한 위치에서 담리작을 재배하는 유형으로 맥류 조사료의 수확적기에 모아로 예취→포장에서 1일 정도 예건→집초기로 집초작업→사료수확기로 세절후 트레일러로 축산농가로 운반→사일리지 가공을 하는 모델이다.

#### 나. 건조생산시스템

맥류 건조 생산시스템으로 수확적기에 모아-컨디셔너로 예취와 동시에 압착을 하여 포장에서 2-3일 정도 건조를 한 후에 사각 또는 원형 베일러로 베일 작업을 하여 운송 및 저장을 하는 방법이다.

#### 다. 랩사일리지 생산시스템

담리작 재배 지역이 사육농가와 거리가 멀어 또 다른 유통단계를 거쳐야만 하는 유형으로 맥류 조사료의 수확 적기에 모아로 예취 → 포장에서 1일 정도 예건 → 레이크로 집초 및 반전 작업 → 원형 베일러로 결속작업 → 베일 래퍼로 랩핑 작업→ 저장 시설로 운반 → 필요에 따라 소비지로 유통되는 시스템이다.

<표 6-27> 맥류 조사료 생산시스템의 특징 비교(관행, 곤포)

구분	특징	문제점
관행사일리지 생산시스템	-사료수확기 필요 -고가의 농기계가 필요 없어 경제적 -기존 트랙터로 작업가능 -사전에 계약재배와 수확시기의 합의필요	-별도의 사일리지 작업에 따른 과다한 노동력 소요 -재배규모 확대의 한계
건초생산시스템	-기존의 장비를 이용하는 간편한 시스템 -추가적 농기계 구입부담이 적음 -기존의 수도작 농가도 이용 가능	-강우로 인한 손실발생 -기호성이 떨어짐 -재배규모 확대의 한계
랩사일리지 생산시스템	-고가의 농기계 필요 -대용량의 트랙터 소요로 추가적 농기계 구입부담이 큼 -대규모 영농단지에서 작업 가능 -재배규모가 클수록 수익성이 높아짐 -벼짚 수거등 장비의 활용도를 배가시킴	-랩사일리지 장비의 국산화가 시급 -추가적인 장비의 개발 필요

자료: 랩사일리지 기계화작업을 위한 한국형 모델 및 기계개발, 경북대학교, 2001. 5.

#### 4. 답리작 맥류 사일리지의 생산투자소요액과 부담면적

##### 가. 모델별 소요기계 및 투자소요액 추정

분석 결과에 의하면 기계구입비용은 모델별 작업 공정의 차이와 소요장비의 종류, 소요 동력에 의해 큰 차이를 보이고 있다.

〈표6-28〉 모델별 기계구성 및 투자소요액

	랩사일리지 생산 모델(I)	관행 사일리지 생산 (II)모델	건초생산 (III)모델
소요기계	모어, 레이크, 래퍼 원형베일러, 핸들러	모어, 레이크, 목초수확기	모어-컨디셔너, 레이크, 원형베일러, 핸들러
**투자소요액 (만원)	5,085	1,795	4,375
전체 기계 구 입가(만원)	8,688	53,980	79,780

\*\* 주: 미작겸용기계를 제외한 것임.

미작 겸용기계를 포함한 전체 기계의 구입가는, 모델 I의 경우 최고 약 8,688만원으로 비용이 가장 높게 나타났고, 모델 II의 경우가 53,980만원으로 가장 적게 나타났다. 그러나 이는 수도작 기계를 포함한 가격으로, 실제로 조사료 수확을 위한 전용기계의 비용은 모델 I이 5,085만원이며 모델 II 및 모델III은 각각 1,795만원과 4,375만원으로 나타났다.

#### 나. 기계 부담 면적(이론적 적정규모)

각각 모델 시스템에 대한 기계부담면적은 모델 별 전체 작업 공정 중에서 작업과 작업기의 제한이 가장 많은 공정을 택하여 ①작업 가능일수, ②작업 가능일수율, ③작업기의 포장효율, ④트랙터의 동력등을 고려하여 산출을 한 것으로 〈표 6-29〉에 나타냈는데, 모델 I의 경우 34 정보로 나타났으며 모델 II에서는 21.6정보로, 모델 III에서는 22.2정보로 분석이 되었다. 모델 II가 다른 모델에 비하여 부담면적이 낮은 것은 목초수확기로 목초를 수집-세절하고 트레일러로 운송하는 일관작업의 능률이 베일작업에 비하여 떨어지기 때문으로 분석되었다.

<표 6-29> 조사료 생산 모델별 소요 기계 및 부담 면적 (동력원: 60PS급 트랙터)

파종 방식	랩 사일리지 생산 모델(I)		관행의 사일리지 생산모델(II)		건초 생산 모델(III)	
	입모종 산파	경운후 산파	입모종 산파	경운후 산파	입모종 산파	경운후 산파
부담면적 (ha)	34	34	21.6	21.6	22.2	22.2

자료: 랩사일리지 기계화작업을 위한 한국형 모델 및 기계개발, 경북대학교, 2001. 5.

## 제 4 절 랩 사일리지의 농가 생산

### 1. 랩사일리지 생산의 위치

지금까지 건조로 이용되던 볏짚 조사료가 랩사일리지 기계기술 개발로 영양가와 기호성이 높은 담근먹이로 생산이 가능하게 됨으로써 랩사일리지의 이용범위가 확대될 것이다. 생볏짚의 랩사일리지는 벼수확과 동시에 사일리지를 제조하여 기호성 및 섭취량을 향상시켜 사료적 가치를 높이고, 생산의 일관작업은 노동력 절감으로 생산비를 절감하고 볏짚의 수거율을 37%에서 60%이상으로 높일 수 있어 수입조사료의 대체 효과를 가져오며, 또한 답리작 랩사일리지 생산은 일관 기계화 시스템적인 기술적 특징으로 인하여 답리작 조사료 생산의 장애요인인 답전작물의 단기간 내 수확완료와 벼 수확 후 단기간 내 사료작물 파종완료 문제를 해결하고 있어 답리작 재배면적의 확대를 가능하게 하였다.

랩사일리지 생산이 갖는 이와 같은 기술적 특성으로 인하여 동 기술의 국내 소개 및 보급은 1990년대 초반부터 이루어져 왔으나 기계장비의 고가 및 이용률 제고의 한계, 낮은 수입 조사료 가격 및 랩사일리지에 대한 축산농가의 인식부족, 농경지의 불리한 자연조건 등으로 1998년 이전까지의 보급은 미미한 실정이었다. 그러나 1998년 이후 농촌진흥청에서 교육용으로 전국의 시·군 농업기술센터에 원형곤포기와 랩퍼를 보급하면서 보급 대수가 급격히

증가하고 있는 추세이며 최근 조사료 국내 생산의 중요성이 커지면서 농림부에서는 2002년에 전국에 약 5000ha의 조사료 시범생산단지 조성을 골자로 하는 적극적인 랩사일리지 생산 확대 계획을 발표한 바 있다.

## 2. 랩사일리지 생산 기계보급 현황

랩사일리지 생산기계의 보급은 크게 2가지 형태로 이루어지고 있는데 각 시·군 농업기술 센터에 정부지원으로 보급되는 형태와 운영주체인 축산농가나 농업법인, 각 지역단위의 농협 또는 축협이 수입하는 자가구입형태가 있다. (생산업체로부터 생산기계를 직접 구입)

### 가. 자가구입형태

우리 나라의 랩사일리지 생산기계의 수입·생산업체는 10여개 업체에 달하며, 이들업체에서 1997년부터 국내에 보급한 총 대수는 원형베일러 366대, 랩퍼 155대에 이르고 있다. 연도별 보급대수는 1999년에 원형베일러 115대, 랩퍼 74대로 1998년 대비 약 200% 이상 급신장 되었으며, 2000년도에는 각각 133대, 54대가 보급되었다.

〈표6-30〉 연도별 랩-사일리지 보급대수

	1997	1998	1999	2000	계
원형베일러	67	51	115	133	366
랩 퍼	2	25	74	54	155

자료: 업체조사 자료

보급대상별 보급대수는 농가에 보급된 대수가 원형베일러 265대, 랩퍼 87대로 전체 보급대수의 72.4%와 56%를 차지하고 있고 농업기술센터의 보급대수는 55대와 35대로 자가보유농가의 보유대수가 정부지원형태의 보급대수보다 앞서고 있다.

〈표6-31〉 보급대상별 보급대수

	농 가	농업법인, 단지	농업기술센터	계
원형베일러	265	46	55	366
랩 퍼	87	33	35	155

자료: 업체조사 자료

#### 나. 정부지원현황

농업진흥청의 교육훈련용 벧짚수거 랩사일리지장비 지원 목적은 다음과 같다.

- ① 자급풀사료 생산 및 이용률 증대로 소 안정사육기반 유지
- ② 소 사육농가의 사료비절감
- ③ 벧짚 수거율과 사료이용률 향상
- ④ 신기종 활용 기술 교육

1999년부터 보급된 랩사일리지 생산기계는 1999년에 44조 (사각곤포기 또는 원형곤포기, 랩퍼 등), 2000년에 18조로 총 62조가 정부보조와 시·군의 보조로 농업기술센터에 지원되었고 지역별로는 경북, 충남, 충북, 경남 순으로 지원대수가 많아 경종지역으로 답리작이 가능한 지역의 보급률이 높은 것으로 나타났다.

<표6-32> 1999~2000년 조사료 수확장비 지역별 지원 현황

시·도	1999년	2000년	계
광역시	인천, 대전, 울산		3
경기	이천, 김포	평택, 안성	4
강원	춘천, 원주, 강릉, 평창	속초, 삼척	6
충북	청주, 충주, 제천, 청원, 옥천, 괴산	보은, 도원	8
충남	보령, 아산, 연기, 서천, 홍성, 당진, 도원	논산, 청양	9
전북	익산, 남원, 완주, 장수	정읍, 임실	6
전남	순천, 구례, 보성, 장흥	나주, 영광	6
경북	경주, 김천, 안동, 구미, 영주, 영천, 문경, 의성	경산, 영양, 영덕, 교육원	12
경남	창원, 고성, 남해, 하동, 합천, 함안	사천	7
제주		제주도원	1
	44	18	62

자료: 농림부

기계 이용 실적을 보면, 기술센터에 기계이용을 신청한 농가의 경우 무상으로 이용하고 유류비는 농가부담으로 운영하고 있다. 이용 용도별로 살펴보면, 볏짚 수거와 생볏짚사일리지 생산을 위한 이용률이 높고 그 다음이 사료포를 이용한 사료작물, 담리작 사료작물의 이용률이 가장 낮은 것으로 나타났다.

### 3. 랩사일리지 기술보급의 유형

#### 가. 유형 분류

보급된 원형 랩사일리지 생산기계의 운영 유형을 구분하여 보면, 랩-사일리지 생산기계의 운영모델을 운영주체와 생산기계의 보유여부 그리고 운영 목적에 따라 크게 5가지 운영 유형으로 구분할 수 있다.



〈표6-33〉 운영 유형 분류

구분	운영주체	운영목적	기술보급주체	작업주체
개별농가 + 자가소비형	개별축산농가	자가소비	농기계회사, 농업기술센터	개별농가
개별농가 + 판매형	개별농가	판매	농기계회사	개별농가
작목반 주도형	단지, 법인	자가소비	농기계회사 농업기술센터	조합원
협동조합 주도형	농협, 축협	조합원 대여 자가소비	농기계회사 농업기술센터	직원, 조합원
교육용 기계 대여형	농업기술센터	교육 및 대여	농업기술센터	대여농가

〈표6-34〉 조사농가 개황

지역	유형	조사 농가수	영농 형태	작업면적(평)		평균 사육두수	사료작물
				사료작물	벼짚		
경기	작목반 주도형	5	낙농	-	150,000	50	벼짚
	작목반 주도형	4	낙농	44,000	55,000	40	보리, 호밀, 벼짚
	협동조합 주도형	14	한우	28,000	45,000	50	보리, 벼짚
강원	자가소비형	1	낙농	1,200	-	20	호밀
	작목반 주도형	9	한우	15,000	55,000	35-40	호맥, 벼짚
	협동조합 주도형	1	한우	-	56,750	165	벼짚
충북	작목반 주도형	5	낙농	-	200,000	50	벼짚
	작목반 주도형	15	낙농	76,000	-	21-50	호밀, 벼짚
충남	교육용 기계대여형	1	낙농	10,000	-	20	호밀
	교육용 기계대여형	1	낙농	8,000	-	36	보리
전북	자가소비형	1	한우	35,000	600,000	430	보리, 벼짚
	자가소비형	1	낙농	4,000	46,200	49	호밀, 벼짚
	판매형	1	판매	-	2,000,000	-	벼짚
경북	판매형	1	판매	-	90,000	-	벼짚
	교육용 기계대여형	4	낙농	51,000	-	50	호밀
경남	교육용 기계대여형	1	낙농	3,500	-	52	이탈리안라이그라스
계		65		275,700	3,279,950		

## 나. 랩사일리지의 이용과 유통

### ○ 개별농가 + 자가소비형

- 개인보유 농가는 사육두수가 많고, 사료작물 재배면적이 확보된 농가로서 대용량 트랙터가 구비되어 대체로 작업이 용이한 환경여건이 조성되어 있다.
- 파종, 재배는 주로 개인이 하며, 수확시에 랩-사일리지 배일의 운송차량을 대여하거나 고용노동을 이용하여 작업을 해야 하는 특징이 있다.
- 자가소비용 생산 이외에 생산장비를 이용한 임차작업 또는 판매가 가능한 모델 이지만 고가장비의 개인소유로 인해 비용부담이 크다.

### ○ 개별농가 + 판매형: 판매목적 개인보유 농가

- 대규모의 임차농지와 1조 이상의 수확장비를 보유하여 생산량을 극대화하려는 유인이 강하다.
- 이윤극대화를 위하여 생산비가 가장 낮고 장기간에 수확이 가능한 마른 벧짚을 수확하여 기존의 사각 벧짚을 대체하고 있다.
- 주 판매처는 버섯재배 농가이며, 축산농가의 경우 벧짚을 구하기가 어려운 강원도 지역의 농가에게 주문판매를 하고 있다.
- 수확장비 구입의 재원조달은 주로 용자를 이용하여 구입한다.

### ○ 작목반 주도형: 단지 또는 영농법인

- 장비구입시 회원간 소요비용을 분담하기 때문에 자금조달이 용이하고,
- 단지화를 통한 안정적인 생산기반을 확보하고 있다.
- 다른 유형에 비해 조직구성이 비슷한 농가규모로 되어 있어 조직화, 분업화 가능하고, 공동작업을 통한 효율성 증대로 다양한 사료작물의 재배 가능하다.
- 자가농지와 임차농지 외에 군부대 탄약창, 공단부지, 하천부지 등 유휴지를 개간하여

작업면적 확보하려는 재배면적 확대의 유인이 강하다.

- 회원농가 작업 시 적정한 운영비를 적립하여 새로운 장비 수요와 교체에 대비하고 있으나, 회원농가의 탈퇴시 남아있는 농가의 부담증대로 인해 실패하는 경향이 있음.

○ 협동조합 주도형: 농·축협

- 단위 조합의 경우 수확장비를 구입하여 조합원에게 대여하거나 임차작업형태로 운영되고 있다.
- 장비구입주체가 단위 조합이기 때문에 이용농가의 경우 장비구입에 따른 자금 부담이 없고 자체 수리센터를 보유하고 있어 장비수리와 보관에 있어 다른 유형보다 뛰어나다.
- 단위 조합의 랩사일리지 생산목적은 수확장비 임대사업이나 생산된 랩-사일리지를 지역 조합원에게 안정적으로 공급·판매하는 것이다.
- 유통시장 형성 시 단위 조합은 랩사일리지 유통에 있어 중개자(수급정보제공)로서의 역할과 함께 생산자로서의 역할을 수행할 수 있다.

○ 교육용 기계 대여형 : 농업기술센터에서 관련장비 대여

- 장비구입 자금여력이 부족한 축산농가의 시범 재배를 통한 기술습득 목적의 농가들이 대여하는 유형으로 수확장비는 무상대여, 기타 재료비와 부대비용, 수리비용은 농가가 부담하고 있다.
- 장비구입비에 대한 부담이 없으나 장비이용 희망농가가 많을 경우 작업시기와 작업면적의 한계가 있고 사료포 위주로 작물을 재배하며 답리작의 이용도가 낮은 단점이 있다.

## 제 5 절 랩 사일리지의 경제성 분석

### 1. 랩사일리지의 급여효과

#### 가. 한우에 대한 급여효과

〈표6-35〉 거세한우 육성우 보리총체 담근먹이 급여효과

구분		체중(kg)		사료소요량(DM기준) (kg/kg 증체)	
		증체	일당증체	조사료	배합사료
육성기	일반벼짚구	78	0.51(100)	3.81	5.18(100)
	생벼짚 + 보리총체 담근먹이구	125	0.82(161)	4.99	3.34(65)
	보리총체 담근먹이구	129	0.84(165)	3.81	3.24(63)
비육전기	일반벼짚구	142	0.735(100)	5.61	6.73(100)
	보리총체 담근먹이구	151	0.782(106)	3.75	5.46(81)

주: ① 육성기 경우,

시험기간: 153일간, 생후 6~12개월령

보리총체 담근먹이 섭취량: 10.7~13.6kg/두/일 (건물기준 3.2~4.1kg)

② 비육전기 경우,

시험기간: 192일간, 생후 13~18개월령

보리총체 담근먹이 자유채식시 섭취량: 9.15kg/두/일 (건물기준 2.7kg)

자료: 축산기술연구소, 보리총체 담근먹이 급여 연구결과

축산기술연구소가 정읍시 농업기술센터와 공동으로 수행하고 있는 거세 한우에 대한 맥류 랩사일리지급여 연구결과, 육성기에서는 일당증체량이 0.84kg으로 건조벼짚(0.51kg)에 비해 65%증가되고 기호성이 매우 좋은 것으로 나타났다. 비육전기 급여효과를 보면 맥류 랩사일

리지구에서 0.782kg으로 일반벚짚구(0.735kg) 대비 0.6% md가하였으며, kg당 배합사료 소요량은 19% 절감되었으며 이에 따른 조사료 섭취비율이 증가하였다.

나. 젖소에 대한 급여효과

<표6-36> 젖소 착유우 보리 총체 담근먹이 급여효과

구분	일반벚짚 급여구	보리총체 담근먹이 급여구 (제한급여)
□ 산유량 (kg/일)	19.9 (100)	21.3 (107)
유지방 (%)	3.55 (100)	3.63 (102)
유 대 (원/kg)	535	535
유 대 (원/두/일)	10,467 (100)	11,396 (109)
- 연간 유대(천원/두)	3,192	3,476
□ 소득		
- 1일 두당 (원)	5,045 (100)	6,848 (136)
- 연간 두당 (천원)	1,538	2,089

주: 축산기술연구소, 1999. 시험기간: '99. 7. 1~12. 15

보리총체 담근먹이 섭취량: 26.3~29.5kg/일/두 (DM기준 7.9~8.9kg)

축산기술연구소가 경주시 농업기술센터와 공동으로 수행한 착유우에 대한 맥류 랩사일리지 급여결과를 보면, 일반벚짚구에 비해 맥류 랩사일리지 급여구에서 산유량이 많이 나오고 유대가 높아 농가소득에 유리한 것으로 나타났다. 맥류 랩사일리지구의 1일 두당 산유량은 32.5kg으로 옥수수 담근먹이(33.2kg)의 98% 수준으로 대등한 결과를 얻었으며, 유단백질, 유지방, 무지고형분 등 우유의 품질은 차이가 없는 거승로 나타났다. 따라서 밭 사료작물인 옥수수의 재배가 어려운 낙농가는 답리작을 적극 활용, 보리 등 맥류를 재배하여 양질의 가축 사료로 이용할 수 있을 것이다.

2. 수익성 분석

가. 보리 랩사일리지 이용농가의 수익성 및 생산성 비교

보리 랩사일리지를 급여하는 시험 낙농농가의 수익성은 일반벚짚 급여군과 비교하였다. 보리 랩사일리지를 급여한 젖소가 우유의 품질 중 유단백질에서 높게 나타났고 유지방과 무지 고형분에서는 큰 차이가 없었고, 세균 및 체세포수에서도 같게 나타나 유대수입에서는 차이가 없었다. 반면 산유량 증가로 인한 조수익이 20.7% 증가하였다. 사료급여량은 보리 랩 사일리지를 자유 급여한 결과 총사료비는 30% 증가하였으나 배합사료 급여량을 20% 절감하는 효과를 보였다. 부산물 판매 수입을 제외한 우유 판매수입에 따른 조수입의 증가는 10% 향상된 것으로 나타났다.

<표6-37> 낙농농가의 수익성

	일반벚짚구	보리총체담근먹이구
○ 우유품질		
- 유지방(%)	3.622	3.618
- 유단백질(%)	3.26	3.50
- 무지고형분(%)	8.68	8.66
- 세균수(등급)	1A	1A
- 체세포수(등급)	2	2
○ 유대(원/kg)	710	710
○ 사료급여량		
- 일반벚짚	7kg/일(5980원)	
- 배합사료	13.5kg/일(4,901원)	10.8kg/일(3,920원)
- 보리총체담근먹이	-	29.5kg/일(3,776원)
○ 사료비 <sup>1</sup>	5,881원	7,696원
○ 산유량(kg/두/일)	16.4(11,644원)	19.8(14,058원)
○ 차익(우유수입-사료비)	5,764원	6,362원

주: 사료가격은 일반벚짚 140원/kg, 배합사료 363원/kg, 보리총체담근먹이 128원/kg

보리 랩사일리지를 이용한 한우 비육은 벃짚 급여군과 보리 랩사일리지 급여군으로 나누어서 5개월간 사육한 결과이다. 벃짚의 경우 젃산처리 벃짚과 일반 벃짚을 급여한 결과 젃산처리 벃짚의 급여 효과가 일당 증체량에서 50%이상 증체한 것으로 나타났다. 보리 랩사일리지 급여 결과는 무젃산 처리 랩사일리지가 젃산처리 랩사일리지보다 다소 높게 나타났다. 평균적으로 보리 랩사일리지를 급여한 비육군이 시험기간동안 일당증체량에서 벃짚 급여군보다 26% 증체하여 생산성이 높은 것으로 나타났다. 이는 축산기술연구소의 24% 증체 효과와 비슷한 결과를 나타내고 있다. 보리 랩사일리지를 이용한 시험농가의 수익성은 출하후 도체 등급에 의해 결정되므로 시험사육한 비육우가 출하되지 않아 분석할 수 없으나 축산기술연구소의 시험결과 1등급 출현율이 6% 이상 향상되는 것으로 나타났고 두당 월간 소득이 일당증체량과 1등급출현율 향상으로 100% 증가하였다.

<표6-38> 한우 비육 생산성

	시 험 구	평균 체중(kg)		일당 증체량(kg)
		99. 8	99. 12	
벃 짚	젃산 + 벃짚	356	456	0.855
	벃 짚	221	285	0.547
보리총체담근먹이	무 젃산	233	340	0.915
	젃산	241	340	0.846

주: 시험농가 자료

### 3. 조사농가의 경제성 비교 분석

#### 가. 기계장비 투자 규모와 이용률

농가 중 개별농가나 단지에서 소유하고 있는 기계장비의 구입비용은 평균 1개소당 약 8천만원이며, 기계장비는 원형베일러, 레이커, 모어, 랩퍼 등을 구입했다. 신규로 트랙터를 구입하는 경우에는 일관기계화작업에 필요한 60hp 트랙터보다 85hp이상 110hp의 대형 농기계

를 선호하였으며, 재원조달의 경우 조사농가들의 평균 구입비용 중 25%는 보조, 35%는 용자, 40%가 자부담인 것으로 나타나 2000년도 정부의 조사료 생산기반확충사업 지원기준인 용자 70%, 자부담 30%보다 보조와 용자비율이 높게 나타났다. 이외에 지방자치단체의 보조 지급을 재원으로 하는 경우와 전체비용을 자부담으로 구입하는 경우도 있었다.

농가의 평균 랩사일리지 생산기계 이용 면적을 보면, 생벚짚 랩사일리지 작업에 13.3ha, 답리작 맥류 랩사일리지(보리, 호밀)작업에 2.3ha, 전작 사료작물 담근먹이(보리, 호밀)작업에 10.9ha가 이용되는 것으로 추정된다. 농가의 기계이용율을 높이기 위해서는 일관기계화 작업기계의 부담면적에 접근하도록 이용하여야 하는데 랩사일리지의 경우 약 36ha로 연구되었으며(경북대학교) 농가조사의 경우 작업면적은 26.5ha로 기계 부담면적의 74%가 이용되고 있는 것으로 나타나 기계이용률이 낮은 수준에 머물러 있음을 알 수 있다.

〈표6-39〉 조사료별 일관 기계화작업 면적

	답리작	사료포	생벚짚	계
일관기계화 작업면적	2.3ha (6,750평)	10.9ha (32,714평)	13.3ha (39,850평)	26.4ha (79,314평)

나. 랩사일리지의 토지 및 노동생산성

조사농가의 조사료별 10a당 생산량을 보면, 답리작 재배가 사료포 재배보다 보리, 호밀담근먹이의 생산량이 높게 나타났고, 조사료별 생산량의 차이는 토지의 생산성보다 파종기 및 수확기의 기후조건에 따른 영향이 더 큰것으로 나타났다.

〈표6-40〉 경작지 유형별 10a당 조사료 생산량 비교

단위: kg

경작지 유형	답리작(논)		사료포(밭)		생벚짚(논)
	보리	호밀	보리	호밀	
10a당 생산량	1,150	1,650	850	1,300	1,300



전체적으로 답리작이 사료포보다 10a당 노동소요량이 많으며, 답리작의 경우 논의 배수관 계로 작업의 어려움, 기후조건에 따른 수확시기 지연 등으로 노동소요량이 높게 나타났다.

〈표6-41〉 조사료별 10a 당 노동 소요량

단위: 명

	답리작		사료포(밭)		생벚짚	마른벚짚
	보리	호밀	보리	호밀		
10a당 노동소요량	0.75	0.5	0.21	0.23	0.19	0.28

#### 다. 생산비 비교

랩사일리지의 생산비는 재배면적, 단위당 생산량, 총생산량에 크게 영향을 받는다. 재배면적이 단지화되어 일정 면적을 확보하거나 단위당 생산량이 증대되어 총 생산량이 많아지면 랩사일리지의 생산비는 절감된다. 〈표6-42〉은 부담면적별 최소생산비를 나타낸 것으로 규모가 증가함에 따라 생산비용이 급격히 감소함을 보여주고 있다.

〈표6-43〉 부담면적별 최소생산비

단위: 원/TDN-kg

면적	5ha	10ha	15ha	20ha	25ha	30ha	35ha
생산비	288.9	224.8	201.6	189.7	182.2	177.0	173.2

주: 랩사일리지 생산모델(Ⅰ), 입모중 산파시 생산비

자료: 랩사일리지 기계화작업을 위한 한국형 모델 및 기계개발, 경북대학교, 2001. 5.

랩사일리지의 경우 기계의 가동율을 최대로 하였을 경우 생산비는 대략 173.2원/TDN-kg으로 나타났다. 이는 랩사일리지의 생산기술시스템이 기계장비투자에 많은 자금이 소요되는 기계적 특성을 갖기 때문에 생산규모(기계작업면적 또는 조사료 생산량)에 크게 영향을 받기 때문이다.

조사농가의 면적 규모별 생산비를 비교하면, 보리와 호밀 두 작물 모두 작업면적이 클수록 생산비가 낮게 나타났다. 보리의 경우 작업면적 28,000평의 생체kg당 생산비가 164원으로 5,000평의 339원보다 약 52%의 생산비가 절약되었고 호밀은 4,000평의 작업면적의 생산비가 285원으로 1,000평의 호밀 생산비 351원보다 19% 절감되었다.

〈표6-44〉 조사료 면적 규모별 평균생산비 비교

작업면적 (평)	답리작 보리		답리작 호밀	
	28,000	5,000	4,000	1,000
생체kg당 생산비 (원)	164	339	285	351

부담면적별 최소생산비와 실제 조사농가의 생산비를 TDN-kg으로 환산하여 비교하면 상당한 차이를 보이고 있는데, 이는 랩사일리지 생산이 재배면적의 규모화 정도, 일괄시스템 기계 장비의 유무, 자본 및 노동력의 제한, 기술수준 등에서 상당한 차이가 나기 때문이다.

랩사일리지 생산비는 조사농가 사이에서도 큰 차이를 보이고 있는데 〈표6-45〉은 두 조사농가간의 10a당 생산비를 비교한 것이다. A농가는 낙농농가로서 착유우 44두를 포함한 총 98두의 젖소를 사육하며 자가소유 밭 1만평과 임대는 1만평에 사료작물을 재배하고 있다. 한우농가인 B농가는 9.2ha에 보리를 파종하여 10당 1,602kg을 수확하였다. 이는 비로 인하여 파종과 수확시기를 맞추지 못하여 생산량이 감소하였고 또한 수분함량이 높게 나타나 건물

kg당 A농가보다 2배이상의 생산비가 높았다. 예년의 정상수확량은 10a당 2,400kg의 수확량을 나타내고 있는 농가이나 기후와 배수에 따라 생산량과 영양분의 차이는 크게 나타나고 있는 것을 보여주고 있다. 이는 축산기술연구소의 시험결과에서 나타난 생산량 2,500kg/ha, 생체 kg당 71원의 생산비보다 시험농가의 생산비는 0.80-1배이상 높게 나타나고 있어 기후와 토양조건에 따른 보리 재배기술 및 사일리지 조제기술의 보급과 지도가 절실히 필요하다고 판단된다.

<표6-45> 보리 랩사일리지 생산비 비교

	A농가	B농가
보리 생산면적	6.6ha (밭 3.3ha, 논 3.3ha)	논 (9.2ha)
○ 10a당 생산비		
- 자재비(종자, 화학비료, 제초제)	42,000	44,843
- 유기질비료비	37,500	18,963
- 퇴비운반비	5,000	5,000
- 베일운반비	10,000	10,000
- 사일리지첨가제	10,000	19,500
- 기계비 (공동이용)	55,000	56,250
- 토지자본용역비	262,500	67,500
- 인건비	-	21,196
계	422,000	243,252
○ 10a당 생산량	3,300kg	1,602kg
○ 생체/건물 환산비율	56.3%	70%
○ 생체 kg당 생산비	128원/kg	152원/kg
○ 건물생산량	1,442kg	480kg
○ 건물 kg당 생산비	293원/kg	507원/kg
○ TDN 수량 (0.63)	908kg	302kg
○ TDN kg당 생산비	465원/kg	805원/kg

주: 시험농가 자료

랩사일리지의 생산비를 기술보급의 유형별로 비교해 보면, 개별농가 + 자가소비형의 경우 생산비는 약 339원/kg(건물 kg당 843원)으로 작목반 주도형의 164원/kg(건물 kg당 411원) 비교시 후자가 약 20% 낮은 수준이다. 두 유형 모두 축산기술연구소의 시험결과 생체 kg당 생체 kg당 71원보다 높게 나타났으며, 임차료 150원/평의 보조시에는 개별농가 + 자가소비형에서 13%, 작목반 주도형에서 15%의 생산비 절감효과를 가져와 생체 kg당 301원과 138원으로 나타났다. 생뿔짚 랩사일리지의 경우 작목반 주도형의 생산비는 생체 kg당 66원으로 협동조합 주도형의 86원보다 낮게 나타났다.

이러한 생산비의 차이는 단위당 생산비가 생산유형 이외에도 많은 요인이 작용하고 있기 때문이다. 첫째, 기후조건에 따른 10a당 담근먹이의 생산량 차이가 심하게 나타났다. 작목반 주도형의 경우 종자를 밀파하고 비료, 농약 사용이 많아 자재비가 높은 반면 생산량에서 개별농가 + 자가소비형과 큰 차이를 보여 생산비가 높게 나타났다. 둘째 베일 1개당 롤비닐 감는 횟수에 따라 제재료비의 차이가 크게 나타나는데 감는 횟수에 따른 랩 사용량에 차이가 나기 때문이다. 셋째로 수리비의 경우, 작목반 주도형의 작업면적이 94,000평으로 개별농가 + 자가소비형의 작업면적(35000평)보다 많고, 법인이나 단지 회원이 함께 이용하기 때문에 기계이용률이 높은 작목반 주도형의 수리비가 더 높게 나타난다. 또한 작목반 주도형의 경우는 법인이나 단지 회원이 파종, 수확등을 공동으로 작업한 노동력을 고용노동력으로 환산하였기 때문에 인건비에서도 차이가 발생한다.

생뿔짚 랩사일리지의 경우에는 첨가제의 사용여부와 뿔짚구입가격의 차이(작목반 주도형: 200평당 18,000원, 협동조합 주도형: 200평당 15,000원)로 생산비격차가 발생했다.

〈표6-46〉 10a당 생산비 비교

단위: 원

비 목	보리(답리작)		생벚짚	
	자가소비	작목반주도형	작목반주도형	협동조합주도형
10a당 생산비				
- 자재비(종자, 비료, 농약)	7,409	31,125	-	-
- 유류비	15,300	13,500	16,200	9,000
- 제재료비(랩, 첨가제)	17,100	22,800	13,680	39,000
- 수리비	789	3,621	1,448	3,519
- 토지자본용역비	90,000	90,000	10,000	25,000
- 인건비	43,200	72,000	14,400	17,333
- 감가상각비	76,579	38,633	12,744	67,782
- 운송비	96,000	36,000	14,400	-
계	346,377	307,678	82,872	161,635
10a당 생산량(kg)	1,000	1,900	1,650	1,600
생체 kg당 생산비(원)	339	164	66	86
임차료보조(150원/평)시 생산비	301,377	262,678	-	-

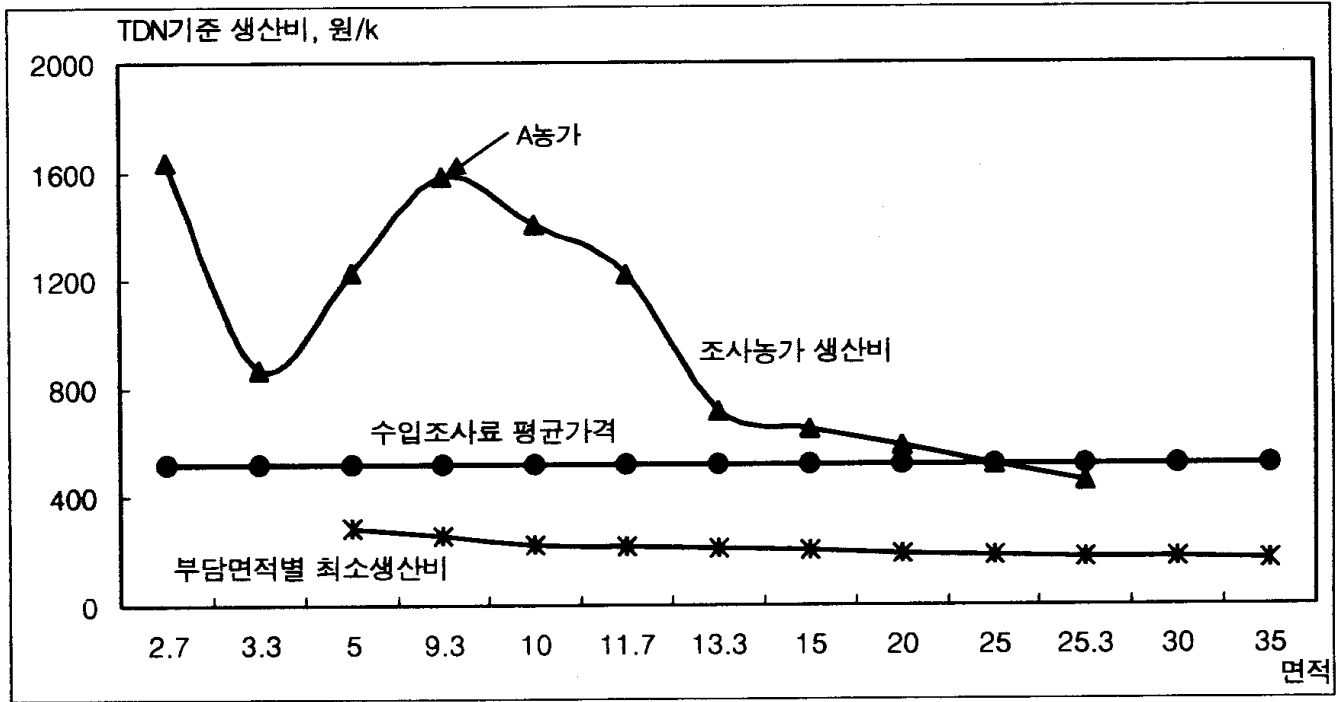
주: 자재비(종자, 비료, 제초제) 보조 50%

라. 부담면적규모별 생산비와 정부보조에 따른 생산비

부담면적별 최소생산비란 재배면적의 규모화와 토양조건, 노동투입, 자본에 대한 제한이 없을 경우의 면적별 생산비로써 최적의 생산여건에서 랩사일리지를 생산할 때에 계산되는 최소비용을 말한다. <그림 6-4>에서 조사농가 생산비의 경우 면적이 증가함에 따라 생산비가 감소하는 추세를 보이고 있다. 그러나 현실적으로 조사농가 개별생산비의 경우 규모화 정도와 생산요소, 생산량에 따른 생산비차이가 상당히 크게 나타난다. A농가의 경우 면적 9.3ha 에서 TDN기준 생산비가 1kg당 2,089원으로 높게 나타나는데, 이는 수확시기에 기상악

화로 인한 10a당 생산량(89kg)의 감소에 따른 것이다.

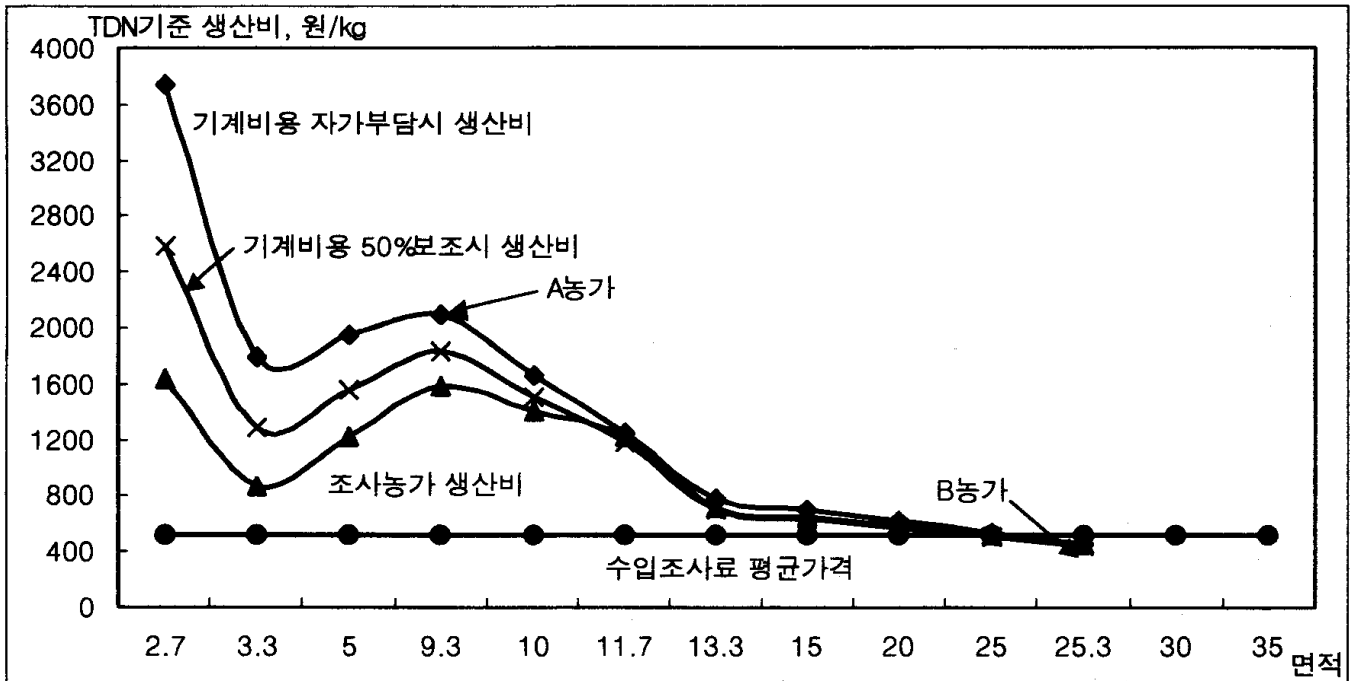
<그림 6-4> 부담면적 당 생산비 비교



주: 수입조사료 평균가격 : 알팔파류(큐브, 알팔파건초)의 평균가격, TDN 기준, 520원/kg

부담면적별 최소생산비의 경우 수입조사료 평균가격보다 낮으므로 조사된 모든 생산규모에서 랩사일리지 생산에 대한 유인이 발생한다. 그러나 조사농가 생산비는 부담면적이 최소 25ha 이상 수준을 유지해야만 수입조사료 평균가격보다 낮은 수준을 유지하게 됨으로써 대 규모면적을 확보하기가 어려운 현실에서는 랩사일리지 생산이 어렵다.

<그림6-5> 정부보조에 따른 생산비 비교



조사농가 생산비의 경우 개별 조사농가의 정부보조비율이 상이하기 때문에 정부보조의 효과를 알아보기 위해서 <그림6-5>와 같이 기계비용 자가부담시 생산비와 기계비용 50%보조시 생산비를 가정하여 나타냈다.

보조가 없을 경우 25ha이상의 규모를 제외한 모든 농가에서 수입조사료 평균가격보다 높게 나타났다. 이는 정부의 보조가 없을 경우 대규모 면적을 확보하지 못한 농가의 탭사일리지 기술체계 수용이 어렵다는 것을 나타낸다. 그러나 재배면적이 확대됨에 따라 수입조사료 평균가격과의 차이는 작아지고, 25ha 이상 면적을 확보한 B농가의 경우는 수입조사료 평균가격 TDN기준 520원/kg 보다 낮은 457원/kg으로 나타났다.

정부가 기계비용을 50% 보조할 경우 수입조사료 평균가격과는 상당한 차이를 보이나, 생산비 감소측면에서는 상당한 효과를 나타내고 있다. 실제 A농가의 경우 2,089원/kg에서 1837

원/kg으로 12%가 감소하였고 100% 보조시(A농가의 실제생산비) 1,586원/kg으로 24%의 생산비감소를 보였다.

농가의 랩사일리지 기술도입의 유인을 위해서는 초기 기계투자보조의 확대와 부담면적별 최소생산비 수준의 생산여건을 갖추는 것이 중요하다. 그러나 이와 동시에 단위면적당 생산량의 증대방안과, 랩사일리지 기술교육, 생산조직체 형성을 위한 정책에 중점을 두어야 한다.

## 제 6 절 랩사일리지 이용 확대를 위한 정책 방안

### 1. 생산기반의 구축

#### 가. 제약요인

##### ○ 적정재배면적 확보의 어려움

답리작 랩사일리지 구축의 경우 적정생산규모는 기계 1조기준 36ha이나 적정 재배면적 확보가 어려운 실정이다. 이는 논 소유주가 적기 벼 이앙이 늦을 경우 쌀수확량의 감소와 논과 밭의 임차시 지력을 상실한다는 이유로 사료작물재배 농가에 임차를 기피하고 있기 때문이다. 도시근교 낙농의 경우에는 토지 임차료가 높아 경제성이 낮은 실정이다. 또한 답리작 사료작물의 수확기 때 임차는 인근 논 소유주가 벼 이앙을 위하여 논에 물을 넣을 경우 지반의 약화로 기계화작업이 어려워져서 기계의 효율성이 저하된다.

##### ○ 랩사일리지 생산비의 과다 소요

국제사료곡물가격 안정으로 조사료 생산비가 배합사료가격보다 높아 축산농가가 조사료의 자체생산에 대한 유인이 없는 실정이다. 즉, 랩사일리지의 경우 기계화 비용의 과다 소요로



인해 생산비가 배합사료 가격보다 높아 랩사일리지 급여시 가축의 경제수명이 연장되는 효과에도 불구하고 재배를 기피하고 있다.

#### ○ 정부지원의 축소

조사료생산기반시설 및 기계화사업의 용자 전환 이후 사업신청량이 크게 저하되었다. 기반정비(토지분합·정리)와 용수개발 그리고 전기시설에 지원되었던 자금이 보조70%, 용자20%에서 용자 70%로 전환되었고 농기계구입비용도 보조 50%, 용자 20%에서 용자 70%로 전환되어 2000년의 경우 '98년 대비 43% 수준으로 사업신청량이 감소하였다.

### 나. 해결방안

#### ○ 토지이용 면적의 확대

토지이용 면적의 확대를 위해 논농사 직접지불제와 환경직접지불제를 담리작 사료작물재배와 연계하여 논 소유농가의 추가 지원 방안을 통한 겨울철 유휴 논의 이용율을 제고하고 수도작 농가의 소득을 증대시켜야 하며 쌀전업농 영농규모화사업의 농지매매 및 임대차자금 지원사업을 축산전업농가에 적용하는 방안을 강구하여 사료작물재배면적의 규모화·집단지킴으로써 축산경쟁력을 제고하여야 한다. 작업면적의 규모화는 기계이용율을 극대화하고, 인접 농지의 단지화는 기계의 이동을 최소화하여 생산비를 절감시킴으로서 지속적인 랩사일리지의 생산을 가능하게 할 수 있게 한다. 또한 추진중인 사료작물재배단지 사업의 임차료 지원을 단지화와 사료포장간 인접도에 따라 차등화하는 방안도 강구되어야 할 것이다.

#### ○ 기계화 일관시스템 보급 및 이용율 제고

고가의 생산장비의 효율적인 이용율 제고를 위해 담리작 사료작물뿐만이 아니라 사료포를 이용한 다양한 사료작물의 랩사일리지 생산과 생벼짚 랩사일리지의 생산 등을 적극 유도하여 벼짚의 이용률과 사료효율이 제고되어야 한다.

## 2. 안정된 생산·이용기술체계의 확립

### 가. 제약요인

#### ○ 기후조건에 따른 생산의 위험성

사료작물 파종시기와 수확시기의 기후조건에 따라 랩사일리지의 생산량 차이가 크게 나타난다. 답리작 사료작물 재배시 배수가 불량한 논이거나 사료작물의 수확시기에 비가 올 경우 기계화 일관작업이 어렵고, 랩사일리지의 수분함유량이 높아 품질이 저하되며, 비로 인해 수확시기를 늦췄을 경우 벼 이앙을 위해 수확을 포기하고 녹비로 사용해야 하는 위험부담이 높아 답리작 사료작물 재배를 기피하는 요인으로 작용한다.

#### ○ 고가의 기계장비 및 운영비용

일관생산시스템을 위한 기계장비의 구입비용이 평균 8,000만원이 소요되는 것으로 나타나 정부·시·군의 보조, 용자 없이 중소규모의 개별축산농가에서 일괄적으로 구입하기에는 부담이 너무 크다. 랩사일리지 생산시스템은 원형베일러, 모어, 레이크, 랩퍼 등 4개의 기계를 한 조로 구입하여야만 생산 효율을 높일 수가 있으며, 높은 마력수의 요구로 인해 기존 수도작용 트랙터나 50마력 이하의 트랙터를 교체해야 할 요인이 발생하여 비용이 많이 소요된다.

반면, 농업기술센터, 축산단지 및 농·축협 등이 기계를 공동으로 이용할 경우에는 기계장비의 구입비용에 대한 부담은 없으나 기계이용일수가 짧고 집중적으로 이용되어 기계의 고장율이 높고 기계장비가 수입에 의존하기 때문에 부품구입과 A/S가 어려워 적기 기계 이용이 어렵게 된다. 이 외에도 랩사일리지 생산시 랩비닐 비용이 조사농가의 경우 생산비의 약 10%를 차지하여 랩사일리지 생산시 농가의 운영비용부담이 크다.

○ 일관생산기계의 운영기술 미숙

랩사일리지의 생산장비 및 관련기술은 기존의 조사료 생산기술시스템과 기계장비의 조작, 조사료 재배면적의 확보와 최소 4인 1조의 전문노동력의 확보 등에서 큰 차이를 보인다. 그러나 대부분의 생산현장에서는 이에 대한 충분한 교육이 사전에 제대로 이루어지지 못한 상태에서 기술보급이 이루어지고 있는 실정이다.

○ 생산과 급여시 운반의 어려움

작업지역이 산재하여 있을 경우 장비이동의 어려움으로 인해 운송비용과 작업시간이 증가하게 된다. 현재 추진중인 사업의 단지규모는 동일 시·군내 10ha 이상이 되어야 하나 동일 시·군내라도 조사료 포장이 산재해 있을 경우 생산비가 높아 지속적인 생산이 어렵게 되며 랩사일리지의 부피와 중량이 커서 농장 내 운반의 어려움과 급여시 축사구조가 협소하여 사료급여에 어려움을 겪고 있다.

○ 답리작 사료작물 재배에 대한 홍보 부족

축산농가들에 대한 사료작물의 랩사일리지에 대한 관련 정책 및 급여의 필요성과 생산·이용의 효과에 대한 홍보가 매우 미흡한 실정이다. 이러한 교육과 홍보의 부족으로 수도작농가들이 답리작 재배시 지력이 상실될 것이라는 우려를 낳아 축산농가의 재배면적의 확보가 어렵다.

나. 해결방안

○ 우량 사료작물 종자 개발 및 보급 확대

국내여건에 맞는 우량종자 등 신품종을 적극 개발하고 전국적으로 지역실정에 맞는 조사료 생산 농가의 데이터 베이스를 구축함과 동시에 우량 사료작물 재배농가를 파악하여 우량종자 확보하고 개발된 종자의 보급을 확대하여 빠른 생산시기와 생산량을 증대하여야 한다.

### ○ 조사료 생산 기술지도 및 교육강화 및 홍보

답리작 재배시 논에 퇴비를 시비하여 산성화를 방지하고 지력을 높여 쌀 생산에 도움이 된다는 사실을 신뢰할 수 있는 기관에서 농가에 홍보하여야 하며 농촌진흥청이 보급한 교육용 기계가 적극 활용할 수 있도록 축·낙협의 조사료 생산기계로의 이용이 아닌 수도작 농가 및 축산농가 대여로 시험재배를 적극 추진하여야 한다.

또한 축산전업농가도 답리작 사료작물 재배 희망시 자가소유 및 임차 면적을 일정이상 확보할 경우 농지임차료를 지원하는 방안을 검토하고 제재료비의 지원을 통해 현재의 마른 벼짚 생산위주의 대여에서 생벼짚, 답리작 랩사일리지 생산으로 양질의 조사료 생산을 유도하여야 한다. 이 외에 랩사일리지의 재배 및 사양시험 농가 성공사례집을 발간 배포하여 농가 기술지도 및 재배의향을 진작시켜야 한다.

## 3. 랩-사일리지 유통시스템의 구축

### 가. 계약요인

#### ○ 유통시장의 부재

랩사일리지는 최근에 도입된 기술로써 아직까지는 축산농가가 생산품의 사료적 가치를 충분히 인식하지 못하여 소수농가가 자가생산-자가소비하는 단계에 머물러 있다. 따라서 조사료의 수요자인 축산농가와 공급자인 수도작 농가를 연계하는 조사료 유통시장에서 수요와 공급이 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 그럼에도 불구하고 일부에서는 랩사일리지의 판매와 구입의사를 보이고 있으나 이를 연계시켜 줄 수 있는 유통경로의 부재로 조사료 생산여건이 양호한 지역에서조차도 생산 유인이 매우 적다.

### 나. 해결방안

앞으로 곤포사일리지 유통을 활성화하기 위해서는 랩사일리지의 사료적 가치에 대한 축산농가의 인식이 확산되어야 하며, 또한 표준화된 품질의 곤포사일리지 생산되어야 한다. 이를 위해 건물량 및 수분함유율과 담근먹이 개당 무게 및 랩핑횟수 등이 규격화되도록 생산기술의 교육 및 홍보가 필요하다. 랩사일리지의 사료가치를 농가에 홍보하기 위해 축산농가들이 낙·축협에서 생산하는 랩사일리지를 시험 사양할 수 있도록 추진중인 대규모 사료작물 재배단지 조성사업으로 저렴한 가격에 농가에게 판매하여야 한다. 그러나 낙·축협의 경우 경제사업으로서 수익성이 있어야 지속적으로 사업을 추진할 수 있는 유인이 발생하므로 규모의 경제와 비용 최소화를 위한 노력이 수반되어야 한다. 이러한 농가 시험이용을 통하여 곤포담금먹이의 수요가 증대되면 축산농가가 아닌 쌀 재배농가에서의 상업적인 생산 가능성도 홍보 할 수가 있다.

한편, 랩사일리지는 상품가격에 비하여 부피와 무게가 크기때문에 유통단계별 상품의 이동은 비경제적이다. 따라서 지역내 또는 지역간 답리작 사료작물 생산농가와 축산농가와의 연계로 시장형성을 위하여 우선적으로 생산자와 수요자의 정보를 농·축협이 증개하는 기능강화가 필요하며 벧짚유통 중간상인과 지역협동조합을 통한 랩사일리지의 유통활성화를 고려하여야 한다.

#### 4. 랩사일리지 생산·유통의 장단기 정책 지원 방향

답리작 조사료 생산은 국내의 조사료 생산기반의 구축을 통한 한우와 낙농의 국제경쟁력제고차원에서 중장기적인 정책목표 하에 지속적으로 추진되어야 한다. 다시 말하면 답리작 조사료 생산은 한우와 젖소의 경제수명 연장, 출산을 제고, 광우병 등 국제적인 가축전염병의 국내유입차단, 가축분뇨의 자원화를 위한 유기물의 지역 단위 리사이클링체계의 확립차원에서 추진되어야 할 정책사업이다.

이상과 같은 장기적 측면에서 사회적 경제효과가 존재함에도 불구하고 민간수준(축산농가)에서 투자가 이루어지지 않는 것은 ①수도작중심의 농업구조하에서 답리작 사료작물기술의 도입이 작물 생육시기의 중복으로 용이하지 않으며, ②생산기술의 안정성이 낮고, 기계장비를 위한 시설투자가 매우 높다. ③또한 상대적으로 낮은 농후사료가격과 ④저가의 수입조사료의 조달 용이성 등의 요인 때문이다.

답리작 조사료생산이 이와 같은 사회적 경제가치와 사적 경제가치의 간격을 좁히기 위하여 정부정책의 개입은 타당성을 갖게된다. 따라서, 앞으로의 정책은 민간부문의 투자를 유도하도록 여건을 조성하는 범위 내에서 이루어져야 할 것이다.

단기적으로는 기술의 안정성과 생산시스템의 구축차원에서 지속적인 기술개발 (예, 답리작 조사료와 생볏짚 랩사일리지의 TMR체제 구축, 호밀, 이탈리아안라이그라 등 다양한 조사료의 답리작 작부체계 확립, 답리작사료의 생산성 제고 등)과 축산농가가 랩사일리지의 영양가치에 대한 인식을 높이기 위한 상이한 지역단위(남·중·북부, 산간·평야지역 등)에서의 시범사업의 실시가 필요하다.

랩사일리지의 생산비는 생산규모(면적, 생산량)에 반비례하여 적정규모 35~40ha까지 급격히 하락함을 감안하여 대단위 생산단지의 조성에 주력해야 하는데 지역여건에 따라 다양한 생산주체를 육성하되, 사료포를 확보한 대규모 축산농가(낙농농가)를 제외하고는 자급형의 작목반 중심의 협동생산주체나 협동조합(영농조합법인 포함)중심의 판매목적의 기업적 경영주체를 육성해야 할 것이다.

랩사일리지의 유통체계의 확립을 위한 시장의 구축은 먼저 여건을 조성한 후 증장기적으로 추진해야 할 사항이다. 시장의 형성을 위해서는 무엇보다 표준화된 품질과 상품의 규격화가 선행되어야 하며 생산된 랩사일리지는 큰 부피와 무게로 인한 이동의 제약을 감안하여 시장 거래는 생산자와 소비자를 연계하는 중계기능을 보강하는 차원에서 접근되어야 할 것이다.

이를 위해서 협동조합에서는 정보를 생산자와 소비자에게 제공하는 기능을 담당하여야 할 것이다.

또한 생산과정의 경제적인 손실보전과 농가의 참여유도를 위하여 논농업직불제와 연계하여 정책을 추진하여야 한다. 즉 일본의 생산조정 보상금제도와 같이 답리작 사료 재배농가에게 논농업직불금액을 상향조정하여 지원하여야 할 것이다.

## 제 7 장      종합 결론

본 연구의 목표는 우리 나라의 젓소 및 비육우에게 공급할 수 있는 조사료를 자급하기 위하여 쌀 재배 지역에서 겨울철 맥류의 파종 → 재배 → 예취 → 압축·결속 → 기밀포장·사일리지 가공 → 저장 → 축산농가 운반으로 이어지는 ①기계화 일관작업을 위한 시스템의 모델을 개발하고, ②개발된 모델을 이용한 답리작에서의 적정작업조건 및 기계화 생산 기술을 정립하며, ③일련의 소요 작업기계 중에 국내에서 개발이 되지 못한 주요 예취기(모아), 원형 베일러, 베일-랩퍼 및 랩-사일리지 핸들러(Handler)중에서 핵심기계인 원형 베일러와 베일 랩퍼를 개발하고, 그리고 ④답리작 조사료의 경제성 및 유통구조를 분석하여 우리 나라의 조사료의 생산·가공·유통을 위한 장·단기 정책 프로그램을 개발하는 데에 있다. 이러한 목표로 추진된 본 연구의 최종 종합 결론을 요약하면 아래와 같다.

### 1. 답리작 조사료 생산을 위한 기계화 일관작업 시스템의 모델 및 기계화 생산기술 개발

#### 가. 답리작 맥류 조사료의 생산시스템 모델 개발

1) 현재 우리 나라에서의 답리작 맥류의 파종방식을 세부적으로 조사한 결과 ①경운후 광산파 방식, ②경운후 휴립 광산파, ③경운후 세조파 방식, ④벼 입모중 무경운 파종방식, ⑤콤바인을 이용한 벼수확 동시 보리 파종방식 등의 방법이 이용되고 있는 것으로 조사되어졌다. 이를 크게 분류하면 ①경운 파종 모델과 ②무경운 파종 모델로 분류할 수 있으며 기존의 경운 파종 방식은 보다 안전한 생육이 가능하지만 생산비용이 높고 습답인 경우에 적용하기 어려운 면을 가지고 있는 반면, 무경운 파종 방식은 수량은 약간 떨어지지만 생산비용이 저렴하며 기후 및 토질 조건에 영향을 적게 받으므로 안정적인 수량 확보가 가능한 것으로 보인다. 따라서 답리작 맥류의 파종은 여건에 따라 적합한 파종방식을 적용해야 한다.



2) 우리 나라에서 이용 가능한 담리작 조사료 수확 방식은 사일리지와 건초의 생산 방식이다. 따라서 담리작 맥류 조사료의 생산 모델을 ①랩-사일리지 생산 모델, ②관행의 사일리지 생산 모델, ③건초 생산 모델로 하여 각각의 기계 구입가를 조사한 결과, 랩-사일리지 생산모델은 8천만원~8천6백만원, 관행 사일리지 생산모델은 4천7백만원~5천4백만원, 건초 생산모델은 7천3백만원~8천만원으로 조사되어졌다.

3) 랩-사일리지 생산 모델은 맥류 조사료를 수확 적기에 모아로 예취 → 포장에서 40~60%(w.b) 사이의 함수율로 예건 → 레이크로 집초 및 반전 작업 → 원형 베일러로 결속작업 → 베일 랩퍼로 랩핑 작업 → 원거리 또는 근거리의 저장 시설로 운반되고 필요에 따라 소비지로 유통 → 사일리지 숙성후 세절급여하는 시스템이다. 본 모델은 담리작 재배가 사육농가와 거리가 먼 경우 또 다른 유통단계를 거칠 수도 있는 유형으로 부담면적은 트랙터 1대 이용시 약 33.7정보이고, 2대와 3대 이용시는 각각 68.0ha, 101.3 ha로 조사되어졌다. 또한, TDN-kg당 생산비는 10정보 경작규모에서 경운후 산파시 287원으로 나타났고 입모중 산파시 274원으로 나타났다. 특히 본 모델에서는 트랙터의 댓수를 늘려 100ha 경작규모로 확대할 경우에는 TDN-kg 당의 생산비를 176원(입모중 산파)까지 낮출 수 있는 것으로 조사되어졌다.

4) 관행-사일리지 생산 모델은 맥류 조사료를 수확 적기에 모아로 예취 → 포장에서 60%(w.b) 전후의 함수율로 예건 → 레이크로 집초 및 반전 작업 → 목초 수확기로 수확작업 → 근거리의 트랜치 또는 타워 사일로 시설로 운반되고 → 사일리지 숙성후 세절급여하는 시스템이다. 본 모델은 축산농가와 재배지역이 근거리인 경우에 가능한 유형으로 부담면적은 모델중 가장 적은 약 21.6정보이고 TDN-kg당 생산비는 10정보 경작규모에서 219원으로 나타났다.

5) 맥류 건조 제조생산 모델은 수확적기에 모아-컨디셔너로 예취와 동시에 압착 → 포장에서 15%(w.b) 정도의 함수율로 건조 → 레이크로 집초 작업 → 원형 베일러로 결속작업 → 원거리 또는 근거리의 저장 시설로 운반되고 필요에 따라 소비지로 유통 → 세절급여하는 시스템이다. 이 모델은 2일 정도의 작물 건조 시간이 필요하고 기후의 영향을 많이 받으므로 답리작 재배에 많은 어려움이 있지만, 현재 농가에서 많이 이용되고 있는 벧짚 수거용 기계를 이용할 수 있는 장점도 있다. 부담 면적은 약 22.2정보로 나타났으며 10정보 경작의 경우 TDN-kg당 생산비는 297원 정도이다.

6) 앞에서 제시한 3가지 유형 모두 기존의 유통되는 벧짚 또는 수입 조사료의 가격에 비하여 약 1/2~1/3정도의 수준으로 매우 경제성이 있는 것으로 나타났다.

#### 나. 답리작 맥류 랩-사일리지의 기계화 생산 기술

1) 본 연구에서의 답리작 맥류 랩-사일리지의 생산은 3년에 걸쳐 실시되었다. 1 차년도에 파종작업은 1차로 경운 세조파 방식을 시도했으나 작업이 불가능하였으며 다시 경운후 광산파의 방법을 택하였는데 당시의 일기불순에 의한 콤바인 작업의 지연과 논이 마르지 않은 관계로 파종 시기가 지연되고 파종 상태도 매우 불량하였다. 이에 따라 다음 해의 작황이 함수율 건물 기준으로 4 ton/ha가 되어 일반적인 생산량 8~12 ton/ha의 절반 수준이었다. 그러나 2, 3 차년도에 있어서는 이러한 문제점들을 해소하기 위하여 벧를 수확하기 전에 맥류를 논에 산파하는 입모중 파종을 실시하여 단기간 내에 적기에 맥류를 파종하였으며 다음 해의 작황은 건물 기준 약 7 ton/ha의 생산량을 보였다.

수확 작업은 대맥의 수확적기인 호숙기, 호맥의 수확적기인 유숙기에 수확작업이 가능하여 약 3 ha의 수확작업에서는 수확적기의 선택에 전혀 무리가 없었다.

2) 랩-사일리지의 가공은 ①무처리, ②게미산 처리, ③유산균 처리를 각각 실시하여 제조하였

는데, 개미산 처리의 경우는 작업이 약간 위험하고 시간 소요가 컸으며 유산균 처리의 경우는 자동 투입기를 이용할 경우 작업은 손쉽게 가능하지만 비용의 부담이 컸다. 전체적으로 첨가제 처리한 베일과 처리하지 않은 베일의 급여시 젖소의 섭취량에 차이를 보이지는 않았다.

예취 작업에서는 트랙터의 전방에 장착되는 모어의 개발이 필요하였다. 대맥의 경우는 알곡의 탈립이 심하였으며, 특히 대맥의 키가 작은 관계로 예취시의 손실이 크게 나타났다.

집초 작업에서는 작업전에 타인과 지면과의 높이를 적당하게 조절하지 않으면 작물의 수집 손실이 커지거나 이물질의 혼입이 크게 일어났다.

베일 작업은 집초 작업의 영향을 많이 받아 집초열이 너무 크거나 균일하지 못하면 공급부 막힘 등이 발생하여 포장 작업 효율 저하의 큰 원인이 되었다.

랩핑 작업은 맥류의 원형 베일이 제조된 이후 적어도 24시간 이내에는 비닐 밀봉이 되어야 원형을 유지하면서 랩핑이 가능하였다. 또한, 밀봉시 비닐의 품질에 매우 유의하여야 한다. 비닐에 구멍이 있을 경우 저장 중 변패의 원인이 된다.

핸들러 작업에 유리한 최소의 비닐 두께는 운반 작업을 고려하면 4겹 이상이 좋은 것으로 판단된다.

3) 맥류의 파종 및 수확 작업은 주어진 작업공정을 모두 수행하면서 3ha를 경작하여 각각 2~3일의 단기간 내에 작업을 완료하였다. 파종과 수확 작업시 기계 자체의 문제로 인한 작업의 지연은 거의 없었으며 작업자의 맥류의 랩-사일리지 기계화 작업 경험이 매우 짧았음에도 불구하고 큰 문제점없이 작업이 수행되었다. 이는 랩-사일리지 기계화 작업의 현장 적용에 있어 단기간 내에 완성도 높은 작업이 가능할 것으로 판단된다.

또한, 조사되어진 포장 작업능률 및 포장 작업 효율은 각각, 예취 작업의 경우 0.6~0.8 ha/hr 및 43~57%, 반전 및 집초 작업은 1.1~1.7 ha/hr 및 52~81%, 베일링 작업이 0.6~1.0 ha/hr 및 19~32%, 그리고 랩핑 작업이 0.5~0.55 ha/hr 및 75~82%로 나타났다. 따라서 우리나라의 답리작 포장에서의 작업 성능은 그 규모에 따라 많은 차이를 보이며 이는 곧 해당 지역의 부담면적을 결정하게 되므로 포장 작업효율의 제고를 위한 여러 가지 노력

들이 필요한 것으로 판단된다.

4) 랩-사일리지의 기계화 생산 및 가공 시험 결과 기계화 생산 작업은 우리나라 농촌에서 많이 쓰이는 54~60ps 트랙터를 이용하여 단기간 내에 성공적으로 작업을 완료할 수 있었다. 따라서 우리나라에서의 맥류 랩-사일리지의 기계화를 통한 일관 작업의 적용 가능성은 충분한 것으로 판단되었다.

#### 다. 답리작 맥류의 랩-사일리지 가공 및 저장 조건

1) 우리나라의 논에서 재배 가능한 사료용 맥류 품종은 보리와 호맥으로서 보리는 영양분의 함량이 높고 호맥은 수량이 풍부한 특징을 가진다. 그러나 답리작으로 재배할 경우의 장단점을 고찰한 결과 보리의 경우 수량의 불안정, 알곡의 탈립, 베일링 작업시의 이물질 혼입 우려 등의 문제가 있는 것으로 판단된다. 따라서 우리나라 답리작 맥류 랩-사일리지 제조시에는 호맥 생산을 기본으로 하고 지역적으로 보리 재배가 양호한 지역에서 보리 랩-사일리지를 제조하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

2) 본 연구에서는 논에서 맥류를 예취하여 건조시험을 실시하였는데, 결과는 다음과 같다.

가) 대구 지방의 5/10경 예취시의 작물의 함수율은 73~75% 수준이었다.

나) 대구 지방의 4/20경 주간 온도 20~25℃ 정도에서 예취된 맥류는 함수율 60%에 도달하는 데에 1~2일이 소요되었다. 5/20경 주간 온도 30~35℃의 경우는 0.5일 정도 건조시 함수율 60%에 도달하였고 하루 건조시 50% 정도의 함수율로 건조되었다. 따라서 맥류의 랩-사일리지 제조시의 예건은 온도가 상대적으로 높은 경우 반나절에서 하루 정도면 가능한 것으로 판단되었다.

다) 건조 제조를 위한 건조의 경우는 4/20 예취된 보리 및 호맥의 경우 컨디셔닝을 하지 않은 경우 약 15%의 함수율까지 건조되는 데에 6일 이상이 소요되었고 컨디셔닝을 실시하면 2일 정도면 건조 제조가 가능한 함수율로 건조가 가능하였다.

5/10일 예취한 호맥의 경우는 약 4일 정도 건조하면 건조가 가능하고 컨디셔닝을 실시할 경우 1.5일 ~2일 정도면 약 15% 함수율 유지가 가능하여 건조제조가 될 수 있는 것으로 판단되었다.

3) 본 연구에서는 램-사일리지 제조시 함수율을 50~60% w.b. 되도록 하였고 pH와 유기산을 조사한 결과 pH는 5.0 전후가 되어 일반 사일리지에 비해서 높고 유기산 중 젖산의 함량은 건물중에 약 1~3% 정도가 함유되어 함수율 60% 이상의 사일리지에 비해 발효가 대단히 억제되고 있음을 확인하였다.

기존의 보고에서도 건물함량이 높으면 발효가 억제되지만 pH 5 수준을 유지하면 적절한 것으로 보고되고 있고 램-사일리지의 재료의 건물 함량의 손실은 함수율이 낮을 수록(예건을 많이 할수록) 낮은 것으로 보고되고 있어 함수율 50~60%대의 램-사일리지는 수분과다에 의한 저장 중의 품질변화 및 운반시의 건물당 비용을 감소시킬 수 있어 유리한 것으로 판단된다.

4) 램-사일리지 가공시의 처리 방법은 ①무처리, ②개미산 처리, ③유산균 처리를 하였는데 유산균을 첨가한 경우 40~65%의 넓은 함수율의 범위에서, 또한 재료의 조건에 크게 영향을 받지 않고 안정된 사일리지의 발효가 가능한 것으로 판단된다. 개미산 처리의 경우 역시 양호한 품질을 보이고 있으나 젖산의 함량이 유산균처리에 비해 떨어지는 것으로 나타났다. 개미산은 가격이 저렴하고 처리효과도 우수한 장점이 있으나 인체에 유해하고 농 작업기를 부식시키는 부정적인 요인이 있다. 무처리의 경우 역시 램-사일리지를 6개월 이상 저장 후 급여하였을 때 품질에 이상이 없었으며 대체로 우수한 품질을 보였다. 그러나 젖산의 검출이 유산균 또는 개미산 처리의 경우에 비해 가장 낮게 나타났다.

따라서 첨가제의 투입은 재료의 상태한 불량한 경우, 장기 저장용, 고품질용 등에 한정적으로 이용하여 전체적인 생산물의 품질을 상승시키면서도 비용을 절감하는 것이 좋은 것으로 판단되었다.

5) 본 연구에서 조사된 랩-사일리지 가공을 위한 적절한 밀봉 작업 조건은 함수율의 변화와 작업시의 파손, 저장 중의 랩-사일리지의 온도변화를 고려한다면 장기저장시는 6겹 이상을 밀봉하고 단기저장시는 4겹 밀봉하되 직사광선을 피하는 정도의 조치가 있어야 할 것으로 판단된다. 또한 맥류의 랩핑 작업은 베일 작업을 한 당일 시행하여야 한다.

6) 랩-사일리지 작업의 일반 사일리지 작업 대비하여 편리한 점은 별도의 사일로를 만들거나 작물을 사일로에 저장하는 고된 작업을 하지 않아도 된다는 점을 들 수 있을 것이다. 그러나 비닐은 찢어지기 쉬우므로 랩-베일의 핸들링시는 매우 주의를 해야한다. 본 연구에서 시험을 실시한 결과 랩핑 작업은 매우 양호하게 완료되었으며 랩-비닐이 양호한 경우 6개월 이상의 장기 저장에 무리가 없는 것으로 판단된다. 그러나 지나치게 온도가 높은 곳에 랩-베일을 방치할 경우 품질 저하를 가져올 수 있으므로 유의해야 한다.

#### 라. 답리작 맥류 랩-사일리지의 품질분석

1) 생산된 랩-사일리지를 4개월 이상 저장하여 관능검사를 실시한 결과 냄새는 낙산취없이 향긋한 산취가 나며 잎, 줄기 등의 구조가 양호하고 사일리지 특유의 담황색을 보였다. 또한 사일리지의 함수율, pH, 유기산(젖산, 초산, 낙산)을 조사한 결과 부패정도를 나타내는 낙산의 검출이 전혀없고 젖산과 초산의 조성비도 우수하여 1등급의 사일리지로 판단되었다.

2) 예취 후 0.5~1일 정도 예건하여 제조된 사일리지의 함수율은 50~60%(w.b)의 분포를 보이고 전체적으로 첨가제의 투여 없이도 품질 좋은 사일리지의 생산이 가능하였다. 이는 저수분의 사일리지를 생산할 수 있고 값비싼 첨가제 투입을 줄일 수 있어 사일리지 생산과 저장에 있어서의 제반 경비의 절감이 가능한 것으로 판단되었다. 또한, 유산균 또는 개미산 등의 첨가는 작물에의 이물질 혼입, 예건시의 비맞음 등에 의해 작물의 양분 손실이 예상될 경우 적용하면 안전한 사일리지 제조가 가능한 것으로 판단되었다.

3) 밀봉 두께별 함수율을 측정한 결과 2겹 밀봉은 문제가 있는 것으로 판단되며 4겹 이상의 경우 수분 보존이 양호한 것으로 판단되었다.

4) 랩-사일리지 저장 중의 pH와 온도의 변화를 관찰한 결과 함수율이 낮은 경우 발효속도가 느리고 함수율이 높은 경우 발효속도가 빠른 것으로 판단되었으며 최종 산도도 함수율 60% 재료가 함수율 50% 재료보다 낮아지는 것으로 판단된다. 그러나 함수율 50%의 재료도 pH5.0 이하의 수준을 보여 랩-사일리지에서의 산도로서는 적합하며 장기저장시에도 문제가 없을 것으로 판단된다. 또한, 베일 내부의 온도는 발효 초기에 35℃ 정도의 높은 온도를 보이다가 약 300시간이 경과하면서 27℃ 전후에서 안정되었다.

5) 랩-베일의 부위별 온도 변화를 관찰한 결과 베일의 내부는 외기온 변화에 큰 반응을 보이지 않은 반면 베일의 외부는 외기온의 변화에 큰 영향을 받아 온도가 45℃까지 증가하는 양상을 보여 장기 저장시에 직사광선이 피하여 통풍이 좋은 곳에 저장하는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

6) 이상에서 살펴본 바와 같이 우리나라에서 담리작 맥류를 랩-사일리지로 생산하였을 경우 품질이 매우 좋은 것으로 나타나 축산 농가에서 이용할 경우 옥수수 이외의 양질의 조사료를 이용할 수 있어 가축의 생산성을 증대시킬 수 있을 것으로 판단된다. 따라서, 조사료가 부족한 우리나라에서 담리작 맥류 랩-사일리지는 주요한 조사료 공급원으로 자리잡을 수 있으며, 이에 따라 축산업의 안정적 발전, 대외 경쟁력의 강화, 수입 곡물 및 수입 조사료의 국산화 대체로 외화 절감에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 마. 담리작 맥류 랩-사일리지의 급여 사양 시험

생산된 호맥 사일리지는 경북대학교 부속농장의 젖소를 대상으로, 급여한 효과를 관찰하기 위하여 ①볏짚 위주로 사료를 급여하다가 ②호맥 사일리지 위주로 급여하고 이어서 ③

옥수수 사일리지 위주로 급여한 후 일일 사료 섭취량, 일일 우유 생산량, 우유 품질, 유대 수입 등을 조사하였다. 또한, 경주 관내 D 목장에서 맥류 랩-사일리지 급여효과를 조사하였다. 그 결과 두 군데 모두 옥수수 급여시보다는 산유량이 약간 적었지만 볏짚 급여 대비 하여 젖소의 채식량이 증가하고 산유량이 각각 25%, 14% 증가했으며, 유대 수입이 각각 25%, 21% 증가한 것으로 나타났다.

## 2. 조사료 압축·결속용 원형 베일러의 개발

랩-사일리지를 생산하기 위한 베일러의 개발을 위하여 본 연구팀에서는 참여 기업인 아세아종합기계와 협동으로 사양을 검토한 결과 직경 1.2m x 길이 1.2m의 원형 베일을 생산할 수 있는 원형 베일러가 우리나라 실정에 가장 적합한 것으로 판단하여 사양을 확정하였으며 샘플 기대를 수입하여 기능별, 부품별로 분석을 실시하였다.

1년차의 국산 부품 개발부분은 차축부, 외관부, 배출 링크부이며, 2년차에서는 동력 전달부, 압출 레이크부, 픽업 장치부를, 마지막 3년차 연구에서는 롤러부와 결속부를 제외한 동력전달 장치부, 픽업장치부, 롤러 구동장치부 등을 개발하여 국산화율 50% 달성이 되도록 국산화 개발을 추진하였다. 또한 년차별로 국산화 대상 부분에 대해 수입 샘플 기대를 이용하여 수확기에 장시간의 작업을 계속하고, 발생하는 문제점을 파악하여 설계에 반영하였다.

## 3. 사일리지 가공용 베일 랩퍼의 개발

랩-사일리지를 생산하기 위한 랩퍼의 개발은 앞서 결정된 직경 1.2m x 길이 1.2m의 원형 베일을 생산할 수 있는 원형 베일러와 그 사양이 일치하고 우리나라 실정에 보다 적합하도록 회전 테이블이 회전하는 타입으로 결정하였다. 베일 랩핑의 기능 분석은 실제 포장에서의 작업을 통하여 실시하였다.



또한 베일 랍퍼 작동시의 소요동력과 작동 유압력을 측정하여 부품 및 구조물 설계시의 설계자료로 활용하였는데, 소요동력의 경우 최소 1.7ps(베일 배출 공정)에서 최대 6.5ps(베일 탑재 공정)까지 소요된 것으로 나타났고, 공정별 작동 유압력은 85kg/cm<sup>2</sup>~125kg/cm<sup>2</sup>으로 나타났다. 따라서 기대 제원을 고려한다면 개발된 베일랩퍼는 40~50ps 급 트랙터에 매우 적합한 것으로 판단된다.

기계의 국산 개발을 위해 개별 부품은 개발 부품을 분해하여 재질을 분석하고 제원을 파악하여 개별 부품에 대한 상세 분석을 실시한 후 개발을 완료하였다.

1년차의 국산 부품 개발부분은 차축부, 미션부, 유압장치 일부, 드로바 및 프레임부이고, 2년차는 베일 픽업 및 배출 장치부, 전기 장치부, 비닐 홀더 및 커터부, 롤러부이며 3년차에서는 유압장치부, 덤프 프레임부, 로타리 테이블 부 등의 개발을 계속 추진하여 국산화율 100%를 달성하였다.

#### 4. 개발된 제품의 현장 테스트 및 최종 보완

본 연구는 3년간 수행되었으며 매년 본 연구에서 설치한 pilot 농장에서 맥류의 파종, 재배, 랍-사일리지 수확 작업을 실시하였고, 각 부문별 연구의 결과 도출시 실작업의 결과를 적극 반영하였다. 또한 매년 조사료 이용 관련 심포지움을 개최하였는데, 1차년도에는 연구주관기관(경북대학교)의 주최로 “친환경답리작 조사료 생산기술 및 일관작업을 위한 기계화 모델”이란 주제로 조사료 생산관련 심포지움을 1994년 4월 30일 농어촌진흥공사 대호 환경 농업시범지구에서 개최하여 심포지움을 개최하였고, 기계화 일관작업 연시를 하여 매우 좋은 평을 받았다. 2차년도에는 연구주관기관(경북대학교)의 주최로 “생태 순환적 답리작 맥류 랍사일리지 조사료 생산기술과 경제성 평가”라는 주제로 조사료 생산관련 심포지움을 2000년 5월 10일 경상북도 농촌진흥청 산하 농업인 회관에서 심포지움 발표를 하였고, 기계화 일관작업 연시를 하였으며, 99년도 생산하여 보관하고 있던 호맥 랍사일리지를 전시

하여 매우 좋은 평을 받았다. 3차년도는 본 연구의 마지막 년도로 농촌 진흥청 및 연구주관 기관(경북대학교), 협동연구기관(한국농촌경제 연구원)의 주최로 “논을 이용한 생태순환적 조사료 생산체계 구축 방안”이라는 주제로 조사료 생산관련 심포지움을 2001년 5월 25일 경기도 수원시 농촌진흥청 대강당에서 개최하여 조사료 관련된 각 기관들이 주제 발표하였고, 기계화 일관작업 연시를 하여 높은 호응을 받았다.

pilot 농장에서의 장기간의 시험을 통하여 맥류 재배, 랩-사일리지 수확 및 가공 작업의 각 공정별 문제점들을 분석하였으며 특히 베일링, 랩핑을 중심으로 기계화 작업의 문제점을 분석하여 기계개발에 참조하였다.

또한, 앞서 언급한 여러 차례의 심포지움 및 연시를 실시하면서 각계의 전문가에서부터 농민에 이르기까지 다양한 주체들이 제시한 문제점을 조사하고 이를 연구에 반영하였다.

## 5. 답리작 맥류의 랩-사일리지와 베일건초의 생산·가공·유통시스템의 경제성 분석 및 장단기 발전대책 - 랩사일리지 이용 확대를 위한 정책 방안

우리나라에서의 랩-사일리지 생산은 장기적 측면에서 큰 사회적 경제효과가 존재함에도 불구하고 민간수준(축산농가)에서 투자가 이루어지지 않는 것은 ①수도작중심의 농업구조하에서 답리작 사료작물기술의 도입이 작물 생육시기의 중복으로 용이하지 않으며, ②생산기술의 안정성이 낮고, 기계장비를 위한 시설투자가 매우 높다. ③또한 상대적으로 낮은 농후 사료가격과 ④저가의 수입조사료의 조달 용이성 등의 요인 때문이다.

답리작 조사료생산이 이와 같은 사회적 경제가치와 사적 경제가치의 간격을 좁히기 위하여 정부정책의 개입은 타당성을 갖게된다. 따라서, 앞으로의 정책은 민간부문의 투자를 유도하도록 여건을 조성하는 범위 내에서 이루어져야 할 것이다.

단기적으로는 기술의 안정성과 생산시스템의 구축차원에서 지속적인 기술개발 (예, 답

리작 조사료와 생볏짚 탭사일리지의 TMR체제 구축, 호밀, 이탈리아라이그라 등 다양한 조사료의 답리작 작부체계 확립, 답리작사료의 생산성 제고 등)과 축산농가가 탭사일리지의 영양가치에 대한 인식을 높이기 위한 상이한 지역단위(남·중·북부, 산간·평야지역 등)에서의 시범사업의 실시가 필요하다.

탭사일리지의 생산비는 생산규모(면적, 생산량)에 반비례하여 적정규모 35~40ha까지 급격히 하락함을 감안하여 대단위 생산단지의 조성에 주력해야 하는데 지역여건에 따라 다양한 생산주체를 육성하되, 사료포를 확보한 대규모 축산농가(낙농농가)를 제외하고는 자금형의 작목반 중심의 협동생산주체나 협동조합(영농조합법인 포함)중심의 판매목적의 기업적 경영주체를 육성해야 할 것이다.

탭사일리지의 유통체제의 확립을 위한 시장의 구축은 먼저 여건을 조성한 후 중장기적으로 추진해야 할 사항이다. 시장의 형성을 위해서는 무엇보다 표준화된 품질과 상품의 규격화가 선행되어야 하며 생산된 탭사일리지는 큰 부피와 무게로 인한 이동의 제약을 감안하여 시장거래는 생산자와 소비자를 연계하는 중계기능을 보강하는 차원에서 접근되어야 할 것이다. 이를 위해서 협동조합에서는 정보를 생산자와 소비자에게 제공하는 기능을 담당하여야 할 것이다.

또한 생산과정의 경제적인 손실보전과 농가의 참여유도를 위하여 논농업직불제와 연계하여 정책을 추진하여야 한다. 즉 일본의 생산조정 보상금제도와 같이 답리작 사료 재배농가에게 논농업직불금액을 상향조정하여 지원하여야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

권찬호. 1991. 조·만생 사초용 호밀의 파종 및 수확기가 생장, 수량 및 사료가치에 미치는 영향. 서울대학교 박사논문

권찬호, 김동암. 1995. 조·만생 사초용 호밀의 파종 및 수확시기에 관한 연구. 한국초지학회지 15(1) : 37~42

고영두 외. 1999. 반추가축을 위한 사일리지 제조전략. 선진문화사. pp83~86, pp135~139

김건엽 외. 1995. 조사료 생산을 위한 농업기계의 적정 모형설정. 한국초지학회지. 15(3): pp222~230

김건엽 외. 1994. 답리작 대맥의 사료화 이용에 관한 연구. 농업논문집 36(2) : pp536~541

김대호 외. 벼 입모중 맥류파종의 성력효과 및 맥종별 생육반응. 농업논문집 38(2) : pp106~116

김상철 외. 1987. 답리작 사료작물 이용의 경제적 효과에 관한 연구. 농시 논문집(농업.농경.잡업)29(1): pp40~48

김정갑. 1999. 축산경영 안정을 위한 '99조사료 생산·이용 확대추진. pp56~58

김정갑. 1995. 주요 사료작물의 곤포 사일리지 제조이용에 관한 연구. 한국초지학회지

15(3): pp198~206

김종근. 1999. 수확시 숙기와 제조 방법이 라운드 베일 호밀 사일리지의 품질에 미치는 영향. 서울대학교 박사학위 논문

김학규, 정창주. 1996a. 기계화 농작업 성능의 수학적 모델링. 한국농업기계학회지. 21(3) : pp357~371

김학규 외. 1996b. 대형 농기계의 효율적 이용을 고려한 포장구획에 관한 연구. 한국농업기계학회지. 21(3) : pp343~356

농림부. 1999. 축산경영 안정을 위한 '99조사료 생산·이용 확대추진. pp3~24

농업과학기술원. 1997. 한국토양총설

농림부. 2000. 농림사업시행지침서

농업기계연감. 2001. 한국농기계공업협동조합

맹원재 외. 1998. 사료자원학. 향문사. pp204~206, pp229~233

박경규 외 2인. 1998. 답리작 조사료의 랩-사일리지 기계화 생산 모델. 한국농업기계학회 1998년 하계학술대회 논문집. pp100~109

박경규. 1999. 답리작 조사료의 일관생산을 위한 기계화 모델. 조사료 생산 심포지움 “친환

경 답리작 조사료 생산기술 및 일관작업을 위한 기계화모델 . pp 39~44

박경규 외. 1996. 축산기계 및 시설. 문운당. pp223~228

박상래 외. 1995. 미맥 생력파종 수확 일관작업 체계확립 연구. 농촌진흥청 연구보고서

서 성. 1999a. 조사료 자급과 친환경 답리작 사료작물 생산기술. 조사료 생산 심포지움 “친  
환경 답리작 조사료 생산기술 및 일관작업을 위한 기계화모델. pp 9~34

서 성. 1999b. 호밀의 재배·이용 특성과 호밀 중심 사료작물 작부체계. 조사료 심포지움  
“양질 조사료의 생산과 북한의 옥수수 생산기술”. pp41~45

신기준 외. 1989. 한우 비육시의 호맥 싸일리지 급여효과. 농시논문집 31(1) : pp1~4

신승열, 서종혁. 2000. 답리작 조사료생산의 경제성 분석. 조사료 생산 심포지움. pp35~57

신승열. 2001a. 답리작 맥류의 랩-사일리지와 베일건초의 생산·가공·유통시스템의 경제성  
분석 및 장단기 발전대책. 연구보고서. 농림부

신승열. 2001b. 곤포담근먹이의 경제성 분석과 생산·유통체계 구축방안. 2001년 농업과학  
기술 심포지움 “논을 이용한 생태순환적 조사료 생산체계 구축방안. pp105~19

이운용 외. 1991. 농기계 투입모형 설정 및 기계이용비용 분석 연구. 농시논문집 33(2) :  
pp40~50

이춘우. 1997. 보리의 재배 양식. 농촌진흥청

- 유용환 외. 1988. 사료용 호밀 입모종 파종 방법에 관한 연구. 농시논문집 30(2):pp49~56
- 윤의병 외. 1995. 대단위 기계화단지 맥류 일관작업체계 기술확립. 농촌진흥청 연구보고서
- 정동홍. 2001. 국내 조사료 수급과 조사료 생산단지 조성방향. 2001년 농업과학기술 심포지엄 “논을 이용한 생태순환적 조사료 생산체계 구축방안. pp3~19
- 정창주, 김경옥. 1997. 농작업기계학. 서울대학교 출판부. pp1~36
- 주정일 외. 1995. 벼 수확전 파종 보리의 생육과 수량성. 한국초지학회지 40(4) : pp428~436
- 축산기술연구소. 1990. 축산물 생산과 연구의 국내동향. 축산시험장 연구보고서
- 축협중앙회. 1998. 축산물 생산비 조사보고. 조사보고
- 하종규 외. 1992. 반추 영양학 실험법. 도서출판 신광. pp173~177
- 한인규 외. 1996. 조사료의 종류와 급여 수준이 VFA 생산 및 반추위내 발효성상에 미치는 영향. 한국영양사료학회지 : 20(1) 77~86
- 岡村俊民. 1991. 농업기계화의 기초. 일본 북해도대학 도서관행회.  
pp183~187, pp319~326

Dan Undersand, Tim Wood. 2000. Plastic wrapping square bales to preserve wet hay. University of Wisconsin.

Donnell Hunt. 1983. Farm power and machinery management

Holmes, B.J. 1998. Sizing and managing silage storage to maximize profitability. Four state forage feeding and management conference Proc. pp55~64

Mike Rankin, Daniel Undersand. 2000. Rain damage to forage during hay and silage making. Focus on forage Vol.2 No.4. University of Wisconsin.

Ohyama, Y., S. Hara, S.Masaki. 1980. Analysis of the factors affecting aerobic deterioration of grass silages. Occasional Symposium of the British Grassland Society. No.11 : pp257~261

Ronald T.Schuler. 1999. Machinery designs and adjustments for minimized field losses. University of Wisconsin-Madison.

Richard Muck .1996. Inoculation of silage and its effects on silage quality. 1996 Informational conference with dairy and forage industries. US Dairy forage research center.

「가축분뇨자원화를 위한 기술 지침서」, 축산기술연구소, 1995

「가축분뇨 자원화와 농촌환경 개선 전략」, 축산시험장, 1994



- 「농업법인의 운영실태와 정책과제」, 정책연구보고 P24, 한국농촌경제연구원, 1997. 9.
- 「농업전망 1999」, 한국농촌경제연구원, 1999. 1.
- 박경규외, “답리작 조사료의 탭사일리지 기계화 생산모델”, 한국농업기계학회지, 1998.
- 「논을 이용한 생태순환적 조사료 생산체계 구축 방안」, 농촌진흥청, 2001. 5. 25
- 「수도작 기계화의 적정규모에 관한 연구」, 연구보고 R329, 한국농촌경제연구원, 1999. 1.
- 「쌀 농업의 비용 절감을 위한 경영모델과 지역시스템 개발」, C98-10, 한국농촌경제연구원, 1998. 12.
- 「조사료」, 표준영농교본-91, 농촌진흥청, 1998. 10.
- 「조사료 생산 이용 교육 교재」, 농림부, 농협중앙회, 2001. 7.
- 「조사료 생산 확대방안 연구」, 한국농촌경제연구원, 1999. 12.
- 「축산경영 안정을 위한 '99 조사료생산 시책」, 농림부, 1999. 4.
- 「한국토양총설」, 농업과학기술원, 1997
- 「환경보전형 농업발전을 위한 정책과제」, 한국농촌경제연구원, 1997

「'98 조사료생산 이용 교육 교재」, 농림부·축협중앙회, 1998. 4

「1999년도 농림사업시행지침서」, 농림부, 1998. 11.

「2000년도 농림사업시행지침서」, 농림부, 1999. 11. 20.

「IMF시대의 조사료 대책」, 한국초지학회 심포지엄 Proceedings, 1998. 4.

표 2-39 1 차년도 파종 작업 내용의 요약

일자	작업	작업내용	면적	작업 방법
98/11/14	시비, 경운	비료살포 + 경운(로타리)작업	9,200 평	* 비료살포: 43ps 트랙터+비료살포기 * 로타리 작업: 54ps 트랙터+200cm 로타리 43ps 트랙터+160cm 로타리
98/11/16	보리 파종	보리 종자 살포 + 경운(로타리)작업	2,200 평	* 종자살포: 43ps 트랙터+비료살포기 * 로타리 작업: 54ps 트랙터+200cm 로타리 43ps 트랙터+160cm 로타리
98/11/17	호맥 파종	호맥 종자 살포 + 경운(로타리)작업	7,000 평	* 종자살포: 43ps 트랙터+비료살포기 * 로타리 작업: 54ps 트랙터+200cm 로타리 43ps 트랙터+160cm 로타리

이러한 방법으로 맥류 종자를 산파하는 데에 소요된 시간을 조사한 결과 140분/600평이 소요되었다. 아래 그림2-5와 그림2-6에 비료와 종자를 살포하는 장면과 로타리 경운 작업을 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 경운후의 쇄토 입자가 굵음을 알수 있다. 또한 호맥과 보리의 생육장면을 그림2-7과 그림2-8에 나타내었는데, 호맥의 경우는 부분적으로 생육이 안된 부분이 있었지만 출수기 전후로 많이 회복하였으나 보리의 경우는 그림과 같이 생육상태가 매우 불량하였다. 파종시기가 지연되고 또한 경운 쇄토의 입자가 굵어 종자를 충분히 보온하지 못한 관계로 많은 양이 월동에 실패한 것으로 판단된다.

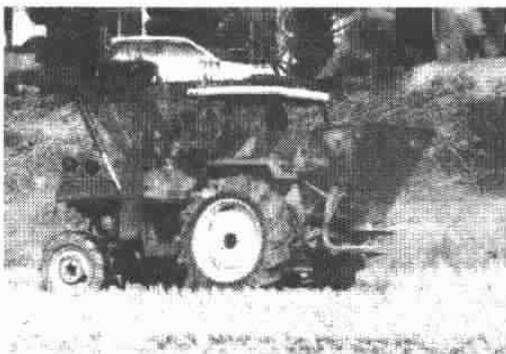


그림 2-5 경운전의 비료 살포 장면



그림 2-6 종자 살포후의 경운작업

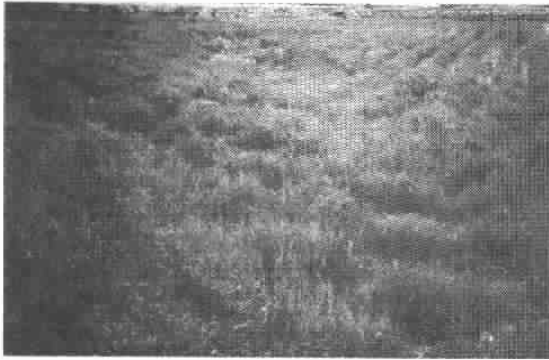


그림2-7 호맥의 생육상태

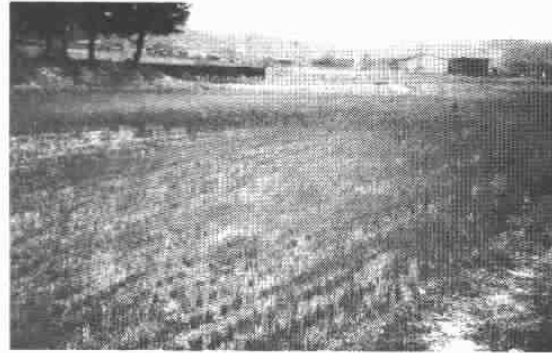


그림2-8 대맥의 생육상태

나) 2, 3차년도 파종 작업(입모종 산파)

본 연구의 2, 3차년도에는 1차년도의 파종 작업의 결과를 분석한 결과 적기의 파종이 이루어지지 않으면 다음 해의 수량이 대단히 저하될 수 밖에 없다고 판단하였다. 배수가 매우 불량한 습답에서 적기에 파종하기 위해서는 무경운 파종이 이루어져야 하며 따라서 2, 3차년도에는 입모종 파종을 실시하였다. 파종 방법은 비의 콤바인 수확전(약 7일 이내)에 맥류 종자를 미스트기(살분무기)에 투입하여 약제 살포식으로 파종을 하였으며 작업 소요시간은 30분/600평 이 소요되었다. 작업내용을 요약하면 표2-40과 같다.

표 2-40 2, 3 차년도 파종 작업 내용의 요약

구분	일자	작업내용	면적	작업방법
2 차 년도	99/10/ 18	호맥 산파 보리 산파	480평 560평	* 호맥 40kg 2인 인력 산파 * 보리 47kg 1인 동력 살분기 산파
	99/10/ 19	호맥 산파 보리 산파	2,720평 3,240평	* 1인 동력 살분기 산파
3 차 년도	00/10/ 10	호맥 산파 보리 산파	2,430평 560평	* 1인 동력 살분기 산파
	00/10/ 11	호맥 산파 보리 산파	4,560평 500평	* 1인 동력 살분기 산파

파종후에는 콤바인으로 벼를 수확할 때 동시에 볏짚을 세절하여 종자 위에 피복하였다. 1차년도와는 달리 파종작업이 매우 원활하고 신속하게 완료되어 농민들에게 권장하고 싶은 작업방법으로 나타났다. 그림 2-9, 2-10에서는 99년 10월 실시한 입모중 파종 및 비료 살포의 장면을 보여주고 있으며 그림 2-11에서는 월동중의 호맥의 상태를 보여주고 있다. 98년도 파종 상태와 대비하면 매우 우수한 상태임을 알 수 있었다. 또한 그림 2-12에서는 2000년 5월경 수확직전의 생육상태를 보여주고 있는 데, 매우 양호한 성장을 보이고 있다.



그림2-9 벼수확 전 입모중 산파



그림2-10 콤바인 수확후의 비료살포



그림2-11 월동 중의 호맥(2000.2)



그림2-12 수확직전의 호맥(2000. 5)

또한, 3차년도에는 콤바인 탑재형 벼수확 동시 맥류 파종기를 이용하여 600평 규모의 논에 보리를 파종하였다. 작업 방법은 구비된 파종장치에 보리를 채우고 보리 종자의 배출

량을 조절한 후, 벼수확과 동시에 파종을 실시하게 된다. 따라서 작업자는 보리 파종 상태를 파악하기 어려우며 전적으로 기계의 작동에 의존할 수 밖에 없었다. 그림 2-13과 2-14에 작업장면을 나타내었다.

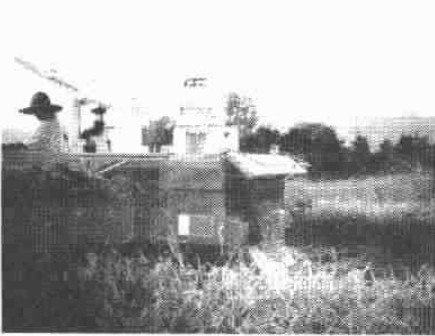


그림2-13 파종장치의 장착상태

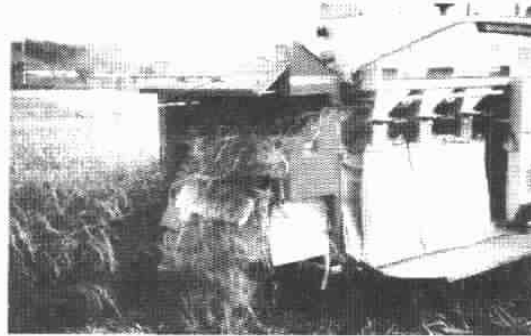


그림2-14 파종후 벼짚 피복 장면

작업 결과, 파종 작업시의 중요 문제점을 발견할 수 있었는데 요약하면 다음과 같다.

- ①직선 작업시의 파종은 원활히 수행되었으나 콤바인 선회시에는 콤바인 자체의 관성에 의한 흔들림으로 인하여 종자 물림 등의 현상이 나타나 살포 상태가 좋지 않았음
- ②콤바인 후진시는 종자 배출이 중단되도록 되어 있으며 전진하는 경우에 다시 종자가 배출되게 된다. 이 때, 콤바인의 전후진 작동과 종자 배출 장치의 작동이 일치하지 않아 종자의 중복 살포가 발생하였음.
- ③종자의 살포 중에 종자관에 막힘이 발생하여 상당 구간 파종이 되지 않는 현상이 발생했으나 작업자는 이를 감지하지 못하였다. 또한 감지했다고 하더라도 상당 거리를 지난 후에 작업자가 상황을 파악할 수 있어 구간별로 파종이 안되는 현상을 막기가 어려웠음.

이상과 같이 콤바인을 이용한 파종은 작업의 편리성과 경비 절감이 가능한 것으로 보이지만 아직은 작업상의 문제점이 많은 것으로 판단되어 본 연구에서의 파종 작업에서는 이 방식의 파종은 배제하였다.

없는 것으로 판단되었다. 그러나 대맥의 경우는 작물의 키가 적어 호맥에 비해 예취시의 손실이 큰 것으로 판단되었다. 다소 수확이 어려운 부분이 있었으며 따라서 다양한 작물에 대한 예취 작업으로 고려한다면 전방에서 동력을 취출할 수 있는(front p. t. o) 트랙터를 개발하여 전방 부착형 모어를 사용해야 할 것으로 판단되었다.

작업 능률은 20분/600평 정도였으며 그림2-15 에 트랙터 부착형 디스크 모어를 이용한 작업 광경을 나타내었다.



그림 2-15 디스크 모어를 이용한 예취작업

#### 나. 반전, 집초작업

반전, 집초작업은 레이크를 트랙터에 부착하여, 예취되어 포장에 방치된 작물을 반전시키거나 집초열을 형성한다.

반전 작업은 기본적으로 작물의 건조를 촉진하기 위해서 실시되었지만 작물이 예취되어 포장에 방치되면 표면이 노출된 작물은 말라있고 밑에 깔린 작물은 함수율이 높으므로 베일 작업 전에 작물을 반전시켜 골고루 말리는 작업이 필요한 것으로 판단된다. 이는 예건 시간에 1회 정도의 반전으로 충분한 것으로 판단된다.

또한, 집초열을 만드는 집초작업은 베일러에 의한 베일 작업이 용이하도록 하여야 빠른 베일 작업이 이루어 질 수 있다. 즉, 형성된 집초열의 집초량이 많을 경우 베일러 공급부가 막히고 작물의 제거 작업에 시간이 많이 소요되며 기계 파손의 우려도 있다. 한번 공급부가

막히게 되면 공급부의 작물을 제거하고 작업을 다시 시작하는 데에 많은 시간이 요구되므로 포장 손실이 커진다. 또한 집초열의 집초량이 균일하게 되지 못하면 트랙터의 움직임도 정상주행과 서행을 반복하므로 작업 능률이 매우 저하된다. 따라서 세심한 집초 작업으로 집초열의 두께가 균일하고 직선을 이루도록 작업해야 한다. 또한 작업전 지면과 레이크의 끌어올림 봉의 간격을 잘 조절하여야 한다. 간격이 좁을 경우 베일에 흙이 많이 들어가게 되고 간격이 넓을 경우 집초작업이 불량하게 된다. 레이크를 이용하여 집초작업을 실시할 경우 작업의 진행 방향에 유의해야 한다. 즉, 앞서의 모어 작업시 재료를 예취하면 작물의 이삭부는 전방을 향하게 되고 레이크 작업의 경우 모어 작업시의 작업방향과 동일한 방향으로 작업을 해야하는데, 그렇지 않으면 레이크의 타인부가 알곡부에 직접 닿게 되어 특히 보리의 경우 알곡의 탈립이 우려된다.

작업 결과 집초 작업의 작업 능률은 10분/600평으로 조사되어졌다. 그림2-16에 예건 중의 작물의 반전작업을 나타내었고 그림2-17에서는 베일링하기 위해 재료를 집초하여 집초열을 만들고 있는 장면이다.



그림2-16 테더에 의한 반전작업



그림 2-17 레이크에 의한 집초작업

#### 다. 베일작업

베일 제조는 예취되어 포장에 방치된 작물을 베일러를 이용하여 작업하게 되는데 초지와는 달리 답리작의 경우는 흙먼지가 많이 발생하여 베일의 품질 저하를 가져올 수 있으며



로 베일러 작업시 세심한 주의가 필요하다. 베일은 밀도가 높을수록 사일리지 제조에 유리한데, 원형 베일러의 경우 약 350~400 kg/㎡ 정도가 된다. 따라서 베일러 작업시 압축 압력이 충분한 상태에서 베일을 배출하여 베일의 밀도 저하가 없도록 해야 할 것이다. 형성된 집초열의 집초량이 많을 경우 베일러 공급부가 막히고 작물의 제거 작업에 시간이 많이 소요되며 기계 파손의 우려도 있어 세심한 집초 작업이 선행되어야 한다. 그리고, 포장이 직사각형의 형태가 아닌 경우 집초열의 형성이 불균일하여 베일링 작업시에도 효율이 매우 떨어졌다. 베일 작업은 고속으로 이루어지는 데 포장 내에 배수로가 있을 경우 충격에 의한 기계의 손상이 발생하거나 작업 속도를 늦춤에 따른 작업의 효율성이 떨어지게 된다. 따라서 배수로 형성시 포장의 가장자리에 배수로를 형성하는 것이 좋다.

베일 작업 직전에는 집초열에 유산균 또는 개미산 등의 첨가제를 살포하여 사일리지의 품질을 향상시키기 위한 작업을 하게 되는 데, 이 때 베일러에 분사장치를 장착하여 용액상태의 첨가제를 살포하면 쉽게 작업이 이루어질 수 있다. 본 연구에서의 개발된 사양에서는 위의 분사 장치가 없어 1, 2차년도 작업에서는 수작업으로 첨가제를 살포하였다. 그러나 3차년도에 분사 장치를 추가로 제작하여 작업을 실시해야 할 수 있었으며 이에 따라 첨가제 작업이 매우 간편해졌다.

베일 작업의 능률은 20분/600평이었으며 수작업 및 기계장치에 의한 첨가제 살포 장면, 베일링 작업 장면을 그림2-18, 그림2-19, 그림2-20에 나타내었다. 또한 베일러에 의해 압축, 결속이 완료된 사진을 그림2-21에 나타내었다.



그림2-18 장치에 의한 첨가제 살포



그림 2-19 수작업 첨가제 살포

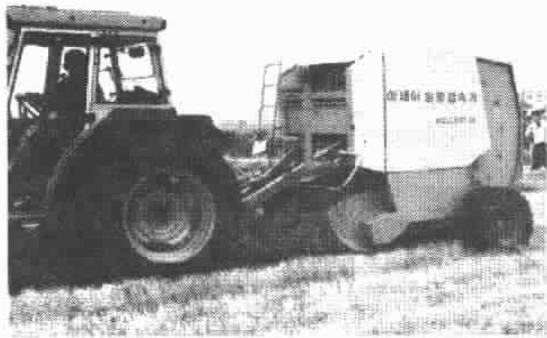


그림 2-20 베일러에 의한 압축, 결속 작업



그림 2-21 압축, 결속이 완료된 베일

#### 라. 랩핑작업

베일된 작물을 단시간 내에 랩핑하지 않을 경우 베일에서 호흡에 의한 열과 수분이 발생하여 베일의 형태가 파손되어 랩핑이 불가능하므로 베일 작업을 실시한 당일 랩핑 작업을 실시해야한다. 일단 베일링이 된 베일은 무게가 매우 무거운데 베일을 pick-up하여 회전 테이블 위에 불안정하게 안착시킬 경우 베일 회전시 베일이 바깥으로 튀어나갈 우려가 있으므로 안전을 고려한 정확한 작업이 필요하다. 랩핑에 사용되는 비닐은 사일리지의 장기 밀봉에 있어 매우 중요한 역할 하므로 세심하게 살펴보아야 한다. 랩-비닐은 랩핑시 원래 길이의 약 20% 이상이 늘어나면서 재료를 밀봉하게 되므로 비닐에 실날같은 스크래치 등이 있어도 구멍이 발생하게 된다. 비닐에 구멍이 생기면 그 부분에 공기가 침입하여 변패가 일어나며 점차로 그 부위가 커지면서 장기적으로 사일리지 저장 중의 손실을 크게 증대시킨다. 따라서 이상이 있는 랩-비닐은 사용치 말아야 하며 랩-비닐의 보관시에도 건조하면서 통풍이 잘 되는 곳에 보관하여야 한다. 작업 능률을 측정하여본 결과 베일 1개 작업에 약 10분이 소요되었다. 작업 장면을 그림2-22에 나타내었다.

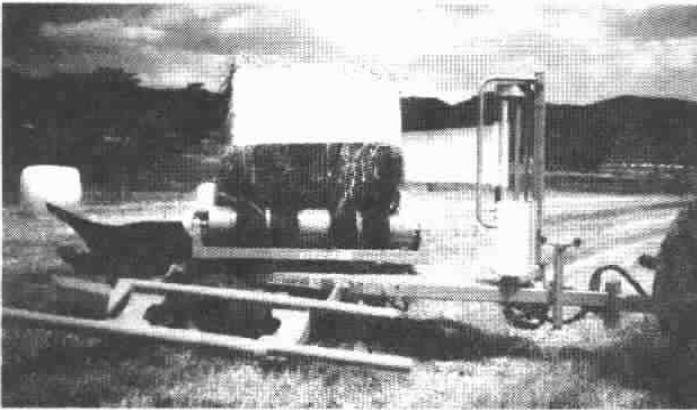


그림 2-22 베일랩퍼에 의한 랩핑작업

#### 마. 베일 운반 및 적재 작업

베일 운반은 트랙터에 부착된 사일리지 핸들러를 이용하여 작업하게 된다. 운반 및 적재시 핸들링을 부드럽게 하지 않을 경우 피복된 비닐이 찢어지기 쉽다. 비닐이 찢어질 경우 테이프 등으로 밀봉을 하게 되는데 오래지 않아 틈새가 발생하고 공기가 침투해 사일리지가 변질되므로 최대한 비닐이 찢어지지 않도록 주의해야 하고, 파손된 베일부터 급여를 하여야 한다. 작업 장면을 그림 2-23 에 나타내었다.

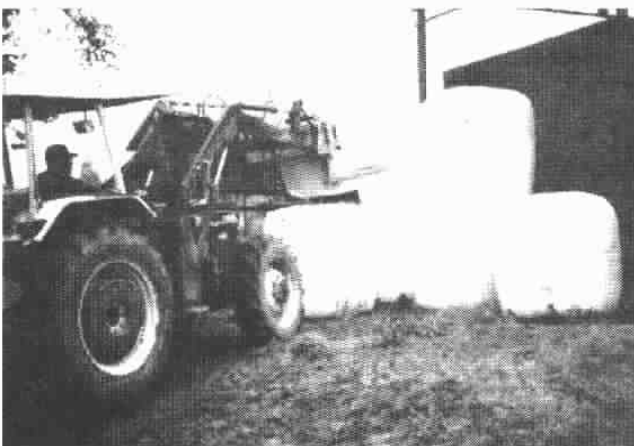


그림2-23 핸들러에 의한 베일운반, 적재

수분이 빨리 외부로 증발하지 않으므로 반드시 작물의 아래 위를 뒤섞어 주는 tedding 작업이 이루어져야 한다. 그림 2-32는 레이크를 이용한 집초 장면이고 그림 2-33은 비맞은 재료를 예건하고 있는 장면이다.



그림 2-32 레이크를 이용한 집초



그림 2-33 비맞은 재료의 예건

다. 재료의 함유율이 사일리지 품질에 미치는 영향

1) 재료 함유율에 따른 건물량의 손실

앞서 언급한 바와 같이 헤일리지와 같이 사일리지 재료의 함유율이 낮을 경우 건물 손실이 낮아지는 것으로 알려지고 있다. 호밀 랩-베일을 이용한 실험 보고에서도(김종근, 1996) 표 2-52와 같이 같은 결과를 보여주고 있다.

표 2-52 저장 60일 후 랩-사일리지의 건물 손실

수확시기	예건일수			평균
	예건 안함	0.5일	1 일	
수잉기	32.6	28.4	16.2	25.73
출수기	20.5	18.7	9.2	16.13
개화기	16.3	13.7	7.4	16.64
평균	27.31	20.27	10.93	19.50

산 처리, 유산균 처리한 베일을 각각 준비하였다. 또한 온도는 랩-베일의 내부, 상부, 측면 부에서 측정하였고, pH는 랩-베일 내부의 pH를 측정하였다.

## 2) 함수율과 pH 및 유기산의 측정

사일리지의 함수율은 적외선 수분계(일본Kett, FD-240)로 측정하였다. pH와 유기산의 측정은 각각 pH-meter(Orion, 420A), HPLC(고속액체크로마토그래피; U.S.A Waters Co. Model 600E)장비를 이용하였다. 그런데, 준비된 시료는 모두 고체상태로 pH와 유기산의 분석이 불가능하므로 이를 용액상태로 추출하는 전처리를 실시하였다. 그림 2-35는 샘플 채취 장면이다. 전처리의 실시는 사일리지 용액추출시의 전형적인 방법(하종규 외, 1992)을 사용하였다. 과정을 요약하면 ①준비된 시료 15g을 샘플병에 넣고 여기에 증류수 150ml를 가하여 때때로 흔들어 주면서 24시간 방치한다(그림 2-36). ②여과지(5A)로 여과하여 추출물을 얻는다. pH의 측정은 얻어진 추출물 일정량으로 그림 2-37와 같이 범용의 pH-meter를 이용하여 반복 측정하였다. 유기산을 분석하는 경우는 추출물을 고정도 필터를 이용하여 한번 더 여과하고 여과액 10 $\mu$ l를 HPLC 장비에 주사하여 용액 내에 존재하는 젖산, 초산, 낙산의 함량을 측정하였다(그림 2-38).



그림 2-35 샘플 채취장면

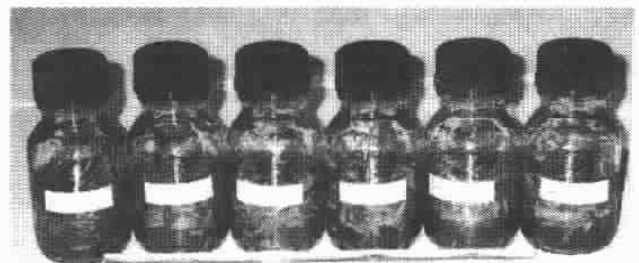


그림 2-36 용액 추출을 위한 진탕



그림 2-37 pH의 측정

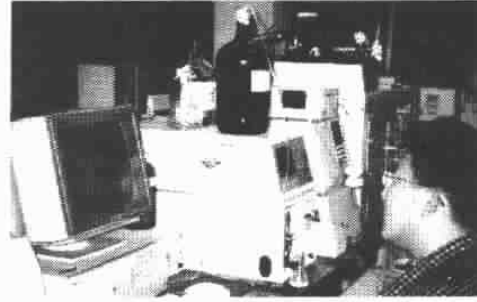


그림 2-38 유기산의 측정

### 3) 랩-베일 내의 온도와 pH의 측정

랩-베일의 온도와 pH의 변화 조사는 제조된 위에서와 같이 준비하여 온도 센서와 pH 센서를 랩-베일 내부에 삽입하여 측정하였다. 삽입시는 랩-베일에 원하는 깊이 만큼 센서가 삽입될 수 있을 정도의 구멍을 뚫고 센서를 삽입한 후에 다시 재료를 압축하여 채워넣고 랩-베일 외부로 공기가 새지 않도록 1차 접착 밀봉후 실리콘으로 2차 밀봉하였다.

pH 측정 장비는 범용 ph-meter(HANNA HI8314, Korea)이며 사양은 표2-55와 같다.

표 2-55 pH 측정에 이용한 장비의 사양

항목	기준
측정 범위	0.00 ~ 14.00 pH
정확도	±0.01 pH
온도보상	자동, 0℃ ~ +100℃
전극 형태	플라스틱 몸체 + pH 전극

또한 온도 측정에 이용된 센서와 계측장비의 사양을 표 2-56에 나타내었다

표 2-56 온도 측정에 이용된 센서와 계측장비의 사양

다점 온도계	사용 센서	측정범위	정확도	최소 분해능
형식명 : DR130 제조사 : YOKOGAWA	T-type Thermocouple	-200 ~ 400℃	±0.05%	0.1℃

온도와 pH의 연속적인 측정을 위한 장치의 설치 장면을 그림 2-39에 나타내었다.



그림 2-39 온도와 pH의 연속적인 측정을 위한 장치의 설치 장면

## 2. 품질 분석 결과 및 고찰

### 가. 맥류 랩-사일리지의 품질 분석 결과

#### 1) 관능 검사결과

관능 검사의 결과를 아래의 표 2-57에 나타내었는데, 결과는 매우 양호했다.

표 2-57 맥류 랩-사일리지의 관능 검사결과

항목	성상	점수	판정	비고
냄새	낙산취없고, 향긋한 산취	14	*합계점수 : 18 *등급 : 1 (우수~양호)	(Ohyama 등, 1980)
구조	앞과 줄기 약간 파괴	2		
색깔	변색이 없는 담황색	2		

#### 2) 함수율 측정 결과

본 연구에서 사용된 랩-비닐은 1겹의 두께가 25 $\mu$ 이며 함수율의 측정은 재료의 함수율 (w.b. 50%, w.b. 60%)에 따라 각각 2겹, 4겹, 6겹, 8겹의 밀봉을 실시하여 함수율의 변화를 비교하였다. 그런데 비닐 2겹 밀봉의 경우는 랩-사일리지의 운반 및 저장시 파손이 지나치게 빈번하여 현실적으로 2겹의 밀봉은 피해야 할 것으로 판단되었다.

본 조사에서는 베일링 당시의 베일의 함수율을 각각 5개소에서 측정하여 평균함수율을 조사하였고 변화된 함수율은 2개월 후 동일한 랩-베일에 대해 3개소에서 표면에서 중심부까지의 시료를 채취하여 그 평균치를 취하였다. 그 결과를 그림 2-40에 나타내었다.

## 가. 차축부

원형 베일러는 자주식이 아닌 트랙터 견인형으로 사용되는데 차축부는 베일러와 베일의 전체 무게를 지탱하면서 운행될 수 있도록 견고히 설계되어졌다. 수입 기대의 타이어는 지면과의 접촉을 최대한 늘리기 위해 광폭을 채택하여 면압을 줄였으며 휠은 광폭 타이어에 알맞도록 선정되어 있는데 본 연구에서는 우선 현재 국내의 다른 차종에 사용중인 제품을 구매하기 위하여 보다 좁은 폭의 타이어를 채택하였다. 광폭의 타이어를 사용할 경우 안정된 주행 성능의 측면에서 본다면 유리하나 전체 기대의 주행 폭이 넓어져 좁은 농토의 경우 운행에 지장이 있을 수도 있다. 바퀴나 휠의 개발은 상당한 비용이 필요한 관계로 통상 기계의 개발시기 개발되어 있는 종류를 사용하고 또한 여러 종류의 바퀴를 장착할 수 있도록 하여 필요에 따라 바퀴의 형태를 달리할 수 있도록 한다. 따라서 타이어 및 휠의 사양은 기대 제작 완료후 장기간의 현장 테스트에서 가장 적절한 사양을 결정하도록 할 예정이다. 또한 액슬축 및 허브 등은 수입 견본품의 사양을 참조하고 원형 베일러 및 베일의 전체 중량을 고려하여 운행시 축부의 파손이 발생하지 않도록 견고하게 설계한 후 실제 제작을 하였다. 차축의 재질은 고강도 재료인 Cr-Mo 합금 탄소강을 사용하였으며 허브의 경우는 충격치, 탄성율, 진동흡수 성능이 좋은 ductile주철을 사용하였다. 적용된 베어링은 테이퍼 롤러 베어링으로서 차축에 걸리는 축방향의 힘에도 잘 견디도록 하였다. 중요 개발품의 제작사진은 다음과 같다.

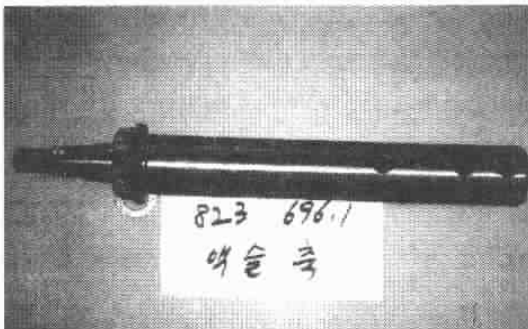


그림3-4 액슬축과 테이퍼 롤러 베어링



그림3-5 허브와 테이퍼 롤러 베어링

## 나. 외장부

외장부는 원형 베일러의 좌우 측면에 위치한 동력 전달부, 각 링크 장치부, 유압부 등과 후



면으로 노출되어 있는 베일 원통부를 보호함과 동시에 기대의 상품성을 높이기 위해 보다 미려한 외관이 되도록 수입 견본을 참조하여 설계하였다. 또한, 철판의 재질은 스테인레스 강판으로서 장시간 작업으로 도장이 벗겨지더라도 녹이 슬지 않도록 하였다. 중요 개발품의 제작사진은 아래와 같다.

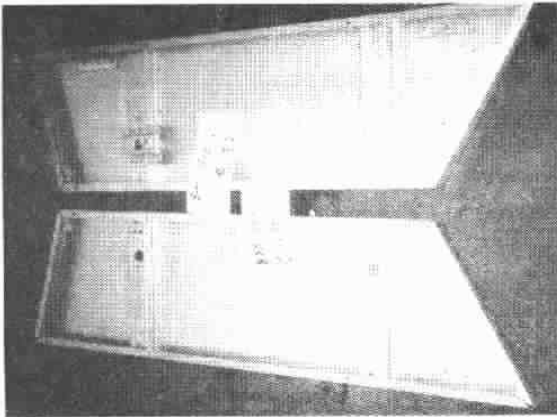


그림3-6 작은 문(좌), 작은 문(우)

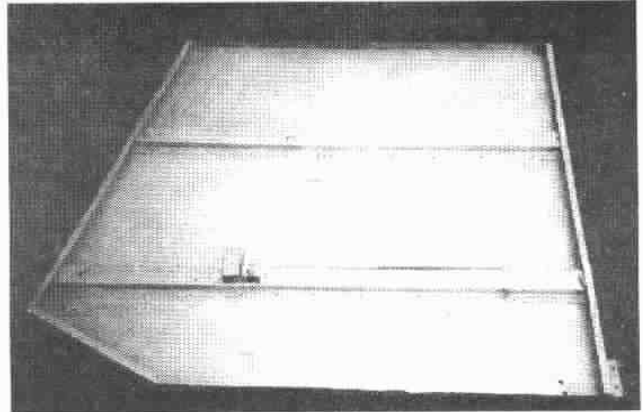


그림3-7 문(우)

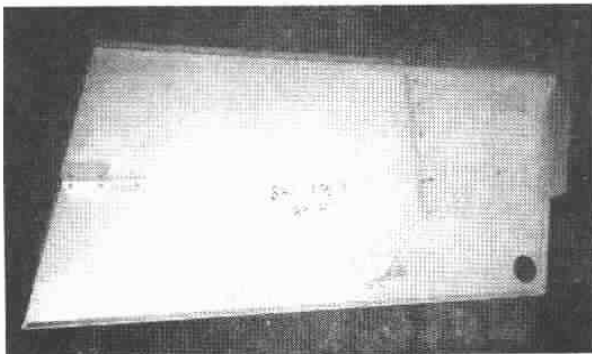


그림3-8 카버

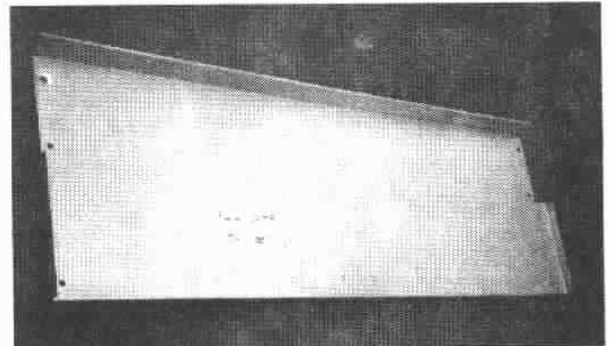


그림3-9 카버(하)

#### 다. 배출 링크부

배출 링크부는 베일작업 완료한 뒤 베일 배출 후 베일러 후측부의 단힘에 지장이 없게 하기 위해 베일이 기대로부터 완전히 벗어날 수 있도록 유도하는 장치이다. 배출 링크부의 디스차지 램프(Discharge Lamp)에는 리미트 스위치를 작동할 수 있도록 기구장치가 연결되어 있는데 이는 베일이 완전히 배출되었는가를 작업자가 트랙터 내에서 감지할 수 있도록 하기 위함이다. 베일이 기대의 작동에 이상이 없을 만큼 멀어지도록 하기 위해서는 디스차지 램프의 높이와 길

이가 알맞게 설계되어야 하는데 본 연구에서는 수입기대의 사양을 참조하여 작동에 이상이 없도록 설계, 제작하였다. 또한, 압축된 베일의 무게는 500-600 kg 정도로 매우 무거운 데, 배출시의 충격을 견딜수 있도록 디스차지 램프는 직경 48mm의 파이프를 사용하였으며 스프링을 장착하여 완충이 될 수 있도록 하였다.

중요 개발품의 제작사진은 아래와 같다.

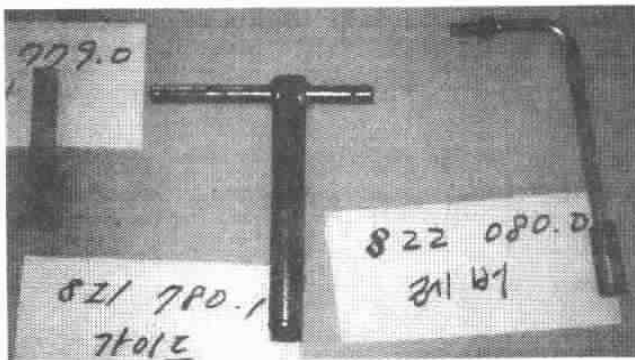


그림3-10 핀, 레버, 가이드

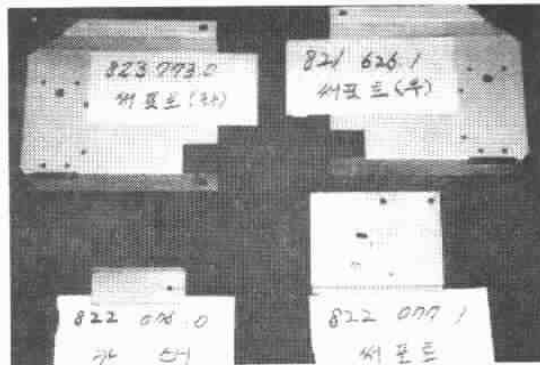


그림3-11 카버, 씨포트

#### 라. 동력전달장치

위에서 살펴 본 바와 같이 베일의 성형은 일련의 연속 작업에 의해 작물의 수집-압축-결속-배출의 과정을 거침으로서 완료가 된다. 이러한 연속적인 과정의 기계 작동은 배출시의 tailgate 작동시의 유압 이용 외에는 모두 트랙터의 P.T.O 동력을 이용하고 있다. P.T.O 회전 속도의 기준은 540rpm으로 하였으며 U/joint를 이용하여 베일러로 동력을 전달하도록 하였다. U/joint의 트랙터 측에는 광각 U/joint가 사용되었는데, 그 이유는 트랙터에 장착한 상태에서 베일링 작업을 할 경우 작업은 직선작업과 선회작업으로 이루어진다. 특히 선회하면서 베일링을 하는 경우는 그 꺾임각이 대단히 커질 수 있어 보다 넓은 각도에까지 사용될 수 있는 광각 U/joint를 쓰지 않으면 U/joint의 파손이 발생할 수 있고 나아가 작업자의 안전에도 문제가 발생할 수 있다.

이렇게 전달된 동력은 베일러의 각 부에 전달되어 각각의 기능을 수행토록 하는데, 그림 3-12에 동력의 전달과정을 나타내었다. 그림에서 나타난 바와 같이 트랙터의 P.T.O를 통하여 전달된 동력은 작물의 투입을 위한 픽업 장치와 보조 feed rake의 작동, 베일의 성형을

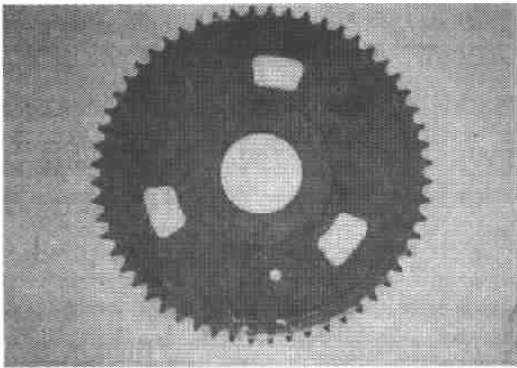


그림 3-15 구동 스프로켓

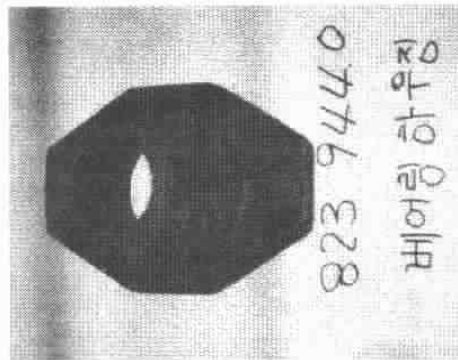
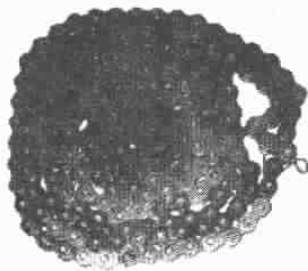


그림 3-16 베어링 하우징



822 693

그림 3-17 롤러 체인

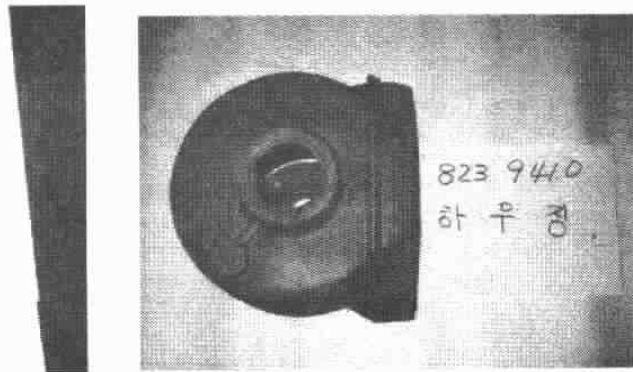


그림 3-18 기어박스 하우징

#### 마. 압출 레이크장치

압출 레이크 장치는 작물 수집시 작물들을 베일 압축실로 안내하는 장치로써 상하 2개의 레이크로 이루어져 있다. 이들은 픽업 장치의 뒤쪽에 위치하여 픽업 장치에 의해 투입되는 작물이 압축실(bale chamber)로 공급될 때 일정한 두께가 유지될 수 있도록 작물의 투입 두께를 조정한다. 즉 지나치게 많은 작물이 한꺼번에 투입되는 것을 방지하며 특히 상부의 압출 레이크의 경우는 텐션 스프링이 장착되어 있어 투입 작물에 약간의 압축력이 작용

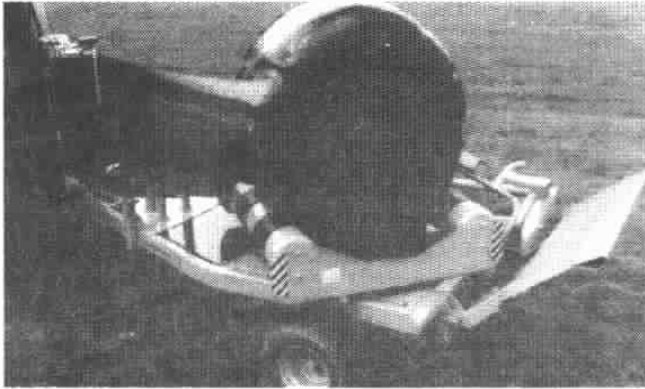


그림 4-1 원형 베일 래퍼



그림 4-2 원형 베일래퍼(소형)

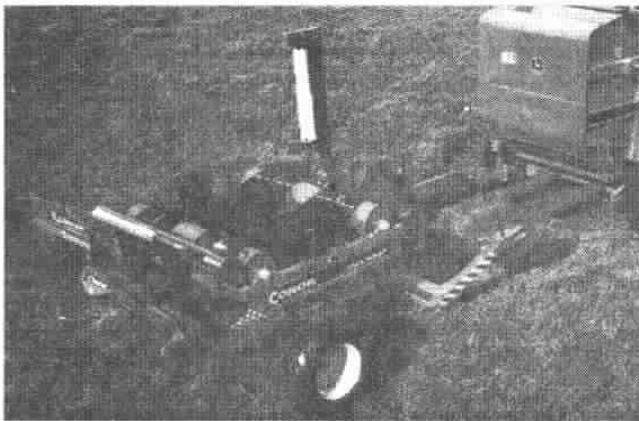


그림 4-3 조합형 래퍼(원형 베일용)



그림 4-4 비닐 공급부 회전형 베일래퍼

위에서 살펴본 바와 같이 현재 세계 각국에서는 여러 형태의 베일 래퍼가 사용되고 있는데, 우리나라는 서구와 달리 경지 규모가 협소하므로 베일 래퍼는 베일-랩핑 조합형보다도 트랙터에 장착하여 단독으로 작업할 수 있는 트레일러 형으로 결정하였다. 랩-비닐의 피복 형태는 비닐 공급부의 회전에 의한 피복 장치가 비닐의 인장(stretching)효과와 기구의 구조가 상대적으로 약한 것으로 판단되어 2축 회전(회전 테이블 및 회전 드럼)형태로 하였다. 동력은 트랙터의 외부 유압에서 취출하였으며 따라서 유압의 작동이 일반적인 범용의 트랙터에서 가능하도록 작동압력을 최고160 kg/cm<sup>2</sup>, 최소 작동유량을 18 litre/min로 하였다. 베일의 리프트 능력은 최대 1,000 kg으로 하였는데, 이는 현재의 원형 베일러에 의해 생산될 수 있는 베일의 무게는 건조인 경우 약 300kg에서 생초의 경우 약 800 kg을 상회하

(주)의 D4351-4WD 기종으로 복동식 외부유압 포트에 유압을 연결하도록 하였다. 트랙터의 유압은 최대 압력 220kg/cm<sup>2</sup>, 최대 유량 30 ℓ/min의 사양을 가지고 있지만 베일 래퍼에는 유압 회로 내의 안전을 위한 릴리프 밸브의 작동압력이 최대 170 kg/cm<sup>2</sup>로 셋팅되어 있고, 유량 역시 작업 상의 안전을 위하여 20 ℓ/min 이상의 유량은 by-pass 되도록하는 정유량 밸브를 장착하고 있다. 압력의 측정은 strain gauge type의 압력 변환기를 유압 입구측에 장착하여 베일 랩핑의 전공정에 있어 관내에 형성되는 압력을 측정하도록 하였다. 사용된 압력 변환기의 사양은 아래의 표4-3 와 같고 그림4-12 와 4-13 에 압력 센서 및 마그네틱 센서 취부장면을 나타내었다. 또한 그림 4-14에서는 실제 작업을 실시하면서 data를 수집하는 장면이다.

표 4-3 압력 센서의 사양

제조회사	독일 WIKA 사
모델 NO.	Model 891.23.510
형식	thin-film strain gauge
압력 측정 범위	0 - 500 kg/cm <sup>2</sup>



그림4-12 압력 센서 취부 상태

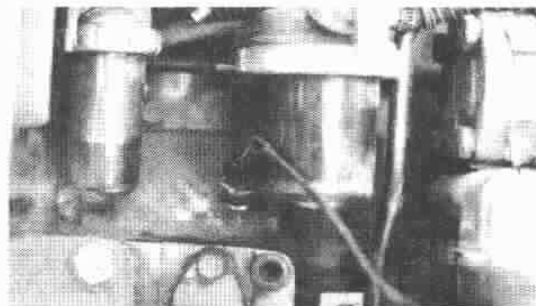


그림4-13 마그네틱 센서 취부 장면



그림4-14 data 수집 장면

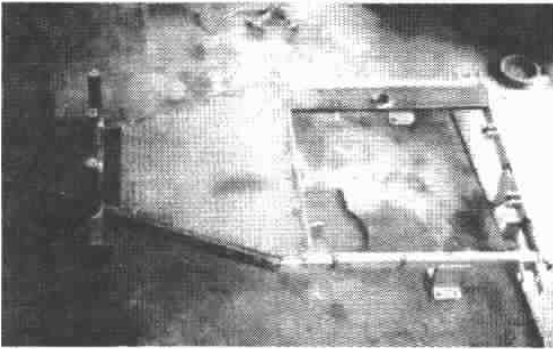


그림4-23 프레임

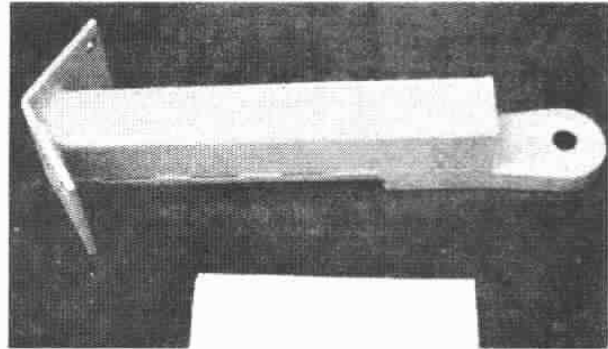


그림4-24 견인 드로바

#### 나. 트랜스 미션 및 회전 테이블 장치부

트랜스 미션부는 유압모터로부터 전달되는 회전력을 체인을 통해 기어박스 하우징에 용접되어 있는 스프로켓(잇수 38)으로 전달하여 기어 박스 전체를 회전시킨다. 이에 따라 38 스프로켓에 볼트로 연결되어 있는 회전 테이블이 회전하게 된다. 또한, 기어박스 축 조합은 덤프 프레임에 고정되어 있어 기어 박스(회전 테이블)가 회전함에 따라 베벨 기어에 의해 연결되어 있는 베벨기어 축이 회전하게 되고 베벨기어 축에 동력이 연결되어 있는 롤러가 회전하게 된다. 이로써 회전 테이블 위에 올려진 원형 베일은 회전 테이블의 회전에 의해 수직축 중심으로 회전함과 동시에 롤러의 회전에 의해 수평축 중심의 회전을 하게 되어 베일의 모든 부분이 비닐 피복 될 수 있다. 따라서 베일의 2축 중심의 회전 작동은 미션부의 기어박스 조합을 통하여 이루어지게 되는 것이다. 이러한 기어박스 조합은 무거운 베일과 회전 테이블, 롤러 등을 지지하면서 회전하는 관계로 부품의 높은 강도가 요구된다. 따라서 미션부의 기어 박스 하우징, 스프로켓, 축류 등의 부품 재질은 강도가 높은 고탄소강(SM45C)을 적용토록 하였으며 베벨기어의 경우 탄소강 중에서도 기계적 성질이 뛰어난 Cr-Mo강(SCM415(H)-SCM420(H))을 적용하여 기계 작동시의 각종 응력에 잘 견디고 내마모성을 증대시켰다. 중요 개발품의 제작사진은 아래와 같다.

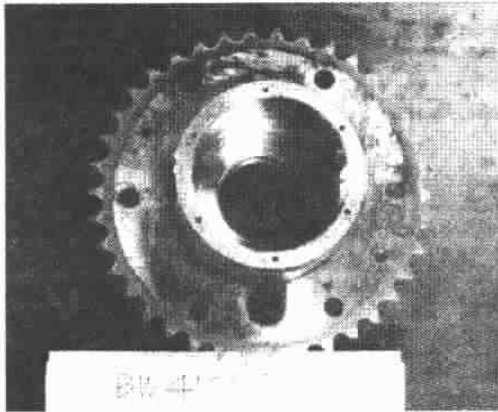


그림 4-25 기어박스

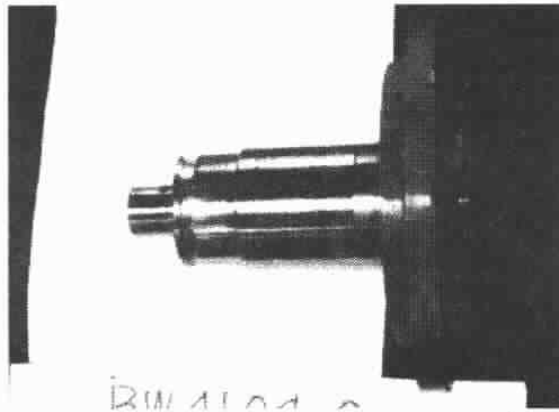


그림4-26 기어박스 축

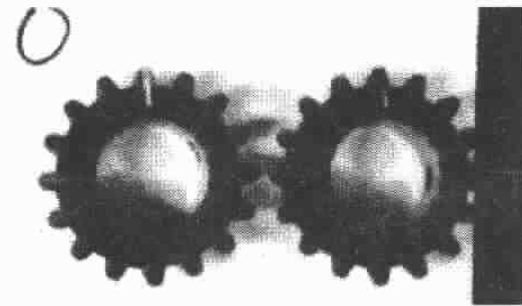


그림 4-27 베벨 기어

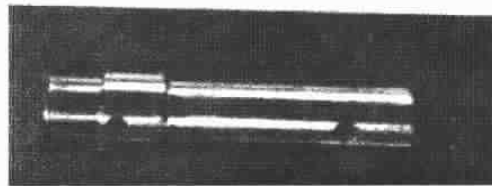


그림4-28 베벨기어축

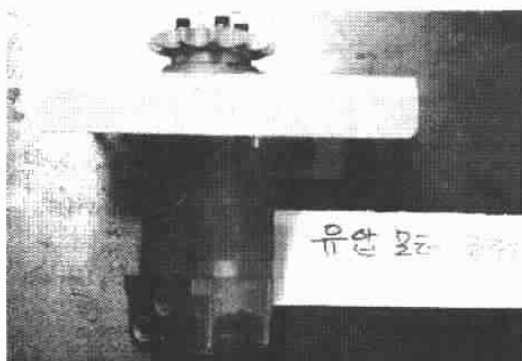
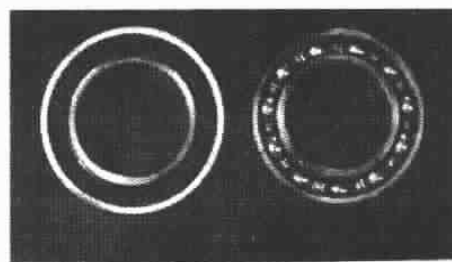


그림4-29 유압모터 조합



볼베어링  
그림4-30 볼베어링



그림4-31 회전 테이블과 트랜스미션 조립 장면

#### 다. 차축부

베일 래퍼는 자주식이 아닌 트랙터 견인형으로 사용되는데 차축부는 베일 래퍼의 전체 무게와 베일 자체의 무게를 지탱하면서 운행될 수 있도록 견고히 설계되어졌다. 타이어는 지면과의 접촉을 최대한 늘리도록 광폭을 채택하여 면압을 줄였으며 휠은 광폭 타이어에 알맞도록 선정하였는데 본 부품은 모두 현재 국내의 다른 차종에 사용중인 제품을 구매하도록 하였다. 또한 차축 및 차축 허브, 차축 프레임 등은 수입 견본품의 사양을 참조하고 베일 래퍼와 베일의 무게를 합한 전체 중량을 고려하여 운행시 축부의 파손이 발생하지 않도록 견고하게 설계한 후 실제 제작을 하였다. 차축의 재질은 고강도 재료인 탄소강(SM45C, 직경 67.5 mm)을 사용하였으며 허브의 경우는 충격치, 탄성율, 진동흡수 성능이 좋은 ductile주철을 사용하였다. 적용된 베어링은 테이퍼 롤러 베어링으로서 차축에 걸리는 축방향의 힘에도 잘 견디도록 하였다. 중요 개발품의 제작사진은 아래와 같다.



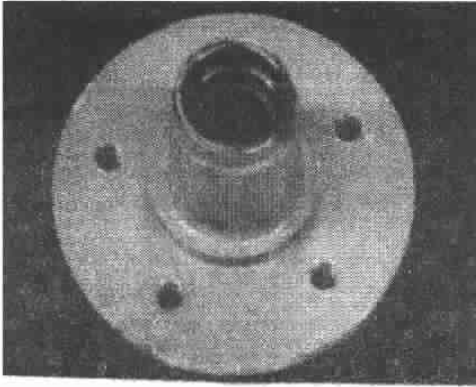


그림4-32 차축 허브

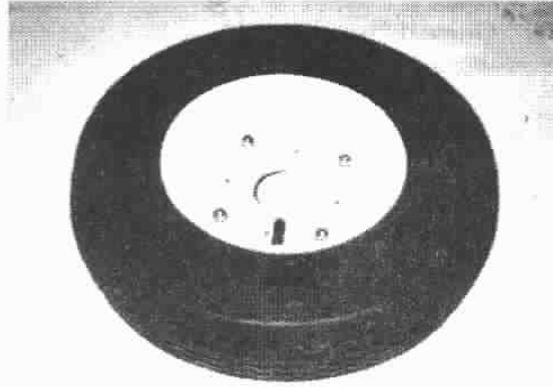


그림4-33 바퀴조합

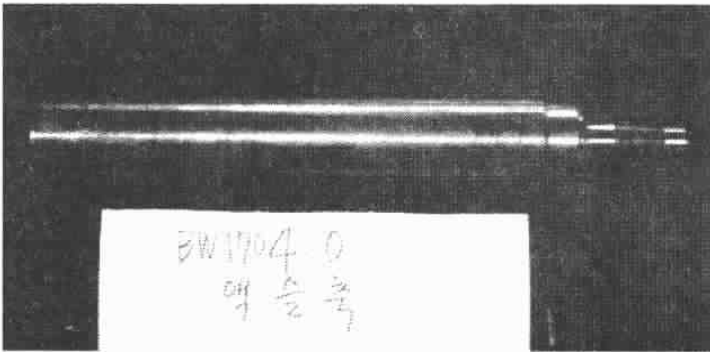


그림4-34 액슬 축

## 라. 베일픽업 및 배출장치

### 1) 베일 픽업 장치

본 장치는 베일러에 의해 압축된 베일을 래퍼의 회전 테이블에 올려 놓기 위한 장치로서 픽업 프레임A(그림 4-35), 픽업 프레임B(그림 4-36)의 2개의 프레임으로 구성이 되어 있으며 작동은 본체의 프레임에 장착된 유압 실린더에 의해 구동된다. 프레임은 500kg 이상의 무게를 가지는 램-사일리지용 베일의 핸들링에서도 무리가 없도록  $\varnothing 100\text{mm}$ 의 두꺼운 파이프 로 이루어져 있으며 입구측은 베일 진입이 용이하도록 외측으로 벌어지도록 하였다. 또한 베일을 프레임 안으로 진입시킨 후 정확한 위치에 베일이 오도록 하기 위해 스톱퍼 (stopper)를 설치하였다. 프레임A와 프레임B의 간격은 베일의 직경이 달라져도 베일을 안전

하게 들어올릴 수 있도록 조절이 가능하도록 되어 있다. 프레임A의 내측은 2개의 봉으로 구성하였는데, 이는 베일을 픽업 프레임으로 들어올린 후 회전 테이블에 내려 놓을 때의 충격을 줄이기 위한 것이다.

픽업 프레임 조합의 설계 사양은 완성 부품을 본체 프레임에 부착하여 시험을 실시한 후 확정하였다. 그림 4-37 은 픽업 프레임 조합의 완성 제작된 사진이며 본체의 프레임에 장착하고 있는 장면이다.

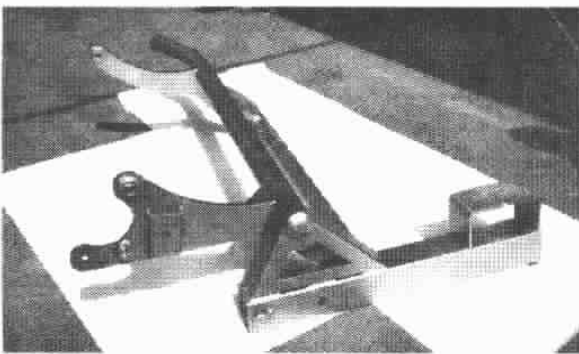


그림4-35 픽업프레임(A)

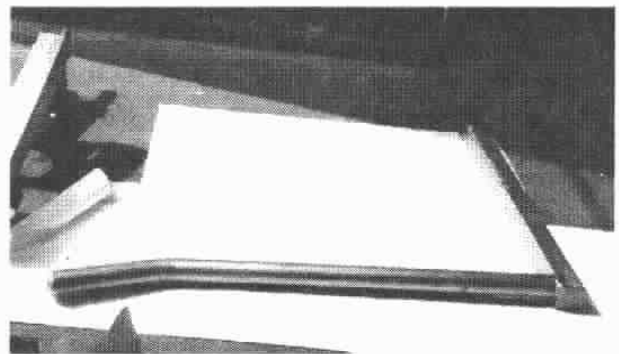


그림4-36 픽업 프레임(B)

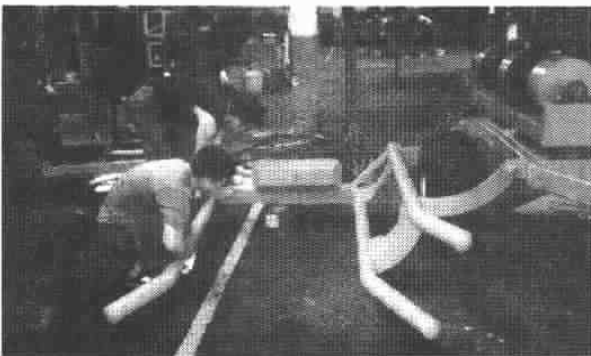


그림4-37 픽업 프레임 조합

## 2) 베일 배출장치

베일 배출 장치는 베일 배출 프레임, 베일 이송 프레임, 매트 홀더판, 베일댐퍼 지지판 과 이들을 작동시키는 유압 실린더 등으로 구성되어 있다. 베일 배출의 작동은 2개의 실린더의 연동작용에 의해 이루어지는 데 베일의 배출 작동에 대한 개념도를 그림4-38 에 나타내었다. 그림에서 나타낸 작동의 mechanism을 설명하면 다음과 같다. 그림에서와 같이 베

일을 배출해야 할 경우는 ①덤프 실린더가 작동하여 덤프 프레임과 회전 테이블을 상승시키고 연이어서 배출 실린더가 작동하여 베일 이송 프레임의 상승과 베일배출 프레임 및 베일 댐퍼 지지판의 하강이 동시에 이루어지게 된다. ②덤프 프레임과 회전 테이블 및 베일 이송 프레임의 상승이 계속되면 베일은 자신의 중량에 의해 회전 테이블에서 떨어져 나와 베일 이송 프레임에 조립된 매트 홀더 판으로 옮겨지게 된다. 이후 ③ 베일 이송 프레임과 베일 배출 프레임은 랩-베일의 중량에 의해 각각 하강, 상승하고 회전 테이블은 자신의 중량에 의해 하강하게 된다. ④최종적으로 2개의 프레임 모두가 완전히 하강하게 되면 베일은 매트 홀더 판의 후측 또는 측면으로 떨어져 배출된다.

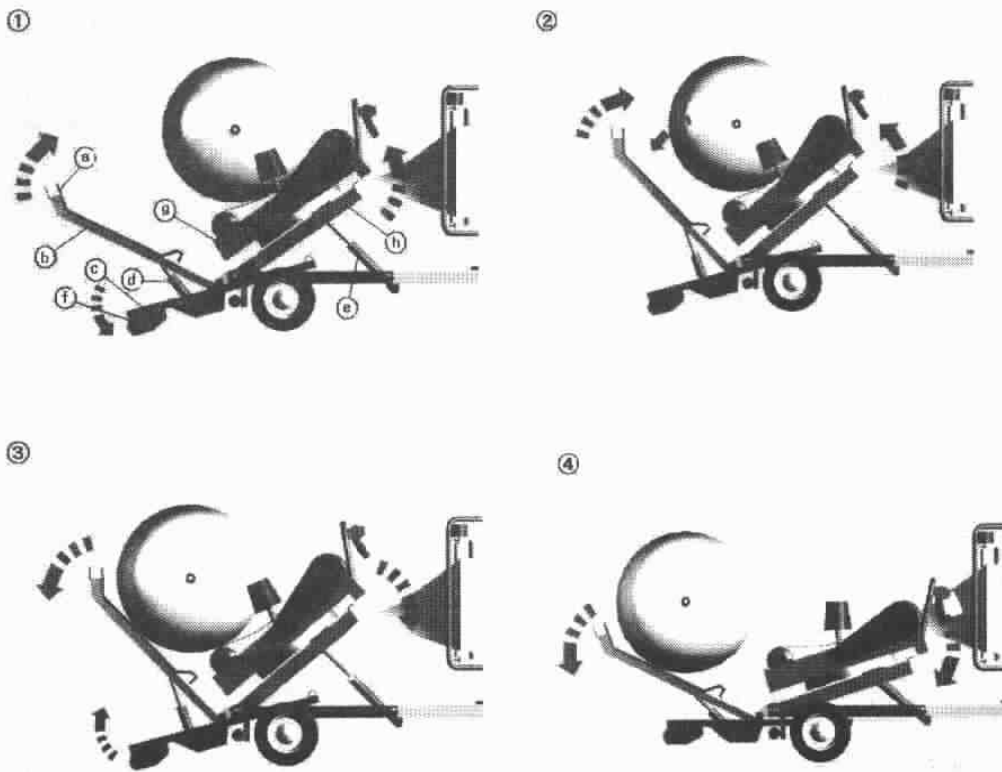


그림 4-38 배출 장치부의 작동 mechanism

주) a : 매트홀더 판, b : 베일이송 프레임, c : 베일배출 프레임, d : 배출 실린더,  
 e : 덤프 실린더, f : 베일 댐퍼 지지판, g : 회전 테이블, h : 덤프 프레임

아래의 그림에 본 연구에서 제작이 완료된 부품들을 나타내었다.

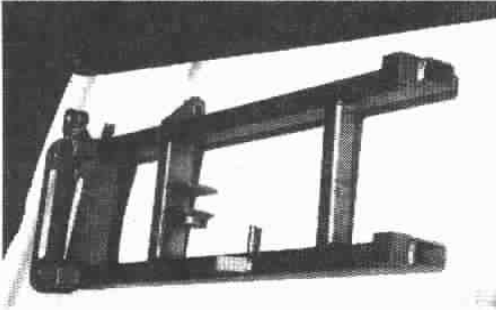


그림 4-39 베일이송 프레임

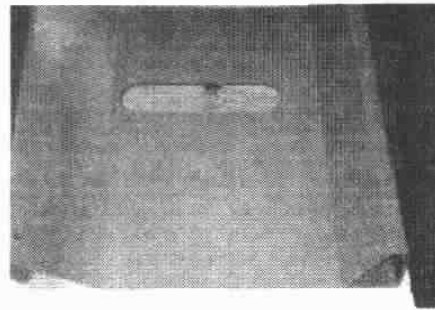


그림 4-40 매트 홀더

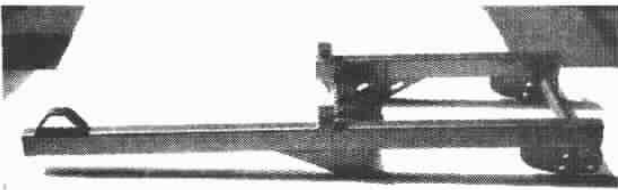


그림 4-41 베일 배출 프레임

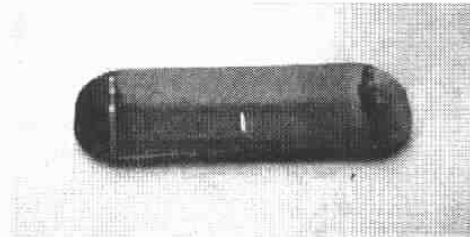


그림 4-42 배출 댐퍼 지지판

#### 마. 전기장치부

베일 래퍼에서의 랩핑 작업은 ①베일의 수집 및 적재, ②비닐의 공급, ③랩핑 작업, ④ 랩핑된 베일의 댐프 및 하역, ⑤랩-베일 배출 후의 회전 테이블의 원위치의 순서로 작동된다. 이들 작업들은 모두 유압모터 또는 유압 실린더 등의 유압 구동으로 작동되며 작동의 방법은 일련의 작업들을 작업자의 초기 작업 명령으로 전 공정을 자동으로 작동되게 하는 방법과 매 공정마다 작업자의 명령에 의해 수동으로 작동되게 하는 방법으로 나뉜다. 그림 4-43 에서는 수동 방식과 자동 방식에서의 작업 공정도를 나타내었다.

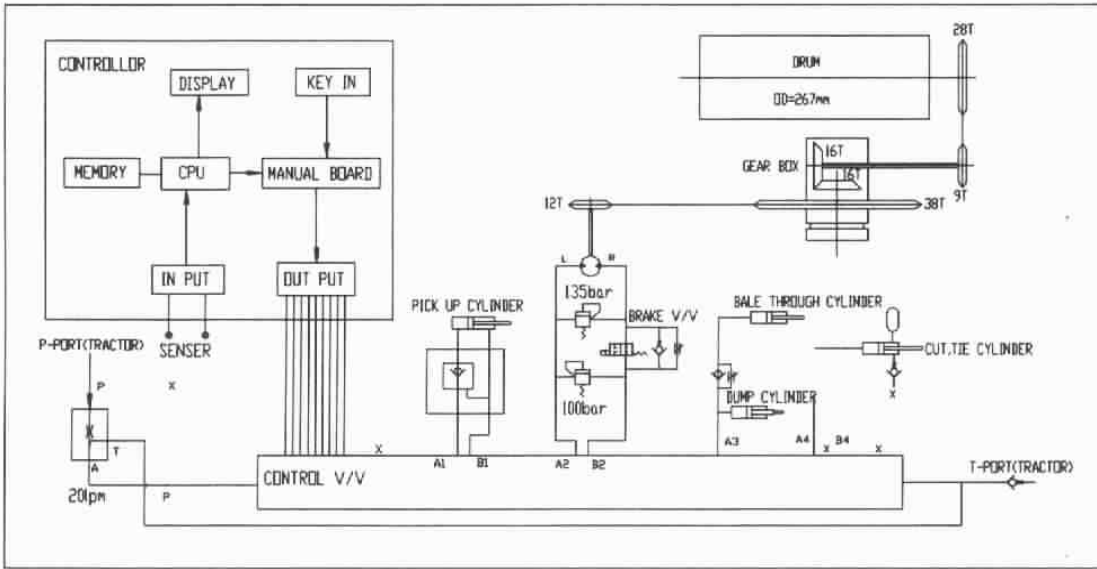


그림4-45 베일래퍼의 전체 작동 회로도

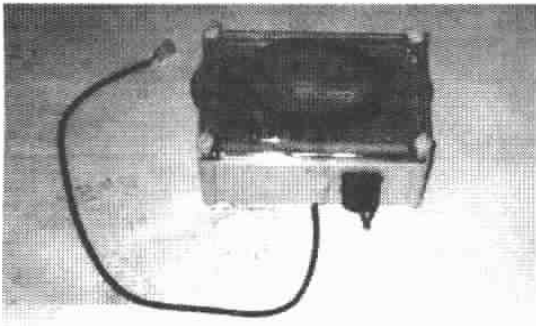


그림4-46 전자 콘트롤러 조합

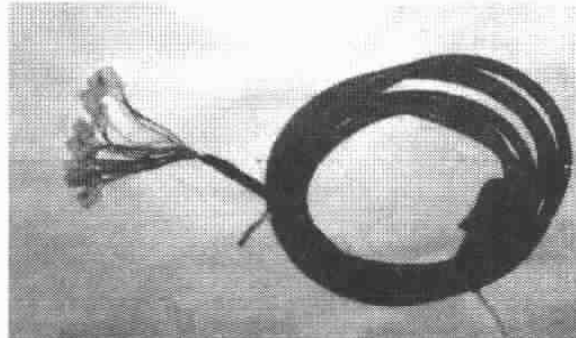


그림4-47 연결 배선

#### 바. 비닐홀더 및 커터부

본 장치의 기능은 베일의 랩핑 작업전에 베일을 밀봉할 비닐을 작업 가능 위치에 셋팅 하는 기능과 베일의 배출시 랩을 싸고 있는 비닐을 절단하여 주는 역할을 한다. 초기 작업 에서의 비닐은 작업자가 비닐을 랩핑이 가능하도록 고정시켜야 하지만 이후의 작업에서는 비닐의 절단과 동시에 자동적으로 비닐이 랩핑 가능 위치에 오도록 해야 한다. 이의 작동은 전자 콘트롤러의 작동에 의해 조절되도록 하였다. 본 장치의 세부 부품은 작동 실린더와 커

터 및 이들을 고정할 수 있는 프레임으로 구성되어 있다. 이들 부품에 대한 설계 및 부품 제작이 완료되었으며 부품의 사진은 아래의 그림에 나타내었다.



그림4-48 랩커터 실린더 프레임



그림4-49 실린더 조합

#### 사. 롤러부

본 장치부는 랩 비닐을 공급하는 장치로서 베일의 랩핑시 랩 비닐을 항상 팽팽하게 당겨진 상태로 공급이 되도록 한다. 베일러에 의해 결속이 되어진 베일은 베일러의 높은 압축력으로 인하여 그 형태가 원형으로 형성된다. 또한 그 내부는 공기를 최대한 배제한 상태를 유지하고 있는 데, 공기가 베일내에 많을 경우 호기성 세균의 번식이 활발해져 사일리지의 품질을 떨어뜨릴 수 있기 때문이다. 따라서 최대한 공기가 배제된 상태인 베일을 랩핑할 때 공급되는 비닐이 항상 팽팽한 상태를 유지하지 못하면 랩 베일의 내부에 공기가 많이 차게 되고 이는 곧 높은 압축력에 의한 베일링 작업 효과를 감소시킬 뿐 만 아니라 랩핑시의 추가 압축 효과를 기대할 수 없게 된다. 이러한 이유로 랩 비닐은 항상 긴장된 상태에서 공급이 되어져야 하며, 이를 위해서 랩 비닐은 2개의 롤러 사이를 지나서 베일에 공급된다. 그림 4-50 에서 비닐의 이동 경로를 나타내었다. 원통형의 랩 비닐은 롤 상태로 디스펜스 포스트에 장착되고 랩 비닐은 롤러A와 롤러B 사이를 지나 베일에 공급되며 롤러A와 롤러B의 상부에는 각각 55T의 기어와 37T의 기어가 장착되어 있고 두 기어는 서로 맞물려 있다. 따라서 베일이 올려져 있는 회전테이블이 회전하면 랩 비닐이 잡아 당겨지게 되는 데, 이 때 롤러B가 회전하며 이에 따라 롤러A는 롤러B보다 느린 속도로 회전하면서 비닐을 공급하므로 롤러B를 빠져나가는 비닐은 항상 팽팽해진 상태로 빠져 나가게 된다.

본 장치를 구성하는 세부 부품들은 모두 개발 완료된 상태이며, 그림4-51 에서는 디스펜스 포스트를 나타내었고 그림4-52 에서는 랩 로올러, 스퍼기어(55T, 37T) 등의 제작 완료된 각 부품들을 부분적으로 조립한 상태를 나타내고 있다.

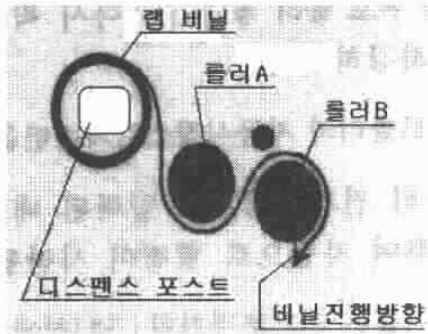


그림4-50 비닐 공급 경로

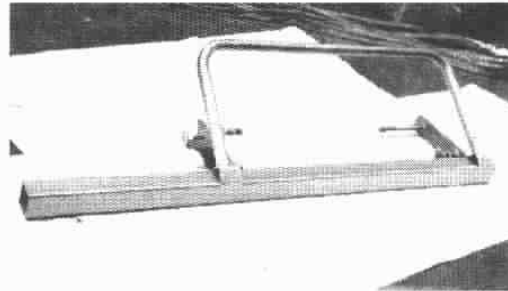


그림4-51 디스펜스 포스트

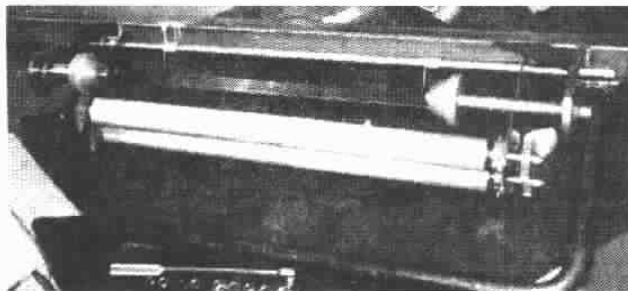


그림4-52 부분조립 상태의 비닐공급 장치부

#### 4. 결론 및 요약

랩-사일리지를 생산하기 위한 랩퍼의 개발은 앞서 결정된 직경 1.2m x 길이 1.2m의 원형 베일을 생산할 수 있는 원형 베일러와 그 사양이 일치하고 우리나라 실정에 보다 적합하도록 회전 테이블이 회전하는 타입으로 결정하였다. 베일 랩핑의 기능 분석은 실제 포장에서의 작업을 통하여 실시하였다.

또한 베일 랩퍼 작동시의 소요동력과 작동 유압력을 측정하여 부품 및 구조물 설계시의 설계자료로 활용하였는데, 소요동력의 경우 최소 1.7ps(베일 배출 공정)에서 최대 6.5ps(베일 탑재 공정)까지 소요된 것으로 나타나 베일의 랩핑 작업시 소요동력은 대단히 낮은 것으로

화 방향”이란 주제로 발표하였고, 다음날에는 개발될 기계를 이용하여 실제로 간척지에 재배된 호맥을 기계화 일관작업 연시를 하여 매우 좋은 평을 받았다.

아래의 그림5-1은 “친환경답리작 조사료 생산기술 및 일관작업을 위한 기계화 모델” 심포지움 진행 현장을 보여주고 있으며 그림5-2는 호맥의 랩-사일리지 기계화 일관 작업 연시 현장의 모습을 담은 사진이다.



그림5-1 “친환경답리작 조사료 생산기술 및 일관작업을 위한 기계화 모델” 심포지움 진행 현장



그림5-2 호맥의 랩-사일리지 기계화 일관 작업 연시 현장

## 2) 2차년도

연구주관기관(경북대학교)의 주최로 “생태 순환적 답리작 맥류 랩사일리지 조사료 생산 기술과 경제성 평가”라는 주제로 조사료 생산관련 심포지움을 2000년 5월 10일 경상북도 농촌진흥청 산하 농업인 회관에서 개최하여 주관연구기관에서는 “맥류 랩사일리지의 생산일관화 모델”을, 협동연구과제팀(신승열, 서종혁)은 “답리작 맥류 랩사일리지 생산의 경제성 분석”이란 주제로 발표하였고, 마지막 시간에는 경상북도 안강에서 목장을 경영하는 농민의 맥류 사일리지 생산 및 급여의 사례 발표가 있었다. 또한 심포지움이 끝난 다음에는 이제까지 개발되었거나 개발될 기계로 실제로 경북대학교 부속농장에서 재배된 호맥을 기계화 일관작업 연시를 하고 99년도 생산하여 보관하고 있던 호맥 랩사일리지를 전시하여 매우 좋은



평을 받았다.

아래의 그림5-3 은 “생태 순환적 담리작 맥류 랩사일리지 조사료 생산기술과 경제성 평가” 심포지움 진행 현장을 보여주고 있으며 그림 5-4 는 호맥의 랩-사일리지 기계화 일관 작업 연시 현장의 모습을 담은 사진이다.



그림5-3 심포지움 진행 현장



그림5-4 호맥의 랩-사일리지 기계화 일관 작업 연시 현장

### 3) 3차년도

농촌 진흥청 및 연구주관기관(경북대학교), 협동연구기관(한국농촌경제 연구원)의 주최로 “논을 이용한 생태순환적 조사료 생산체계 구축 방안”이라는 주제로 조사료 생산관련 심포지움을 2001년 5월 25일 경기도 수원시 농촌진흥청 대강당에서 개최하여 농림부 축산국에서 “국내 조사료 수급과 조사료 생산단지 조성방향”을, 작물시험장에서는 “조사료용 맥류 신품종 개발과 최적 작부체계”를, 축산기술 연구소에서는 “맥류 곤포 담근먹이의 사료적 가치와 가축 급여효과”를 발표하였다. 또한, 주관연구기관(경북대학교)에서는 “곤포 담근먹이 기계화 작업을 위한 한국형 모델 및 기계개발”을, 협동연구기관(한국 농촌경제 연구원)에서는 “곤포 담근먹이의 경제성 분석과 생산 유통체계 구축 방안”이란 주제로 발표하였고, 마지막 시간에는 경기도 안성 고삼농협 조합장의 “곤포 담근먹이 생산단지 운영사례 발표”가 있었다. 또한 심포지움이 끝난 다음에는 이제까지 개발된 기계와 특히 본 연구에서 개발된

베일러 및 베일 래퍼를 이용하여 실제로 고삼농협 관내에서 재배된 보리를 기계화 일관작업 연시를 하여 높은 호응을 받았다.

아래의 그림5-5와 5-6은 고삼농협 관내에서 수행된 보리의 랩-사일리지 기계화 일관 작업 중 본 연구에서 개발된 기계를 이용한 베일링 및 랩핑 작업의 현장 모습을 담은 사진이다.



그림 5-5 개발된 베일러를 이용한 베일링 작업



그림 5-6 개발된 베일 래퍼를 이용한 밀봉작업

## 2. 수확작업시의 문제점 분석 및 개발 기대의 최종보완

### 가. 베일링 작업시의 문제점 및 보완

베일 제조는 예취되어 포장에 방치된 작물을 베일러를 이용하여 작업하게 되는데 초지와는 달리 답리작의 경우는 흙먼지가 많이 발생하여 베일의 품질 저하를 가져올 수 있으므로 베일러 작업시 세심한 주의가 필요하다. 특히 픽업 장치부의 높낮이 조절이 원활하지 않을 경우 토사의 혼입이 많거나 작물이 픽업되지 못하고 흘러내리는 현상이 발생했다. 초기 개발 기대에서는 픽업부 유압의 작동이 급격히 이루어졌으나 이를 보다 세밀한 조정이 가능하도록 하였다. 형성된 집초열을 따라 베일러가 작물을 끌어올리는 데, 포장이 넓은 경우 직선 주행이 많고 선회 주행은 많지 않아 베일작업이 한결 쉬웠다. 그러나 대부분의 포장에서는 선회의 빈도가 많아 집초열이 불균일할 경우 베일러 공급부가 막히고 작물의 제거 작업에 시간이 많이 소요되었으며 픽업장치부의 파손 사례도 있었다. 이에 따라 최종 기대의 제작시에는 작물의 투입구를 약간 넓게 하였으며, 특히 좌우측의 구석 부분에서 작물이 유

입되는 부분에 되도록 부드러운 곡면이 유지될 수 있도록 보완하였다. 그리고, 베일 작업은 고속으로 이루어지는 데 포장 내에 배수로가 있을 경우 충격에 의한 기계의 손상이 발생하거나 작업 속도를 늦춤에 따른 작업의 효율성이 떨어지게 된다. 따라서 배수로 형성시 포장의 가장자리에 배수로를 형성하는 것이 좋다.

베일 작업 직전에는 집초열에 유산균 또는 개미산 등의 첨가제를 살포하여 사일리지의 품질을 향상시키기 위한 작업을 하게 되는 데, 이 때 베일러에 분사장치를 장착하여 용액상태의 첨가제를 살포하면 쉽게 작업이 이루어질 수 있다. 본 연구에서의 개발될 사양에서는 위의 분사 장치가 없어 1, 2차년도 작업에서는 수작업으로 첨가제를 살포하였다. 이러한 수작업의 첨가제 살포는 인력과 시간의 낭비가 심하여 작업에 큰 불편함을 초래하였다. 이를 보완하기 위해 3차년도에 분사 장치를 추가로 제작하여 작업을 실시해야 할 수 있었으며 이에 따라 첨가제 작업이 매우 간편해졌다. 수작업 및 기계장치에 의한 첨가제 살포 장면, 베일링 작업 장면을 그림5-7, 그림5-8에 나타내었다.



그림5-7 수작업에 의한 첨가제 살포



그림5-8 기계장치에 의한 첨가제살포

#### 나. 베일 래퍼 작업시의 문제점 및 보완

베일된 작물을 단시간 내에 랩핑하지 않을 경우 베일에서 호흡에 의한 열과 수분이 발생하여 베일의 형태가 파손되어 랩핑이 불가능하므로 베일 작업을 실시한 당일 랩핑 작업을 실시해야한다. 마찬가지로 밀봉이 파손되는 경우도 베일의 온도가 급격히 상승되고 저장 중의 랩-베일이 변패되고 품질은 급격히 떨어진다. 따라서 랩핑에 사용되는 비닐은 사일리지