

최 종
연구보고서

트랙터 견인형 조사료 원형베일 세절 · 급여기
개발

Development of tractor attached round baled
roughage cutter · feeder

경 북 대 학 교

농림부 도서실



0009067

농 립 부

제 출 문

농림부장관 귀하

본 보고서를 “트랙터 견인형 조사료 원형배일 세절·급여기 개발”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2003년 8월 29일

주관연구기관명: 경북대학교
총괄연구책임자: 박 경 규
세부연구책임자: 구 영 모
연 구 원: 김 혁 주
연 구 원: 홍 동 혁
연 구 원: 나 규 동
연 구 원: 하 유 신

요 약 문

I. 제 목

트랙터 견인형 조사료 원형베일 세절·급여기 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

최근 우리나라의 젓소 및 비육우의 사육두수는 2001년 현재 약 200만여 두가 사육되고 있지만, 축산 선진국에 비하여 매우 영세하고 개선해야 할 많은 문제점을 가지고 있다. 그 중에서 조사료의 자급에 대한 문제는 매우 심각하다. 대부분의 조사료원은 쌀재배 지역을 중심으로 벼의 수확 후에 마른 볏짚을 원형 베일로 수확을 하거나, 벼의 수확 후 가을철에 맥류(보리, 호맥)를 답리작으로 파종한 후에 봄에 예취하여 조사료를 확보하고 있다. 특히 이러한 답리작에 의한 생산 시스템은 본 연구실에서 개발한 기계화 작업 모델인 파종→재배→예취→압축·결속→기밀포장·사일리지 가공→저장→축산농가 운반으로 이어지는 기계화 일관작업시스템을 통하여 효과적으로 원형 베일이 생산되고 있다.

조사료는 잘게 세절이 되어야 직접 축사로 또는 배합기로 정량공급이 가능하다. 그러나 원형베일은 무게가 약 500kg 정도로 무거울 뿐 아니라 매우 단단하게 압축이 되어 있어 베일을 풀어서 가축에게 사료를 정량으로 급여하기가 매우 어렵다. 또한 가공된 맥류 랩사일리지나 볏짚은 줄기가 질겨서 TMR배합기에 정량으로 투입하여 배합하는데 많은 문제가 발생하고 있다. 일부 농가에서는 원형 베일을 통째로 자유급식의 형태로 급여를 하는 곳도 있는데 문제는 바닥에 떨어뜨리는 등 손실량이 20% 정도나 되는 것이다.

조사료의 자급을 위하여 많은 연구와 비용을 들여서 개발한 조사료 자급 시스템이 마지막 단계에서 병목현상이 발생한 것은 낙농 및 비육우 산업의 발전이 결코 쉬운 것이 아님을 보여주고 있으며 국가적인 차원에서라도 반드시 해결을 해야하는 과제로 사료된다.

본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 생산·가공된 원형 베일을 우사로 운반 한 후에 한번의 작업으로 세절·급여 기능을 할 수 있는 트랙터에 부착된 견인형 원형 베일 세절·급여기를 개발하는데 목적으로 하고 있다.

III 연구개발의 내용 및 범위

본 연구에서 개발 될 장치의 주요 기능으로는,

- (1) 대형의 무거운 원형 베일을 자동 적재 장치를 이용하여 자력으로 적재할 수 있고,
- (2) 베일이 세절장치부에 지속적으로 공급될 수 있는 이송장치가 있으며,
- (3) 원형 베일 또는 사각 베일은 자동으로 짧은 시간 내에 대량으로 세절작업이 가능하고,
- (4) 세절된 조사료를 먼 거리까지 보낼 수 있는 원심식 배출장치가 있고,
- (5) 배출장치의 토출관의 방향을 변경하여 조사료는 원하는 위치에 공급이 가능하며,
- (6) 함수율이 60% 가 되는 랩-사일리지 뿐만 아니라 함수율 15% 내외의 볏짚과 같은 원형 베일 건초의 세절·급여도 가능하며,
- (7) 트랙터의 트레일러에 장치되어 동력은 트랙터로부터 취출되는 PTO 구동형이고 트랙터로 운반되는 기능을 가진다.

본 연구는 모두 2년에 걸쳐 이루어졌으며, 연구 개발 내용 및 범위를 서술하면 다음과 같다.

- (1) 1차적으로 국내의 TMR 배합소, 낙농가, 한우 농가의 사료급여에 발생하는 문제점을 해결 할 수 있으며 또한 경제성이 있는 원형베일의 세절·급여기의 모델을 개발하기 위하여;
 - ①개발참조용 수입모델을 결정하고, 수입모델의 구조와 중요 요인분석을 하고,
 - ②작업 대상물인 원형베일(랩-사일리지, 베일 건초, 볏짚건초 등), 사각베일 등의 국내 생산 규격 등의 사양과 그 물리적 특성을 분석하여 세절·급여기 개발에 있어 기초자

료를 확보한다. 또한

③여타 조사료 세절·급여기의 사양 및 구조를 조사하고 사용환경별 작업공정을 고려하여 우리나라의 TMR배합소, 낙농가, 한우농가 등에 적합한 모델을 개발한다.

④ 관행의 조사료 급여 시스템 공정 및 비용을 조사하고, 아울러 본 연구에서 개발된 세절·급여기 모델을 이용하여 국내의 TMR 배합소, 낙농가, 한우 농가 등에 공급되었을 때의 이용 비용 및 손익 분기점을 분석하여 보급하기에 적합한 최소 영농 규모를 산출한다.

(2) 앞에서 조사된 자료를 바탕으로 우리나라 농가에 적합한 세절·급여기를 크게 ① 세절 및 급여 장치부와 ②동력전달부로 구분하여 연구개발을 하는데, 원형 베일의 세절 및 급여장치부는 1회 처리용량을 1.0 ton 정도의 수준으로 하여 약 500kg 정도 되는 원형 베일 2개 정도를 일괄 처리할 수 있는 용량을 가진 시작기를 본 연구의 협력업체인 (주)라이브맥과 협동으로 개발한다.

(3) 부품별로 개발이 된 시작기는 ①조립 및 성능 검사와 ②현장시험 및 최종보완으로 구분이 된다.

①부품완성, 조립 및 성능검사 단계에서는 1차년도 및 2차년도 전반기에 개발한 부품들을 조립하여 공장 내 성능을 검사하고,

②현장시험 및 최종보완에서는 개발된 시제품을 현장 농가에서 장기간 운전을 하면서 작동의 문제점, 내구성 및 여러 가지 나타나는 문제점을 보완한다. 또한 맥류 랩사일리를 시작품에 투입을 하여 세절을 한 후에 직접 국내에서 생산된 TMR배합기에 투입하여 배합시험을 하여 맥류재배 →사일리지 가공·생산 → 원형베일 세절·급여기 →TMR배합기 → 사료 급여로 이어지는 시스템이 원활하게 연속적으로 이어지는가를 테스트한다.

IV 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

조사료의 자급을 위하여 생산·가공된 원형 베일을 우사로 운반 한 후에 한번의 작업으로 세절·급여 기능을 할 수 있는 트랙터에 부착된 견인형 원형 베일 세절·급여기를 개발하였으며,

(1) 개발된 시작기의 주요 기능은;

① 대형의 무거운 원형 베일을 자동 적재가 가능하고, ②적재된 베일은 세절장치부에 지속적으로 공급될 수 있는 이송장치가 있으며, ③ 세절부는 원형 베일 또는 사각 베일은 자동으로 짧은 시간 내에 대량으로 세절작업이 가능하고, ④ 세절된 조사료를 먼 거리까지 보낼 수 있는 원심식 배출장치가 있고, ⑤ 배출장치의 토출관의 방향을 변경하여 조사료는 원하는 위치에 공급이 가능하며, ⑥트랙터의 트레일러에 장치되어 동력은 트랙터로부터 취출되는 PTO 구동형이고 트랙터로 운반되는 기능을 가졌다.

(2) 시작기의 개발과정 및 이에 대한 결과는 다음과 같다.

(가)시작기를 크게 세절·급여부와 동력전달부로 구분하였고 이를 다시 세절급여부는 ①자동 적재부, ②베일 이송 공급부, ③세절부, ④배출 급여부, ⑤트레일러부, ⑥차축부 등으로 세부 분류하고, 또한 동력전달부는 ①P.T.O 동력전달 장치부, ②커터 구동장치부, ③배출 드로워 구동장치부, ④유압장치부, ⑤전기장치부로 구분하여 각각에 대한 부분을 분석하고 기계를 개발하였다.

(나) 부분적으로 개발된 것들을 모두 조립하여 공장내 성능을 검사하고,

(다)현장 농가에서 장기간 운전을 하면서 작동의 문제점, 내구성 및 여러 가지 나타나는 문제점을 보완하였다. 특히 세절부의 경우, 벧짚을 세절을 할 경우 세절 길이가 10~15cm 벧짚이 80%정도 배출되었다.

(라)시작기로부터 세절이된 벧짚을 TMR 배합시 조사된 면실의 배합 결과는 면실의 무게에 대한 변동계수(C.V.) 값이 13.6%로 배합정도가 우수한 것으로 나타나 배합효율과 배합상태를 고려하였을 때 개발된 원형베일 세절·급여기의 벧짚 절단성능은 매우 양호한 것으로 판단되었다.

(마) 시작기의 소요동력은 최소 8ps에서 최대 51ps(수단 랩사일리지)까지 소요되어 작업 트랙터는 개발예상 제원인 50~70ps을 만족하는 것으로 나타났다.

(바) 시작기는 전북 정읍의 한우 농가에서 장기간 실증 테스트를 하였다. 특히 맥류 랩사일리지를 시작품에 투입을 하여 세절을 한 후에 직접 국내에서 생산된 TMR배합기에 투입하여 배합시험을 하여 맥류재배 →사일리지 가공·생산 → 원형베일 세절·급여기 →TMR배합기 → 사료 급여로 이어지는 시스템이 원활하게 연속적으로 이어지는 가를 장기간에 걸쳐 테스트를 한 결과 아무 무리가 없는 좋은 결과를 가져왔다.

(3) 시작기는 협찬업체의 분석결과 약 12,000,000원이면 충분히 시장성이 있는 것으로

나타났다. 이 경우 기존의 관행 사료절단기와 경제성을 비교 분석한 결과는 사육두수가 24두 규모 이상에서 기존의 관행에 비하여 경제성이 있는 것으로 나타났으며 이때 기계이용비용은 150,000원/두-년으로 나타났다. 또한 50두 경영규모에서는 관행시스템에 대비하여 세절·급여기에 의한 시스템이 연간 2,967,000원, 100두의 경영규모에서는 연간 8,685,000원의 절감효과가 있는 것으로 나타났다.

(4) 본 연구에서 개발된 세절·급여기는 현재 특허청에서 “세절기의 커터장치 (cutter apparatus for cutting straw)”로 발명특허(출원번호 10-2003-0024586)를 출원 중에 있다.

2. 활용에 대한 건의

본 연구에서 개발된 세절·급여기는 기존의 관행에 비하여 매우 경제성이 있는 것으로 나타났다. 이 시작품은 단위기계로 만도 경제성이 있을 뿐 아니라 하나의 시스템으로 연결이 되면 더욱더 효율성이 크게 나타날 것으로 예측이 된다.

특히 기존의 TMR 배합시스템과 관련하여 본 연구에서 개발된 조사료반입·세절·배합·포장·급여를 연계한 하나의 종합 시스템으로 개발을 하면 일종의 농가형 TMR 플랜트가 된다.

기존의 한우·낙농가에서는 사료의 조제 및 급여에 많은 노동력을 투입하고 있는데 이러한 시스템이 현실화된다면 농가의 소득향상 및 경영규모확대에 큰 기여를 할 것으로 예측이 된다.

SUMMARY

I. Title

Development of tractor attached round baled roughage cutter · feeder.

II. Objectives and Necessity

Major sources of roughage in dairy and beef cattle in Korea are rice straw and winter barley and rye. Rice straw is harvested and processed as round bale type and winter barley and rye is processed as round baled wrap-silages. In the final process of feeding roughages to cattle or mixing them with other ingredients, they have to be cut to small size. Otherwise, they can not to be mixed well enough with other ingredient or can not be fed to cattle with desired level.

So far, several type of roughage cutters were introduced in Korea. However, these machineries could not be satisfied the farmer to cut rice strew or barley wrap-silage properly. There are two major obstructing factors to cut roughages. Those are; ①these roughage are too stiff to be cut and ②round bale is too firmly baled to be untied.

In order to solve this problem, development of farm machinery for cutting the round baled roughage to the small size is an urgent problem for dairy and beef cattle farm in Korea.

The main objectives of the study are;

(1) to develop the proper model for Korean dairy and beef cattle farm and to determine the break-even point of farm size by comparing with traditional method using a traditional roughage cutter.

(2) to develop the tractor attached cutting · feeding machinery for round baled roughage.

III. Results of the research

The research have been performed for 2 years and the results can be summarized as follows;

- 1) In order to determine proper size and type of roughage cutter for Korean farm, a series of test were performed and a lots of data were analyzed by using the several imported roughage cutters which were already introduced in dairy farm in Korea.
- 2) In order to develop a tractor attached roughage cutter · feeder for round bale, a prototype of forage cutter was selected, analyzed, designed and manufactured in co-operation with Woong-Jin Precision Co., LTD.
- 3) Also, the prototype machinery was tested, adjusted, re-engineered and improved through manufacturing the revised model. As a result, a tractor attached roughage cutter · feeder for round bale was manufactured.
- 4) Also, a series of test were performed by the prototype machinery both at the plant and field in order to evaluate the performance of the model machinery.
- 5) In order to estimate the break-even point of the prototype machinery, a feasibility analysis was performed by comparing with the traditional cutting operation. According to the results, operating cost of the prototype cutter · feeder decreased rapidly with an increase of farm size. Also, its break-even point shows when the dairy farm size is 24 heads and its cost is estimated as 150,000won/head-year. However, when farm size is 50 heads, its operating cost can be save as much as 2,967,000 won compare with the traditional cost.

6) As an overall conclusion, one of the obstacles against feeding the round baled roughage in the dairy · beef cattle farm in Korea can be eliminated by developing the tractor attached round baled roughage cutter · feeder.

CONTENTS

Chapter I. Introduction	15
Section 1. Necessity and Objectives	15
1. Necessity	15
2. Objectives	19
Section 2. Methods and Contents	19
1. Methods	19
2. Contents	20
Section 3. Present conditions and points	25
Chapter II. Model development and manufacture	28
Section 1. Model development of Cutter · Feeder	28
1. Introduction	28
2. Model development	28
Section 2. Design and manufacture of Cutter · Feeder	38
1. Introduction	38
2. Design and manufacture	39
Chapter III. Performance test and long term application test at the field	64
Section 1. Performance test	64
1. Test of bale cutting	64
2. Test of TMR mixing	68
3. Test of power requirement	70
Section 2. Long term application test at the field	77
Chapter IV. Feasibility analysis of Cutter · Feeder	78
Section 1. Introduction	78
Section 2. Cost analysis of Cutter · Feeder	79
1. Fixed cost	79

2. Variable cost	81
Section 3. Result and Discussion	83
Section 4. Summary and Conclusion	86
Chapter V. Overall Conclusion	87
References	90

목 차

제 출 문	1
요 약 문	3
SUMMARY	8
CONTENTS	11
목 차	13
제 1 장 연구개발 과제의 개요	15
제1절 연구개발의 목적과 범위	15
1. 연구의 배경	15
2. 연구의 목적	19
제2절 연구개발의 목표와 내용	19
1. 연구개발의 목표	19
2. 연구개발의 내용	20
제3절 국내외 기술의 현황과 문제점	25
제 2 장 연구수행 내용 및 결과	28
제1절 트랙터 견인형 원형베일 세절·급여기의 모델 개발	28
1. 서설	28
2. 모델 개발	28
제2절 원형베일 세절·급여기의 설계 및 제작 개발	38
1. 서설	38
2. 원형베일 세절·급여기의 개발	39
제 3 장 시작기의 성능 및 현장적용시험	64
제 1절 성능시험	64
1. 세절 성능시험	64
2. 배합성능시험	68

3. 소요동력 및 작업성능의 측정	70
제2절 현장적용시험	77
1. 공장 내 성능시험	77
2. 현장 적용시험	77
제 4 장 경제성 분석	78
제1절 서론	78
제2절 세절·급여기의 이용비용	79
1. 고정비	79
2. 변동비	81
제3절 결과 및 고찰	83
제4절 결론 및 요약	86
제 5 장 종합결론	87
참 고 문 헌	90

제 1 장 연구개발 과제의 개요

제1절 연구개발의 목적과 범위

1. 연구의 배경

가. 우리나라 축산업의 문제점

최근 우리나라의 젓소 및 비육우의 사육두수는 2001년 현재 약 200만여 두가 사육되고 있지만, 축산 선진국에 비하여 매우 영세하고 개선해야 할 많은 문제점을 가지고 있다. 그 중에서 조사료의 자급에 대한 문제는 매우 심각한데 표 1에서 보는 바와 같이 조사료의 급여 비율이 '97년 현재 33%에 불과한 실정이다. 그리고 공급되는 조사료 중 대부분인 60% 정도가 볏짚에 의존을 하고 있어(농림부, 1999년) 조사료의 품질이 매우 열악한 실정이며 현재의 수준은 정부의 양질의 조사료 공급 60%의 목표와는 아주 많은 차이를 가지고 있다.

표 1 우리나라 및 외국에서 젓소의 조사료와 농후사료 급여비율

	조사료	농후사료
한국	33%	67%
일본	48%	52%
미국	66%	34%
최소한계	40% 이상	60% 미만
최적비율	60%	40%

자료:농림부, 축협중앙회(1997)

이러한 문제점의 주원인은 우리나라는 초지의 생육에 기후가 부적절하고, 초지 면적의 부족(높은 토지 가격)과 노동력 부족(가족단위 노동력으로 기계화·자동화로 전환 필요)으로 국산 양질의 조사료가 부족하여 배합사료를 과다 급여하고 있기 때문인데, 현재 공급되고 있는 볏짚 이외의 조사료는 그나마 외국에서 수입을 해서 급여하고 있는 실정이다. 특히 중국 등지에서 수입되는 건조 등은 3년 전 발병했던 구제역의 원인으로 의심이 될 정도로 사료의 안전성에도 문제가 큰 것으로 알려지고 있다.

나. 조사료 자급을 위한 답리작 맥류의 조사료화 모델 및 이에 대한 연구결과

이러한 문제를 해결하기 위한 하나의 방안으로 제시된 것이 논에서 겨울철에 재배 가능한 맥류(호맥 또는 대맥)를 조사료화 하는 것이다. 이 방법은 논에서 벼를 수확한 후에 가을철에 맥류를 파종하여 4월 말부터 5월 중순 사이에 맥류가 알곡이 익기 전 전체 영양 에너지가 최고가 되는 유숙기에서 황숙기 사이(그림 1)에 생초로 수확하고 이 것을 조사료로 사용하는 방안이다. 곡식용으로 맥류를 재배할 경우 맥류 수확시기와 벼의 이앙시기와 겹치게 되지만 위와 같은 방법으로 재배할 경우 맥류 수확시 약 20일 정도 여유가 있게 된다.

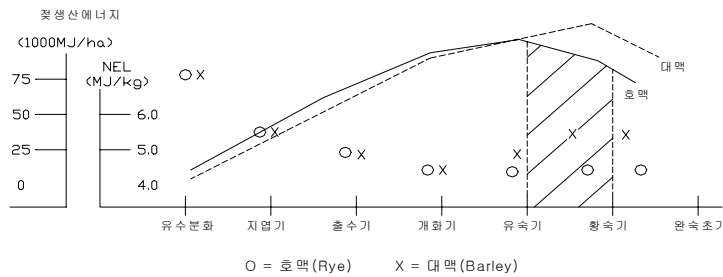


그림 1 조사료용 겨울철 맥류의 수확적기

이러한 답리작 맥류 조사료는 여러 가지 방법으로 이용이 가능하지만 우리나라의 실정으로는 장기간 저장을 위해서 사일리지로 가공을 하여 필요시 젖소 및 한우 사육 농가에 급여를 하면 앞에서 언급한 바와 같은 조사료 자급에 관한 문제들을 해결 할 수가 있다. 특히 수확 후에 베일러로 압축한 후, 베일-래퍼로 밀봉을 하면 밀봉된 베일은 내부에서 젖산 발효가 되며 소에게는 사일리지로 좋은 사료가 될 뿐 아니라 저장성을 가지며 아울러 밀봉된 베일은 유통성도 가지게된다.

그러나 이러한 조사료의 자급을 위한 정책의 추진 중에 가장 큰 문제는 ①농민에게

공급되어야 할 보다 저렴한 국산기계, ②농민에게 지도할 짧은 시간에 효율적으로 작업을 할 수 있는 기계화 생산기술, 그리고 ③효율적인 정책을 수행할 수 있는 정책자료의 부재 등을 들 수가 있겠다.

다행히 본 연구실에서는 1998년부터 농림부로부터 연구비를 지원 받아 “답리작 조사료 랩-사일리지 생산을 위한 모델 및 기계개발”이란 주제로 수행한 바 있으며 주요 연구 결과로는;

(1) 우리 나라의 젓소 및 비육우에게 공급할 수 있는 조사료를 자급하기 위하여 쌀재배 지역에서 벼 수확 후, 맥류의 파종 → 재배 → 예취 → 압축·결속 →기밀포장·사일리지 가공 → 저장 → 축산농가 운반으로 이어지는,

①기계화 일관작업을 위한 시스템의 모델을 개발하였고,

②이에 대한 적정작업조건 및 기계화 생산 기술을 규명한바가 있으며,

③일련의 소요 작업기계 중에 국내에서 개발이 되지 못한 예취기(모아), 원형 베일러, 베일-랩핑기 및 랩-사일리지 핸들러(Handler)중에서 핵심기계인 원형 베일러와 베일 랩핑기의 개발을 완료하였다. 그리고 공동연구기관인 한국농촌경제연구소에서는

④답리작 조사료의 경제성 및 유통구조를 분석하여 우리나라의 조사료의 생산·가공·유통을 위한 장·단기 정책 프로그램을 개발한 바가 있다.

(2) 또한 연구결과, 경제적 또는 품질적인 측면에서 맥류 랩-사일리지는

①겨울철 답리작으로 재배되는 맥류는 젓소에게 매우 좋은 사일리지가 될 수 있으며 생산비는 재배 규모에 따라 차이가 나는데 10정보 재배규모의 경우 TDN 1kg 당 240원 정도로 나타났으며,

② 또한 1정보당 조수익은 현재 유통되는 조사료 가격으로 평가를 하면 450만원 정도 되는 것으로 나타났다. 그리고,

③생산 가공된 맥류 사일리지는 기존의 벃짚에 비해 질이 좋은 조사료로 산유량이 약 17% 증가되는 것으로 나타났다.

(3) 따라서 본 연구팀은 지난 99년 5월 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

기계연사에서 본 연구에서 연구된 기계화 모델을 발표한 바 있으며, 또한 시범 포장에서는 본 연구에서 개발되고 있는 기계로 답리작 조사료 재배 일관작업을 연시를 한 바가 있다.

그리고 2000년 5월에도 농촌경제연구원, 경상북도 그리고 본 연구소와 공동으로 경북대학교 부속농장에서 “**생태 순환적 답리작 맥류 랩사일리지 조사료 생산기술과 경제성 평가**”라는 제목으로 전국 낙농가와 축산기술지도자를 대상으로 세미나 및 연시를 실시하여 답리작 맥류 조사료 생산의 중요성과 가능성을 확인하였다.

이에 따라 농림부의 정책도 조사료의 확보는 답리작 재배로, 특히 겨울철 맥류의 재배로 조사료 확대를 함이 가장 바람직한 것으로 추진하고 있다.

다. 답리작 맥류의 조사료화 모델에서의 문제점

그러나 이러한 답리작 재배로, 특히 겨울철 맥류의 재배로 조사료를 확보하기 위해서는 반드시 추가로 연구 개발이 되어야 할 과제가 있는데 바로 **농가로 운반된 맥류 원형베일을 적당한 크기로 세절하고, 우사로 급여하는 세절·급여시스템**이다.

(1) 현재 조사료로 많이 이용되고 있는 벧짚의 급여 방식은

- ① 자유 급식으로 압축·결속된 베일을 그대로 급여하거나,
- ② 베일을 범용의 커터기로 세절하여 급여하고 있다.

(2) 그러나 이러한 방식들은

①의 경우 자유 급여시 바깥에 흘리는 등 허실이 20%이상 되는 것으로 알려져 있어 손실이 지나치게 크고,

②의 경우 베일을 수작업으로 풀어헤친 후 범용 커터로 절단하므로 베일 절단 작업에 지나치게 많은 노력과 시간이 허비된다. 더욱이 원형 베일의 경우는 대단히 크고 무거워 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.

2. 연구의 목적

우리나라에 주로 짓소 및 비육우에 공급되는 조사료는 볏짚 또는 담리작으로 재배된 랩-사일리지이다. 조사료를 효율적으로 공급을 하려면 잘게 세절을 하여 직접 축사로 또는 배합기로 정량공급을 하여 다른 원료와 잘 배합을 시켜야한다.

그러나 원형베일은 무게가 500kg에 이를 정도로 매우 단단하게 압축이 되어 있어 베일을 풀어서 사료를 정량으로 급여하기가 매우 어렵다. 또한 가공된 랩사일리지나 볏짚은 줄기가 질겨서 TMR배합기에 정량으로 투입하여 배합하는데 많은 문제가 발생하고 있다. 일부 농가에서는 원형 베일을 통째로 자유급식의 형태로 급여를 하는 곳도 있는데 문제는 바닥에 떨어뜨리는 등 손실량이 20% 정도나 되는 것이다.

조사료의 자급을 위하여 많은 연구와 비용을 들여서 개발한 조사료 자급 시스템이 마지막 단계인 “**농가로 운반된 맥류 원형베일 또는 볏짚베일을 적당한 크기로 세절하고, 우사로 급여하는 세절·급여시스템**”이 문제가 되고 있는 것이다. 이는 낙농 및 비육우 산업의 발전이 결코 쉬운 것이 아님을 보여주고 있으며 국가적인 차원에서 도 반드시 해결을 해야하는 과제로 사료된다.

따라서 본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위해, 기존의 국내에 보급된 트랙터로 ①원형 베일 또는 볏짚베일을 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 개발하고자 한다.

제2절 연구개발의 목표와 내용

1. 연구개발의 목표

본 연구는 우리나라의 짓소 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 기계화 일관작업을 위한 시스템의 마지막 단계인 원형 베일을 한번의 작업으로 우사로 운반, 세절 및 급여 기능을 할 수 있는 트랙터에 부착된 견인형 축산 조사료용 원형베일 세절·급여기

의 개발을 목적으로 하고 있으며, 개발 될 장치의 주요 기능으로는,

- (1) 대형의 무거운 원형 베일을 자동 적재 장치를 이용하여 자력으로 적재할 수 있고,
- (2) 베일이 세절장치부에 지속적으로 공급될 수 있는 이송장치가 있으며,
- (3) 원형 베일 또는 사각 베일은 자동으로 짧은 시간 내에 대량으로 세절작업이 가능하고,
- (4) 세절된 조사료를 먼 거리까지 보낼 수 있는 원심식 배출장치가 있고,
- (5) 배출장치의 토출관의 방향을 변경하여 조사료는 원하는 위치에 공급이 가능하며,
- (6) 전자클러치를 이용하여 배출장치부의 작동 여부에 관계없이 커터부의 동력을 자동으로 중단(專斷)할 수 있고,
- (7) 본 장치는 함수율이 60% 가 되는 랩-사일리지 뿐만 아니라 함수율 15% 내외의 볏짚과 같은 원형 베일 건초의 세절·급여도 가능하며,
- (8) 트랙터의 트레일러에 장치되어 동력은 트랙터로부터 취출되는 PTO 구동형이고 트랙터로 운반되는 기능을 가지게 될 것이다.

2. 연구개발의 내용

본 연구는 모두 2년에 이루어지게 될 연구로 년 차별로 연구개발이 될 목표에 대한 내용을 서술하면 다음과 같으며, 년 차별로 연구에 대한 주요 과제는 다음과 같다.

가. 1차 년도 연구내용

1) 트랙터 견인형 원형베일 세절·급여기의 모델 개발

본 연구에서는 국내의 TMR 배합소, 낙농가, 한우 농가의 사료급여 현실에 부합하며 경제적으로도 이익을 남길 수 있는 원형베일 세절·급여기의 모델을 개발한다.

상세 내용으로는 ①개발참조용 수입모델을 결정하고 수입하여 수입모델의 구조와 중요 요인분석을 하고, 그리고 ②작업 대상물인 원형베일(랩-사일리지, 베일 건초, 볏짚건초 등), 사각베일 등의 국내 생산 규격 등의 사양과 그 물리적 특성을 분석하여 세절·급여기 개발에 있어 기초자료를 확보한다. 또한 ③여타의 조사료 세절·급여기의 사양 및 구조를 조사하고 수입모델과 비교하여 우리나라의 TMR 배합소, 낙농가,

한우 농가 등에 적합한 모델을 개발한다.

2) 원형베일 세절·급여기의 설계 및 제작 개발(I)

원형베일 세절·급여기의 연구 개발은 크게 세절 및 급여 장치부와 동력전달부로 구분하여 연구개발이 되는데 세절·급여부의 주요 연구내용은 다음과 같다. 원형 베일의 세절 및 급여장치부는 1회 처리용량을 1.0 ton 정도 수준으로 하여 약 500kg 정도 되는 원형 베일 2 개 정도를 일괄 처리할 수 있도록 개발할 예정이다. 현재 예상 되는 가장 적합한 작업 공정을 그림 2에 나타내었다.



그림 2 원형 베일의 세절·급여기의 작업 공정

본 연구에서는 위와 같은 일련의 기능들을 수행하기 위한 작동장치부를 ①자동 적재부, ②베일 이송 공급부, ③세절부, ④배출 급여부, ⑤트레일러부, ⑥차축부 등으로 세부 분류하여 분석하고 기계를 개발하였다.

연구의 1차 년도에는 그 첫 단계로, 본 장치의 핵심부라 할 수 있는 ①세절장치부에 대한 분석을 실시한다. 분석은 수입된 모델 기계를 이용한 실작업을 통하여 세절기에 의한 원형베일의 세절 작용을 분석하고 세절부(칼날, 칼날축 등)의 재질을 분석한다. 이를 통하여 최적의 칼날 배열을 구성하고 극심한 마모에도 기능을 충분히 발휘할 수 있는 국산 세절부의 재질 사양을 확정한다. 그리고, 이를 통하여 ②원형 베일의 세절 장치부와 원형베일 이송공급 장치에 대한 설계와 부품개발을 완료한다. ③또한 전체 기능부가 탑재될 트레일러 장치도 개발될 예정이다.

또한, 앞에서와 같은 원형베일 세절 급여기의 여러가지 기능을 수행하기 위해서는 트랙터로부터 동력이 전달되어야 한다. 일반적으로 동력은 P.T.O 동력을 기어와

체인 및 스프로킷에 의해 전달하는 것과 트랙터의 외부유압 장치로부터 유압동력을 취출하여 전달하는 2가지의 방식을 혼용하고 있는데 본 연구에서는 위와 같은 동력전달 체계를 개발하기 위하여 개발될 세부장치를 ①P.T.O 동력전달 장치부, ②커터 구동장치부, ③배출 드로워 구동장치부, ④유압장치부 등으로 세부 분류하였다.

1차년도에 개발될 동력전달장치에 대한 내용은 “원형베일의 자동적재 → 컨베이어에 의한 베일이송 → 커터장치에 의한 베일의 분리 및 세절 → 세절재료의 반입 → 원심식 배출기에 의한 세절 재료의 송출 → 필요한 위치에 재료를 배출하기 위한 배출구 조절 및 배출”로 이어지는 일련의 기능들을 수행하기 위한 동력을 트랙터의 PTO 장치에서 취출할 수 있는;

①트랙터 견인형을 위한 P.T.O 동력전달 장치부와

②유압장치 중에서 원형베일을 세절장치부로 공급하여주는 베일 이송장치를 구동하기 위한 유압모터, 감속장치(체인 및 스프로킷)에 대한 재료의 안전 강도 조사와 유압회로 구성을 조사 분석하고, 설계 및 부품개발을 완료하였다.

1차 년도의 연구가 완성이 되면 본 기계의 국산화율은 30%에 이르게 된다.

나. 2차 년도 연구 내용.

2차 년도의 연구 개발 목표와 내용은

1) 트랙터 견인형 원형베일 세절·급여기의 모델 개발(II)

본 연구에서는 우리나라 사료급여 현실에 부합하며 경제적으로도 이익을 남길 수 있는 원형베일 세절·급여기의 모델을 개발하기 위하여,

①사용환경별 관행의 조사료 급여 시스템 공정 및 비용을 조사하고,

②1년차 연구에서 확정된 세절급여기 모델을 이용하여 국내의 TMR 배합소, 낙농가, 한우 농가 등에 공급되었을 때의 수익성을 분석하여 우리나라에 적합한 적정 규모를 확정한다.

2) 원형베일 세절·급여기의 설계 및 제작 개발(II)

연구내용은 1차년도에 이어 세절급여 장치부에서는, 무거운 원형베일을 여타의 장치를 이용한 별도의 작업 공정없이 자동으로 적재할 수 있는 ①원형베일 자동적재 장치와 ②전체 기대의 하중을 지지하고 프레임과 지면과의 높낮이 조절 기능도 함께 가지는 차축 장치부에 대하여 설계 및 부품개발을 완료한다.

또한 동력전달 시스템에 있어서는 ①세절장치부를 구동하는 커터구동 장치부와 ② 원형베일의 자동적재 및 세절재료의 배출 각도를 조절하기 위한 유압실린더와 ③세절 된 재료를 원심력에 의해 배출하는 배출부의 구동장치에 대하여 ①재료의 안전강도와 유압회로를 분석하고 ②설계 및 부품개발을 완료한다.

이로써 2차년도까지의 국산화율은 70%에 이르게 되는 데, 이는 유압 콘트롤 장치부, 전자 클러치, 전자 콘트롤러, 배출급여부 등의 개발에 많은 비용이 소요되나 한정된 예산으로는 100% 국산화가 불가능하기 때문이다. 그러나 원형베일 세절급여기에 있어서의 핵심 개발품은 세절장치부 관련품인 관계로 미 국산화 품목은 본 기대의 제품 생산시 수요가 증가하면 업체 스스로 개발이 가능한 것으로 판단되어 최종 국산화 목표율은 70%로 결정하였다.

3) 원형베일 세절·급여기의 성능 테스트 및 수정보완

본 연구는 원형베일 세절·급여기 개발 세부과제의 마지막 단계로서, 개발된 시작기의 세절-급여부와 동력전달 시스템을 결합하여 ①완성조립 및 성능 검사와 ② 현장시험 및 최종보완, ③농업기계 형식검사 추진으로 구분이 된다.

가) 개발된 세절·급여기의 완성조립, 성능검사 및 수정보완

본 연구에서는 1, 2차년도에 개발된 장치들을 취합하여 ①완성기대를 조립하고 ② 생산시의 문제점을 점검하며 ③성능 검사를 통하여 시작기의 문제점을 분석하며, ③ 제품을 보완하여 최종 제품을 제작 완성한다.

나) 농업기계형식 검사 승인

완성된 시작품은 농림부 기계화연구소에서 실시하는 농업기계 검사에 출품을 하여 형식승인을 받을 예정이다.

다. 연차별 목표와 내용

표 2 연차별 목표와 내용

구분	연구 개발 목표	연구 개발내용 및 범위
1차년도 (2001- 2002)	1.트랙터 견인형 원형베일 세절· 급여기의 모델 개발(I)	1)개발참조용 수입모델 결정 및 수입, 구조분석 2)국내 생산 원형 베일의 사양 및 특성 조사 3)국내 TMR배합소,낙농가,한우농가에 적 합한 세절·급여기 모델 개발
	2.원형베일 세절·급여기의 설계 및 제작 개발(I)	1)수입모델의 세절장치 분석 ①세절 작동 분석 ②세절부 재질 분석 및 국산품 재질 적 합성 검토 2)세절급여부 세부 설계도 작성 및 부품 개발 ①원형베일 세절장치부 ②원형베일 이송 공급장치 ③트레일러 장치 3)동력전달부 세부 설계도 작성 및 부품 개발 ①P.T.O 동력전달 장치부 ②유압 동력전달 장치부(베일이송) : 유압모터, 감속장치
2차년도 (2002- 2003)	1.트랙터 견인형 원형베일 세절· 급여기의 모델 개발(II)	1)관행의 조사료 급여 비용조사 2)국내 TMR배합소,낙농가,한우농가에 적 합한 세절·급여기 모델의 경제성 분석 을 통한 적정규모의 선정
	2.원형베일 세절·급여기의 설계 및 제작 개발(II)	1)세절급여부 도면 작성 및 부품 개발 ①원형베일 자동적재 장치 ②차축 장치부 2)동력전달부 도면 작성 및 부품 개발 ①커터구동 장치부 ②배출구동 장치부 ③유압실린더부
	3.원형베일 세절·급여기의 성능 테스트 및 수정보완	1)시작기 조립 및 성능 테스트 2)문제점 보완 수정

제3절 국내외 기술의 현황과 문제점

세계 10대 선진국 중에서 농업을 기반으로 두지 않은 국가는 하나도 없다. 이웃 일본만 하더라도 홋카이도 지역에는 거대한 낙농 단지가 조성되어 있다. 우리나라에서 축산은 농업에서 쌀 다음으로 큰 산업이고, 그 중에서 낙농이 차지하는 비중은 1차 산업에서 3차 산업에까지 매우 다양하게 연결이 되어 있다.

그러나 우리나라의 축산, 특히 낙농과 비육은 조사료의 기반 없이는 일어날 수가 없다. 그러한 조사료 생산기반을 구축하는 길은 바로 답리작 맥류를 훌륭한 조사료의 공급원으로 개발하는 것이다. 즉 우리나라의 젓소 및 비육우에게 공급할 수 있는 조사료를 자급하기 위하여는 쌀재배 지역에서 겨울철 맥류의 파종 → 재배 → 예취 → 압축·결속 → 기밀포장·사일리지 가공 → 저장 → 축산농가 운반으로 이어지는 생산·가공·유통의 시스템이 구축되어야 하겠다. 이것을 기반으로 우리나라의 낙농업은 일어날 수가 있다.

특히 답리작 조사료 생산은 미작지대에서 겨울철에 노는 논에 전업농가 또는 기계화 영농단 등에 의한 규모화 작업이 이루어지게 되는데 대형 작업기계가 필수적이다. 현재 우리나라 논의 약 20%인 20만 정보를 답리작으로 재배한다면

- ① 국내 자원의 효율적인 이용
- ② 중국 등지에서 생산되는 저질 조사료의 수입 방지
- ③ 친환경 농업
- ④ 미작 지대의 낙농단지화 등 많은 좋은 전망이 있을 것으로 사료된다.

(1) 우리나라에서 답리작을 이용한 사일리지 생산기술은 최근에 본 연구를 통하여 보급되기 시작을 하게 되었다. 특히 가을철 벼를 수확 한 후에 이루어지는 일련의 기계화 작업은 그림 3과 같은 많은 단위 작업과 작업기가 소요된다. 그러나 이러한 시스템을 현실화하기 위해서는 추가로 연구 개발이 되어야 할 과제가 있는데 바로 농가로 운반된 맥류 원형베일을 적당한 크기로 세절하고, 우사로 급여하는 세절·급여시스템이다.

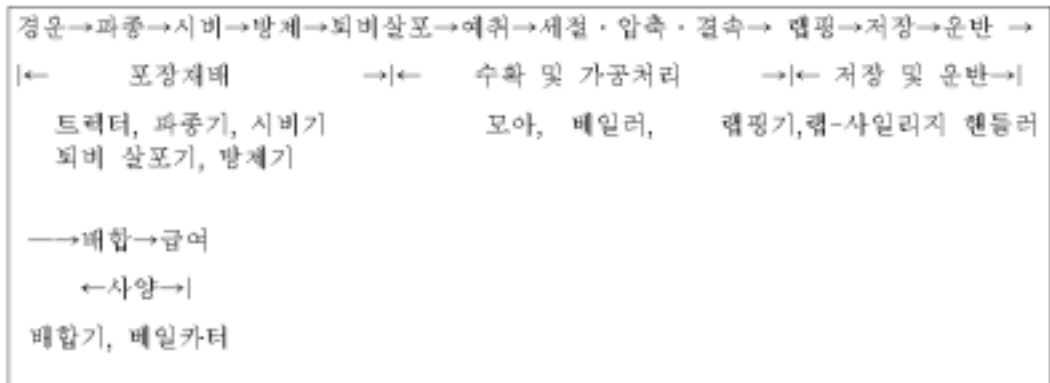


그림 3 답리작 랩-사일리지 일관작업을 위한 소요 작업 및 작업기계의 종류

또한 이러한 일련의 작업을 원활하게 하기 위해서는 트랙터, 경운작업기, 과종기, 방제기, 퇴비살포기, 비료살포기, 모아, 베일러, 사일리지용 베일-랩핑기, 랩-사일리지 핸들러, 베일 커터 등과 같은 우리나라의 실정에 맞는 적정 작업성능을 가진 원동기 및 작업기계가 필요하게 된다. 이 중에 많은 기계들은 이미 우리나라 평야(쌀재배)지대에서 보급되어 사용이 되어지고 있다. 그리고 원형베일러, 예취기, 베일-랩핑기(밀봉포장) 등과 같은 수확·가공 작업기계들은 본 연구팀에 의해, 또한 기존의 농업기계 제작사에 의해 이미 개발이 완료되었거나 개발 중에 있다.

(2) 그러나 맥류 랩-사일리지의 무게는 500kg이나 되고 마른 볏짚의 베일도 300kg을 상회하는데, 이러한 베일을 개별 축산농가 또는 TMR 배합소에서 가축에게 공급 또는 TMR사료로 배합하기 수월하도록 운반, 세절, 급여의 기능을 하는 **베일 세절기(컷터)**는 소개조차 되어 있지 않을 못하고 있는 실정에 있다.

(3) 또한 현재 우리나라에는 40만 한우 사육농가와 1만 5천 젓소 사육 농가가 있다. 그리고 이외에 200여 TMR 배합소가 있다. TMR 배합소는 젓소용 사료(조사료 + 배합사료+ 부산물사료)를 배합하여 낙농가에 공급을 하는 조합 또는 기업의 형태로 운영이 되고 있는데 가장 큰 문제 중에 하나가 원형베일로 가공된 조사료의 세절과 급여 시스템이 없다는 것이다. 따라서 대부분의 TMR 배합소는 배합이 손쉬운 수입조사료(헤이 큐브, 알펠퍼)를 배합하고 있는 실정이다.

(4) 외국의 경우 조사료 세절용은 대부분 일반 건조 또는 목초로 우리나라에서 주로 사용되는 벧짚과는 매우 다르다. 벧짚은 특성상 다른 건조에 비하여 매우 질길 뿐 아니라 규소성분이 많아 세절용 칼날의 마모가 심하고 또한 매우 큰 동력이 소요된다. 따라서 외국의 기계를 직접 국내에 이용하기에는 많은 문제가 있다.

(5) 이러한 기계의 개발은 벧짚을 많이 이용하는 동남아 등지로 수출이 될 수 있는 좋은 품목이 될 것이다.

제 2 장 연구수행 내용 및 결과

제1절 트랙터 견인형 원형베일 세절·급여기의 모델 개발

1. 서설

본 연구에서는 급변 개발중인 원형 베일 세절·급여기가 국내의 TMR 배합소, 낙농가, 한우 농가의 사료급여 현실에 부합하며 경제적으로도 이익을 남길 수 있는 원형 베일 세절·급여기의 모델을 개발하기 위하여 실시되었으며 그 결과, ①개발참조용 수입모델을 결정하고 수입하여 수입모델의 구조와 중요 요인분석을 하였고, ②작업 대상물인 원형베일(랩-사일리지, 베일 건조, 볏짚건조 등), 사각베일 등의 국내 생산 규격 등의 기초자료를 확보하였다. 또한 ③ 우리나라의 TMR 배합소, 낙농가, 한우 농가 등에서의 사료급여 현황을 조사하고 이에 적합한 조사료 급여 모델을 개발하였다.

2. 모델 개발

가. 개발참조용 수입모델 결정 및 수입

1) 개발참조용 수입모델의 결정

원형 베일의 세절 및 급여를 위한 기계는 축산 선진국에서는 이미 여러 가지 형태가 개발되어 있다. 우선, 원형의 베일은 집초 된 사료작물이 베일러에 의해 일정한 두께로 압축되어 실린더형으로 말려있다. 따라서 모든 기종이 원형의 베일을 회전시키면서 풀어내고 이를 세절한 후에 원하는 위치에 배출하는 구조로 되어있다. 그런데, 조사된 원형베일의 세절·급여기는 대체로 아래의 그림과 같이 2가지 형태로 분류가 되었으며 그림 4 및 5와 같은 형태의 세절기는 원통형의 드럼에 원형베일을 넣고 드럼을 회전시키면서 내부의 회전 칼날로 베일을 세절하고 이를 곧바로 배출하도록 되어 있다. 반면, 그림3과 같은 구조에서는 트레일러 형의 적재함에 원형베일을 적재하고 적재함의 바닥 면을 전방으로 전진시키면서 원형의 베일을 풀어내고 이를 회전 칼날을 이용하여 짧게 세절한 후 세절된 조사료를 대형의 원심식 팬을 이용하여 먼 거리까지 송출할 수 있는 구조로 되어 있다.

이러한 2가지 형태의 원형베일 세절급여기는 각각의 장단점 및 특징을 가지는데 그림 4, 5와 같은 드럼식은 ①상대적으로 구조가 간단하여 가격이 저렴하지만 ②약 300~500kg 이상의 무거운 원형 베일을 드럼 내에 적재하기 위하여 별도의 기계를 이용한 적재작업이 필요하고, ③세절된 조사료의 배출 위치의 조절이 어려우며 ④원형 베일의 세절작업 만이 가능하다.

그러나 이에 비해 그림 6과 같은 트레일러 형의 세절급여기는 ①여타의 기계를 이용하지 않고 자력으로 원형베일의 적재가 가능하고 ②세절된 조사료의 배출 위치의 조절이 자유로워 다양한 환경에서의 작업이 가능하고 ③2개 이상의 원형 베일을 동시에 적재하여 작업할 수 있어 작업효율이 높다. 그리고, ④세절된 조사료를 멀리까지 날려보낼 수 있어 깔짚 살포 등에도 이용이 가능하며 ⑤원형베일 이외에도 사각 베일, 벧단 등도 적재함에 대량으로 적재하여 일시에 작업할 수 있는 등의 장점이 있어 기계가 다소 고가이지만 드럼식보다 훨씬 우리나라 현실에 적합할 것으로 판단된다. 또한, 기계가 다소 고가이더라도 적절한 규모의 농가 또는 TMR 배합소 등에서 이용한다면 훨씬 이익률을 높일 수 있다.

따라서 본 연구에서는 그림 6과 같은 트레일러 형의 원형베일 세절·급여기를 개발하기로 결정하고 기대를 수입 조치하였다.

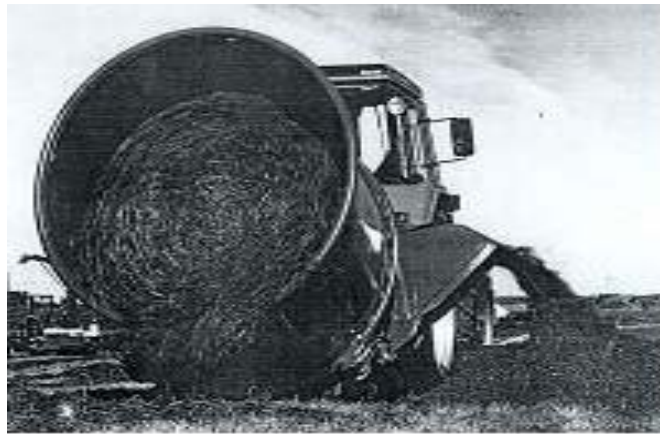


그림 4 드럼식 원형베일 세절기(1)



그림 5 드럼식 원형베일세절기(2)



그림 6 트레일러형의 세절급여기

2) 샘플 기대의 수입

표 3와 같은 사양을 가지는 세절·급여기 수입 샘플기대는 당초 계획보다 낮은

2002년 상반기에 본 연구진에 도착되었는데, 앞의 그림 6에서는 수입된 기대의 전면부를 나타내고 있다.

표 3 수입샘플기대의 사양

항목		사양	비고
적용 트랙터		50 ~ 70 ps 급	
적재하중		1.5 ton	
칼날수	굽은 날	8개/1조 × 5조 = 40개	
	직선 날	8개/1조 × 4조 = 32개	
적재함 내부규격		높이 1.3m × 폭 1.3m × 길이 2.0m	
세절 조사료 토출 거리		수직 : 최대 2 m, 수평 : 최대 15 m	
작업 소요시간		10분/(베일 1 EA)	
적용 베일		사일리지, 볏짚 등의 원형, 사각 베일	

수입 샘플 기대의 사양을 살펴보면 적재함의 크기와 적재용량은 원형 베일 2개(직경 및 길이 1.0~1.3m)를 동시에 작업 가능한 수준으로 하였다. 원형베일 3개 이상을 동시에 작업을 할 경우 동력원의 규모가 100마력급 이상이 되어야 하며 이 경우 농가에서의 사용에 어려움이 있을 것으로 판단되었다.

나. 원형베일 및 사각베일의 사양 및 특성 조사

현재 우리나라에서 생산되는 건초는 거의 볏짚이며 이제까지는 거의 사각 베일러에 의해 약 20~30kg의 사각형태의 베일로 생산되었다. 그러나 최근들어 원형베일러의 보급 및 이용이 증가하여 대형의 원형 베일의 생산이 늘고 있다. 이러한 국내에서 생산된 대형의 원형 베일은 그 규격이 직경 1.0~1.3m 수준인 것으로 조사되었으며 일부에서는 가변 원통형의 베일러를 이용하여 보다 소형의 원형 베일을 생산하고 있는 것으로 파악되었다. 따라서 국내 생산되는 원형 및 사각 베일은 모두 본 연구에서 개발될 기계에 의해 작업 가능한 것으로 판단되었다.

그런데, 이러한 원형의 베일과 사각의 베일은 그 길이가 다른데, 비세절 원형 베일

은 벧짚의 경우 1m 내외, 호맥 등의 사료 작물인 경우 1.5m 이상이고, 사각의 벧짚 베일은 그 길이가 약 50cm를 넘는 것으로 조사되었다. 따라서 이렇게 길이가 긴 베일 조사료를 세절하지 않고 그대로 급여하는 경우 그 사료가치를 충분히 이용할 수 없으며 급여 허실이 20%이상 되는 것으로 나타나 반드시 세절하여 급여해야하는 것으로 판단된다.

조사료의 세절은 여타의 방법보다 경제적인 조사료 가치 증대 방안이 될 수 있으며 세절의 방법에서는 조사료의 입자도가 적을수록 소화율이 증가하는 것으로 보고되고 있어 세절 길이가 짧을수록 유리하다. 그러나 조사료의 세절에는 많은 에너지가 소요되며 재료 별로 각기 다른 저항력을 보이고 있다. 즉 일반 목초 등은 대체로 줄기의 직경이 가늘고 원래의 길이도 짧아 저항력이 작으며 호밀 등의 사료 작물은 보다 저항력이 높다. 그러나 저항력이 가장 높은 것은 역시 벧짚으로 여타의 조사료에 비해 약 2~3배의 저항력을 가지는 것으로 조사되었으며 그 결과를 표 2에 나타내었다. 이러한 조사 결과에 의해 조사료의 세절장치의 설계는 벧짚을 기준으로 진행된다면 여타의 재료에 대한 세절 기능에는 이상이 없을 것으로 판단하였다.

표 4 조사료별 회전날 절단 저항

구분	절단 저항	비고
사료작물	10 N	
목초 건초	5~10 N	
벧짚	20~30 N	

다. TMR 배합소, 축산 농가 등에 적합한 세절·급여기의 모델 개발

현재 농가에서 이용되고 있는 벧짚 원형 베일은 범용의 소형 절단기로 수작업으로 세절하여 급여하거나 세절 공정을 거치지 않고 통째로 급여하고 있다. 이러한 소형의 세절기로는 대형의 원형 베일을 세절 처리할 수 없으며 세절하기 위해서는 원형 베일을 수작업으로 일정 두께로 풀어서 세절하고 다시 세절된 조사료를 수집하여 TMR 배합기에 배합하여 급여하거나 직접 가축에 급여하여야 한다.

따라서 본 연구에서 개발될 세절·급여기를 우리나라 축산농가 또는 TMR 배합소 등에서 이용하기 편리하도록 구성한다면 위와 같은 애로점을 해결하고 나아가 새로운

조사료 급여 시스템의 개발에도 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

조사료의 급여 과정은 농가와 TMR 배합소에서의 환경이 각각 다른 것을 알 수 있으며 조사료 세절·급여기는 각각의 환경에 맞도록 제작되어야 한다.

1) 축산농가에서의 조사료 급여 과정

축산농가의 사료급여 내용은 낙농가와 한우농가에서 서로 다른 형태를 보인다. 우선 낙농가에서의 사료급여의 특징은 한우농가에 비해 조사료의 급여량과 종류가 다양하다는 점이다. 즉, 수입 건초, 볏짚, 사일리지, 청초 등의 국내에서 조달 가능한 조사료가 대부분 이용되고 있는 것으로 조사되었다. 이러한 조사료는 농후사료와 함께 쪼갬소에 급여되는데, 급여 방식은 ①조사료와 농후사료, 기타 첨가제 등을 별도로 분리하여 급여하는 조·농 분리 급여방식과 ②조사료와 농후사료, 첨가제를 배합기를 이용하여 일정한 비율로 배합하여 급여하는 TMR 급여방식으로 나누어진다.

그런데, 조·농분리 급여의 경우 우리나라에서는 볏짚의 이용율이 높으므로 볏짚 위에 농후사료를 인력으로 top dressing하는 경우가 대부분이며 기타의 조사료는 단독으로 급여한다. 이러한 조·농분리 급여방식은 서구와 같이 축산작업의 기계화가 많이 이루어진 곳에서는 성력적인 작업이 가능하지만 우리나라에서는 인력과 시간의 소요가 대단히 큰 작업이다. 따라서 최근에는 TMR 배합기에 각종 사료를 넣고 배합하여 혼합된 TMR 사료를 급여하는 방식의 보급이 급격히 증가하여 낙농가의 절반 이상이 이 방식을 채택하고 있다.

한우 농가의 경우도 낙농가의 경우와 크게 다르지 않지만 조사료의 종류가 다양하지 않고 거의 볏짚에 의존한다. 또한 TMR 사료의 급여의 내용도 많은 농가에서는 볏짚과 농후사료를 혼합하여 급여하는 간이식을 채택하고 있다.

이러한 현행의 축산농가 사료급여 실태를 고려하여 TMR 급여 및 조·농 분리급여 시의 세절된 조사료의 급여 시스템을 구성하면 각각 그림 7, 8과 같다.

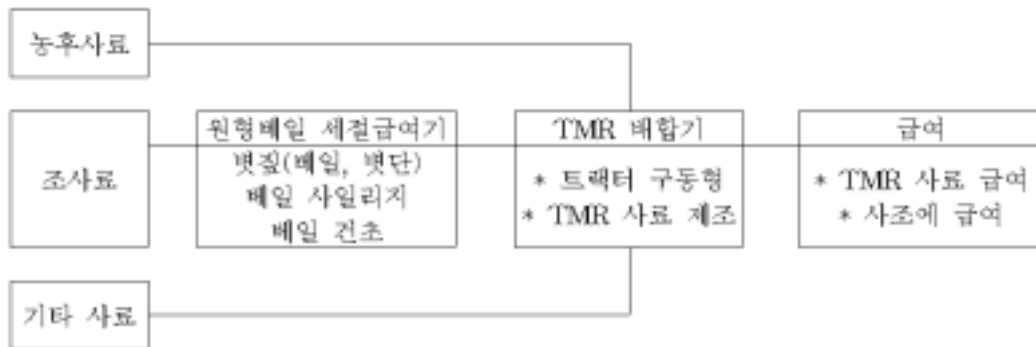


그림 7 원형베일 세절급여기를 이용한 TMR 급여 시스템

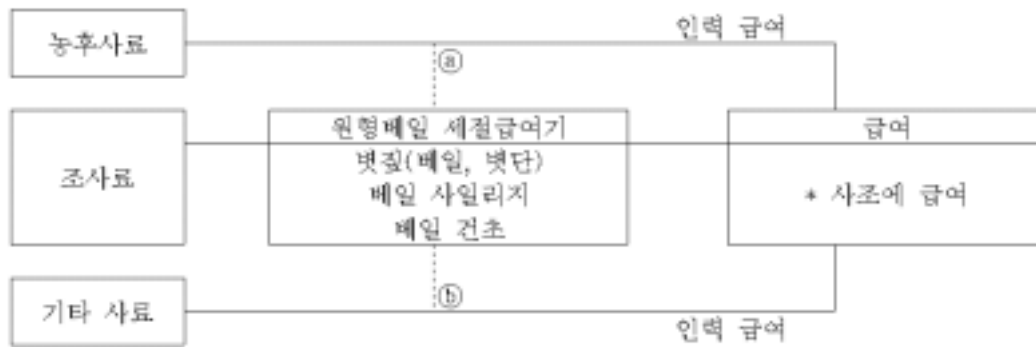


그림 8 원형베일 세절급여기를 이용한 조·농분리 급여 시스템

본 연구에서 개발될 축산농가용 원형베일 세절급여기는 이상과 같은 급여과정을 고려하여 모델이 결정되었다. 또한, 그림 8에 나타난 바와 같이 조·농분리 급여시스템에서는 농후사료와 기타 사료는 인력으로 급여하게 되는데, 이를 ㉠와 ㉡처럼 원형베일 세절·급여기를 이용하여 급여한다면 사료급여에 소요되는 인력과 시간을 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 이러한 구조의 개발은 본 연구의 결정된 예산과 연구 기간으로는 불가능하여 본 보고에서는 그 가능성만을 제시할 예정이다.

2) TMR 배합소에서의 조사료 급여 과정

TMR 배합소에서의 TMR 사료의 제조과정은 일반 축산농가와 비교하면 매우 복잡

하며 배합소 별로 각기 다른 시스템으로 구성되어 있으므로 일률적으로 제조과정을 나타내기는 어렵다.

본 절에서는 현재 TMR 사료를 생산중인 공장에서의 TMR 사료생산 공정을 예로 하여 조사료 세절급여기를 장치한 구성도를 그림 9에 나타내었다.

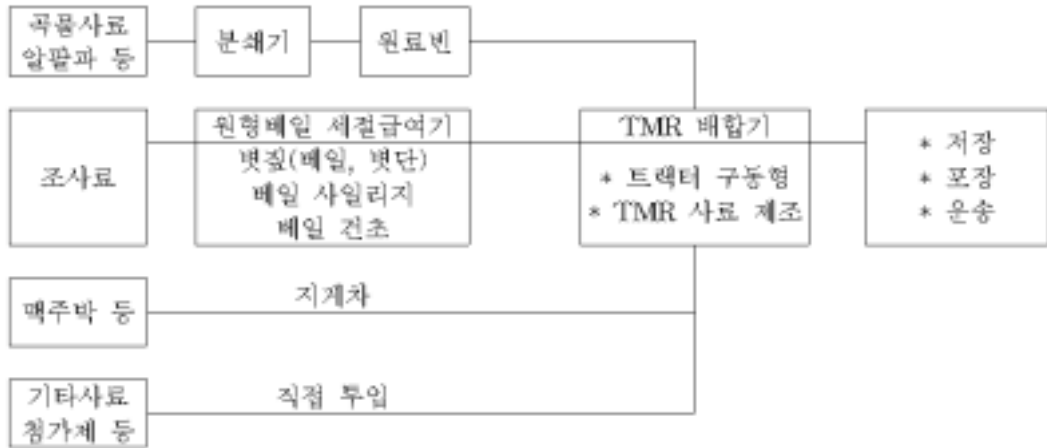


그림 9 TMR 배합소의 원형베일 세절급여기를 이용한 TMR 제조과정 시스템 모델

3) 원형베일 세절 급여기 모델의 개발

본 연구에서 개발중인 원형베일 세절 급여기의 모델은 개발 참조용으로 수입된 기계를 분석하고 위에서 언급한 축산농가 및 TMR 배합소에서의 작업환경을 고려하여 개발하였다. 수입된 세절·급여기 샘플 기대를 조사하여 전체적인 구조를 그림 10에 나타내었는데, 세절·급여의 메카니즘을 살펴보면 다음과 같다.

원형 베일 형태의 조사료가 적재함으로(1)로 자동 적재기(2)를 이용하여 투입되면 하부의 베일 이송용 컨베이어(3)가 베일을 전방으로 지속적으로 밀어주어 세절장치부(4)에서 일정두께로 풀어지고 세절되어 배출장치부(5)에 의해 배출을 위한 원심력을 받은 후 배출조절장치(6)에 의해 원하는 방향 및 위치로 송출되어진다.

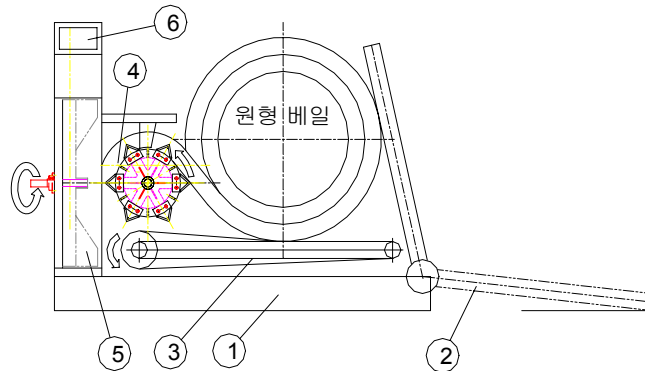


그림 10 수입 원형 베일 세절·급여기의 구조도

가) 세절장치부

본 모델의 세절장치부는 그림 10에 나타난 바와 같이 원통형의 회전 드럼에 플랜지가 용접되어 칼날을 장착하도록 한다. 세절부는 원형 베일을 풀어내면서 고정날과 회전날 사이에서 조사료를 세절하고 이를 배출장치로 보낸다. 또한 조사료는 고정날에 닿지 않더라도 회전날이 고속으로 회전하면서 잘게 잘라지게 되는데, 잘려진 조사료가 배출부로 이송되기 위해서는 세절장치부의 칼날축 몸통에 칼퀴를 장착하도록 한다. 그리고 칼날축의 좌우 끝단부는 세절, 또는 세절되지 않은 조사료가 감기면서 칼날축의 회전을 방해할 우려가 있으므로 감김 방지 장치를 설치해야 한다. 그리고 칼날축의 설계 및 제작에 있어 가장 중요한 사항은 1,000rpm 이상의 안전한 고속 회전이 가능하고 이를 통하여 조사료를 완전히 절단하는 것이다. 이러한 고속 회전이 가능하려면 칼날축 회전시의 회전 balance의 불균형이 없도록 제작되어야 한다.

본 모델에서 가장 동력 소요가 큰 곳이 세절 장치부인데, 이를 위하여 PTO 기어박스-스프로켓-체인-베벨 기어 박스를 거치는 동력전달 라인의 설치가 필요하다. 동력전달라인의 구성은 수입 샘플 기대의 구조를 기초로 하였다.

나) 배출급여부

본 기대에서의 세절된 조사료는 고속으로 회전하는 직경 1.5m의 원심식 fan에 의해 배출되어지며 배출구에 유압실린더를 장착하여 세절된 조사료의 토출 방향을 조절할

수 있도록 한다. 조사료의 배출방향의 조절은 출구의 수직하방에서 상방향으로 90°까지 가능하도록 한다. 사조에 사료를 급여하는 경우는 출구의 방향을 수직 하방 부근으로 조절하여 사용하고 TMR 배합기 등에 세절된 조사료를 투입하는 경우는 출구를 수평 부근으로 조절한다. 또한 짚 등을 축사의 깔짚으로 이용하는 경우에도 출구를 수평 부근으로 하여 재료를 멀리까지 날려보낸다.

그런데, TMR 배합소 등에서의 배출구의 방향은 설치된 시스템의 구조에 따라 여러 방향으로 출구조절 기능이 필요하며 이에 대한 설계 및 개발은 개별 배합소에 맞게 이루어져야 한다.

다) 베일 이송장치부

적재된 원형베일 또는 여러 형태의 조사료가 세절장치에 의해 세절되기 위해서는 계속적으로 조사료를 세절장치부로 이송시켜야 하는데, 이를 수행할 장치가 베일 이송장치부이다. 기계의 구성은 트레일러 위에 가로형의 띠 판과 체인으로 연결된 이송장치를 구성하고 체인을 스프로킷으로 구동하여 무한궤도 형태로 회전하게 한다. 이러한 구조는 원형 베일을 일정한 두께로 풀어내기 위하여 오래 전부터 쓰여진 구조이다.

이송부의 구동은 유압모터를 이용하는데, 공급유량을 조절할 수 있도록 하여 이송속도를 조정한다. 이송속도가 빠른 경우 세절장치부로의 공급량이 많아져 세절성능의 저하 또는 과부하 상태가 될 수 있으며 이송속도가 느린 경우 작업 성능이 떨어지게 되므로 작업자가 작업시에 이송속도를 조절할 수 있도록 한다.

라) 자동 적재 장치

기대의 후면에는 조사료를 투입한 후 닫을 수 있는 문이 부착되어야 한다. 이 때, 무거운 원형베일 및 조사료를 뒷 문쪽에 실어서 적재함에 적재하도록 자동적재 장치를 구성한다. 이 경우 별도의 조사료 적재기가 필요 없어 작업시간 단축의 효과를 볼 수 있다.

마) 트레일러 장치부

본 기대는 트랙터에 의해 견인되는 트레일러형이며 트레일러 위에 설치된 적재함에 재료를 일정량(최대 1.5 ton) 투입하여 batch 식으로 조사료를 세절한다. 이러한 트레

일러는 본 장치의 기본 골격을 이루며 외관의 철판물과 하부 프레임, 차축 장치 등은 충분한 내구성을 가질 수 있도록 설계 제작되어야 한다.

또한, 트레일러를 트랙터로 견인하기 위해서는 히치 장치가 필요하며 축사와 같은 좁은 공간에서의 작업효율을 향상시키기 위하여 관절형의 히치를 설계 제작해야 한다.

제2절 원형베일 세절·급여기의 설계 및 제작 개발

1. 서설

제 1절의 모델 개발에서 분석된 결과를 토대로 본 연구에서 개발이 될 수 있는 원형베일 세절·급여기를 크게 ①세절 및 급여 장치부와 ②동력전달부로 구분하여 연구 개발을 하였다.

또한 원형 베일의 세절 및 급여장치부는 1회 처리용량을 1.0 ton수준으로 하고 약 500kg 정도 되는 원형 베일 2개를 일괄 처리할 수 있도록 개발을 하였다.

이러한 일련의 기능들을 수행하기 위한 작동 장치는,

- ①자동 적재부,
 - ②베일 이송 공급부,
 - ③세절부,
 - ④배출 급여부,
 - ⑤트레일러부,
 - ⑥차축부 등으로 세부 분류하여 분석하여 기계를 개발하였고,
- 또한, 동력전달 장치로 개발될 세부장치는
- ①P.T.O 동력전달 장치부,
 - ②커터 구동장치부,
 - ③배출 드로워 구동장치부,
 - ④유압장치부 등으로 세부 분류하고 분석하여 기계를 개발하였다.

년차별로 수행한 결과 및 내용은 1차년도에는 ①수입 샘플기대의 세절장치부에 대한 분석을 실시한 바 있고, ②원형 베일의 세절 장치부와 원형베일 이송공급 장치에 대한 설계와 부품개발을 완료하였다. ③또한 전체 기능부가 탑재될 트레이일러 장치도 개발하였다.

또한 동력전달 장치에서는 ①트랙터 견인형을 위한 P.T.O 동력전달 장치부와 ②유압 장치 중에서 원형베일을 세절장치부로 공급하여주는 베일 이송장치를 구동하기 위한 유압모터, 감속장치(체인 및 스프로킷)에 대한 재료의 안전 강도 조사와 유압회로 구성을 조사 분석하고, 설계 및 부품개발을 완료하였다.

연구의 2차년도에는 세절·급여부에서는 ①원형베일 자동적재 장치와 ②차축 장치를 개발하였고, 또한 동력전달부에서는 ①커터구동 장치부 ②배출구동 장치부 ③유압실린더부를 개발하였다.

또한 부분적으로 개발이 된 부품들은 모두 조립이 되어 공장 내 테스트를 거쳐 현장에서 장기간 운전을 하였으며 이에 대한 문제점도 수정 및 보완을 하였다.

다음은 본 연구의 세부적인 내용 및 결과이다.

2. 원형베일 세절·급여기의 개발

가. 세절 장치의 분석

1) 수입기대 세절장치부 구조 분석

수입 샘플 기대에서의 조사료의 세절 작용은 그림 11에 나타낸 바와 같이

①V자 형태로 조립된 굽은 회전날을 회전시켜 조사료가 고정날에 타격되어 찢어지도록 하는 방식과 ②고정날 없이 일자형의 회전날이 회전하면서 세절하는 2가지 방식을 혼용하고 있다.

주된 세절작용은 ①의 칼날부에서 수행하고 ②의 칼날부는 보조적인 세절작용을 하도록 설계가 되어 있다.

또한 칼날의 배열은 작업시 축에 걸리는 토크를 완화하기 위하여 좌우 대칭 형태로 배열되어 있으며 세절된 재료는 원심력에 의해 칼날축 후방의 송풍팬으로 던져진다.

또한 칼날축에는 칼날과는 별도로 칼귀가 달려있어 세절된 조사료 또는 세절되지 않고 적재함으로 떨어진 조사료를 다시 세절부로 견어올리는 기능을 수행하도록 되어 있는데 이러한 장치가 없을 경우 재료가 세절부에 올바로 공급되지 못하게 되어있다. 그리고 칼날축의 좌우 끝단부는 세절, 또는 세절되지 않은 조사료가 감기면서 칼날축의 회전을 방해할 우려가 있어 이를 방지하기 위하여 감김 방지용 브라켓이 설치되어 있다.



그림 11 샘플기대의 칼날축부 상세 사진

칼날의 재질을 분석하여 확인한 결과 스프링 강 계통의 재질(SK강판)로 제작이 되어 있는데, 이는 국내에서 제작되는 콤파인 칼날, 로타리 칼날 등에 이용되는 재질과 동등한 수준이다. 그런데 수입기대의 칼날의 형상은 선단부에 돌기가 형성되어 있었으며 축중심에서의 반경이 320mm로 칼날 끝 부의 회전속도는 약 17 m/sec가 된다. 칼날의 형상에 있어 돌기가 형성된 것은 콤파인 칼날 등과 동일한 형태이며 장기간 사용시의 내구성에 매우 유리할 것으로 판단되었다.

2) 수입기대를 이용한 세절 성능 시험

본 연구에서 개발 중인 원형베일 세절급여기는 원형 베일을 풀어내면서 세절장치부의 고정날과 회전날 사이에서 조사료를 세절하고 이를 배출장치로 보내도록 되어 있다. 그런데, 이러한 조사료 세절의 경우 세절 길이에 대한 일정한 기준은 없으며 다만 외국에서의 목초의 경우 5cm 수준으로 세절하는 경우가 있으며 수입 건초의 경우 1

0~20cm 또는 20~30cm 정도로 세절된 것으로 조사되었다. 볏짚의 경우는 범용의 조사료 절단기를 이용하는 경우 약 15~30cm의 길이로 절단되는 것으로 조사되었다.

본 연구에서는 수입된 샘플기대를 50마력 트랙터에 연결하여 세절시험을 실시하였으며 그 결과를 표 5에 나타내었다. 또한 그림 12은 조사료 세절 성능시험시의 세절 장면을 나타내었고, 그림 13는 세절 후의 볏짚을 보여주고 있다.

표 5 수입 기대의 세절 성능 시험결과

세절 재료	세절 길이	세절 상태	작업 성능	비고
랩-사일리지 (호맥)	30~40 cm	*재료가 예리하게 절단되는 것이 아니라 찢어짐	5분/베일	
볏짚 베일	40~50 cm	*재료가 예리하게 절단되는 것이 아니라 찢어짐 *재료가 타격은 되었으나 세절되지 않은 것이 다수 발생함	8분/베일	



그림 12 볏짚 세절성능 시험장면



그림 13 세절 후의 볏짚

세절 시험 결과 볏짚과 호맥 사일리지 모두 매우 길게 세절이 되어져 우리나라에서 이용하기 위해서는 많은 개선이 필요한 것으로 판단되었다. 특히 세절된 조사료를 효과적으로 배합기에 투입이 되어 다른 사료들과 배합이 되기 위해서는 10cm 정도로 보다 잘게 세절이 되어야 할 것으로 판단이 되었다.

수입 기대의 세절 매카니즘을 분석을 하여 본 결과 고정날이 없는 칼날부에서 세절이 잘 일어나지 않았고 V자 형으로 조립된 2개의 칼날과 고정날 사이의 세절도 매우 둔하게 이루어지고 있었으며 그나마 칼날의 타격을 받았지만 잘려지지 않은 것이 다수 발생하였다. 특히 호맥을 가공한 랩-사일리지와 볏짚 등을 세절한 결과 조사료의 세절 길이는 각각 30~40cm, 40~50cm로 조사되어 가축에 급여하기에는 매우 길며 TMR 배합기에 투입할 경우 배합이 불가능하거나 소요동력이 매우 커질 우려가 있는 것으로 판단되었다.(박경규, 1998)

이에 대한 주원인으로는 ①칼날 길이가 짧아 재료에 대한 타격력이 부족하며 V자 형의 굽은 칼날을 사용하고 있었으며, ② 회전날의 날 부분이 예리하지 못하고 고정날의 끝단에도 날카로운 부위가 형성이 되어있지 않아 세절이 정확히 이루어지지 않은 때문인 것으로 판단되었다. 또한 세절되지 않고 빠져 나오는 재료도 일부 발생하고 있었는데 그 것은 축 방향의 칼날의 간격이 약 30cm가 되어 빈 공간이 많이 발생했기 때문으로 분석이 되었다.

따라서 세절 길이를 줄이고 재료를 정확히 절단하기 위해서는 세절 장치부의 변경이 필요한 것으로 판단되었는데, 세절장치부에서의 변경 내용은 다음과 같다.

- ①회전 칼날 길이 20~30mm 증대
- ②회전 칼날의 선단부를 날카롭게 변경
- ③고정 칼날의 끝단부를 날카롭게 하고 세절 작용이 확실히 일어나도록 형상을 변경
- ④축방향의 칼날 간격을 좁게 하기 위해 회전 칼날이 부착된 플랜지 및 고정날의 간격을 7 cm 간격으로 변경
- ⑤ 보다 효과적인 세절 작용을 위하여 회전 칼날과 고정 칼날의 틈새를 2~3mm 유지할 수 있도록 각 부품을 정밀하게 설계하고 제작하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

2) 세절·급여 장치부

수입 기대로 우리나라 축산농가에서 가장 많이 급여를 하는 볏짚 및 호맥 사일리지를 절단 시험을 한 결과를 토대로 설계도를 작성하였으며, 또한 설계도면으로 세절장치부의 제작을 완료하였다. 제작이 완료된 세절부를 이용하여 원형 베일 벧짚, 사각 베일 벧짚, 원형 램-사일리지, 벧단 등에 대한 세절 및 작업성능 시험을 실시하였으며 2차년도에는 장기간의 연속 시험을 통하여 내구성에 관련한 여러 가지의 문제점을 조사하였다. 특히 칼날의 내구성에 대한 세밀하게 조사하여 국산 재질의 사용가능 여부 및 최적의 칼날 형상을 결정하였다.

가) 세절 매카니즘

본 모델의 세절장치부는 원통형의 회전 드럼에 플랜지가 용접되어 칼날을 장착하도록 한다. 세절부는 원형 베일을 풀어내면서 고정날과 회전날 사이에서 조사료를 세절하고 이를 배출장치로 보낸다. 또한 조사료는 고정날에 닿지 않더라도 회전날이 고속으로 회전하면서 잘게 잘라지게 되는데, 잘려진 조사료가 배출부로 이송되기 위해서는 세절장치부의 칼날축 몸통에 칼퀴를 장착하도록 한다. 그리고 칼날축의 좌우 끝단부는 세절, 또는 세절되지 않은 조사료가 감기면서 칼날축의 회전을 방해할 우려가 있으므로 감김 방지 장치를 설치해야 한다. 그리고 칼날축의 설계 및 제작에 있어 가

장 중요한 사항은 1,000rpm 이상의 안전한 고속 회전이 가능하고 이를 통하여 조사료를 완전히 절단하는 것이다. 이러한 고속 회전이 가능하려면 칼날축 회전시의 회전 balance의 불균형이 없도록 제작되어야 한다. 따라서 고속회전시 질량의 불균형이 있으면 회전 중 파손 등의 극히 위험한 상태에 이를 수 있으므로 이러한 현상을 방지하기 위해서는 칼날축 제작시 부품을 정확히 가공하기 위하여 모든 부품을 레이저를 이용하여 가공하고 용접변형을 방지하기 위하여 고가의 용접지그를 제작 이용하였다. 또한 제작완료 후에는 칼날축 중심의 동 밸런스를 점검해야 하는데, 운전 중에 이러한 밸런스의 불균형을 조사할 수 있는 장비는 매우 고가이며 따라서 당 제작팀에서는 정적인 상태에서의 질량의 불균일 상태를 점검하기 위하여 그림 14과 같은 별도의 장치를 제작하였다. 이러한 장치를 이용하여 수동으로 정적인 상태에서의 질량의 불균형량을 찾아내고 이를 제거하면서 칼날축의 제작을 완료하였다. 또한, 제작된 칼날축의 고속회전 테스트 결과 큰 문제점이 없는 것으로 나타났다.



그림 14 칼날축 불균형 질량 검사용 지그

나) 부품 개발

그림 20은 칼날축부의 설계 도면이고 이를 토대로 제작을 한 것이 중 그림 15는 고정날 프레임부의 사진이다. 또한 그림 16는 회전날 프레임부의 사진이다. 그림 17은 고정날과 회전날을 조합이 된 세절부이다. 또한 그림 18은 고정 칼날, 그림 19는 회전

칼날이다.



그림 15 제작중인 고정날 프레임



그림 16 제작완료된 회전날 프레임



그림 17 완성된 칼날축부 조합

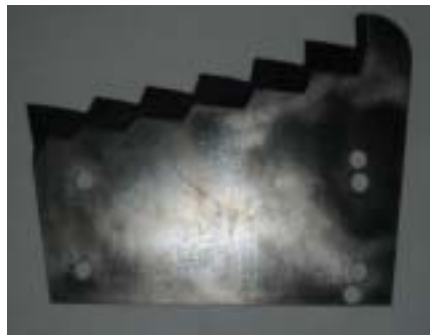
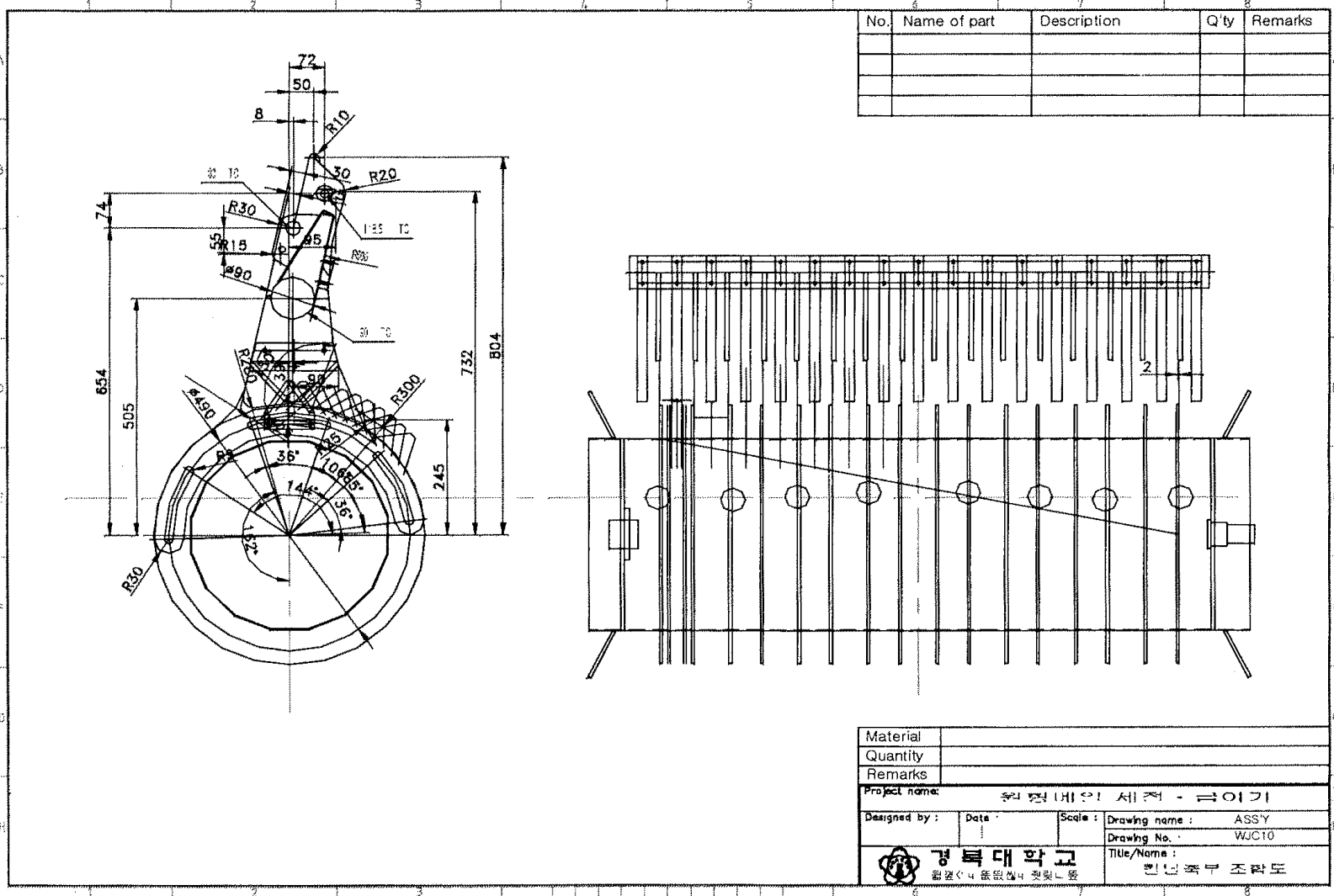


그림 18 고정칼날



그림 19 빗살무늬 회전칼날

그림 20 컬널측부 조합도면



2) 배출급여부

본 연구에서 개발이 된 시작기에서 세절된 조사료는 고속으로 회전하는 직경 1.5m의 원심식 fan에 의해 배출되어지는데, 배출구에는 유압실린더를 장착하여 세절된 조사료의 토출 방향을 조절할 수 있도록 설계 및 제작하였다. 조사료의 배출방향의 조절은 출구의 수직하방에서 상방향으로 90° 까지 가능하도록 하며 사조에 사료를 급여하는 경우는 출구의 방향을 수직 하방 부근으로 조절하여 사용하고 TMR 배합기 등에 세절된 조사료를 투입하는 경우는 출구를 수평 부근으로 조절하도록 되어 있다. 또한 짚 등을 축사의 깔짚으로 이용하는 경우에도 출구를 수평 부근으로 하여 재료를 멀리까지 날려보낼 수 있도록 하였다.

그러나 TMR 배합소와 같이 배출구의 방향이 이미 설치된 시스템의 구조에 맞추어야한다면 여러 방향으로 출구조절 기능이 필요하게 되는데, 이럴 경우 이에 대한 설계 및 개발은 개별 배합소에 맞게 이루어져야 한다.

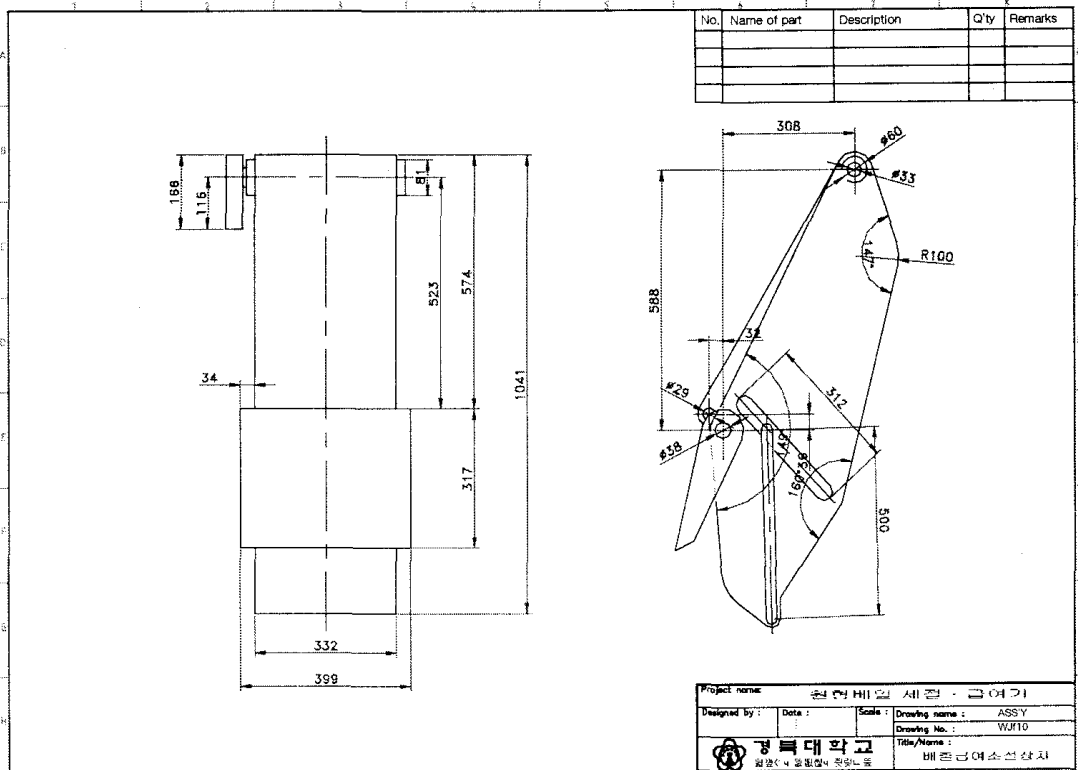


그림 21 배출방향 조절장치

본 장치를 구성하는 세부 부품들은 모두 개발이 완료 되었는데 그림 21에서는 배출방향 조절장치의 도면을 나타내었으며, 그림22 및 23은 제작된 배출방향 조절장치와 세절조사료 토출구의 사진이다. 또한 그림 24에서는 부분적으로 개발된 부품을 모두 모아서 배출 조절장치를 조립하는 장면이다.

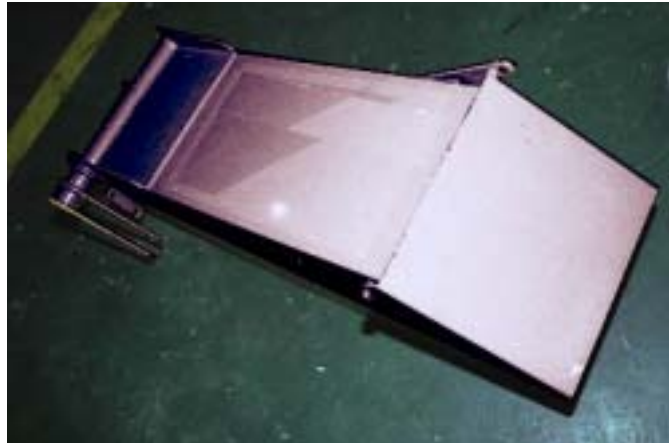


그림 22 배출방향 조절장치

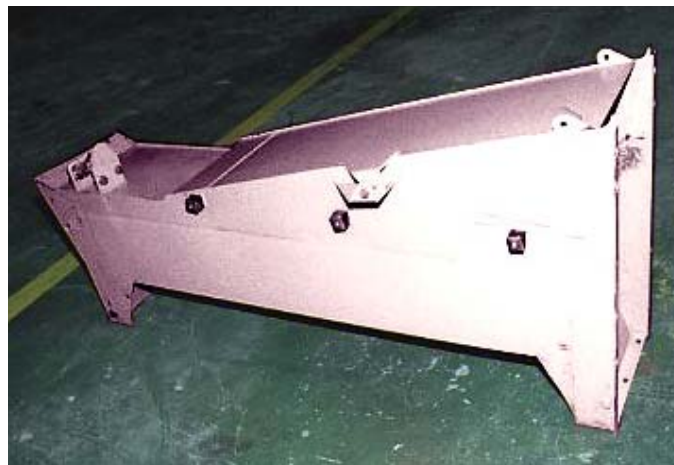


그림 23 세절 조사료 토출구



그림 24 배출방향 조절장치 조립 장면

3) 베일 이송장치부

시작기에 적재된 원형베일 또는 여러 형태의 조사료가 세절장치에 의해 세절되기 위해서는 연속적으로 조사료를 세절장치부로 이송시켜야 하는데, 이를 수행할 장치가 베일 이송장치부이다. 시스템의 구성은 트레일러 위에 가로형의 띠 판과 체인으로 연결된 이송장치를 구성하고 체인을 스프로킷으로 구동하여 무한궤도 형태로 회전하게 한다. 이러한 구조는 원형 베일을 일정한 두께로 풀어내기 위하여 일반적으로 쓰여지는 매카니즘이다.

이송부의 구동은 유압모터를 이용하는데, 조사료의 공급량을 조절하기 위해서 이송속도를 조정하도록 설계가 되어 있다. 이송속도가 빠른 경우 세절장치부로의 공급량이 많아져 세절성능의 저하 또는 과부하 상태가 될 수 있으며 이송속도가 느린 경우 작업 성능이 떨어지게 되므로 작업자가 작업시에 이송속도를 조절할 수 있도록 되어있다.

그림 25은 베일이송 장치부의 조합도면을 나타내고 있으며, 그림 26은 베일이송장치 중 이송판과 구동 체인이 연결된 상태를 나타내고 있다.

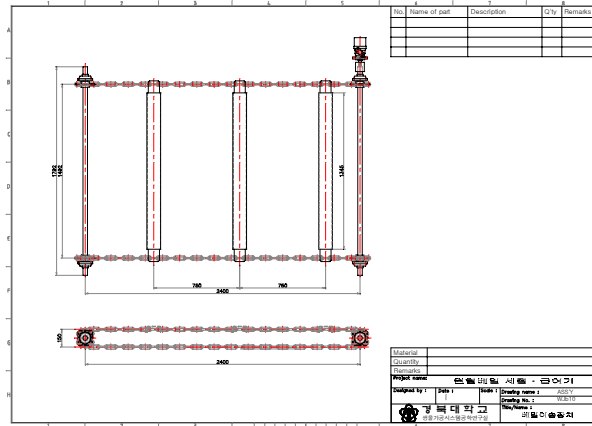


그림 25 베일이송 장치부



그림 26 베일이송장치(체인 및 이송판)

4) 자동 적재 장치

시작기의 후면에는 무거운 원형 베일을 적재할 수 있는 적재장치가 설계되어 있다. 적재장치는 (원형베일)조사료를 이송장치로 투입한 후 이를 들어올려서 베일이송 장치로 적재하는 시스템으로 되어있다. 따라서 적재장치는 세절·급여기의 뒷문의 역할을 하며 원형베일이 이송장치로 적재가 되면, 문이 닫히면서 베일을 앞으로 이동 하도록 압력을 주는 역할도 하게 된다. 이 경우 별도의 조사료 적재기가 필요 없어 작업시간 단축의 효과를 볼 수 있다.

원형베일을 베일이송장치가 장착된 적재함에 올려놓기 위한 장치의 동력원은 본체의 프레임에 장착된 유압실린더에 의해 구동된다. 본체는 500kg 이상의 무게를 가지는 베일에서도 무리가 없도록 두꺼운 철판과 파이프로 이루어져 있으며, 입구 측에는 베일 진입이 용이하도록 외측으로 벌어지도록 하였다.

그림 27은 본 장치를 구성하는 자동 적재 장치의 조합도면이고, 그림 28은 본 연구에서 제작된 베일의 적재장치의 사진을 나타내고 있다.

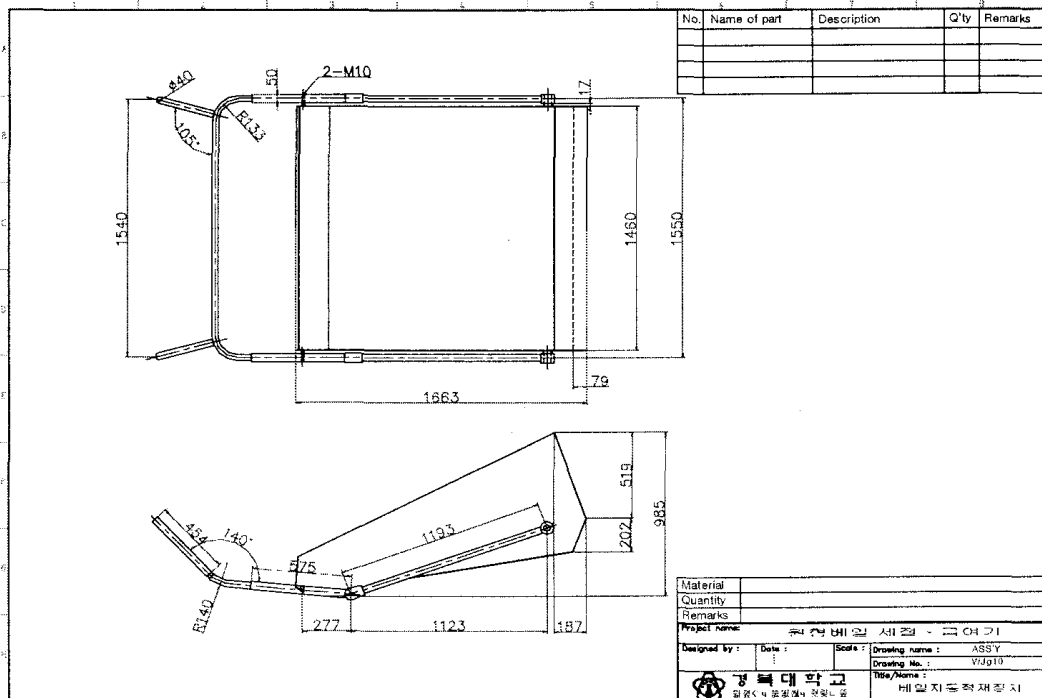


그림 27 베일 자동 적재 장치도



그림 28 베일 자동 적재 장치

5) 트레일러 장치부

세절·급여시스템의 기대는 트랙터에 의해 견인되는 트레일러형이며 본 연구에서는 앞에서 개발된 세절급이부, 배출급이부, 베일 이송부, 베일적재부 등을 트랙터에 장착이 된 채로 트랙터와 이동이 가능하도록 조합이 되어야한다. 따라서 본 연구에서는 이러한 장치들을 모두 장착 할 수 있는 트레일러를 개발하였다. 트레일러 위에는 적재함 설치되어있고 이는 재료를 일정량인 1.0 ton을 투입하여 batch 식으로 조사료를 세절하도록 되어있다. 이러한 트레일러는 본 장치의 기본 골격을 이루며 외관의 철판물과 하부 프레임, 차축 장치 등은 충분한 내구성을 가질 수 있도록 설계 제작되었다.

또한, 트레일러를 트랙터로 견인하기 위해서는 히치 장치가 필요하며 축사와 같은 좁은 공간에서의 작업효율을 향상시키기 위하여 관절형의 히치가 설계 제작되었다.

그림 29는 트레일러의 설계도면을 나타내고 있으며, 이들 부품에 대한 설계 및 부품제작은 완료되었다.

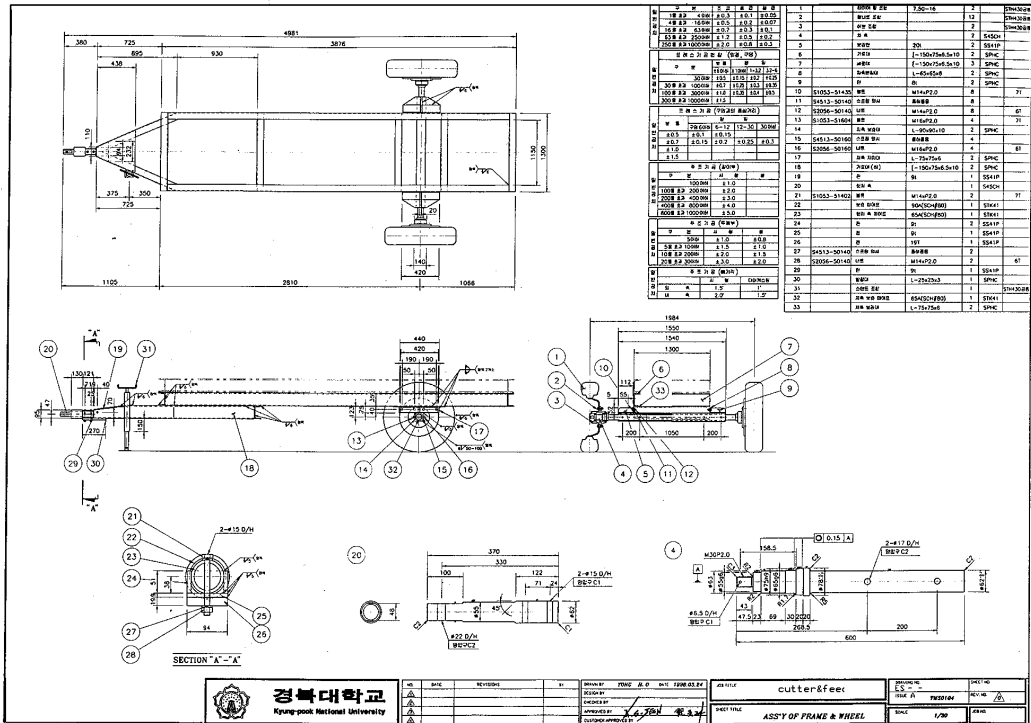


그림 29 트레일러의 장치부 설계도면

6) 외장부

외장부는 세질·굽여기의 전면 및 좌우측면에 위치한 동력전달부, 각 링크 장치부, 유압장치부 등 노출되어 있는 부분을 보호함과 동시에 기대의 상품성을 높이기 위해 보다 미려한 외관이 되도록 수입 견본을 참조하여 설계하였다. 중요 개발품의 제작사진은 아래와 같다. 그림 30의 커버(a)는 동력체인 커버, 그림 31의 커버(b)는 커터구동장치 커버, 그림 32의 커버(c)는 유압배관 커버, 그림 33의 커버(d)는 P.T.O 기어박스 커버를 나타내고 있다.



그림 30 커버(a)

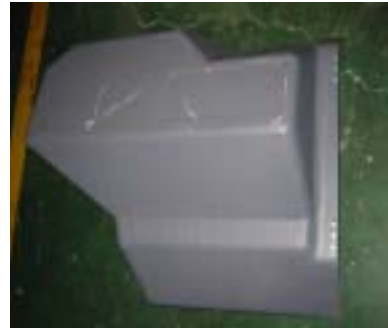


그림 31 커버(b)



그림 32 커버(c)



그림 33 커버(d)

나. 동력전달 장치부

본 모델에서 가장 동력 소요가 큰 곳이 세절 장치부이다. 이를 위하여 P.T.O 기어 박스-스프로켓-체인-베벨 기어 박스를 거치는 동력전달 라인의 설치가 필요하다. 동력 전달라인의 구성은 수입 샘플 기대의 구조를 기초로 하였다. 트랙터로부터의 동력 전달은 P.T.O 동력을 기어와 체인 및 스프로켓에 의해 전달하는 것과 트랙터의 외부 유압 장치로부터 유압동력을 취출하여 전달하는 2가지의 방식을 혼용한다. 각각의 동력전달 체계를 그림 34과 그림 35에 나타내었다.



그림 34 트랙터 P.T.O 동력에 의한 동력전달장치

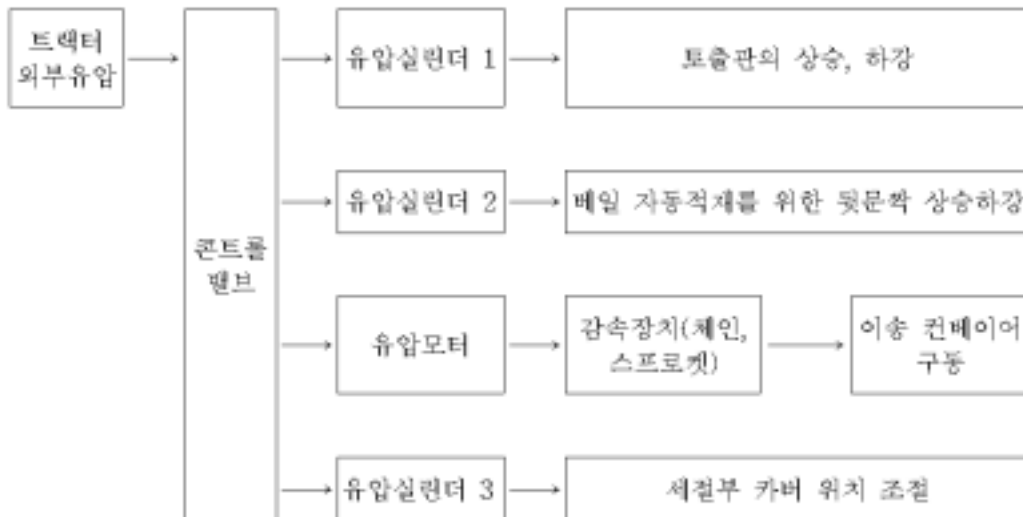


그림 35 트랙터 외부유압에 의한 동력전달장치

이와 같은 동력전달 세부장치는 ①P.T.O 동력전달 장치부, ②커터 구동장치부, ③배출 드로워 구동장치부, ④유압장치부, ⑤전기장치부 등으로 세부 분류된다.

이 들 장치부 중에서 1차년도에는 PTO장치부, 베일 이송용 감속장치부 등의 상세 설계 및 부품 개발을 실시하였으며 2차년도에는 세절장치부를 구동하는 커터구동 장치부와 원형베일의 자동적재 및 세절 재료의 배출 각도를 조절하기 위한 유압실린더와 세절된 재료를 원심력에 의해 배출하는 배출부의 구동장치에 대하여 재료의 안전

강도와 유압회로를 분석하고 이를 설계하며 아울러 부품개발을 완료하였다.

1) P.T.O 동력전달부

위에서 살펴 본 바와 같이 베일의 세절·급여는 일련의 연속적인 작업에 의해 트랙터의 P.T.O 동력을 이용하고 있다. 이렇게 전달된 동력은 세절·급여기의 각 부에 전달되어 각각의 기능을 수행토록 하는데, 필요 동력이 거의 대부분 베일 세절 과정에서 발생하므로 이를 지지하는 구조물 및 동력 전달에 사용되는 구성품의 강도를 높이기 위해 고강도의 재료를 사용하고 구조는 가볍고도 높은 강도를 낼 수 있는 구조로 제작되었다. 개발된 동력전달의 구성 부품인 체인, 스프로킷, 기어박스 하우징, 축류 등의 부품 재질은 강도가 높은 고탄소강(SM45C)을 적용하였으며, 베벨기어의 경우 탄소강 중에서도 기계적 성질이 뛰어난 SCM 계열을 적용하여 기계 작동시의 각종 응력에 잘 견디고 내마모성을 증대시켰다. 또한 PTO 장치부는 칼날축의 회전수를 여러 단계로 시험하기 위하여 다수의 스프로킷을 제작하였다.

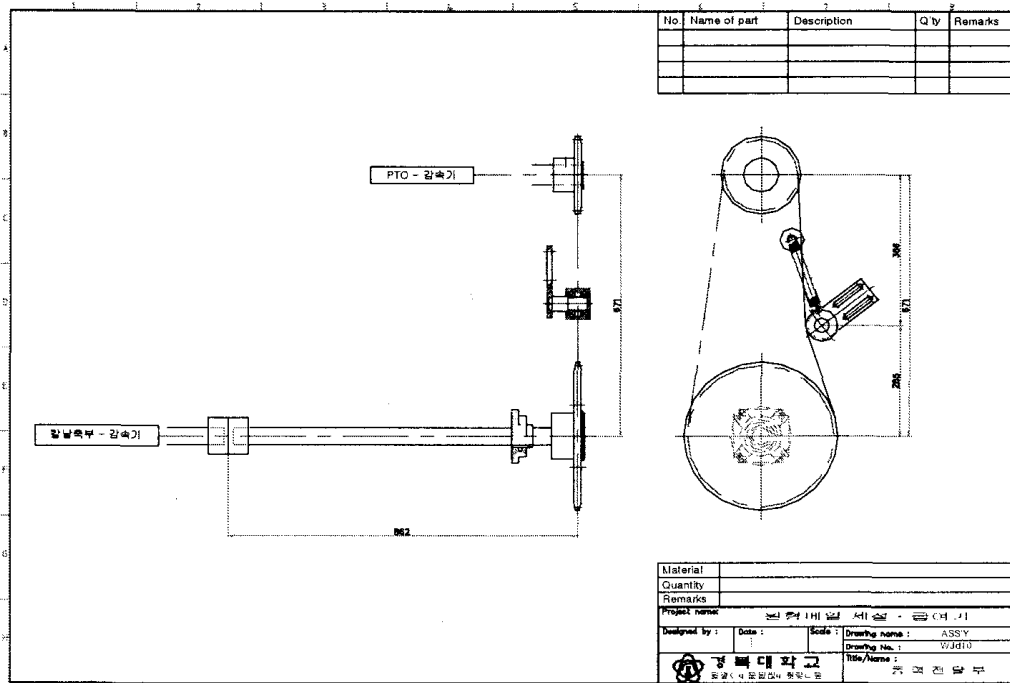


그림 36 동력전달 장치도

그림 36은 동력전달부의 도면으로 동력전달부의 기어박스 출력축 2개 중 하나는 커터 구동장치부와 연결되어 있으며, 다른 하나는 배출 드로워 구동장치부의 원심식 펜에 직결되어 있다. 세부적인 중요 개발품의 제작사진은 아래와 같다. 그림 37, 38, 39, 40 및 41은 P.T.O 동력전달부의 기어박스, 체인장력조절장치, 동력전달용 스프로켓, 동력전달용 체인 및 P.T.O 동력전달장치 조합을 나타내고 있으며, 그림 42는 기어박스에서 커터의 구동장치부로 연결되는 조합을 나타내고 있다.



그림 37 기어박스



그림 38 스프로켓



그림 39 동력전달용 스프로켓



그림 40 동력전달용 체인

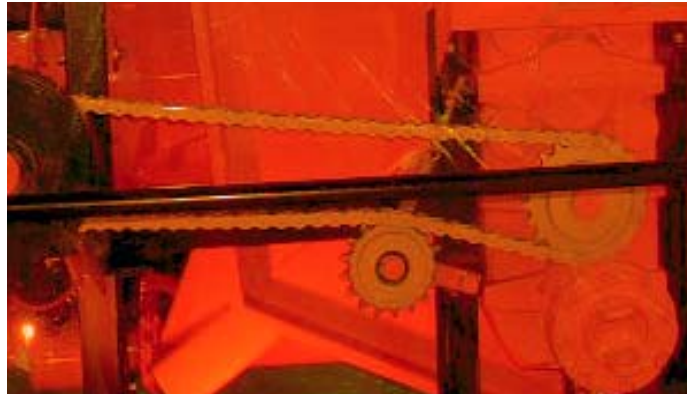


그림 41 P.T.O 동력전달장치 조합

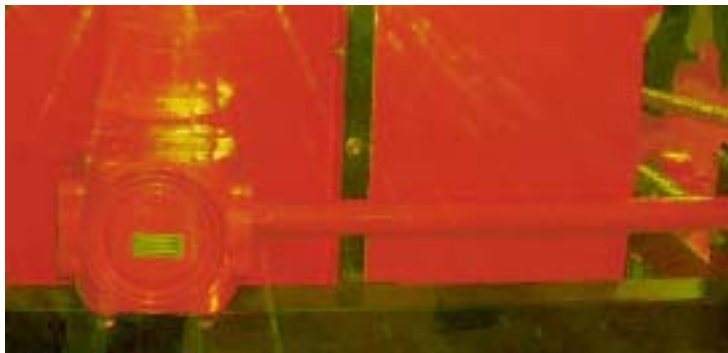


그림 42 커터구동장치 조합

2) 유압장치부

본 연구에서는 유압장치부의 유압 콘트롤 장치부, 전자 콘트롤러는 개발소요비용의 과다로 제외하였으며, 유압 모터는 작업자가 이송장치의 속도를 조절할 수 있도록 유량제어장치를 부착하여 사용할 수 있도록 하였다.

아래 그림 43은 차후에 개발을 위해서 유압시스템의 설계도면이고, 그림 44는 유압 실린더, 그림 45는 유압모터이고, 그림 46은 설치된 유압의 배관도이다.

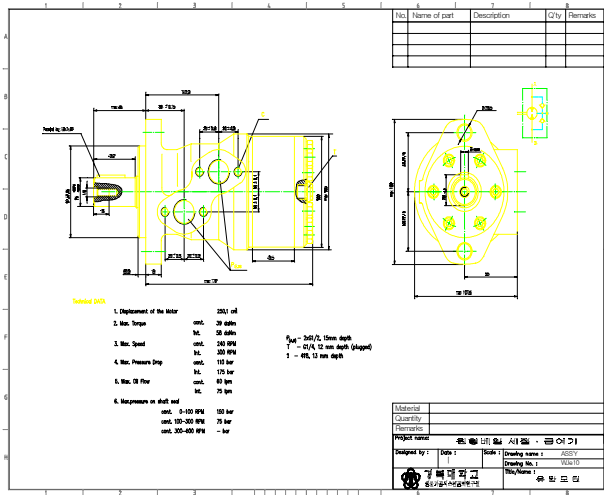


그림 43 유압모터



그림 44 유압실린더



그림 45 유압모터



그림 46 유압 배관도

다. 전체시스템 조립

앞서 개발된 세절·급이부의 ①자동 적재부, ②베일 이송 공급부, ③세절부, ④배출 급여부, ⑤트레일러부, ⑥차축부와 동력전달부의 ①P.T.O 동력전달 장치부와 ②유압장치부의 각각의 부품들을 장착하고 모두 조합하여 하나의 시스템으로 유지될 수 있도록 하였는데, 그림 47 및 48은 시스템의 조립장면을 나타내고 있으며, 그림 49는 전체 시스템의 외형도의 도면이다. 그림 50은 조립 후에 성능 테스트를 위해서 2개의 베일을 적재하고 있는 장면이며, 그림 51은 세절·급여기 시작기 외관을 나타내고 있다.



그림 47 조립장면(a)



그림 48 조립장면(b)

그림 49 전제시스템 외형도

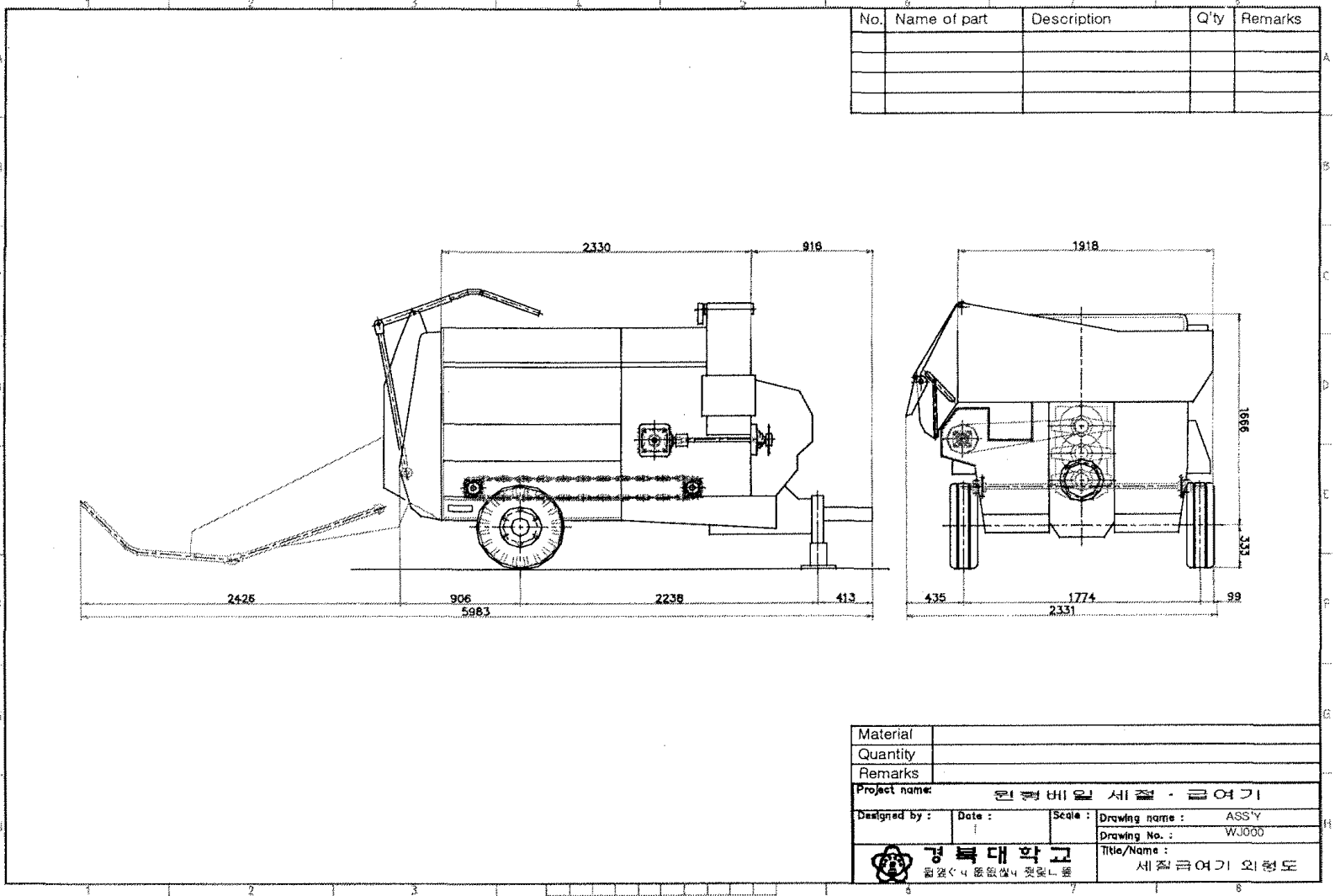




그림 50 개발이 완료된 원형베일 세절급여기의 시작기



그림 51 개발이 완료된 원형베일 세절·급여기의 시작기 외관

제 3 장 시작기의 성능 및 현장적응시험

제 1절 성능시험

1. 세절 성능시험

조농분리 급여 또는 TMR 급이 방식에 있어서 국내에서의 요구하는 조사료의 세절 길이는 범용의 조사료 절단기를 이용했을 경우인 약 10cm정도이며, 본 연구를 수행함에 있어서 가장 핵심적인 내용 또한 대형의 원형베일을 빠른시간에 양호한 절단성능을 가진 세절기의 개발이다. 이를 위하여 세절장치부의 고정날과 회전날의 여러 조합을 개발하였으며, 각각에 대한 세절 성능시험을 수행하였다.

가. 세절장치부 개발 및 시험결과

세절장치부의 개발을 위하여 고정날과 회전날의 여러 조합을 개발하였으며, 각각의 세절 성능을 시험하였다. 고정날과 회전날의 조합 및 세절성능은 아래의 표 6, 7, 8, 9, 10 및 11에 나타내었다.

표 6 수입 참조 모델의 성능시험



	
<p>시험결과</p>	<ul style="list-style-type: none"> * 재료가 예리하게 절단되는 것이 아니라 찢어짐 * 재료가 타격은 되었으나 세절되지 않은 것이 다수 발생함 * 랩-사일리지(호맥) : 세절 길이 30~40cm * 벯 짚 : 세절 길이 40~50cm

표 7 고정날을 추가한 경우의 세절성능시험

	
<p>시험결과</p>	<ul style="list-style-type: none"> * 고정날을 그림과 같은 두가 형태로 수정. * 재료가 타격은 되었으나 세절되지 않은 것이 다수 발생함 * 벗짚세절시험 : 40~50cm(60%), 25~35(20), 15~20(20%)

표 8 고정날 형태 수정 및 회전날 교체후 성능시험결과

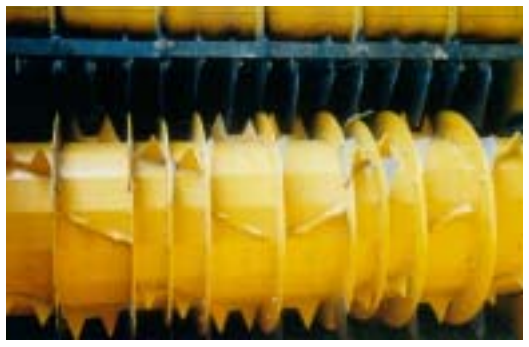

	
<p>시험결과</p>	<ul style="list-style-type: none"> * 민무늬 삼각 회전날을 일자형으로 수정 조립 * 고정날 형태수정 및 추가 조립 * 재료가 타격은 되었으나 세절되지 않은 것이 다수 발생함 * 벗짚세절시험 : 30~40cm(60%), 20~25(20), 15~20(20%)

표 9 회전날 추가 및 형태 수정된 고정날 추가후 성능시험



	
<p>시험결과</p>	<ul style="list-style-type: none"> * 민무늬 삼각 회전날을 부착한 플렌지를 7cm 간격으로 추가 조립 * 토크를 일정하게 위하여 회전날을 사선으로 조립 * 세절의 효과를 높이기 위하여 날이 있는 고정날로 형태 수정 * 회전 칼날 하나와 고정 칼날 두개의 틈새를 2~3mm간격으로 추가조립 <p>* 벧짚세절시험 : 30~40cm(30%), 20~25(20), 10~15(50%)</p>

표 10 고정날 수정을 수정 후 성능시험 결과

	
<p>시험결과</p>	<ul style="list-style-type: none"> * 회전 칼날 하나와 고정 칼날 하나의 틈새를 2~3mm간격으로 조립 <p>* 벧짚세절시험 : 30~40cm(35%), 20~25(25), 10~15(40%)</p>

표 11 최종 완성된 세절부에 의한 성능시험 결과

	
	
<p>시험결과</p>	<ul style="list-style-type: none"> * 민무늬 회전칼날을 빗살무늬 회전칼날로 교체 후 추가조립 * 고정날의 형태 변환 * 회전날 두 개와 고정날 하나의 간격이 2~3mm 간격으로 조립 * 고정날과 고정날 사이의 틈을 막음 * 벧짚세절시험 : 15~25(20), 10~15(80%)

원형베일 세절·급여기의 세절장치부는 원형 베일을 풀어내면서 세절장치부의 고정날과 회전날 사이에서 조사료를 세절하고 이를 배출장치로 보내게 된다. 그런데 개발 참조 모델의 세절 시험 결과 세절길이가 40~50cm 정도로 우리나라에서 이용하기 위해서는 많은 개선이 필요했다. 따라서 길이가 20~30mm 길어진 빗살무늬 삼각날을 사선으로 설치한 회전날과 끝단부가 날카롭게 날이 있는 계단형태의 고정날로 변경하고, 고정칼날 하나에 회전칼날 두 개가 2~3mm의 간격을 가지는 총 18쌍을 설치하여 보다 효과적인 세절 작용이 이루어지도록 하였다.

그 결과 세절 길이가 10~15cm 벧짚이 80%정도 배출되는 칼날 조합을 개발하였으

며, 개발된 원형베일 세절·급여기의 소요동력 측정 및 세절된 볏짚을 TMR 배합기에 투입하여 배합성능을 시험한 결과 우수한 결과를 가져 개발목적에 충족하는 효과를 가지는 것으로 판단되었다.

2. 배합성능시험

일반적으로 세절하지 않은 볏짚을 TMR 배합기로 투입하면 배합효율을 떨어뜨리고, 배합시 소요동력의 증가 등 배합성능이 떨어지므로 반드시 적절한 길이로 세절한 후 투입하여야 한다. 본 연구에서는 개발된 원형베일 세절·급여기를 통하여 절단된 볏짚을 현장에 사용하고 있는 TMR 배합기에 투입하여 배합효율과 배합사료의 상태를 확인하였으며, 이를 통해 원형베일세절기의 절단성능을 시험하였다. 시험은 영남대학교 축산학과 부속농장에서 웅진정밀의 WMT6 TMR 사료배합기를 사용하였다.

가. 배합성능시험 방법

배합기의 성능 시험에 사용된 원료는 표 12에서 보는 것과 같이 조사료 및 사일리지를 주원료로 사용하였으며, 배합효율을 분석하기 위하여 배합원료 중에 가장 비중이 낮은 면실(cotton seed)의 배합 분포도를 측정하여 배합효율을 판별하였다. 면실은 서로 엉기고 비중이 가볍기 때문에 잘 배합되지 않는 성질이 있다. 따라서 이러한 면실이 골고루 배합이 되어 있다면 배합효율이 좋은 것이며, 이는 원형베일 세절·급여기에서 절단된 볏짚의 길이가 배합에 적절한 것으로 판단해도 좋을 것이다. 아래의 그림 52과 그림 53은 배합기로 작업을 실시하는 장면이다.

배합효율은 1000g씩 10개의 샘플을 채취하여 각 샘플에서 면실의 무게를 측정하여 면실의 분포도를 나타내는 C.V.(Coefficient of variance of composited sample)값을 산출하여 분석하였다.

표 12 시험용 사료의 배합성분

사료종류	세절볏짚	호맥건초	면 실	배합사료	옥수수사일리지
무 계 (kg)	88	52	30	75	195



그림 66 TMR 배합성능시험을 위한 볏짚 투입 모습



그림 67 TMR 배합기의 배합 장면

나. 시험 결과

조사된 면실의 배합 결과는 면실의 무게에 대한 C.V. 값이 13.6%로 배합정도가 우수한 것으로 나타났다. 참고로 농업기계화 연구소의 배합성능 적합 판정의 기준은 30%미만으로 되어있다.(농업기계화 연구소, 1999) 또한 그림 54는 원형베일 세절·급

여기로 세절 후(절단길이 10~12cm) 투입된 볏짚이 배합과정을 거치면서 길이가 더욱 짧아지고 부드럽게 된 모습(절단길이 3~4cm)이며, 그림 55에서는 배합된 사료의 모습을 보여주고 있는데 배합이 매우 양호함을 알 수 있다. 따라서 배합효율과 배합상태를 고려하였을 때 개발된 원형베일 세절·굽여기의 볏짚 절단성능은 양호한 것으로 판단된다.



그림 68 배합 전의 볏짚의 절단길이



그림 69 배합된 사료의 모습

3. 소요동력 및 작업성능의 측정

원형베일 세절·급여기를 이용한 베일의 세절시 작용하는 소요 동력의 측정은 아래의 그림 56에서 나타낸 바와 같은 계측 시스템을 구성하여 측정하고 data를 저장하도록 하였으며, 동시에 재료별 세절시간을 측정하여 작업성능을 측정하였다.

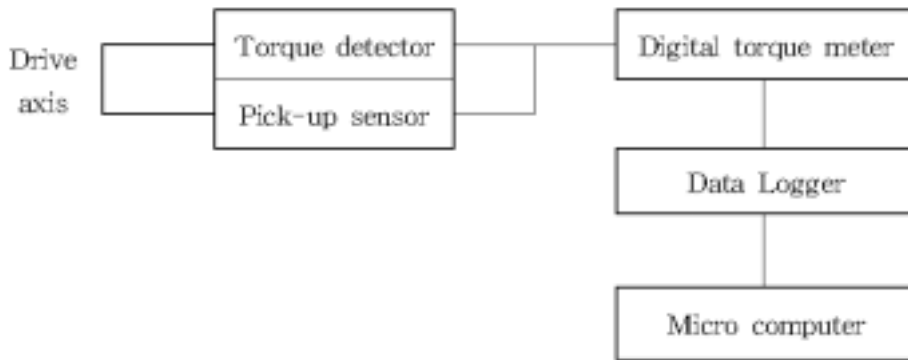


그림 70 계측장치의 구성도

가. 소요동력 측정 방법

원형베일 세절·급여기의 소요동력 분석은 동력 시스템의 주요부 축의 직경, 재질 및 베어링의 선정, 체인의 선정 등 설계에 있어서 매우 중요하다. 또한 이들 설계는 원형베일 세절·급여기의 성능 및 내구성에 큰 영향을 미치며, 또한 제조 원가에도 영향을 주게된다. 원형베일 세절·급여기의 소요동력 측정에 사용된 트랙터는 KUBOTA사의 43마력 트랙터 GL418였으며, PTO에 연결된 유니버설조인트와 원형베일 세절·급여기 입력축 사이에 토크를 측정하기 위한 토크측정기와 회전수를 측정하기 위한 전자픽업센서를 설치하고 이들에서 발생된 신호를 증폭하여 토크와 회전수로 나타내는 디지털토크미터를 설치하였다. 또한 출력데이터를 수집하기 위하여 data logger를 설치하여 디지털토크미터에서 출력되는 값을 읽어들이었으며, 이를 RS-232포트를 통하여 컴퓨터와 연결하여 토크와 회전수를 측정하는 시스템을 구성하였다. 시스템을 구성한 후 마른벼짚, 호맥 랩사일리지, 보리 랩사일리지, 수단 랩사일리지 4종류의 베일을 투입하면서 토크 및 회전수를 측정하였다. 사용된 토크측정장치의 사양은 아래의 표 13과 같고 그림 57과 그림 58에서 토크측정기와 디지털토크미터, 데이터 수집기의 설치장면을 나타내었다. 또한 그림 59은 전북 만경공단내에서 실제 작업

을 실시하면서 자료를 수집하는 장면이다.

표 13 토크측정장치 제원

구 분	사 양
Torque detector	Model : SS-500, Capacity: 50kg-m Maximum speed: 6000rpm Company: ONO SOKKI
Digital torque meter	Model : TS-200 Company: ONO SOKKI
Data log	Model : HP34970A Company: Agilent Technologies, Inc.
Software	HP Benchlink



그림 71 토크측정장치의
설치모습



그림 72 토크미터 및 데이터수집
기의 설치모습



그림 73 데이터 수집 장면

나. 작업성능 측정 방법

원형베일 세절·급여기의 작업성능은 베일당 처리시간을 기준으로 평가하였으며, 처리용량은 마른벚짚베일, 호맥 랩사일리지, 보리 랩사일리지, 수단 랩사일리지 4종류의 재료를 각각 투입하여 완전히 세절 배출될 때까지의 시간으로 측정하였다. 그림 60은 수단 랩사일리지의 세절작업 모습이다.



그림 74 투입 후 세절작업 모습

다. 측정결과

원형베일 세절·급여기의 소요동력 측정은 트랙터 무부하 엔진 회전수를 2,100rpm으로 고정시켰으며, 이때의 PTO 회전수는 240rpm으로 나타났다. 재료의 투입없이 원형베일세절기 회전날만을 공회전 시켰을 때의 동력은 3~4ps이 소모되는 것으로 나타났으며, 배출팬을 동시에 구동하였을 때는 7~8ps가 소모되는 것으로 측정되었다. 원형베일 세절·급여기의 재료별 소요동력의 측정은 고정날을 최대한 앞쪽으로 밀고 컨베이어의 이송속도 또한 최대한 낮추어 재료의 세절량이 일정하도록 투입량을 조절하였다. 측정결과는 아래의 그림에서 투입재료별로 나타내었다. 그림 61은 마른벼짚베일의 시간에 따른 세절소요동력을 나타내고 있으며, 그림 62는 호맥, 그림 63은 보리, 그림 64는 수단의 시간에 따른 세절소요동력을 나타내고 있다.

마른벚짚

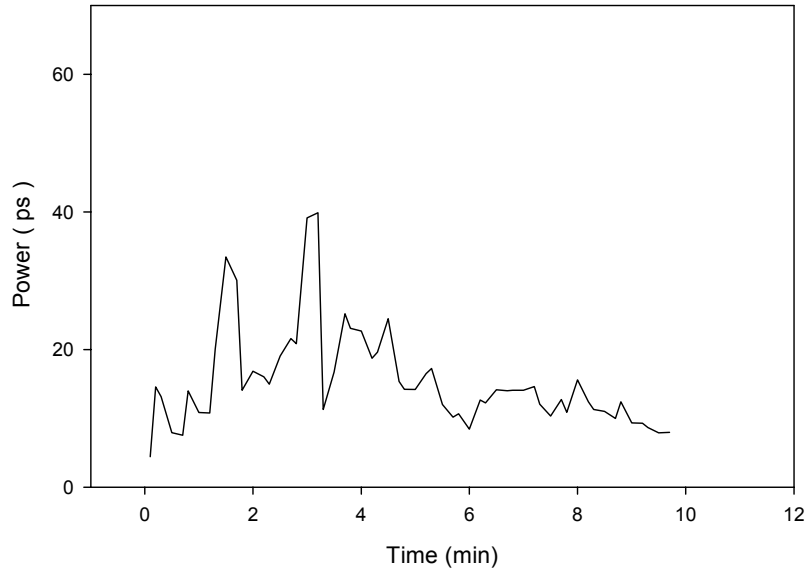


그림 75 마른벚짚베일의 세절 소요동력

호 맥

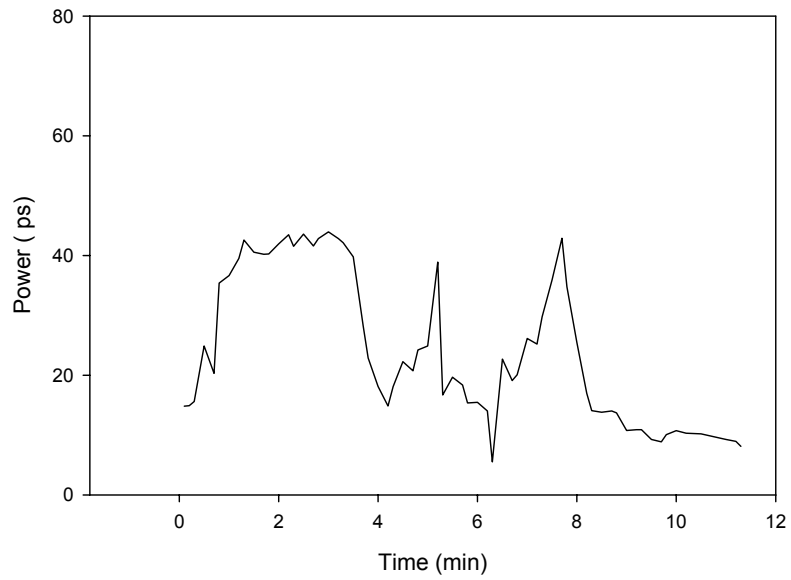


그림 76 호맥 랩사일리지의 소요동력

보 리

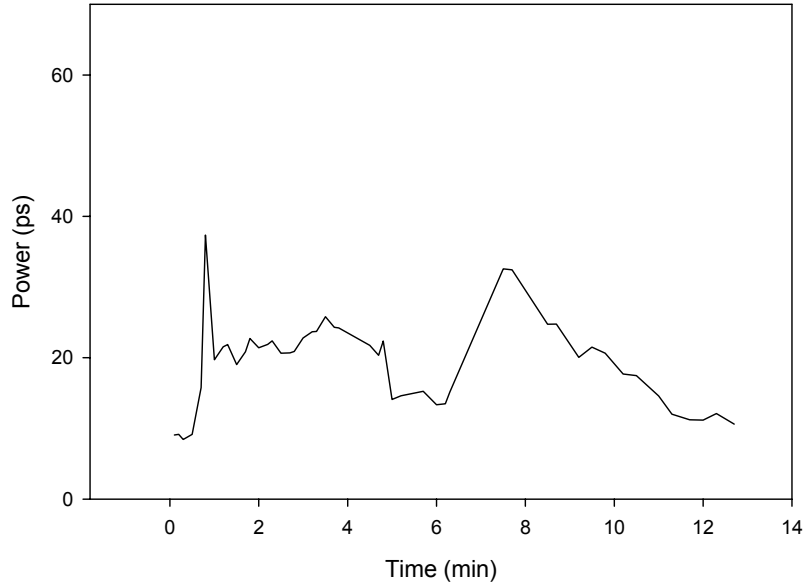


그림 77 보리 랩사일리지의 소요동력

수 단

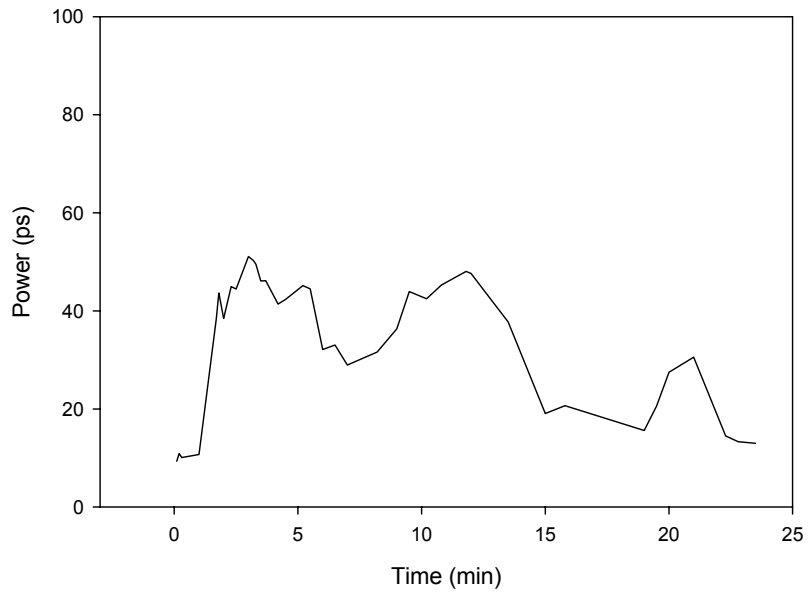


그림 78 수단 랩사일리지의 소요동력

소요동력은 세절 작업 중 불규칙적으로 나타나 회전날에 의한 세절량이 불균일한 것을 알 수 있으나, 위에서 살펴본 바와 같이 동력이 최소 8ps에서 최대 51ps(수단 랩사일리지)까지 소요되어 작업 트랙터는 개발예상 제원인 50~70ps을 만족하는 것으로 나타났다. 또한 예상과 달리 마른 벧짚이 20ps 이하의 동력을 소모하면서도 가장 빠른 작업성능을 나타내었으며, 수단 랩사일리지가 35ps 이상의 비교적 높은 동력을 소모하면서도 가장 낮은 작업성능을 나타내었다. 이는 재료의 종류보다는 함수율의 차이가 소요동력 및 작업성능에 더 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다. 재료별 최대소요동력과 작업성능 측정 결과를 표 14에 정리하였다.

표 14 원형베일 세절 작업시 소요동력 및 작업성능

	무부하	마른 벧짚	호 맥	보 리	수 단
최대소요동력 (ps)	8	39.8	43.9	37.3	51.0
작업성능 (min/bale)	-	9.7	11.3	12.3	23.5

제2절 현장적응시험

1. 공장 내 성능시험

본 연구를 수행함에 있어서 야기되는 가장 큰 문제는 기계제작상의 숙련도와 현장감의 결여, 그리고 연구기간과 연구비용이었다. 그러나 현지 제작사의 많은 배려로 연구를 원만하게 해결을 할 수가 있었다.

제작이 완료된 시작기는 공장내에서 성능테스트 겸 시운전을 하였으며 앞의 성능분석에서 나타낸 바와 같이 세절부의 문제점을 해결하는데 많은 시간과 노력이 소요되었다. 다행히 본 연구팀이 원하던 벧짚, 맥류사일리지 등의 세절 작업이 원만하게 진행을 할 수가 있어 본 연구팀을 매우 즐겁게 하였다.

2. 현장 적응시험

제작이 완료된 시작기는 2차에 걸쳐 현장 적응 시험을 실시하였다.

1차 현장 적응 시험은 2003년 3월 2일부터 10일까지 경북대학교 부속사육장에서 실시하였다. 이곳에서는 지난해에 수확했던 호맥 사일리지를 세절한 후에 젖소용 TMR 배합사료를 조제하였으며 사일리지의 길이가 10cm정도로 잘게 세절이 되어 배합 효율이 아주 좋게 나타났다.

또한 2차 현장 적응 시험은 5월 6일부터 10일까지 영남대학교 영남대학교 부속사육장에서 비육우사료를 배합하는 조사료를 세절을 하여 현장 시험을 하였다. 이곳에서는 조사료의 비율이 75% 매우 높았고 특히 벼짚의 비율이 20% 임에도 불구하고 배합변동계수(CV)가 13.6 %로 아주 좋게 나타났다.

현재 본 시작기는 전북 정읍 태인에 위치한 최경렬씨의 비육우 농가에서 비육우 급여 TMR시료 시험사업에 투입되어 성능을 검증 받고 있다.

제 4 장 경제성 분석

제1절 서론

본 연구는 트랙터 견인형 원형 베일 세절·급여기의 개발로 국내의 TMR 배합소, 낙농가, 한우 농가의 사료급여 현실에 부합하며 경제적으로도 이익을 남길 수 있는 원형베일 세절·급여기를 개발함에 있다.

그런데 원형베일은 무게가 약 300~500kg 정도로 매우 무거워서 축사에서 인력으로 급여하기가 불편하고, 또한 가공된 랩사일리지는 줄기가 질겨서 TMR배합기에 정량으로 투입하여 배합하는데 많은 문제가 발생하고 있다. 조사료의 자급을 위하여 많은 연구와 비용을 들여서 개발한 조사료 자급 시스템이 마지막 단계에서 병목현상이 발생고 있는 것은 낙농 및 비육우 산업의 발전이 결코 쉬운 것이 아님을 보여주고 있으며 국가적인 차원에서라도 반드시 해결을 해야하는 과제로 판단된다.

실제로 이러한 불편 때문에 농가에서는 벗짚원형 베일 또는 맥류랩 사일리지를 범용의 소형 절단기로 수작업으로 세절하여 급여하거나 세절 공정을 거치지 않고 통째로 급여하고 있다. 이러한 소형의 세절기로는 대형의 원형 베일을 세절 처리할 수 없으며 세절하기 위해서는 원형 베일을 수작업으로 일정 두께로 풀어서 세절하고 다시 세절된 조사료를 수집하여 TMR 배합기에 배합하여 급여하거나 직접 가축에 급여하여야 하는 불편한 문제점이 따른다.

이를 위해서는 값싸고 성능 좋은 국산 원형베일 세절·급여기의 공급이 이루어져야 하며 지난 2년간 본 연구에서는 많은 현장 테스트와 시행착오에 대한 수정 및 보완 그리고 재 설계와 재 제작 등을 거치면서 개발된 본 시작기의 실증 시험 결과 기계 성능 면에서 매우 만족스러운 결과를 보였으며, 본 연구에서 진행된 국산 시작기의 개발은 성공적인 것으로 평가되었다. 그러나, 개발된 원형베일 세절·급여기가 실제로 제조업체에서 생산을 한 후 합리적인 가격으로 농민에게 공급하였을 때, 경제성이 있는가 하는 문제는 매우 중요한 요소가 된다. 특히 본 연구의 목적은 현장에서 농민에게 직접 혜택을 줄 수 있는 문제를 해결하는 것이기 때문에 기계에 대한 경제성 분석은 매우 중요한 의미를 가진다 할 수 있다.

이에 따라 본 연구의 목적은 앞서 본 연구에서 개발된 세절·급여기를 개별 농가에

공급했을 경우와 관행의 사료절단기에 의해 원형베일을 세절할 경우 이용비용을 비교 분석하여 본 연구에서 개발된 트랙터 견인형 원형베일 세절·급여기가 우리나라 낙농가에 적용할 수 있는지에 대한 가능성 여부를 제시함에 있다.

제2절 세절·급여기의 이용비용

본 연구에서 개발된 원형베일 세절·급여기의 이용에 소요되는 비용은 고정비와 변동비로 구분하였으며 구체적 항목은 표 15에 나타내었다. 이때 55ps급 트랙터는 이미 보유하고 있는 것을 이용하는 것으로 가정하였으며, 세절·급여기의 경우 업체 판매 가능가격을 기준으로 하여 분석하였다.

또한 본 연구의 경제성분석에서는 ①관행의 사료절단기를 사용하는 시스템 ②본 연구에서 개발된 세절·급여기를 이용하여 세절하는 형태의 2가지 시스템에 대하여 분석하였다.

표 15 원형베일 세절·급여기의 고정비 및 변동비의 구성요소

고정비	변동비
감가상각비	연료비
수리비	운행유비
이자	노임
차고비	전력비(사용요금)
전력비(기본요금)	트랙터 이용비용

1. 고정비

기계 이용시의 고정비용은 감가상각비, 수리비, 이자, 차고비 등의 합으로 계산되며 작업에 이용된 기계의 구입가격은 조사된 가격을 기준으로 하였다.

가. 감가상각비

세절·급여기의 내구연한은 현재 분류된 자료가 없어 트랙터용 작업기 수준인 8년으로 정하였으며, 사료절단기는 5년으로 정하였다. 또한 기계의 폐기가격은 각각 구입가격의 5%로 가정하였다.

나. 수리비

세절·급여기와 사료절단기의 경우 수리비 계수에 대하여 제시된 문헌이 없으므로 전자동 탈곡기의 연간수리비계수(0.0625)를 적용하였다.(정 등, 1997)

다. 이자

이자는 여건에 따라 달라지기 쉽지만 농림부의 농기계 구입 자금 지원 규정인 기계 구입가의 용자분에 대해서는 연리 3% 정도의 조건이 적용 가능하고(농림부, 2000), 나머지에는 대해서는 일반 대출금리를 적용할 수 있으므로 이를 통합하여 일률적으로 기계 구입가의 6%의 이자를 적용하였다.

라. 차고비

차고비는 기계 구입가의 1%로 하였으며 이상에서 언급한 내용을 기준으로 고정비 계수를 산출하고 해당기계의 구입가를 조사하여 표 16에 나타내었다.

표 16 기계 구입가격 및 고정비 계수

항목		세절·급여기 (시작기)	사료절단기(3ps) (관행)
구입가격(원)		12,000,000	1,100,000
고정비 계수	감가상각비	0.1188	0.1900
	수리비	0.0625	0.0625
	이자	0.0600	0.0600
	차고비	0.0100	0.0100
	합계	0.2513	0.3225

2. 변동비

세절·급여기 및 조사료절단기 이용시의 변동비용은 식(1)로 산출하였다.

$$VC = H \times (F + O + L + E + F) \text{ ----- (1)}$$

여기에서, VC : 변동비용(원/년)

H : 연간 기계 이용시간(시간/년)

F : 1시간 작업시의 소모 연료비용(원/시간)

O : 1시간 작업시의 소모 윤활유 비용(원/시간)

L : 시간당 노동임금(원/시간)

E : 시간당 소모 전력비(원/시간)

T : 트랙터의 시간당 이용비용(원/시간)

$$= \text{트랙터 구입가} \times \text{고정비계수} / \text{트랙터 총 사용시간}$$

가. 세절·급여기 및 사료절단기의 년간이용시간

젖소의 연간 두당 평균 볏짚 급여량은 1,772kg이며(축협중앙회, 1997), 볏짚의 경우 사료절단기(3ps)의 작업능률은 시간당 80kg을 처리하는 것으로 조사되었으며, 개발된 원형베일 세절·급여기의 작업능률은 볏짚베일의 중량이 대략 250kg정도로 1베일을 세절하는데 시간이 대략 10분이 소요되는 것으로 나타났다. 실제로 세절·급여기의 과정은 투입→세절→배출→급여의 순서로 이루어지는데 반하여, 사료절단기의 경우는 투입시 일일이 원형베일을 풀거나 급여과정이 제외되어 있어 급여시 소요되는 시간을 계산해주어야 하나 배출과정까지만 국한시켰다. 이를 기준으로 사육두수별 세절·급여기 및 사료절단기의 예상사용시간을 계산하여 표 17에 나타내었다.

표 17 세절·급여기 및 사료절단기의 예상이용시간

사육두수(두)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120
볏짚 급여량 (kg/day)	49	98	147	196	245	294	343	392	441	490	588
세절·급여기 (hr/day)	0.033	0.065	0.098	0.131	0.163	0.196	0.229	0.261	0.294	0.327	0.392
사료절단기 (hr/day)	0.613	1.225	1.838	2.450	3.063	3.675	4.288	4.900	5.513	6.125	7.350

나. 연료비

연료비는 세절·급여기에 의한 원형베일 세절시 트랙터의 부하를 추정하여 시간당 소요연료량을 구한 다음 연료비의 곱으로 나타내었으며, 산출근거는 다음과 같다.

- ① 트랙터 P.T.O 출력은 55ps 트랙터의 P.T.O 효율 85%로 기준으로 하여 이 때 최대 P.T.O 출력은 32.4kw가 된다.
- ② 트랙터 최대 출력에 대한 부하율 0.7로 가정하여 트랙터의 출력 22.7kw로 산출하였다.
- ③ 트랙터의 연료소모량은 2.445kwh/ℓ(정 등, 1997)로 하였으며, 면세유 가격 360원/ℓ(농촌진흥청, 2001)을 적용하였다.

다. 윤활유비

작업시 소요되는 윤활유 비용은 연료비의 15%를 적용하였다.(정 등, 1997)

라. 전력비

사료절단기의 운전에 소요되는 전력비는 농업용 병을 기준으로 기본료 1,100원/kw-월 과 사용료 37.8원/kwh 의 합으로 계산되는데 편의상 기본료는 고정비로, 사용료는 변동비로 분류하여 산출을 하였다.

마. 시간당 노임

시간당 노임은 2001년 농촌 노동임금 전국 평균치인 성인 남자 1인의 경우 6,005원/hr으로 하였다.(농업기계연감, 2001)

바. 트랙터 사용에 의한 시간당 이용비용

트랙터 사용시의 시간당 이용 비용은 기계의 구입가×고정비 계수에 연간 트랙터 총 사용시간을 나눈 값으로 정의하였으며, 트랙터 총 사용시간은 세절·급여기의 세절시간과 세절 이외의 작업시간을 합한 것으로서 원형베일 세절 이외의 작업시간은 수도작 평균사용시간 500hr(정 등, 1997)으로 하였다. 따라서 트랙터의 고정비 계수는 앞에서 기술한 바와 같이 계산하여 트랙터의 구입가와 함께 표 18에 나타내었다.

표 18 구입가격 및 고정비 계수

항목	구입가 (천원)	고정비 계수				
		감가상각비	수리비	이자	차고비	합계
트랙터 (55ps)	25,000	0.09	0.07	0.06	0.01	0.23

제3절 결과 및 고찰

이상에서 언급한 내용을 토대로 작업시스템이 다른 세절·급여기와 사료절단기를 이용하였을 경우에 사육두수에 따른 이용비용을 계산하여 그 결과를 그림 65와 표 19에 나타내었다. 또한 사육규모에 따른 연간 두당 비용을 회귀분석을 통해 추정하여 식 (2), 식 (3)과 같이 나타냈다.

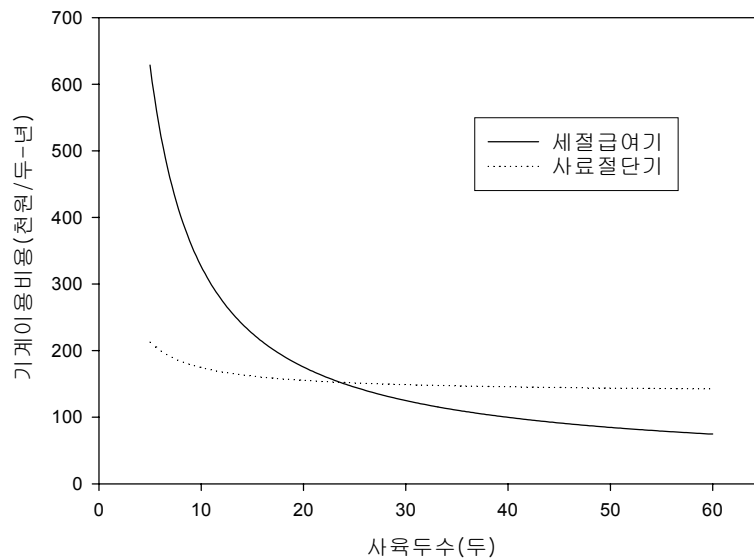


그림 79 시스템별 기계이용비용 비교 그래프

$$y_1 = 1.362 \times 10^5 + 3.839 \times 10^5 / x, R^2 = 0.999 \quad \text{----- (2)}$$

$$y_2 = 2.431 \times 10^4 + 3.022 \times 10^6 / x, R^2 = 0.999 \quad \text{----- (3)}$$

; x : 사육두수

y₁ : 사료절단기 이용비용

y₂ : 세절급여기 이용비용

위의 결과에 의하면 사료절단시스템의 이용비용은 사육두수가 증가함에 따라 조금씩 감소하는 추세이나 감소세는 10두 경영규모에서 거의 완만한 직선형태로 나타내고 있으며, 세절·급여시스템의 경우에는 사육두수가 증가함에 따라 이용비용은 급격히 감소를 하고 있으며 약 40두 경영규모에 이르면 감소세가 완만하게 되는 경향이 있는 것으로 나타났다. 또한 상관계수(R²)가 0.99를 초과하고 있어 사육두수에 따른 세절·급여시스템의 이용비용 추정식으로서 상당한 신뢰성을 주고 있다.

그리고, 사육규모가 증가함에 따라 사료절단기에 의한 시스템에 비하여 세절·급여기에 의한 시스템의 이용비용이 적게 드는 것으로 나타나고 있는데, 시스템별 기계이용비용은 사육두수 24두 전후로 150천원/두-년으로 비슷하게 나타나고 있으며 24두 이상의 규모에서는 관행의 사료절단시스템보다 세절·급여시스템이 보다 유리한 것으로 판단된다.

이러한 분석자료를 근거로 50두 경영규모에서는 세절·급여기에 의한 시스템이 연간 4,226천원의 비용이 소요되고 관행의 사료절단시스템은 연간 7,193천원의 비용이 소요되어 연간 2,967천원의 절감효과가 있으며, 100두의 경영규모에서는 관행의 시스템보다 연간 8,685천원의 절감효과가 있는 것으로 나타났다. 따라서 농가에서 세절·급여기를 구입하여 사용할 경우 관행 대비 손익분기점의 발생시점은 50두 경영규모에서는 4년, 100두의 경영규모에서는 1.4년 정도로 나타났다. 그리고, 대규모 농가가 아니더라도 중소 규모인 경우에는 여러 농가가 공동으로 사용하는 경우에 이용비용의 절감효과는 더욱 클 것으로 판단된다.

표 19 사육두수에 따른 시스템별 기계이용비용

구분		10두	20두	30두	50두	70두	100두	
세 절 급 여 기	고정비(원/년)	3,015,000	3,015,000	3,015,000	3,015,000	3,015,000	3,015,000	
	변동비 (원/hr)	노임	6,003	6,003	6,003	6,003	6,003	6,003
		연료비	3,342	3,342	3,342	3,342	3,342	3,342
		윤활유비	501	501	501	501	501	501
		전력비	-	-	-	-	-	-
		원동기	11,229	10,971	10,725	10,264	9,841	9,267
		사용시간/년	12	24	36	60	84	120
		합계(원/년)	253,862	501,508	743,354	1,211,150	1,659,932	2,302,299
	기계비용합계(원/년)	3,268,862	3,516,508	3,758,354	4,226,150	4,674,932	5,317,299	
	이용비용(원/두-년)	326,886	175,825	125,278	84,523	66,785	53,173	
사 료 절 단 기	고정비(원/년)	383,896	383,896	383,896	383,896	383,896	383,896	
	변동비 (원/hr)	노임	6,003	6,003	6,003	6,003	6,003	6,003
		연료비	-	-	-	-	-	-
		윤활유비	-	-	-	-	-	-
		전력비	83	83	83	83	83	83
		원동기	-	-	-	-	-	-
		사용시간/년	224	447	671	1,119	1,566	2,237
		합계(원/년)	1,361,816	2,723,631	4,085,447	6,809,078	9,532,709	13,618,155
	기계비용합계(원/년)	1,745,711	3,107,527	4,469,342	7,192,973	9,532,709	14,002,051	
	이용비용(원/두-년)	174,571	155,376	148,978	143,859	141,666	140,021	

제4절 결론 및 요약

본 연구에서 개발된 세절·급여기의 경제성을 검증하기 위하여 관행 시스템인 사료 절단기를 이용한 시스템과 세절·급여기에 의한 시스템의 이용비용을 분석하여 그 효과를 비교 검토하였다. 분석된 결과는 다음과 같은 결론으로 요약할 수 있다.

1) 세절·급여기에 의한 시스템은 이용비용 면에서는 사육두수가 증가함에 따라 급격히 감소하는 경향을 보이는데, 관행 시스템에 대비하여 사육두수가 24두 규모 이상에서 경제성이 있는 것으로 나타났으며 이때 기계이용비용은 150천원/두-년으로 나타났다.

2) 경제성을 비교하여 보면 사육두수 50두 경영규모에서는 관행시스템에 대비하여 세절·급여기에 의한 시스템이 연간 2,967천원, 100두의 경영규모에서는 연간 8,685천원의 절감효과가 있는 것으로 나타났다.

3) 세절·급여기에 의한 시스템의 손익분기점은 사육두수가 24두로 나타났으며, 손익분기점의 발생시점은 50두 경영규모에서는 4년, 100두의 경영규모에서는 1.4년 정도로 나타났다.

따라서 본 연구에서 개발된 트랙터 견인형 원형베일 세절·급여기가 우리나라의 낙농가에 적용 가능한 것으로 판단된다.

제 5 장 종합결론

1. 필요성

본 연구는 우리나라의 젓소 및 비육우에게 조사료를 공급할 수 있도록 쌀재배 지역에서 겨울철 맥류의 파종 → 재배 → 압축·결속 → 기밀포장·사일리지 가공 → 저장 → 축산농가 운반으로 이어지는 기계화 일관작업을 위한 시스템의 마지막 단계인 원형 베일을 한번의 작업으로 우사로 운반, 세절 및 급여기능을 할 수 있도록 하기 위하여 ①대형의 무거운 원형 베일을 자동 적재 장치를 이용하여 자력으로 적재할 수 있고, ②베일이 세절장치부에 지속적으로 공급될 수 있는 이송장치가 있으며, ③원형 베일 또는 사각 베일은 자동으로 짧은 시간 내에 대량으로 세절작업이 가능하고, ④세절된 조사료를 먼 거리까지 보낼 수 있는 원심식 배출장치가 있고, ⑤배출장치의 토출관의 방향을 변경하여 조사료는 원하는 위치에 공급이 가능하며, ⑥함수율이 60%가 되는 랩-사일리지 뿐만 아니라 함수율 15% 내외의 볏짚과 같은 원형 베일 건조의 세절·급여도 가능하며, ⑦트랙터의 트레일러에 장치되어 동력은 트랙터로부터 취출되는 PTO 구동형이고 트랙터로 운반되는 기능을 가지는 트랙터 견인형 조사료 원형 베일 세절·급여기를 개발하는데 있다. 이러한 목표로 추진된 본 연구의 최종 결론을 요약하면 아래와 같다.

2. 추진 단계

본 연구의 효과적인 수행을 위하여 ①전체 시스템 모델 개발 → ②부분 시스템의 모델 개발 → ③부분 시스템 세부설계 → ④전체 시스템 세부설계 → ⑤부분 시스템의 제작 및 성능 시험, 수정 및 보완 → ⑥전체시스템 조립 → ⑦전체 시스템 성능시험 → ⑧수정 및 보완 → ⑨완제품 생산의 단계로 추진이 되었다.

모델 개발은 우리나라에서는 아직은 이러한 기계가 보급되어 있지를 못하므로 우선 프랑스의 Lucas.g Co. 와 아일랜드의 Kverneland Co.의 모델을 중점 분석하여 우리나라의 실정에 맞는 모델을 본 연구실에서 개발하였으며, 시작기 제작은 본 연구실에서 완성된 세부설계를 바탕으로 우리나라에 우수한 축산기계 전문 메이커인 (주)라이브맥의 협조를 받아 우리나라 실정에 맞는 기계를 제작하였다. 성능시험 및 분석은 개발된 제품은 실

험실 시험과 현장시험을 거쳐 최종 제품의 개발이 완성되었는데 부분적인 시험은 본 연구소의 실험실과 시작기 제작 공장현지에서 수행되었으며 현장시험은 경북대학교 부속 사육장 및 영남대학교 축산학과 부속농장에서 실제로 시작기를 장기간 운영하면서 성능을 분석하였다. 시작기의 수정 및 재 제작은 앞의 현장시험 단계에서 수렴된 문제점을 다시 보정하여 다시 설계를 하고, 또 다시 제작을 하였는데 본 연구를 위해서 제작된 시작기의 세절부는 모두 5대가 제작이 되었으며 세절부는 “세절기의 커터장치 {Cutter apparatus for cutting straw}”라는 이름으로 발명특허(출원번호 10-2003-0024586)를 출원 중에 있다. 경제성 분석은 우리나라의 농가에 시작기를 투입하여 실제로 현장실증을 거치면서 얻어진 자료를 바탕으로 이용비용 및 고정비용을 분석하여 관행 시스템과 비교를 하여 경제성을 분석하였으며 아울러 손익분기점이 일어나는 적정 규모를 선정하였다.

3. 연구결과

본 연구에서 얻어진 결론을 요약하면 다음과 같다.

가. 개발된 시작기는 ① 대형의 무거운 원형 베일을 자동 적재가 가능하고, ②적재된 베일은 세절장치부에 지속적으로 공급될 수 있는 이송장치가 있으며, ③ 세절부는 원형 베일 또는 사각 베일은 자동으로 짧은 시간 내에 대량으로 세절작업이 가능하고, ④ 세절된 조사료를 먼 거리까지 보낼 수 있는 원심식 배출장치가 있고, ⑤ 배출장치의 토출관의 방향을 변경하여 조사료는 원하는 위치에 공급이 가능하며, ⑥트랙터의 트레일러에 장치되어 동력은 트랙터로부터 취출되는 PTO 구동형이고 트랙터로 운반되는 기능을 가질 수 있었다.

나. 원형베일 세절급여기의 세절장치부는 길이가 20~30mm 길어진 빗살무늬 삼각날을 사선으로 설치한 회전날과 끝단부가 날카롭게 날이 있는 계단형태의 고정날로 변경하고, 고정칼날 하나에 회전칼날 두 개가 2~3mm의 간격을 가지는 총 18쌍을 설치하여 3세절 길이가 10~15cm 벧짚이 80%정도 배출되었으며, TMR 배합시 조사된 면실의 배합 결과는 면실의 무게에 대한 C.V. 값이 13.6%로 배합정도가 우수한 것으로 나타나 배합효율과 배합상태를 고려하였을 때 개발된 원형베일 세절·급여기의 벧짚 절단성능은 매우 양호한 것으로 판단되었다. 또한 소요동력은 최소 8ps에서 최대

51ps(수단 랩사일리지)까지 소요되어 작업 트랙터는 개발예상 제원인 50~70ps을 만족하는 것으로 나타났다.

다. 시작기는 협찬업체의 분석결과 약 12,000,000원이면 충분히 시장성이 있는 것으로 나타났다. 이 경우 기존의 관행 사료절단기와 경제성을 비교 분석한 결과는 사육두수가 24두 규모 이상에서 기존의 관행에 비하여 경제성이 있는 것으로 나타났으며 이때 기계이용비용은 150,000원/두-년으로 나타났다. 또한 50두 경영규모에서는 관행시스템에 대비하여 세절·급여기에 의한 시스템이 연간 2,967,000원, 100두의 경영규모에서는 연간 8,685,000원의 절감효과가 있는 것으로 나타났다.

라. 전체적인 결론으로 우리나라의 낙농의 규모화에 문제가 되고 있는 원형 베일의 세절 및 급여에 소요되는 과도한 노동력은 본 연구에서 개발된 트랙터 견인형 조사료 원형베일 세절·급여기를 이용하여 우사로 운반 한 후에 한번의 작업으로 세절·급여 기능을 해결을 할 수 있을 것으로 기대가 된다.

참 고 문 헌

1. Ball, C. E and Barger, R. L. 1948 Reconditioning overdried hat. Agr. Engg. 29(7) 229-300
2. Curley, R. G. Dobie, J.B. and Parson, P.S. 1973, Comparison of stationary and field cubing of forage. Trans. ASAE 18(5)864-866.
3. Davis, R. B.and Barlow, G.E. 1947 Supplemental heat in mow drying of hay. Agri. Engg. 28(7)289-290,293.
4. 가축분뇨자원화를 위한 기술 지침서 , 축산기술연구소, 1995
5. 김정갑. 조사료 이용 및 효율성 증대방안. 1998.
6. 김창호 외. 파종기와 예취시기가 답리작 호밀의 생육 및 건물수량에 미치는 영향. 1995.
7. 김혁주, 박경규, 서종혁, 신승열. 답리작 맥류 랩-사일리지의 기계화 시스템 모델 개발(1). 한국농업기계학회지. 28(2):pp107-116. 2003.
8. 김혁주, 박경규, 김태한, 구영모. 답리작 맥류 랩-사일리지의 기계화 시스템 모델 개발(2). 한국농업기계학회지. 28(3):pp199-208. 2003.
9. 농림부. 99 조사료생산·이용 확대 추진. 1999.
10. 농림부. 농림사업지침서. 2000.
11. 농업기계연감. 한국 농기계공업 협동조합. 1996-2001.
12. 농림업주요통계. 농림부. 1997.
13. 농업법인의 운영실태와 정책과제, 정책연구보고 P24, 한국농촌경제연구원, 1997. 9.
14. 농업전망 1999, 한국농촌경제연구원, 1999. 1.
15. 농촌진흥청. 시험연구결과 경제성분석기준자료. 2000.
16. 박경규외. 사료가공학. 선진문화사. 1993.
17. 박경규외. 축산기계 및 시설. 문운당. 1996.
18. 박경규 외. 개정사료학. 선진문화사. 1995.
19. 박경규외, “답리작 조사료의 랩사일리지 기계화 생산모델”, 한국농업기계학회지, 1998.
20. 수도작 기계화의 적정규모에 관한 연구, 연구보고 R329, 한국농촌경제연구원,

1999.

21. 쌀 농업의 비용 절감을 위한 경영모델과 지역시스템 개발」, C98-10, 한국농촌경제연구원, 1998. 12.
22. 시험연구보고서. 축산시험장. 1995.
23. 정창주 외. 농업기계학. 향문사. 1995.
24. 정광용 외. 발농사의 환경보전기능 계량화. 농촌진흥청 농업과학기술원. 1997.
25. 조사료 이용 및 효율성 증대방안. 축산기술연구소. 1997.
26. '98 조사료생산 이용 교육 교재, 농림부·축협중앙회, 1998. 4
27. 조사료, 표준영농교본-91, 농촌진흥청, 1998. 10.
28. 주경노. 쌀농사의 규모화에 따른 적정 농기계의 투입. 농업기계화연구소. 1997.
29. 한국농업기계학회. 농업기계연감. 1998.
30. 한국농업기계협동조합. 농업기계가격. 1998.
31. 축협중앙회. 축산물생산비조사보고. 1998.
32. 축산물생산과 연구의 국내동향. 축산시험장. 1990.
33. 축산경쟁력 제고를 위한 총체사료 생산이용 기술개발. 농촌진흥청. 1992.
34. 축산물 수입 자유화 과제. 한국축산학회 춘계심포지움. 1997.
35. 축산경영 안정을 위한 '99 조사료생산 시책, 농림부, 1999. 4.
36. 한정대외. 양질의 조사료의 저장·가공 및 이용기술. 양질의 조사료 생산이용심포지움 1993.
37. 국토양충설, 농업과학기술원, 1997.
38. 환경보전형 농업발전을 위한 정책과제, 한국농촌경제연구원, 1997.
39. 1999년도 농림사업시행지침서, 농림부, 1998. 11.
40. IMF시대의 조사료 대책, 한국초지학회 심포지움 Proceedings, 1998. 4.
41. 친환경답리작 조사료 생산기술 및 일관작업을 위한 기계화 모델, 조사료 생산관련 심포지움(농림부, 경북대학교), 1999.4