

636.084
L293E

최 중
연구보고서

트랙터 견인형 TMR 배합기의 개발

Development of a tractor attached TMR mixer

경 북 대 학 교

농 립 부

제 출 문

농림부장관 귀하

본 보고서를 “트랙터 견인형 TMR배합기의 개발”에 관한 연구의
최종 보고서로 제출을 합니다.

1998년 12월 31일

주관연구기관명: 경북대학교

총괄연구책임자: 박 경 규 (인)

연구원: 구영모

연구원: 김태욱

연구원: 김혁주

요약문

I. 제목

트랙터 견인형 TMR 배합기의 개발

II. 연구 개발의 목적 및 중요성

최근 우리 나라의 젖소 및 한우의 사육두수는 계속 증가 추세에 있으나 아직도 농가 당 사육두수는 15 내지 20마리로 유럽이나 일본 북해도의 70 내지 80 두수에 비하여 매우 영세한데 이러한 낙농가의 규모화를 저해하는 주요한 요인 중의 하나가 사료 준비 및 급여에 소요되는 과다한 노동력이다. 사료의 준비 및 급여에 대한 소요 노동력의 과다함은 여러 가지 이유가 있겠으나 주원인으로는 불합리한 사료의 급여체계를 들 수가 있다.

그리고 이러한 불합리한 사료의 급여 체계는 또 다른 문제인 사료의 질적인 저하를 초래하고 있다. 특히 우리 나라에 주로 보급된 젖소용 사료 배합기는 오우거형 교반기를 가진 배합기로 주로 외국에서 수입되고 있는데 곡류사료만 배합을 할 경우에는 큰 문제가 없었으나 맥주박, 사일리지등과 같은 습사료를 배합할 경우에는 오우거와 습사료와의 마찰로 많은 동력이 소요되고, 또한 교반기 축에 과부하가 발생하여 축이 부러지거나 배합기의 모터에 무리를 가하는 등 많은 문제를 야기 시키고 있다. 또한 건조 등의 조사료를 배합할 경우에는 배합효율이 떨어지는 등 많은 문제점도 있다. 더구나 이러한 형태의 배합기는 비단 TMR 배합소 뿐 아니라 대부분의 낙농가에서 쓰여지고 있는데, 수입가격마저 비싸 경제적으로도 농민들에게 압박을 주고 있다. 따라서 이와 같은 과다한 노동력의 요구와 사료품질의 저하는 당연히 우유의 생산비를 높이고 생산량을 떨어뜨려 국제 경쟁력의 저하에 주요 원인이 되고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위한 하나의 방안으로, 정확한 계량 및 프로그램에 의한 양질의 사료를 배합 할 수가 있으며 아울러 사료의 급여 및 조제에 소요되는 시간을 단축할 수 있는 기능을 가진 트랙터에 부착된 견인형 젖소용 사료 배합기의 개발이 매우 중요한

의미를 가진다하겠다. 특히 볏짚과 같은 조사료와 사일리지, 맥주박 등과 같은 습사료, 그리고 분말 농후사료 등을 동시에 효율적으로 배합할 수 있는 배합기는 아직 국내에서는 개발이 되어 있지 않다고 있다.

이러한 배경에 의해 본 연구의 목적은 ①곡류의 원료와 조사료, 그리고 습사료를 보다 효율적으로 배합할 수가 있고, 아울러 ②배합에 필요한 동력을 트랙터에서 추출하고 또한 ③원료의 계량도 할 수가 있어 정확한 배합비를 만들 수가 있고, ④배합작업이 요구되는 낙농가로 이동할 수 있는 페달형 교반기를 장착한 트랙터 견인형 TMR 배합기를 개발하고, ⑤개발된 시작기를 기존의 관행에 의한 사료급여 시스템과 비교 분석하여 우리나라의 낙농가에 적용성 여부를 검토하고 또한 TMR배합기를 사용할 수 있는 적정 낙농규모를 결정함에 있다.

III. 연구 개발의 범위 및 내용

본 연구의 최종목표는 “페달형 교반기를 가진 트랙터 견인형 젖소의 사료배합기의 개발”이며, 개발 기계의 주요 기능으로는

① 조사료의 세절기능, ②곡류원료의 분쇄기능, ③조사료 및 습사료의 배합기능, ④계량기능, ⑤트랙터의 트레일러에 장치되어 동력은 트랙터로부터 추출되는 PTO 구동형이고 트랙터로 운반이 된다.

또한 본 연구를 위하여 다음과 같은 단계로 추진이 되었다.

전체 시스템 모델 개발 → 부분 시스템의 도형 개발 → 부분 시스템 세부설계 → 전체 시스템 세부설계 → 부분 시스템의 제작 및 성능 시험, 수정 및 보완 → 전체시스템 조립 → 전체 시스템 성능시험 → 수정 및 보완 → 완제품 생산 → 현장 적용 시험 → 수정 보완 재생산 → 농업기계형식검사 수검(농업기계화 연구소) → 경제성 분석

1) 모델 개발: 우리나라에서는 아직은 이러한 기계가 보급되어 있지 않므로 우선 미국의 Davis Co. 와 Ostward Co. 의 모델을 중점 분석하여 우리나라의 실정에 맞는 모

델을 본 연구실에서 개발하였다.

2) 시작기 제작: 본 연구실에서 완성된 세부설계를 바탕으로 우리나라에 우수한 트랙터 메이커인 대동공업(주)의 연구소와 축산기계 전문 메이커인 은성 플렌트(주)의 협조를 받아 우리나라 실정에 맞는 기계를 제작하였는데 세부적으로 다음과 같이 수행되었다.

① 볏짚, 건초등 조사료를 세절장치로 투입·반송할 반입용 컨베이어, 조사료 세절용 칼날, 세절된 조사료를 배합기로 반송 및 반송된 조사료를 수집할 수 있는 사이클론 등으로 구성되는 조사료 세절 시스템의 개발,

② 조사료, 곡물사료 및 습사료를 동시에 배합 가능한 페달형 교반기를 가진 배합기의 개발

③ 반입원료를 계량할 수 있는 계량시스템의 개발.

④ 배합된 사료를 젓소의 사료조에 배출 가능한 배출시스템의 개발

⑤ 이러한 일을 할 동력을 취출할 수 있는 동력전달 장치(PTO)의 개발

⑥ 반입원료를 배합기로 투입할 수 있는 포터블 반입 컨베이어의 개발

⑦ 개발된 배합기 및 세절기, 동력전달 시스템, 배합된 사료의 반출 시설, 계량시설 등을 모두 조합하여 트레일러에 장착이 된 채 트럭과 함께 이동이 가능하고 아울러 하나의 완벽한 시스템을 유지할 수 있는 트레일러의 개발.

3) 성능 시험 및 분석: 개발된 제품은 실험실 시험과 현장시험을 거쳐 최종 제품의 개발이 완성되는데 부분적인 시험은 본 연구소의 실험실과 시작기 제작 공장현지에서 수행되었으며 현장시험은 서울우유협동조합과 낙농업자의 협조를 받아 경기도 광주군 광동낙우회와 충남 연기군 와룡면 다복목장에서 실제로 시작기를 장기간 운영하면서 성능을 분석하였다.

4) 시작기의 수정 및 재제작: 앞의 (3)단계에서 수렴된 문제점을 보완하여 다시 설계를 하고, 제작을 하였는데 본 연구를 위해서 제작된 시작기는 본체 4대, 포터블 반입 컨베이어 1대, 볏짚 세절·연화기 1대등 모두 6대가 제작이 되었다.

5) 농업기계형식 검사: 본 연구에서 개발된 제품은 농기계 제조업체에게 기술을 이양을 해야하고, 또한 농업기계화연구소에서 농기계제품 형식 검사를 받아야 실용화가 가능하다. 따라서 본 시작기는 농업기계 형식 검사를 받아 합격을 하였다.

6) 경제성 분석: 우리 나라의 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.

VI. 연구개발의 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

가. TMR430 모델 개발

1). 패달형 교반기를 가진 TMR 전용 배합기의 개발

연구 1차년도에는 기존에 국내에서 사용되고 있는 오거형 건식 곡물사료용 배합기가 아닌 곡류의 원료와 조사료 건조, 그리고 습사료를 보다 효율적으로 배합 할 수가 있는 패달형 교반기를 가진 TMR 전용 배합기를 개발하였는데, 배합 실험 결과 배합 변동계수(CV)가 5% 미만으로 아주 좋은 배합효율을 보여 주었다. 또한 이 배합기는 퇴비 및 상토의 배합에도 아주 좋은 효과를 가지고 있었다.

2). 조사료 세절장치

볏짚과 같은 거친 조사료, 생초 또는 곡물이라도 분쇄가 가능하도록 설계가 되어 있다. 또한 분쇄 또는 세절이 될 원료는 반입용 체인 컨베이어에 의해 투입이 되고, 세절이 된 조사료는 오거(Auger)에 의해서 드로워(Thrower)로 반송이 되고 드로워는 반송 파이프를 쳐 올려지고 이는 사이클론에 모여져서 배합기로 투입이 되도록 설계 및 제작이 되었다.

3). 계량장치

개발된 사료 배합기와 트레일러 사이에 로드셀을 부착하여 배합될 원료를 정확히 계량할 수 있으며 또한 배합시간 및 배합비율에 대한 정보를 제공하여 줄 수 있는 디지털 형

식의 계량장치를 개발하였다.

4). 동력전달장치(PTO)

TMR 배합기는 트랙터에 견인이 되고, 아무 곳에서나 배합작업이 가능할 수 있어야 한다. 따라서 트랙터의 PTO(Power Take-Off)축으로부터 동력을 추출할 수가 있는 동력 전달 장치를 개발하였다. 개발된 동력 전달 장치의 주요 임무는 다음과 같다.

①배합기: 배합기 내의 페달을 회전 시켜 배합작용이 원활하게 하도록 하는 동력의 전달

②세절기: 조사료 원료의 반입, 세절 또는 분쇄, 세절된 원료의 배합기로 이송시키는 동력의 전달

③배출기: 배합 후에 배합된 사료를 배출 시켜주는 동력의 전달

5). 배합사료 배출장치

배합된 사료를 우리가 원하는 임의의 위치에 균일한 성분으로 사료급여구로 투입이 가능한 배합사료 배출장치를 배합기에 부착하여 개발하였다.

6). 트레일러

개발된 TMR배합기, 세절시스템, 동력전달 시스템, 배합된 사료의 반출 시설, 계량시설 등을 모두 조합하여 트레일러에 장착이 된 채 트랙터와 함께 이동이 가능하고 아울러 하나의 완벽한 시스템을 유지할 수 있는 장치를 개발하였다.

7). TMR430A의 개발

부분적으로 개발된 세부시스템들을 트레일러에 모두 조합하여 하나의 종합 시스템인 트랙터 견인형 TMR 배합기(모델 TMR430A)를 개발 하였다.

8)원료 반입용 포터블 컨베이어

곡물사료, 습사료 등 사료원료를 배합탱크에 편리하게 공급하기 위해서 이동 가능한 트라프(Trough) 벨트형 이동식 컨베이어를 개발하였다.

나. 2차 시작기 TMR430B의 개발

초기에 개발된 TMR430A 모델은 1회 배합에 약 36두 정도 급여 가능하였고 조사료의 세절 기능을 복합한 종합기능을 가진 배합기였다. 그러나 제작비용이 높았을 뿐 아니라 기계자체의 길이가 길어 상토용으로 사용시에 포장에 이동을 할 경우 기동성이 떨어지는 결점이 있어 TMR430A 모델에서 세절 관련 기능을 삭제한 TMR430B를 개발하였다.

다. 3차 시작기 TMR500A의 개발

TMR430A와 430B의 배합용량은 연구 초기 결정된 것으로, 하루 2회 배합으로 70두 규모의 낙농가에 적용이 가능한 크기로 제작이 되었다. 그러나 이러한 배합용량으로는 최근의 급속도로 이루어지는 낙농가의 규모화에 부응을 할 수가 없을 뿐 아니라, 농민들은 하루에 한번 배합만을 원하고 있어 본 연구에서는 배합탱크의 크기를 증가시켜 1회 배합에 60두 사육을 할 수가 있는 TMR500A를 개발하였다. 또한 TMR430A 및 B는 배출 게이트 및 배출 컨베이어의 작동을 수동으로 조작을 하게 되어 있지만 500A는 유압시스템으로 작동이 되도록 수정·개발을 하였다.

라. 4차 시작기 TMR500B의 개발

3차로 개발된 TMR500A는 최초의 TMR430B를 무리하게 확장을 하여 제작을 하였기 때문에 배합작업 후에 배합 탱크 내에 많은 잔량이 발생하였고, 또한 트랙터 PTO 회전수의 감속에 따르는 체인 구동식에 의한 동력전달 시스템의 문제 등이 제기되어 배합탱크를 수정하여 재 설계하고 아울러 동력전달장치를 기어구동형으로 전면 재 설계하여 최종적으로 TMR500B를 개발하였다.

2. 활용에 대한 건의

가. 농기계 형식검사, 특허 및 신기술 인증

본 연구에서 개발된 TMR430A는 현재 경북대학교 부속사육장에서 사용되고 있으며,

TMR430B는 충남 연기군에 소재하고 있는 다복목장에서 사용되고 있다. 그리고 TMR500A는 완전 해체·분해되어 TMR500B의 제작에 다시 사용이 되었고, TMR500B는 1998년 11월23일 농업기계화 연구소에서 신제품 농기계 형식검사(98-M-362)를 받아 합격을 하였다. 따라서 본 연구팀은 농기계 신기술 인증을 받을 예정으로 되어 있으며 아울러 발명특허를 신청 중에 있다.

나. 제작기술 이전

본 연구에서 개발된 배합기는 우리 나라에서 가장 큰 농기계 메이커인 대동공업(주)에서 판매권을, 축산기계 전문 업체인 은성플랜트에서 생산권을 가지게 되어 있다. 이에 대한 계약은 이미 경북대학교와 체결을 한 바가 있다.

다. 후속 연구

TMR 배합기에서 별도로 분리 제작된 조사료 세절·연화기는 현재 경북대학교 부속사육장에 설치되어, 우리나라에서 흔하게 구할 수 있으며 또한 사료 가치는 있으나 거칠고 처리하기 힘든 조사료의 사료화를 위하여 연구와 실험을 계속하고 있다.

또한 낙농가에서 TMR 배합시스템을 이용하게 하기 위하여서는 조사료의 자급이 매우 중요하며 이를 위하여 본 연구팀에서는 우리 나라 조사료의 안정적인 공급을 위해서 “답리작 조사료의 랩-사일리지 일관화 생산을 위한 모델 및 기계개발”이라는 주제로 연구를 하고 있는데 본 연구에서는 겨울철 맥류의 수확 및 가공을 위하여 원형 베일러, 베일-랩핑기, 베일 핸들러를 개발을 하고 있다.

마. 기타 활용 방안

현재 정부에서 낙농가에 장려 보급하고 있는 TMR 배합소의 배합기는 현재는 외국에서 수입된 오거형 배합기가 설치되고 있는데 오거형 배합기로는 조사료의 배합에 적절하지 못하다. 따라서 본 연구에서 개발된 국산화된 조사료 전용 배합기인 패달형 배합기를 저

렴한 가격으로 교체를 하여야 한다. 또한 TMR 배합소가 없는 낙농단지에는 10여 농가별로 조직하여 한대씩 공동으로 구입하여 이용할 수 있도록 해야 한다.

본 연구에서 개발된 배합기는 낙농업분야 뿐 아니라 시설 원예에서 상토의 배합에도 이용될 수 있는 다목적용 배합기다. 아직은 우리 나라에서는 이러한 형태의 상토용 배합기가 개발이 되어 있지를 못하고 있는데 변형을 하지 않아도 직접 상토용 배합기로 잘 이용이 될 수가 있다.

바. 학술 발표

본 연구의 결과에 대한 학술 발표는 1998년 7월 한국농업기계학회의 학술대회에서 “트랙터 견인형 TMR 배합기의 개발”로 발표를 한바가 있으며 논문은 학술지에 금년 중 발표를 할 예정으로 되어 있다.

Summary

I. Title

Development of a Tractor attached TMR Mixer

II. Objectives and Necessity

One of the obstructing factors against managing large scaled dairy farms in Korea is the heavy labor requirement for feeding dairy cows such as cutting forages, weighing individual ingredients, mixing and feeding. According to the reports, the proportion of labor requirement for feeding reached 24% to the total labor requirement for dairy farming.

Also, an unsuitable mixing system of the feeders is another factor to disturb the growth of dairy farm. Traditionally, an auger type mixer has been a major type of the feeder in Korea. However, this type of feeder was suitable only for mixing dry ground grain ingredients, but not for forage and wet paste ingredients. Dairy feeds should be well mixed not only for dried ground grain but also for wet paste and fibrous forage all together

In order to solve this problem, a tractor attached TMR mixer, which having the following functions and equipments was developed:

① peddle type mixer, being able to mix the extended types of ingredients such as wet paste, forage, and dried ground grain together

② power transmission system from the power take off (PTO) of a tractor.

③ weighing system for accurate measuring of mixing ingredients.

④ trailer mounted mixer which can be towed by a tractor.

⑤ portable belt conveyor for feeding ingredients to mixer.

⑥ cutter for cutting forage fibers.

Also, the economic feasibility analysis has been done for the developed TMR mixer by comparing with traditional dairy feeding systems.

III. Methods of Studies

The research has been performed as follows for the efficient execution:

①development of whole model → ②development of subsystem model → ③ subsystem design → ④total system design → ⑤manufacture, performance test and modification of individual subsystem → ⑥assembly of individual subsystem → ⑦performance test of whole system → ⑧adjust and modification of TMR mixer → ⑨manufacture of finished product → ⑩ long term application test at dairy farm → ⑪examination of new farm machinery at Institute of Agricultural Mechanization → ⑫economic

feasibility analysis.

Since the TMR mixer has not been commonly used in Korea yet, the most desirable model of the TMR mixer for the local situation of dairy farming was developed by analyzing several TMR mixers manufactured in the United States. Based on the model developed, subsystems of the model mixer were designed. A prototype of TMR mixer was manufactured by Eunsung Plant Co. under the consultation of Daedong Agricultural Machinery Co. The prototype mixer was tested, adjusted, re-engineered and improved through manufacturing the four revised models. As results of the development four TMR mixers, a portable belt conveyor and a forage cutter were manufactured.

The finally developed TMR mixer was passed an inspection for newly developed farm machinery registration, enforced by Institute of Agricultural Mechanization in the Office of Rural Development. Based on farm operation tests, fixed and variable costs of the TMR mixer developed were analyzed by comparing with traditional dairy farming system. The break-even (profitable) point of the economic farm size of the TMR mixer was found to be 18 heads using the economic feasibility analysis

IV. Results of the research

The results of this study were summarized as follows:

- (1) The first TMR mixer developed in this study was named as TMR430A.

The system has a feeding capacity of 36 dairy cows at a batch and a complex system consisting of multiple functions such as forage cutting, weighing.. etc. as described in the previous section. The system had a very good mixing efficiency; however, it had two major problems as follows:

① TMR430A has high manufacturing cost.

② The length of the system was too long to move around in the fields.

(2) In order to solve the above problems, TMR340A was modified to TMR430B by removing forage cutting system. Manufacturing cost of TMR430B could be reduced to 2/3 of the TMR430A cost. Also, its length became 2/3 of that of TMR430A. During the field tests of TMR430B, two problems were found as follows:

① The system had a small mixing capacity at a batch. Recently, farmers intend to prepare for feed once in a day, so that the system should have at least 60 dairy feeding capacity in a batch.

② Manually operated outlet gate and discharge conveyor for the final feed was inconvenient for farmers.

(3) In the third trial, by simply enlarging TMR430B and adapting hydraulic system for the outlet gate and discharge conveyor, TMR500A model was developed; however, the system also had problems such as:

① Significant amount of residuals were remained in the mixer after discharging final feed since mixer tank and its peddle were not

properly designed.

② Due to the reduction of PTO rpm from 540 to 15, the power transmission system of TMR500A was need to be changed from chain-sprocket system to gear-train system.

(4) Finally TMR500B was developed by re-engineering and modifying the previous models. The mixing capacity per batch of the system was 1,500kg equivalent to 60 dairy feeding capacity. The system can be operated by 43HP tractor with acceptable mixing efficiency. The manufacturing cost and list price of the system were expected to be 13 million and 18 million won, respectively.

(5) The forage cutter was separately designed and manufactured from TMR430A. The cutter, driven by a 10 HP electric motor, not only cuts forage but also softens rough forage

(6) The costs of TMR system were analyzed by comparing with traditional system. According to the results, operating cost of the TMR feeding system decreased rapidly with an increase of farm size. However, its cost was slightly higher than that of traditional system. With combined effects of the TMR system, a dairy farm feeding by TMR system became more profitable than a feeding by a traditional system at the larger farm size than 18 heads. The profitable discrepancy between the TMR feeding system and traditional system become bigger as farm size larger.

(7) As an overall conclusion, one of the obstacles against managing large scaled dairy farms owing to improper mixers for dairy feeding system can be eliminated by using the TMR mixer developed in this research.

Contents

Chapter I. Introduction -----	21
1. Necessity and Objectives -----	21
2. Methods and contents -----	25
 Chapter II Model development and manufacture of model machine-----	27
1. Model development -----	27
2. Manufacture of model machine -----	31
 Chapter III Performance test and long term application test at the field-----	64
1. Performance test -----	64
2. Long term application of model machine at the field -----	73
 Chapter IV Adjustment, re-engineering and modification of model machine -----	77
1. Second model TMR430B -----	77
2. Third model TMR500A -----	79
3. Final Model TMR500B -----	80
4. Forage cutter -----	86
5. Summary of TMR mixer -----	89
 Chapter V Feasibility analysis of TMR mixer--	92
1. Introduction-----	92
2. Cost analysis of TMR mixer-----	93
3. Result and discussion-----	99

4. Summary and conclusion-----	105
Chapter VI Overall Conclusion-----	107
References -----	111

목 차

제출문 -----	1
요약문 -----	2
summary -----	10
contents -----	16
목차 -----	18
제1장 서론 -----	21
제1절 연구 개발의 목적과 중요성 -----	21
1. 연구의 배경 -----	21
2. 연구개발의 목적 -----	24
제2절 연구개발의 내용 및 방법 -----	25
1. 연구개발의 목표 -----	25
2. 연구개발의 내용 및 방법 -----	25
제2장 모델 및 시작기의 개발 -----	27
제1절 모델 개발 -----	27
1. 배합장치 -----	27
2. 조사료 세절 시스템 -----	27
3. 계량장치 -----	27
4. 동력전달 장치(P.T.O) -----	27
5. 배합사료 배출 장치 -----	28
6. 트레일러 -----	28
제2절 시작기의 개발 -----	31
1. 부분 시스템의 모델 개발, 세부 설계 및 제작 -----	31

가. 페달형 교반기를 가진 배합기의 개발	31
나. 배합기 부착용 조사료 세절 시스템	36
다. 동력 전달 시스템	42
라. 배합원료의 계량장치	48
마. 이동식 다용도 원료 투입 컨베이어 및 배합된 사료의 배출 시스템	53
2. 배합기를 장착할 수 있는 트레일러 및 전 시스템의 조합	58
제3장 시작기의 성능 및 현장 적용 시험	64
제1절 성능 시험	64
1. 소요동력 분석	64
가. 시험 장치 및 방법	64
나. 시험 결과	67
2. 배합기의 성능 시험	70
가. 시험 방법	70
나. 시험 결과	70
3. 세절기의 성능 시험	72
가. 시험 방법	72
나. 소요 동력	72
제2절 시작기의 현장적용 시험	73
1. 제1차 개발 시작기(TMR430A)의 결과 및 문제점 분석	73
2. 제1차 개발 시작기(TMR430A)의 현장 적용 시험	74
제4장 시작기의 수정 및 재개발	77
제1절 제2 시작기 TMR 430B의 개발	77
1. 시작기 TMR430A 문제점 수정 및 TMR430B의 개발	77
2. 2차 시작기 TMR430B의 특징 및 문제점	77

제2절 제3차 시작기 TMR500A의 개발	79
제3절 제4차 시작기 TMR500B의 개발	80
1. 3차 시작기 TMR500A의 문제점 수정	80
2. 제4차 시작기의 개발	82
제4절 조사료 세절 연화기의 개발	86
1. 연구의 필요성	86
2. 조사료의 세절-연화 가공 메카니즘	87
제5절 TMR 배합기의 개발 요약	89
제5장 경제성 분석	92
제1절 서론	92
제2절 TMR 배합기의 이용비용	93
1. 고정비	94
2. 변동비용	95
제3절 결과 및 고찰	99
1. 작업 시스템에 따르는 TMR 배합기의 이용비용 비교	99
2. 자가 TMR 사료 급여 시스템의 경제성 분석	101
제4절 결론 및 요약	105
제6장 종합결론	107
참고문헌	111

제 1 장 서 론

제 1 장 서 론

제1절 연구 개발의 목적과 중요성

1. 연구의 배경

최근 우리 나라의 젓소의 사육두수는 계속 증가 추세에 있으나 반면 사육농가는 줄어들어 농가 당 사육두수가 증가하는 전업농 또는 기업농의 형태로 바뀌고 있다(표 1-1 참조). 그러나 아직도 한 가구 당 사육두수는 15 내지 20마리로 유럽이나 일본 北海道의 70 내지 80 두수에 비하여 매우 영세한데 국제 경쟁력의 강화를 위해서는 사육두수가 70 - 80두 정도는 되어야 할 것으로 생각된다. 그러나 이러한 낙농가의 규모화를 저해하는 주요한 요인 중에 하나가 사료급여에 소요되는 과다한 노동력이다. 실제로 젓소의 사육에 소요되는 노동시간은 우리 나라의 경우 연간 236시간으로 유럽의 78시간에 비하여 약 3배 가량 많다. 표 1-2는 이에 대한 우리 나라에서의 작업시간 분포도인데 착유 및 우유 처리시간이 45%로 가장 많은 시간을 차지하고 있으며, 다음으로는 사료의 준비 및 급여 시간이 전체의 24%로 이 부분의 자동화 내지는 기계화에 의한 작업의 생력화가 가장 시급한 과제라고 할 수 있겠다.

표 1-1 우리 나라의 젓소의 년도별 사육두수의 변화(단위:1,000)

년 도	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995
마 리 수	6.6	23.6	85.5	206.8	390.1	498.4	553.0
농 가 수	1.2	3.1	9.4	22.1	43.7	34.3	24.0
가 구 당 사육두수(마리)	5.5	7.6	9.1	9.3	9.0	14.5	24.6

자료: 농림부(1997)

표 1-2 우리 나라 젖소 관리 작업시간분포(성우 1두-년)

작업	노동시간	비율(%)
착유 및 우유 처리	105	45
사료준비 및 급여	56	24
깔짚 반출입	34	14
우유운반	15	6
기타	26	11
계	236 *	100

*참고: EC의 경우 총 노동시간은 78시간/두-년

*자료: 농산기계학

사료의 준비 및 급여에 대한 소요 노동력의 과다함은 여러 가지 이유가 있겠으나 주원인으로는 불합리한 사료의 급여체계를 들 수가 있다. 그림 1-1은 우리 나라 3대 가축의 전형적인 사료급여 시스템으로 젖소의 사료급여에 대한 문제점을 잘 설명해 주고 있다. 닭이나 돼지는 거의 100% 곡류를 섭취하는 가축이기 때문에 그림에서 보는 바와 같이 배합사료 공장에서 배합된 사료를 그대로 급여를 하면 큰 문제가 없다. 그러나 젖소의 경우 곡류원료 이외에 농가에서 채취된 목초, 산야초, 볏짚, 사일리지와 같은 섬유질의 조사료와 그리고 인근에서 구입 가능한 맥주박 등과 같은 부산물 등을 함께 다시 배합을 하여야 한다. 따라서 젖소의 사육농가는 사료공장에서 배합된 곡물사료를 포장상태로 반입하여 포장을 개봉한 후에, 볏짚이나 풀과 같은 조사료들을 절단하여 배합기로 곡물사료와 조사료를 다시 배합하고 인력으로 사료를 급여하게 된다. 따라서 이러한 비효율적인 사료급여 체계는 당연히 과다한 노동력을 요구하게 되는데, 직접적으로는 우유의 생산비용을 높일 뿐 아니라 앞에서 언급한 바와 같은 가족단위 농가에서 사육두수의 규모화에 큰 제약조건이 되고 있다.

관행의 사료급여체계는 또 다른 사료의 질적인 저하와 같은 문제를 야기 시키고 있다. 사료의 배합은 젖소가 신체를 유지하고, 우유를 생산하는데 필요한 영양소의 요구량을

만족하며 동시에 사료비용을 최소화하는 선형계획법(LP)에 의해서 산출되는데 우리나라의 대부분의 농가는 배합사료공장에서 배합된 곡물사료에 목초, 사료작물, 산야초, 볏짚과 같은 조사료의 조건(생산량, 생산비, 영양소함량)등을 고려하지 않고 대략적으로 배합을 하고 있어 실제로 급여되는 사료가 영양소 요구량에 부족한지 또는 너무 과다하게 급여를 하고 있는지도 모르고 있는 실정이다.

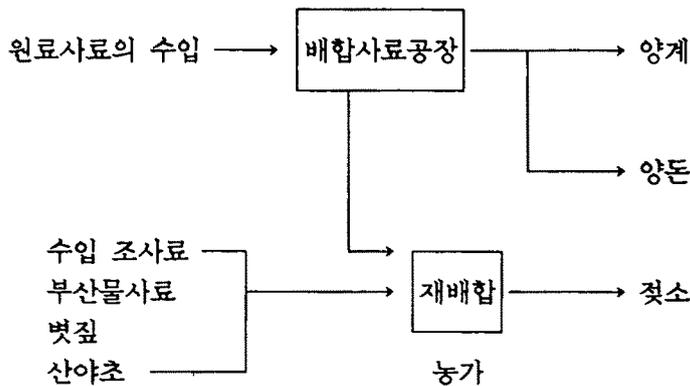


그림 1-1 우리나라 3대 가축의 사료 급여 체계

또한 우리나라에 주로 보급된 젖소용 사료 배합기는 오우거형 교반기를 가진 배합기로 주로 외국에서 수입되고 있는데 곡류사료만 배합을 할 경우에는 큰 문제가 없었으나 맥주박, 사일리지 등과 같은 습사료를 배합할 경우에는 오우거와 습사료와의 마찰로 많은 동력이 소요되고, 또한 교반기의 축에 과부하가 발생하여 축이 부러지거나 배합기의 모터에 무리를 가하는 등 많은 문제를 야기 시키고 있다. 또한 건초 등의 조사료를 배합할 경우에는 배합효율이 떨어지는 등 많은 문제점도 있다. 더구나 이러한 형태의 배합기는 비단 50내지 100여 농가가 공동으로 운영을 하는 TMR 배합소 뿐 아니라 대부분의 낙농가에서 쓰여지고 있는데, 수입가격 마저 비싸 경제적으로도 농민들에게 큰 압박을 주고 있다.

2. 연구개발의 목적

앞에서 언급한 바와 같이 우리 나라 낙농가의 사료 배합에 소요되는 과다한 노동력과 배합되는 사료의 질의 저하는 당연히 우유의 생산비를 높이고 생산량의 저하를 야기 시켜 국제경쟁력의 저하에 주요 원인이 되고 있는데 이러한 문제를 해결하기 위한 하나의 방안으로, 정확한 계량 및 프로그램에 의한 양질의 사료를 배합 할 수가 있으며 아울러 사료의 급여 및 조제에 소요되는 시간을 단축할 수가 있는 기능을 가진 트랙터에 부착된 견인형 젓소용 사료 배합기의 개발이 매우 중요한 의미를 가진다하겠다. 특히 볏짚과 같은 조사료와 사일리지, 맥주박 등과 같은 습사료, 그리고 분말 농후사료 등을 동시에 효율적으로 배합할 수 있는 배합기는 아직 국내에서는 개발이 되어 있지 않다고 있다.

따라서 본 연구의 목적은 ①곡류의 원료와 조사료, 그리고 습사료를 보다 효율적으로 배합 할 수가 있고, 아울러 ②배합에 필요한 동력을 트랙터에서 추출하고 또한 ③배합 작업이 요구되는 낙농가로 이동할 수 있는 패달형 고반기를 장착한 트랙터 견인형 TMR 배합기를 개발함에 있다. 개발될 배합기의 주요기능으로는

- (1) 조사료는 투입과 동시에 잘게 절단 또는 분쇄되며,
- (2) 곡류원료의 분쇄도 가능하고,
- (3) 원료의 계량도 할 수가 있어 정확한 배합비를 만들 수가 있고,
- (4) 배합후 사료는 사료조로 급여 할 수는 배출 시스템이 있으며
- (5) 아울러 40%의 수분을 가진 습사료도 배합이 가능하고,
- (6) 배합기가 TMR 배합소에 설치되면 배합기능, 계량기능, 조사료 절단기능 만 이 이용되어지고,
- (7) 일반농가에서 사용하게되면 동력은 트랙터로부터 추출되는 PTO 구동형이고 트레일러에 장치되어 트랙터로 운반되는 기능을 가지게 된다.

따라서 이러한 목적에 적합한 트랙터 부착형 배합기가 국내 보급형 트랙터와 관련하여 개발되어야 하며 동시에 혼합사료의 물리적 성질 및 교반형식의 설계가 배합효율 및 소요동력에 미치는 영향에 관한 연구가 필수적으로 뒤따라야 한다.

제2절 연구 개발의 내용 및 방법

1. 연구개발의 목표

본 연구에서 연구 개발될 최종목표는 “페달형 교반기를 가진 트랙터 견인형 젓소의 사료배합기의 개발”로 주요기능으로는① 조사료의 세절기능, ②곡류원료의 분쇄기능, ③조사료 및 습사료의 배합기능, ④계량기능, ⑤트랙터의 트레일러에 장치되어 동력은 트랙터로 부터 취출되는 PTO 구동형이고 트랙터로 운반되는 기능을 가지게 된다.

2. 연구 개발의 내용 및 방법

본 연구는 ①모델개발, ②시작기 제작, ③제품의 성능 시험 및 분석, ④수정 보완 및 재제작, ⑤ 농업기계화연구소의 농업기계 형식 검사 수검, ⑥경제성 분석의 5단계로 추진하였는데 다음의 과정을 거쳤다.

전체 시스템 모델 개발 → 부분 시스템의 모델 개발 → 부분 시스템 세부설계 → 전체 시스템 세부설계 → 부분 시스템의 제작 및 성능 시험, 수정 및 보완 → 전체시스템 조립 → 전체 시스템 성능시험 → 수정 및 보완 → 완제품 생산 → 현장 적용 시험 → 수정 보완 재생산 → 농업기계형식검사 수검(농업기계화 연구소) → 경제성 분석

1) 모델 개발: 우리 나라에서는 아직은 이러한 기계가 보급되어 있지를 못하므로 우선 미국의 Davis Co. 와 Ostward Co. 의 모델을 중점 분석하여 우리 나라의 실정에 맞는 모델을 본 연구실에서 개발하였다.

2) 시작기 제작: 본연구실에서 완성 된 세부설계를 바탕으로 우리 나라에 우수한 트랙터 메이커인 대동공업(주)의 연구소와 축산기계 전문 메이커인 은성 플랜트(주)의 협조를 받아 우리 나라 실정에 맞는 기계를 제작하였는데 세부적으로 다음과 같이 수행되었다.

①반입되는 원료를 배합기로 투입할 수 있는 포터블 컨베이어,

②벗짚, 건조등 조사료를 투입·반송할 반입용 컨베이어, 조사료 세절용 칼날, 세절

된 조사료를 배합기로 반송 및 반송된 조사료를 수집할 수 있는 사이클론 등으로 구성된 조사료 세절 시스템의 개발,

③조사료, 곡물사료 및 습사료를 동시에 배합 가능한 폐달형 교반기를 가진 배합기의 개발

④반입원료를 계량할 수 있는 계량시스템의 개발.

⑥배합된 사료를 젖소의 사료조에 배출 가능한 배출시스템의 개발

⑦이러한 일을 할 동력을 취출할 수 있는 동력전달 장치(PTO)의 개발

⑧개발된 배합기 및 세절기, 동력전달 시스템, 배합된 사료의 반출 시설, 계량시설 등을 모두 조합하여 트레일러에 장착이 된 채 트랙터와 함께 이동이 가능하고 아울러 하나의 완벽한 시스템을 유지할 수 있는 트레일러의 개발이다.

3) 성능 시험 및 분석: 개발된 제품은 실험실 시험과 현장시험을 거쳐 최종 제품의 개발이 완성되는데 부분적인 시험은 본 연구소의 실험실과 시작기 제작 공장현지에서 수행되었으며 현장시험은 서울우유협동조합과 낙농업자의 협조를 받아 경기도 광주군 광동 낙우회와 충남 연기군 와룡면 다복목장에서 실제로 시작기를 장기간 운영하면서 성능을 분석하였다.

4) 시작기의 수정 및 재제작: 앞의 (3)단계에서 수렴된 문제점을 다시 보정하여 다시 설계를 하고, 다시 제작을 하였는데 본 연구를 위해서 제작된 시작기는 **본체 4대, 포터블 반입 컨베이어 1대, 볏짚 세절·연화기 1대** 등 모두 6대가 제작이 되었다.

5) 농업기계형식 검사: 본 연구에서 개발된 제품은 농기계 제조업체에게 기술을 이양을 해야하고, 또한 농업기계화연구소에서 농기계제품 형식 검사를 받아야 실용화가 가능하다. 따라서 본 시작기는 농업기계 형식 검사를 받아 합격을 하였다.

6) 경제성 분석: 우리 나라의 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.

제 2 장 모델 및 시작기의 개발

제 2 장 모델 및 시작기의 개발

제1절 모델 개발

전체시스템의 모델 개발에서는 외국에서 이미 개발된 모델(미국의 Davis Co. 와 Ostward Co.)을 중점 분석하여 우리 나라의 실정에 맞는 모델의 기본 틀을 본 연구실에서 개발하였는데 전체적인 구조 및 기능은 다음과 같다.

1. 배합장치

기존의 오거형 건식곡물 사료용 배합기가 아닌 건조 및 습사료도 동시에 배합할 수 있는 젓소 전용 사료 배합기로 **페달형 고반기**를 가지고 있다.

2. 조사료 세절시스템

벧짚과 같은 거친 조사료, 생초 또는 곡물이라도 분쇄가 가능하도록 설계가 되어 있다. 또한 분쇄 또는 세절 된 원료는 오거(Auger)에 의해서 드로워(Thrower)로 반송이 되고 드로워는 반송 파이프로 쳐 올려지고 이는 사이클론에 모아져서 배합기로 투입이 된다.

3. 계량장치

배합비율의 정확한 정보 제공 및 배합원료의 정확한 계량은 양질의 사료 제조와 함께 경제적인 젓소의 사료제조에 매우 중요한 요소이다. 본 연구에서는 개발된 사료 배합기에 계측장치를 부착하여 배합될 원료를 계량할 수 있는 계량시설과 동시에 배합시간 및 배합비율에 대한 정보를 제공하여 준다.

4. 동력전달장치(PTO)

트랙터에 견인되는 본 TMR 배합기는 아무 곳에서나 배합작업이 가능하여야 한다.

따라서 트랙터의 PTO(Power Take-Off)축으로부터 동력을 추출하여야 하는데 주요 임무는 다음과 같다.

- ①배합기: 배합기의 페달을 회전시켜 배합작용이 원활하게 하도록 하는 동력의 전달
- ②세절기: 원료의 반입, 세절, 세절된 원료의 배합기로 이송시키는 동력의 전달
- ③배출기: 배합 후에 배합된 사료를 배출 시켜주는 동력의 전달

5. 배합사료 배출장치

사료 배출 장치는 배합된 사료를 우리가 원하는 임의의 위치에 균일한 성분으로 사료 급여구로 투입이 가능한 시스템으로 배합기에 부착되어 있는 장치이다.

6. 트레일러

개발된 배합기 및 세절기, 동력전달 시스템, 배합된 사료의 반출 시설, 계량시설 등을 모두 조합하여 트레일러에 장착이 된 채 트랙터와 함께 이동이 가능하고 아울러 하나의 완벽한 시스템을 유지할 수 있는 장치이다.

아래 그림2-1은 본 연구에서 개발될 배합기의 주요기능을 나타낸 것이다.

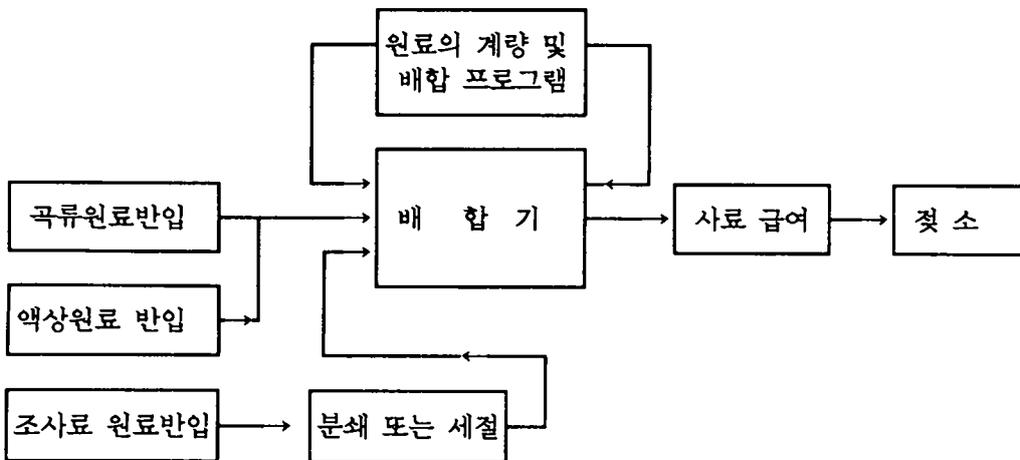


그림2-1 개발되는 트랙터 견인형 TMR(젖소용) 사료배합기의 전체 기능 요약도

또한 그림 2-2는 개발될 배합기의 전체 시스템의 조합도로 ①이 트랙터 PTO축으로부터 동력이 전달되는 유니버설 조인트이며, ②는 동력을 배합기로 전달을 하여 주는 동력전달 축, ③은 페달형 교반기, ④는 배합탱크로 배합시스템을 구성하고 있다. 동력은 트랙터 PTO축(380rpm)으로 부터 유니버설 조인트를 거쳐 동력전달 시스템에서 회전수가 15rpm으로 감속이 되어 교반기 축으로 전달이 된다. ⑫는 최종적으로 배합된 제품이 배출이 되어 나오는 배출 컨베이어이다.

이 그림에서 ⑤는 전체 배합기를 유지 시켜주는 트레일러 본체이고, ⑥이 세절용 조사료 반입 컨베이어, ⑦이 조사료 세절기의 프레임이고, ⑧이 세절날이다. ⑨는 세절된 조사료를 이송시켜주는 컨베이어고, 이송된 조사료는 ⑩드로우어를 통해서 ⑪사이클론에서 모아져서 배합기④로 떨어지게 되어 있다. 그림 ⑥에서 ⑪까지가 세절 시스템이 되며 또한 이 시스템으로 곡류원료도 분쇄가 된다.

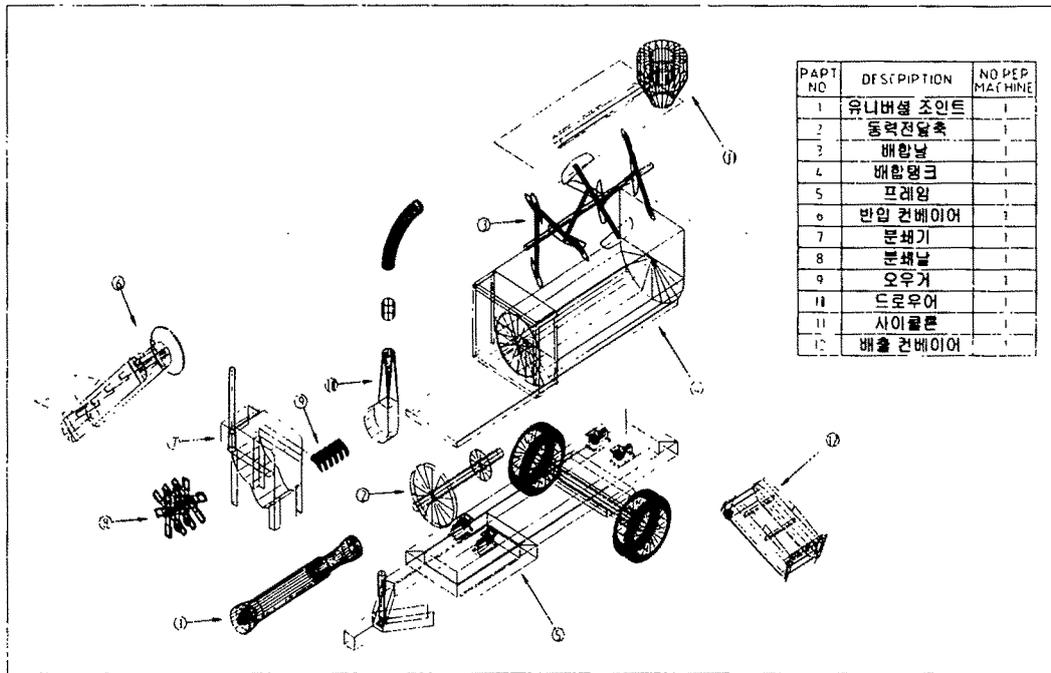


그림 2-2 개발될 배합기의 전체 시스템 조합도

그림 2-3 은 개발될 시작기의 측면 설계도인데 좌측에는 패달형 교반기를 가진 배합기가 보이고, 우측에는 조사료 세절기, 윗쪽에는 조사료 이송 덕트와 사이클론이 위치하고 있다. 그림 2-4 는 설계도 그림 2-3 에 상응하는 완성된 제품의 사진이다.

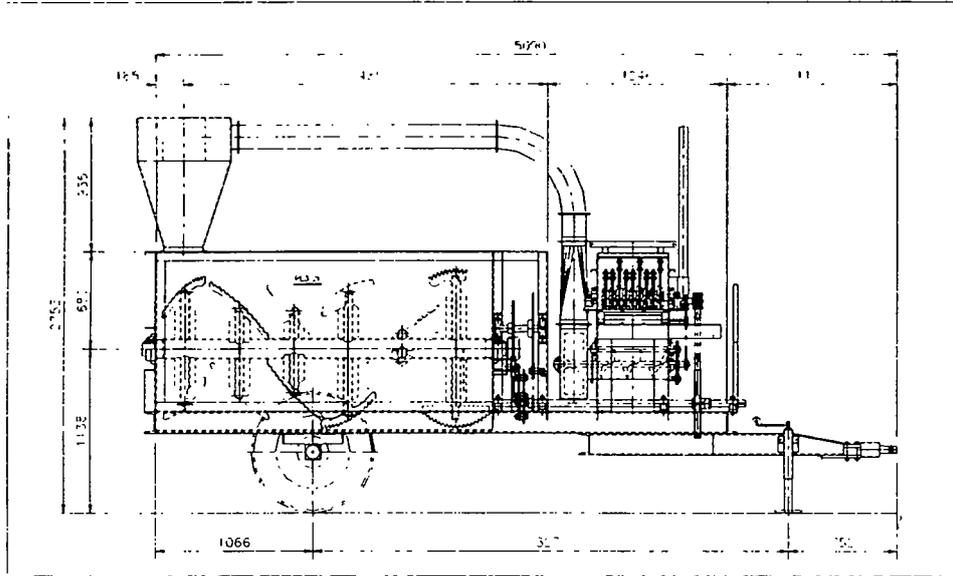


그림 2-3 초기 TMR 배합기 모델의 전체 측면 설계도

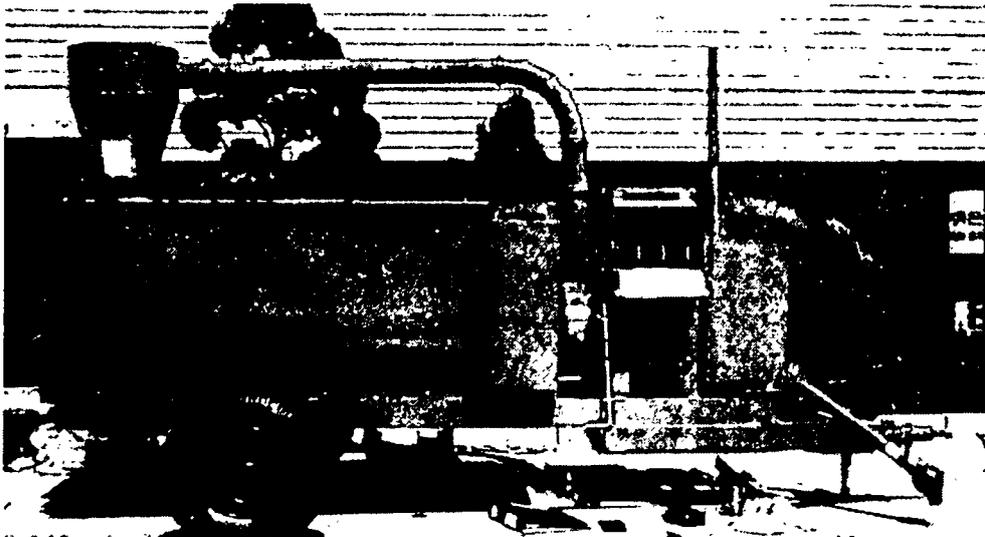


그림 2-4 초기의 시작기로 제작된 TMR 배합기(모델 TMR430A)

제2절 시작기의 개발

1. 부분 시스템의 모델 개발, 세부설계 및 제작

가. 페달형 교반기를 가진 배합기의 개발

배합기는 표2-1과 같은 규격으로 설계가 되었는데 이는 기존의 외국의 것을 분석한 결과로서, 우리 나라의 축산농가에 주로 보급되어 있는 40마력 이상의 트랙터에 적합하도록 설정되어졌다. 배합용량은 조사료를 많이 배합을 하게 될 경우(비중이 330 kg/m³)에는 약 800kg으로 약 36두를 급여할 수 있는 양이 된다.

또한 재료도 Emission Spectrom(Hilger Analytical)으로 분석한 결과 SS41P로 나타나 본 연구에서도 같은 재료를 선택을 하였다. 그림 2-5는 배합기의 전체적인 설계도를 보여주고 있다. 그림 2-6은 제작된 페달형 교반기의 사진인데, 특징은 조사료 및 습사료의 배합은 물론이고 교반기의 끝 부분에 톱날이 부착되어 있어 퇴비 등과 같은 덩어리 원료의 분쇄 및 배합에도 적합하여 시설원예농가의 상토 배합에도 좋은 효과를 가질 수가 있다. 또한 그림 2-7은 오우거 형 배합기의 교반장치 내부 사진으로 페달형 교반기와는 전혀 다른 구조를 보여주고 있다.

표 2-1 페달형 교반기 장착된 조사료 배합용 배합기의 규격

구분	용량
탱크의 용량(m ³)	3.0
실배합 용량(m ³)	2.4
원료의 성분에 따르는 배합 성능	
비중이 600 kg/m ³ 인 원료	1.5 톤
비중이 500 kg/m ³ 인 원료	1.2 톤
비중이 420 kg/m ³ 인 원료	1.0 톤
비중이 330 kg/m ³ 인 원료	0.8 톤
배합기의 길이(m)	5.10 m
배합기의 높이(m)	1.29 m
배합기의 폭(m)	1.80 m

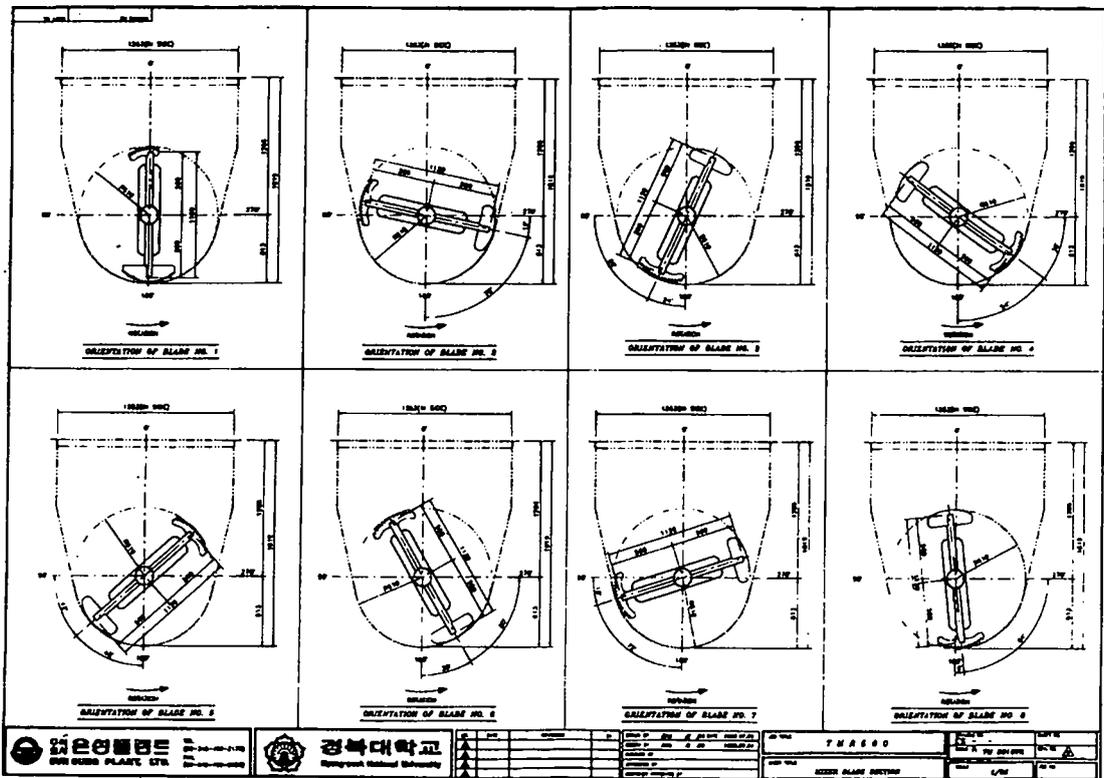
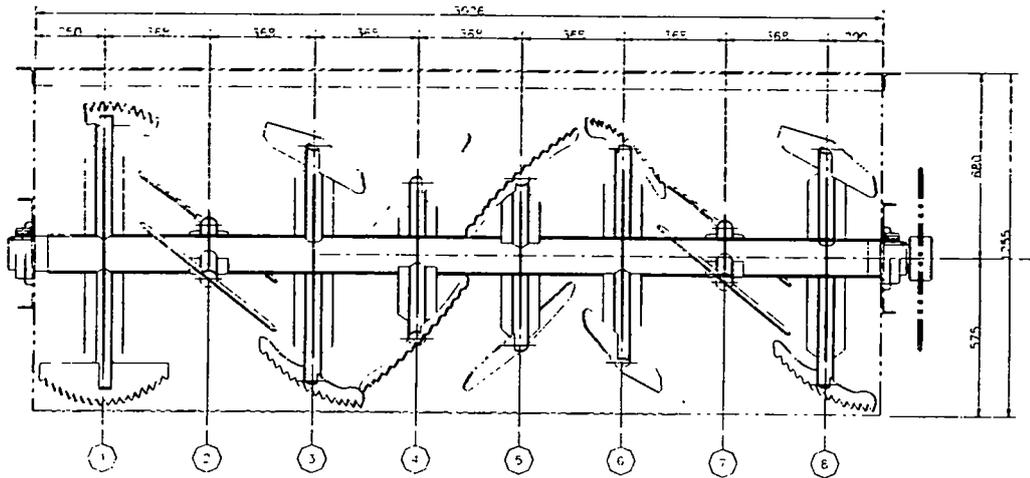


그림 2-5 페달형 교반기의 설계도

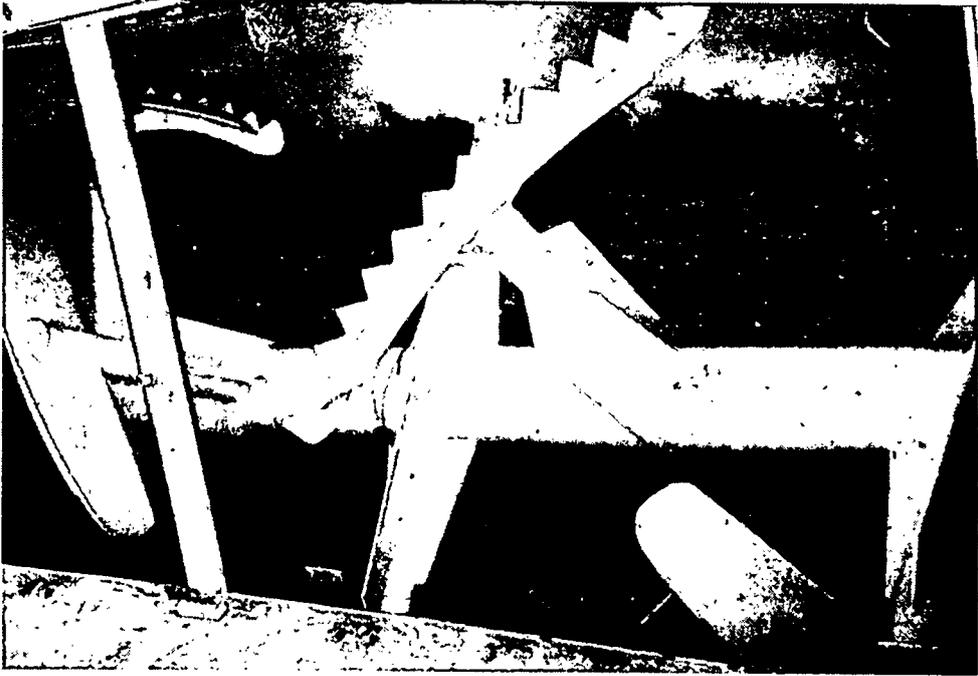


그림 2-6 시작기의 패달형 교반기의 사진



그림 2-7 오우거형 배합기의 교반기 사진

3) 배합기의 소요동력

제작된 배합기를 경기도 광주군에 위치한 광동 낙우회 소속에 TMR사료 배합소에서 트랙터에 장착을 하여 배합시험을 한 결과 다음의 결과를 얻었다

배합원료는 옥수수, 알팔파 큐부 및 맥주박을 주원료로 하는 함수율이 40%인 습사료 등의 원료 1,000 kg을 사용하였는 데 배합성분은 표2-2와 같다.

표 2-2 시험용 사료의 배합성분

성분	옥수수	석회석	알팔파	큐부	소맥피	단백피	비트프	펠트프	대두피	벼짚	맥주박	대두박	엿밥	면실	물	기침가타제	총계
무게 kg	140	14	95	85	130	30	75	5	253	40	50	60	15	15	1,000		

배합에 소요되는 동력은 함수율이 높은 맥주박과 물이 첨가될 때 잠시 동력이 증가하는 경향을 보였으나 최고 35.2 마력, 평균 34.3 마력이 소요되어 우리나라 축산농가에 주로 보급되어 있는 43 마력 트랙터에는 적합한 것으로 판명되었다.

여기에서 배합기의 소요동력 측정은 트랙터의 엔진 출력특성을 분석한 후에 엔진의 무부하 회전수를 1850RPM으로 한 후에 전압을 측정하고 사료원료의 투입 및 배합과정에 연속으로 소요 부하를 측정하여 산출 한 것으로 배합·세절·이송·반입작업이 동시에 이루어 질 때에도 35마력이 소요되는 것으로 나타났다.(표2-3)

표 2-3 배합 작업시 공정별 소요마력

시험회수	작업 공정명	소요 동력
1	마른사료 배합	32.1
2	습사료 배합	34.3
3	배합·세절·이송·반입	35.2

4) 배합 성능

개발된 배합기는 표 2-2에서 보는 바와 같이 곡류사료, 조사료 및 함수율이 높은 맥주박에 물을 첨가하여 수분이 40%에 이르는 습사료이다. 따라서 배합성능의 분석은 배합기를 판별하는데 매우 중요하다. 본 연구에서는 배합원료중에 가장 비중이 낮은 면실(목화씨, cotton seed)의 배합 분포도를 측정하여 배합성능을 판별하였다. 면실은 서로 엉기어 있고 비중이 가볍기 때문에 잘 배합이 되지를 않는 성질이 있다. 따라서 이러한 면실이 골고루 배합이 되어 있다면 배합기는 좋은 기능을 가졌다고 판단을 해도 좋을 것이다.

시험은 3회에 걸쳐 수행되었으며 매 시험마다 20g 에서 30g 정도의 샘플을 30개 채취를 하여 샘플 무게당 면실의 무게[면실의 무게(g)/샘플의 무게(g)] 와 면실의 갯수[면실의 갯수(개)/샘플의 무게(g)]를 측정하여 각각에 대한 C.V.(Coefficient of variance of composited sample)를 산출하여 본 결과 면실의 무게에 대한 C.V는 4.41%, 면실의 갯수에 대한 C.V는 4.35%로 배합정도가 우수한 것으로 나타났다. 참고로 식품업에서의 우수한 판정의 기준은 5% 미만, 사료업에서는 10% 미만이면 우수한 것으로 판정한다.

여기에서

$$C.V. \text{ of composited sample} = \frac{S}{n^{1/2} X}$$

S 는 Standard error이고 다음의 식으로 나타난다.

$$S^2 = \frac{\sum (x_i - X)^2}{(n - 1)}$$

그리고 n은 샘플 갯수이고 x_i 는 샘플의 무게 또는 수량, X는 샘플의 평균이다.

배합 성능의 결과를 표2-4에 나타내었다.

표 2-4 배합성분 시험 결과

시험번호	무게에 대한 C.V.	수량에 대한 C.V.
1	4.62 %	4.50 %
2	4.32 %	4.33 %
3	4.29 %	4.22 %
평균	4.41 %	4.35 %

나. 배합기 부착용 조사료 세절 시스템의 개발

1) 개발의 필요성 및 목적

현재 일반 축산 농가에서는 조사료로써 볏짚을 단순 세절하여 급여함으로써 조사료의 부족분을 충당하고 있으며 TMR 급여시에도 많은 양의 볏짚을 사료 절단기를 이용하여 단순 세절한 후 배합하여 급여하고 있다. 따라서 볏짚을 적당한 길이로 세절하고 어느 정도의 분쇄 효과를 가하여 연질화 시켜 TMR 배합 실시한다면 현재 일반 농가에서 널리 시행되고 있는 단순 세절에 비해 사료가치를 보다 증대시킬 수 있을 것이다. 이에, 본 연구에서는 TMR 배합기에 세절과 분쇄작용으로 볏짚을 포함하는 저질 조사료를 연질화시켜 소의 기호성 및 소화율을 증대시킬 수 있는 조사료 세절장치를 부착하여 개발하기로 결정하였다.

2). 조사료의 세절-연화 가공 매카니즘

따라서 본 연구에서는 기존의 벧짚 세절 작업 방식을 유지하면서 회전식 칼날에 의해 벧짚이 세절됨과 동시에 칼날과 스크린 망에 의한 분쇄작용으로 벧짚의 연질화가 가능한 구조로 기계 매카니즘을 구성하였는데 기존의 세절기 구조와 비교하여 보면 다음과 같다.

가) 기존 벧짚 세절기의 일반적인 구조

일반 농가에서 널리 이용되고 있는 벧짚 세절기의 일반적인 구조를 보면 그림2-8과 같은 데 벧짚을 투입구(1)에 투입하면 회전하는 상부 롤러(2)와 하부 롤러(3) 사이에 물린 상태에서 칼날부 쪽으로 전진하고 회전날(4)이 회전하면서 고정날(5)과의 전단 작용으로 벧짚을 세절하여 배출구(6)로 세절된 벧짚을 배출하는 구조이다. 따라서 벧짚은 단순히 절단만 되며 이외의 추가적인 물리적 변화는 생기지 않는다.

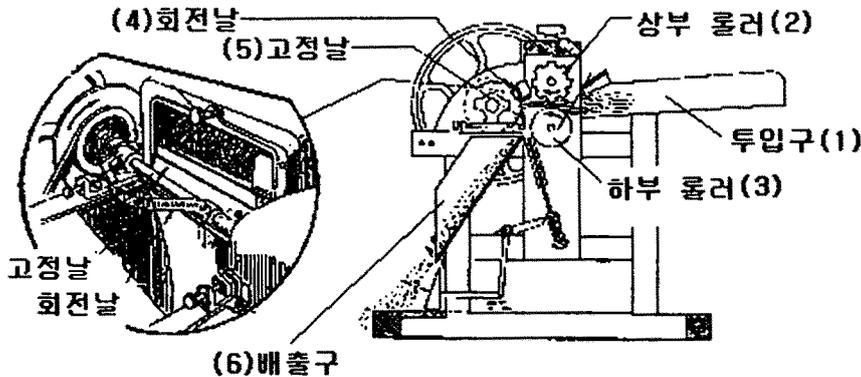


그림 2-8 일반적인 벧짚 세절기의 구조도

나) 개발된 세절-연화기 시스템의 개요

본 연구에서 개발된 조사료 세절-연화기는 배합기의 측면에 부착되어 있으며 트랙터의 엔진으로부터 들어오는 동력을 같이 사용하게 되어 있다. 특히 벧짚과 같은 거친 조사료, 생초 또는 곡물이라도 분쇄가 가능하도록 설계가 되어 있다. 개발된 세절-연화기의 매카니즘을 살펴보면 벧짚이 투입구로 투입되면 아래 방향으로 회전하고 있는 회전날의 타격력과 회전날 및 고정날과의 전단 작용으로 벧짚이 세절되고, 세절

된 벧짚은 해머의 끝단부와 스크린 망의 사이에 끼어 스크린 구멍을 통과하여 하부로 떨어질 때까지 분쇄 작용을 받게 된다. 스크린 망 하부로 떨어진 세절-연화된 벧짚은 오거에 의해 이송용 스톱워에 보내져 배출구를 통하여 원하는 위치까지 이송되어 진다. 이를

도표로 나타내면 그림 2-9와 같으며 작업 흐름의 개요도를 그림2-10에 나타내었다.

위에서 볼 수 있듯이 세절-연화기에서는 벧짚의 세절 이외에 분쇄 작용에 의한 연화가 일어나 보다 기호성이 좋은 부드러운 벧짚 제조가 가능하며 스크린 망의 스크린 규격을 변경함에 따라 세절 길이의 조절과 함께 연화의 정도까지 변화가 가능할 것으로 보인다.

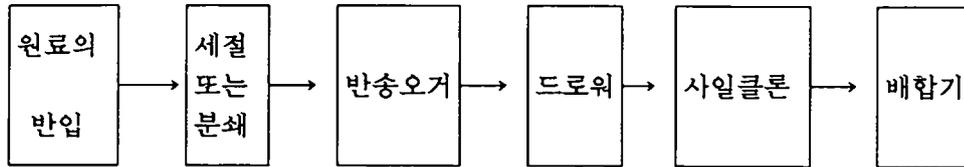


그림 2-9 조사료 세절시스템의 가공 공정도

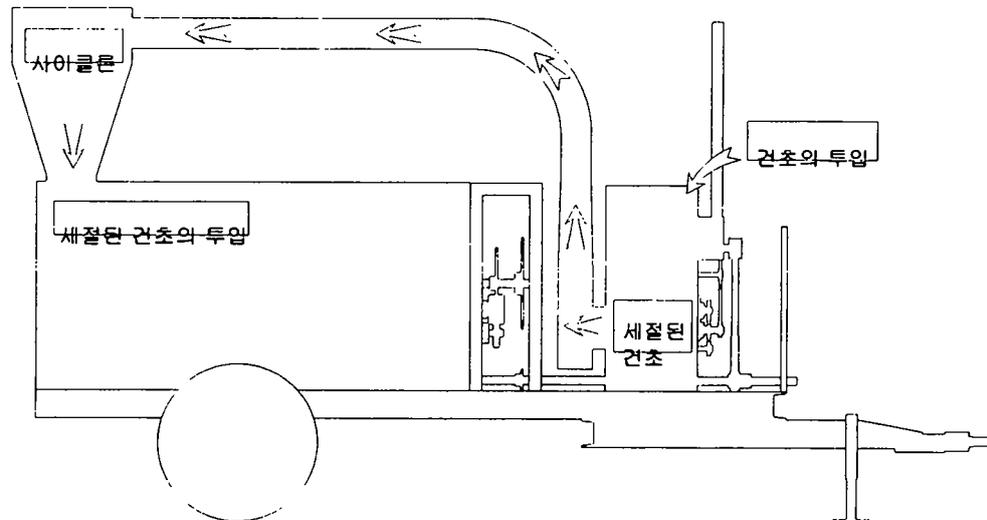


그림2-10 세절시스템의 작업 개요도

3) 규격 및 재료

예비조사의 자료를 바탕으로 조사료 세절기의 설계가 완성이 되었고 그림 2-12는 조사료 세절기의 정면도와 측면도를 보여주고 있다. 동력은 트랙터 PTO 구동축으로 연결되어 있다. 분쇄날의 재료는 SUP9인 스프링강으로 매우 단단한 재료를 선택을 하였는데 그림 2-13은 제작된 세절날을 보여주고 있고 그림 2-14는 세절-연화기 본체의 제작 사진이다. 또한 아래의 그림 2-11은 세절, 분쇄된 조사료의 이송장치인 사이클론의 설계도이다

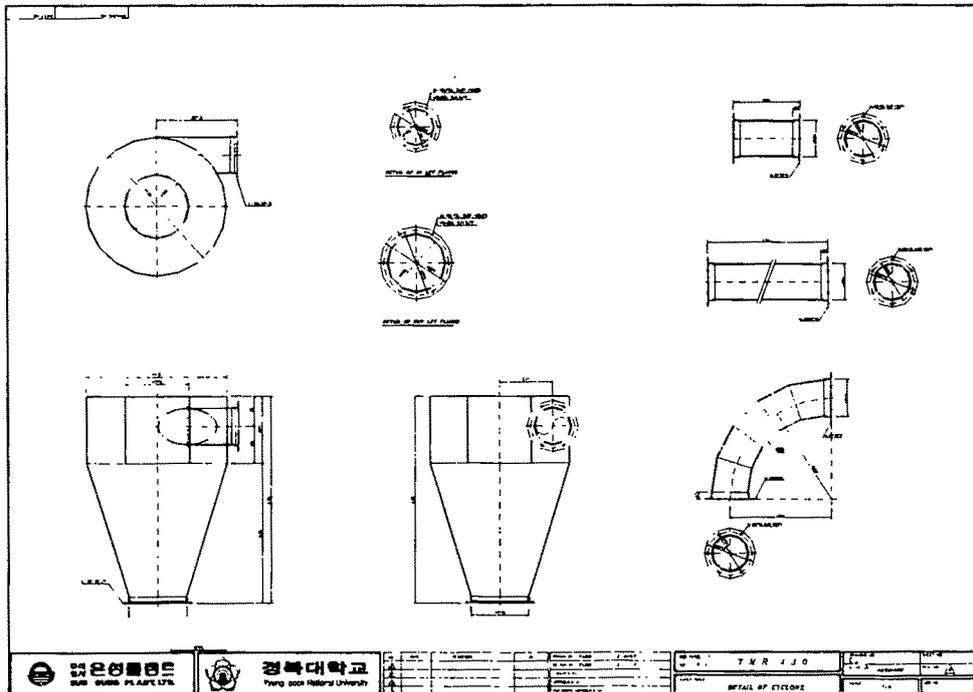


그림2-11 사료 이송용 사이클론의 설계도

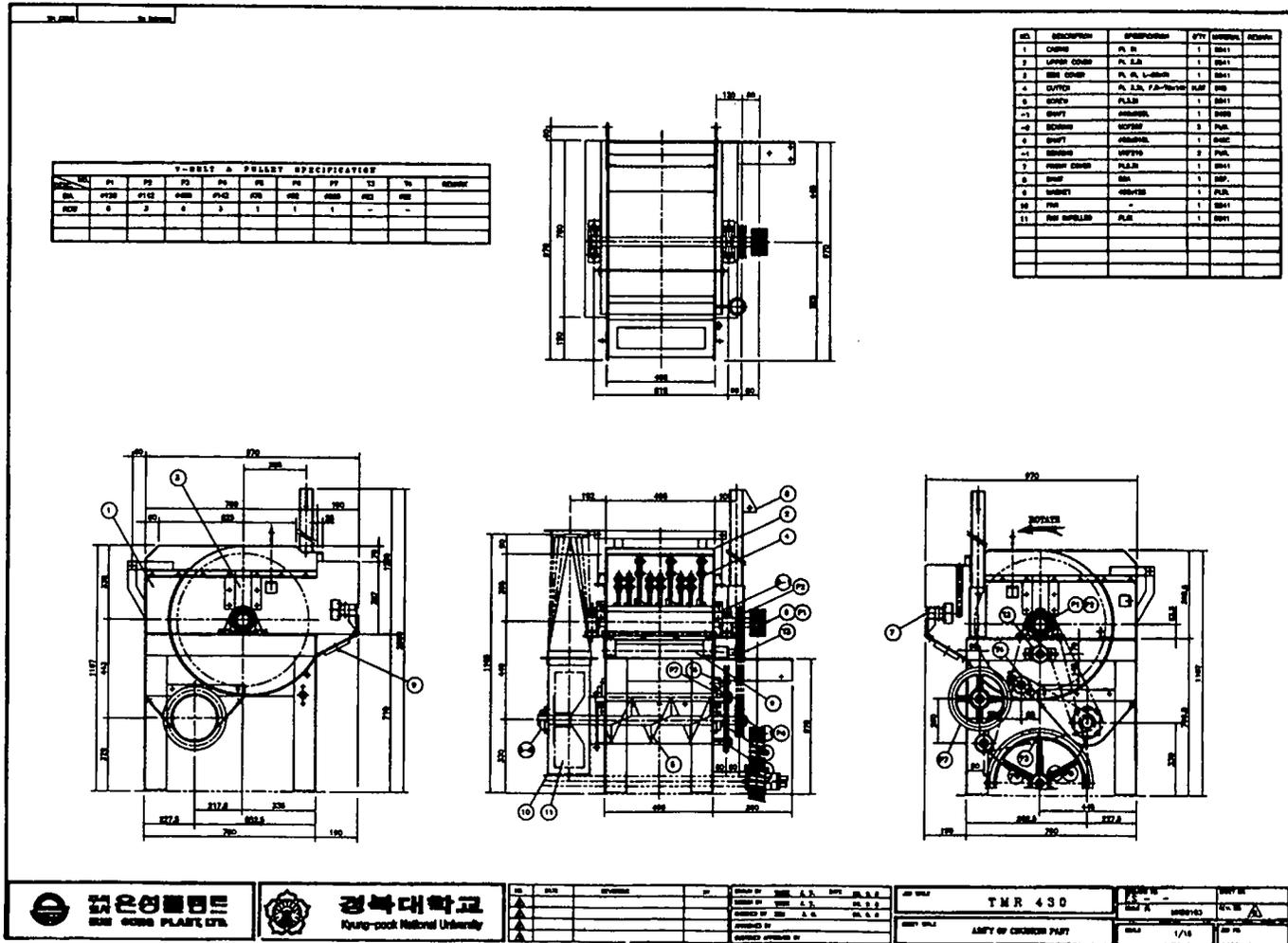


그림 2-12 조사료 세절기 설계도

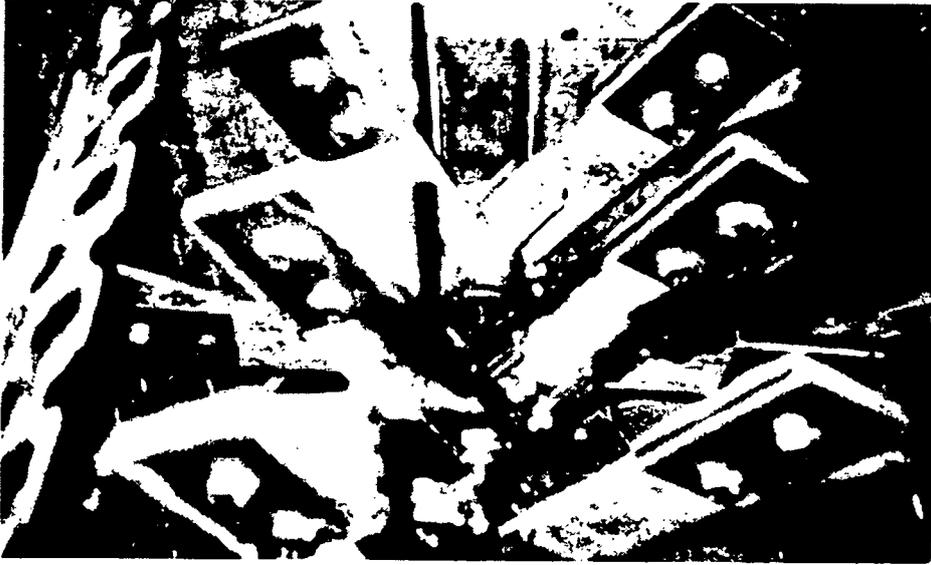


그림 2-13 조사료 세절기의 세절날

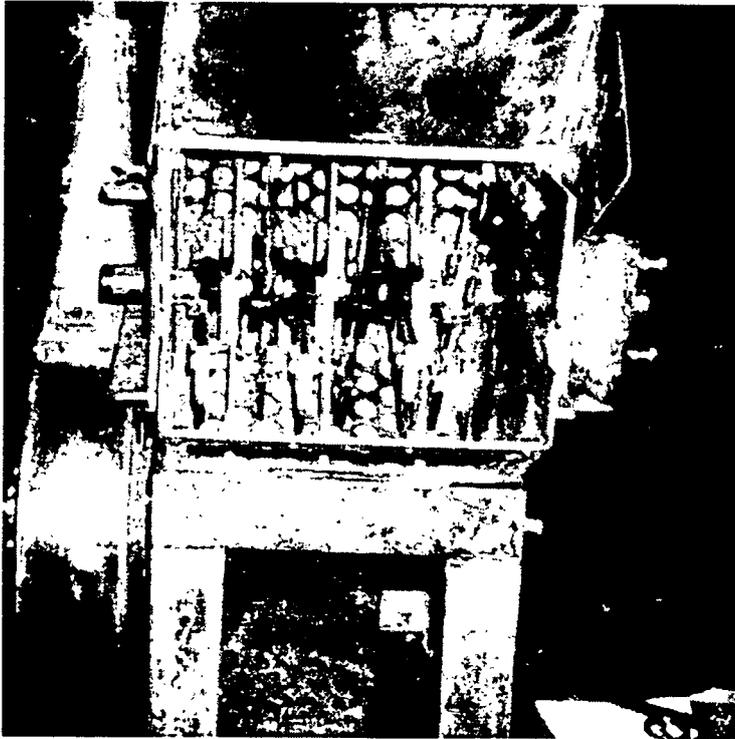


그림2-14 조사료 세절 시스템 조립장면

다. 동력전달시스템

트랙터에 견인되는 TMR 배합기는 아무 곳에서나 배합작업이 가능하여야 한다. 따라서 트랙터의 PTO(Power Take-Off)축으로 부터 동력을 취출하여야 하는데 주요 임무는 다음과 같다.

- ① 배합기 : 배합기 내의 패달을 회전시켜 배합작용이 원활하게 하도록 하는 동력의 전달
- ② 세절기: 원료의 반입, 세절, 세절된 원료를 배합기로 이송시키는 동력의 전달
- ③ 배출기: 배합 후에 배합된 사료를 배출 시켜주는 동력의 전달

그림 2-15에서는 동력전달 시스템의 흐름도를 보여주고 있다.

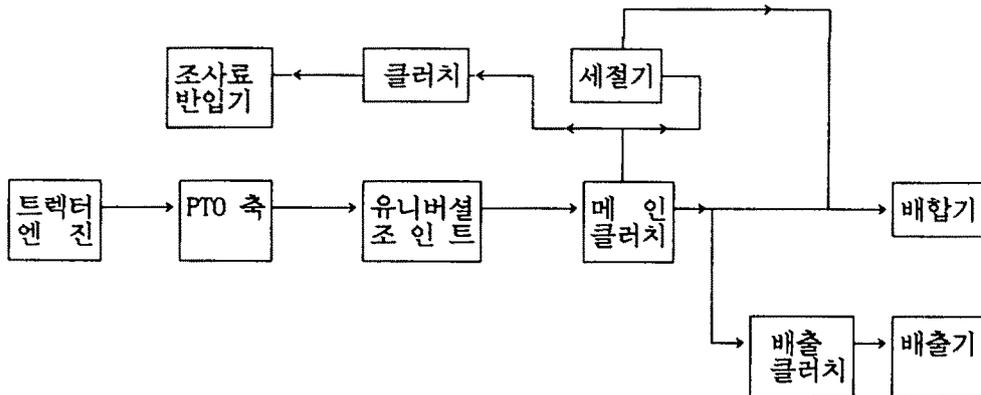


그림 2-15 TMR 배합기의 동력 전달 시스템의 흐름도

1) 동력전달 시스템

트랙터의 PTO축으로 전달된 동력은 유니버설 조인트를 통하여 메인 클러치(main clutch)로 전달이된다. 메인 클러치는 배합기와 직결이 되어 있고 또한 세절기로의 동력의 傳斷(On-Off)이 가능하다. 세절기로 들어간 동력은 조사료 반입 컨베이어 클러치와 다시 연결이 되는데 원료의 투입량을 클러치로 조절을 한다. 배합이 완료가 되면 메인 클러치에서 전달된 동력을 배출 클러치를 통해서 배출기에 전달하여 배출이 되도록 한다.

2) 설계 및 제작

그림 2-16은 본 연구의 동력전달장치의 전체적인 개략도이고, 그림 2-17은 동력전달장치의 전면부분의 설계도이며, 그림 2-18은 PTO축에서 배합기로 들어가는 동력전달장치의 사진이다. 본 모델의 배합기의 적정 회전수는 15rpm으로 PTO축에서 380rpm으로 운전할 때 배합기는 15rpm으로 적정 회전을 하도록 스프라켓이 설계되어 있다.

본 배합기의 최종 감속비는 다른 트랙터용 작업기에 비하여 매우 높은 편으로 배합기에 장착된 각 축부(Shaft)의 안전에 각별한 주의를 기울여야 했는데, 이를 위하여 배합기축, 세절기축, 주축(Main Shaft),에 대한 토오크 및 최대 굽힘응력을 계산하였다.

배합기에서의 각 축부의 지지구조는 그림2-19와 같으며, 그림 2-20에서는 각 부의 반력을 나타낸다. 또한 굽힘 모멘트 선도를 그림2-21에 나타내었다. 최대토크 및 최대굽힘 응력의 결과는 표2-5와 같이 나타났는데 이를 근거로 각축부의 재질을 SM45C를 결정하였으며, 안전계수는 15로 하여 각축부의 직경을 선택을 하여 최악의 작업조건에서도 안전한 작업이 이루어질 수 있도록 설계를 하였다.

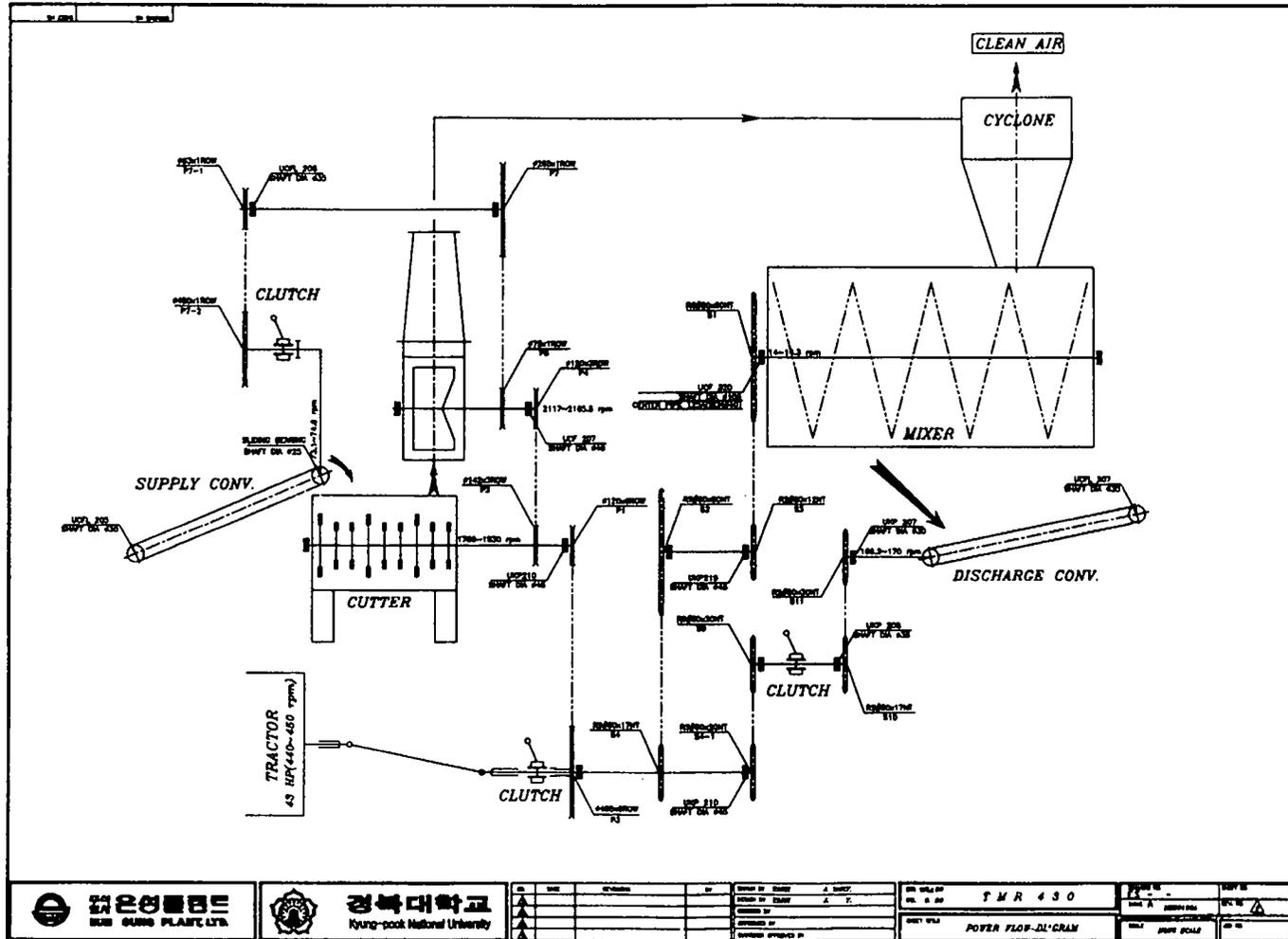


그림 2-16 동력전달 장치의 개략도

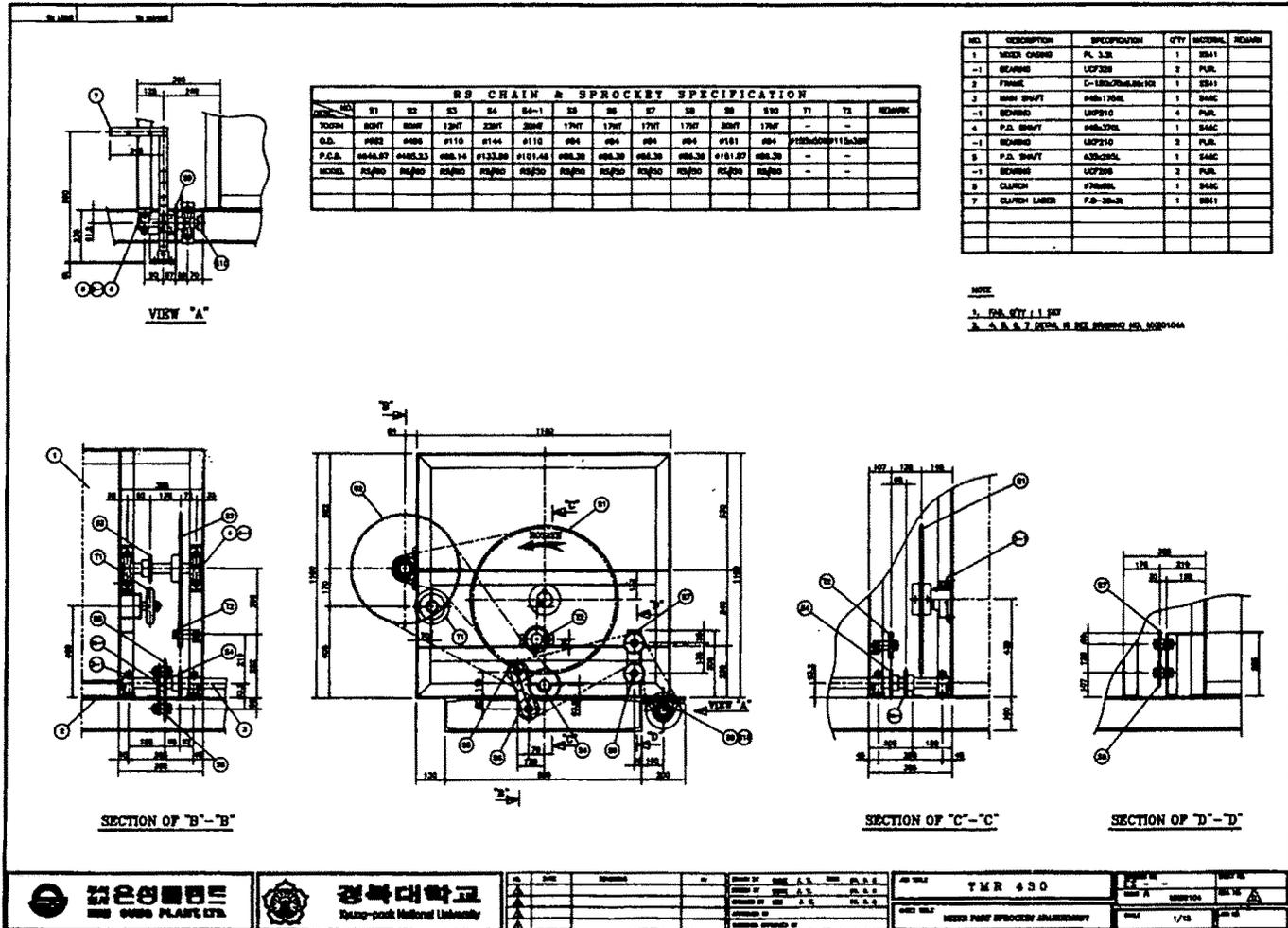
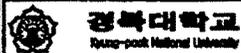


그림 2-17 동력전달 시스템의 설계도



NO.	DATE	REVISION	BY	CHKD BY	DATE
1					
2					
3					
4					

NO. TITLE	TMR 430	REV. NO.	REV. DATE
REV. NO.	REV. DATE	REV. NO.	REV. DATE
REV. NO.	REV. DATE	REV. NO.	REV. DATE
REV. NO.	REV. DATE	REV. NO.	REV. DATE

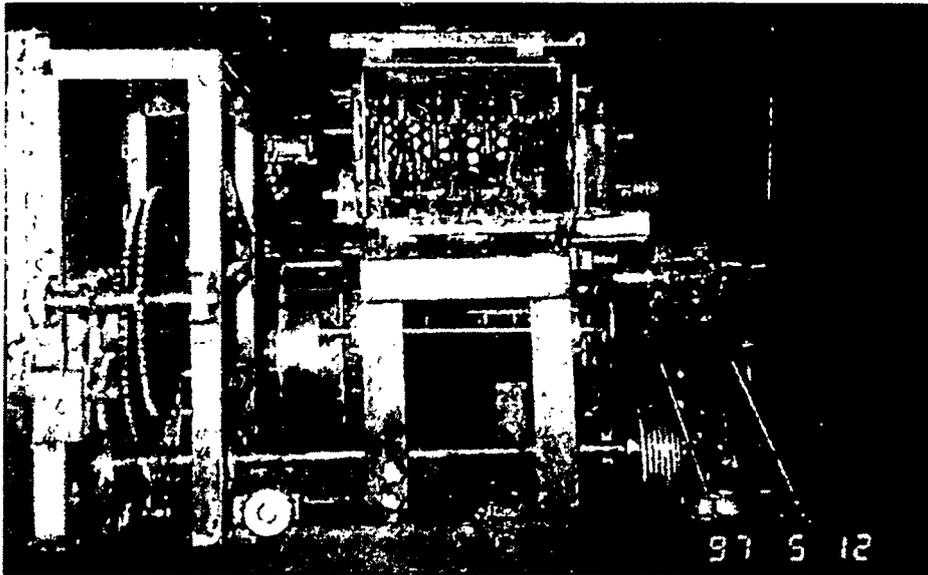
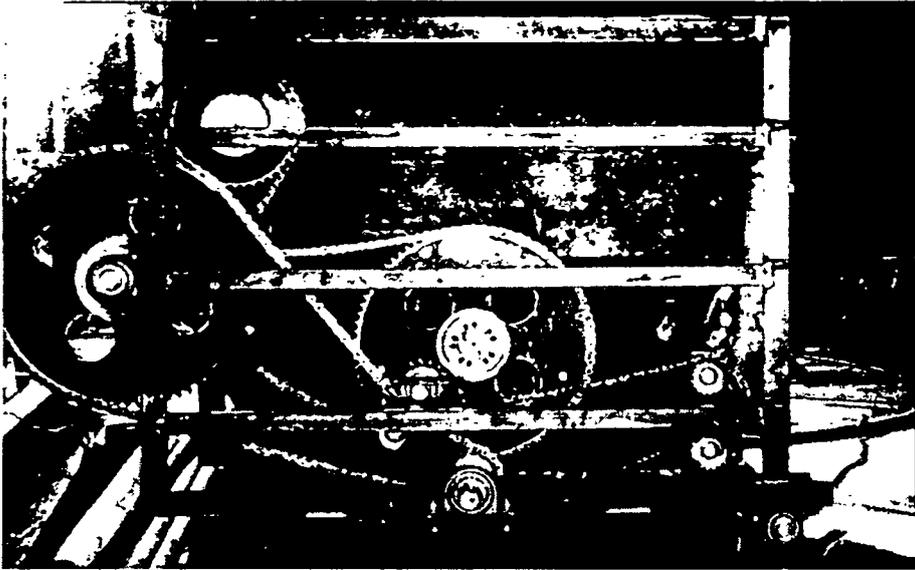


그림 2-18 동력전달 장치의 조립장면 사진

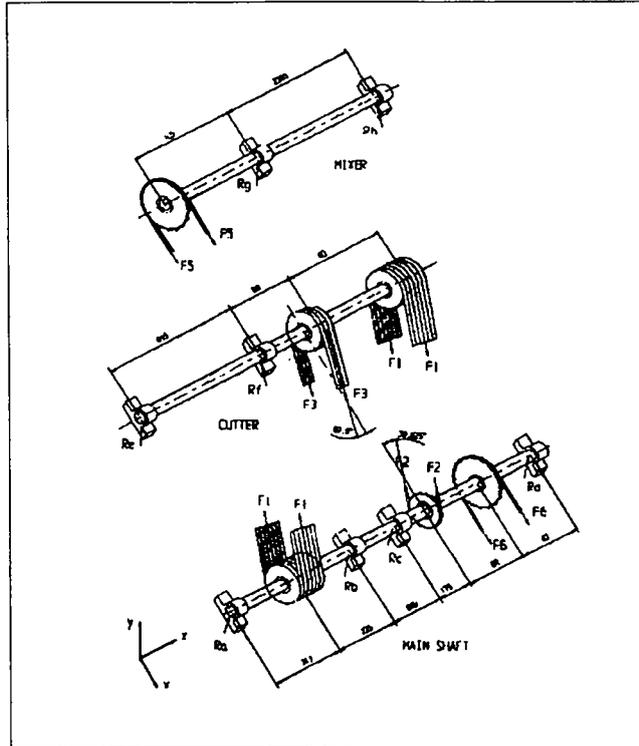


그림 2-19 각 축부의 지지구조

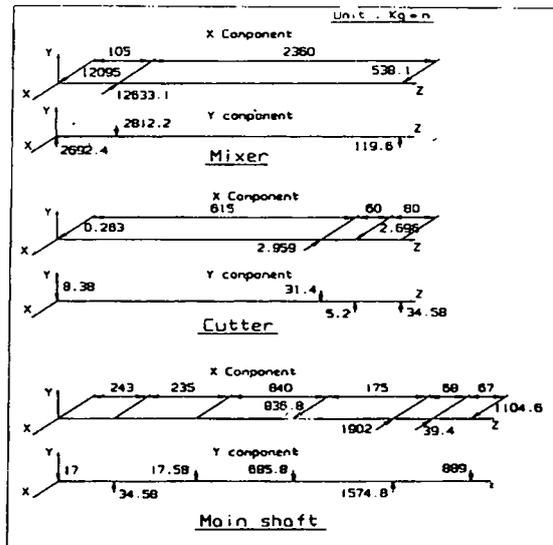


그림 2-20 축의 각부에 걸리는 반력의 계산 결과

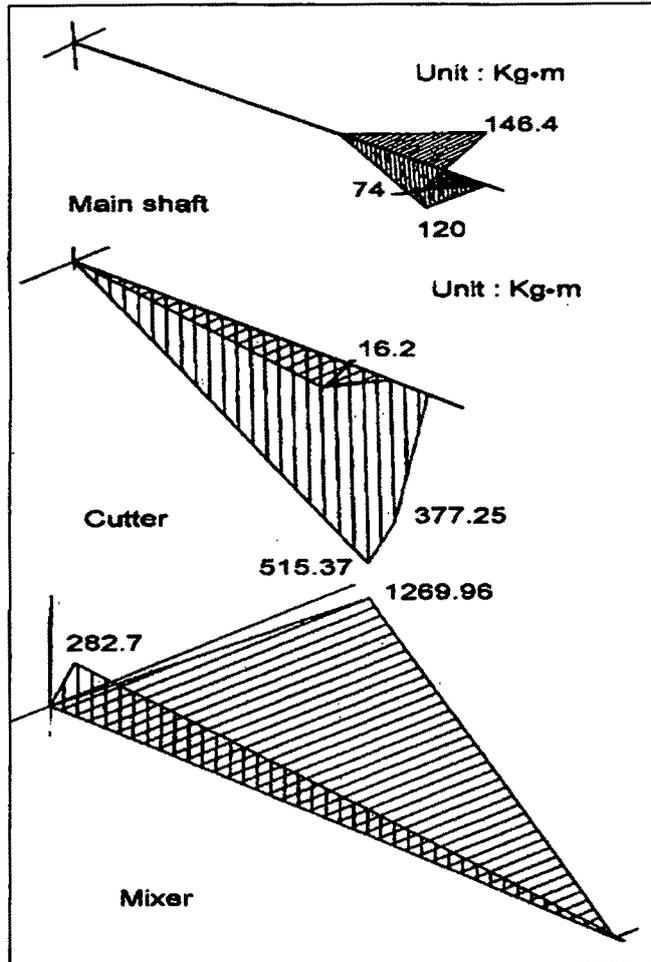


그림 2-21 최대굽힘모멘트 선도

표 2-5 배합기의 축부별 최대 토크 및 굽힘모멘트(단위: kg-m)

	배합기 구동축	세절기 구동축	주축(Main Shaft)
최대 토크	2,012	1.04	68.2
최대 굽힘모멘트	1,301	5.15	189.3

라. 배합원료의 계량 장치

배합비율의 정확한 정보 제공 및 배합원료의 정확한 계량은 양질의 사료 제조와 함

계 경제적인 젓소의 사료제조에 매우 중요한 요소이다. 본 연구에서는 배합기의 무게를 I/O 인터페이스에 의하여 디지털로 계량이 표시 되도록 계량 장치를 설계하였으며 또한 이미 입력된 자료에 의하여 투입량이 초과를 하면 버저를 작동 시켜 투입이 중단 되도록 하였다. 또한 이미 입력된 자료를 통하여 누적된 무게도 감지를 하여 버저를 울리며 무게가 초과를 할 경우 작동이 정지되도록 하였다. 보다 복잡한 콘트롤패널 시스템도 시설을 할 수는 있지만 본 연구의 목적은 보다 저렴한 비용으로 사료를 생산하는 것이므로 가능한 비용이 저렴한 간이 시스템을 설치하였는데 그림2-22에 계량 시스템의 개요도를 나타내었다

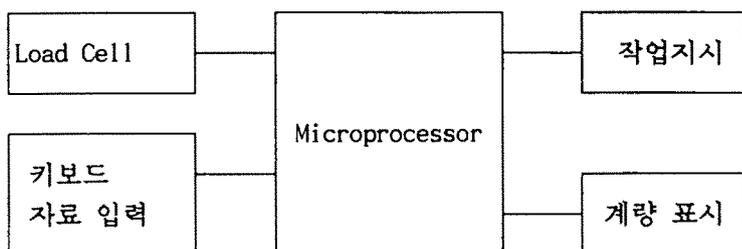


그림 2-22 계량시스템 개요도

계량시스템의 계량 오차는 0.5% 미만으로 되도록 하였다. 그림 2-23은 로드셀의 연결도이며 또한 그림 2-24는 로드셀과 콘트롤 패널과의 연결도이고 그림 2-25는 로드셀의 설계도이다. 이 시스템 역시 성능 검증을 수행한 결과 계량오차는 0.5% 미만으로 배합사료 용으로는 매우 양호한 것으로 나타났다. 처음 설계 시에는 배합기에 고정을 할 수 있도록 하였으나 시험 운전결과 운전중 충격 또는 다른 설비에 부딪칠 우려가 있어 필요에 따라 연결 잭으로 쉽게 분리를 할 수 있도록 하였다. 또한 그림 2-26은 배합기와 트레일러사이에 장착된 로드셀 및 인디게이터를 보여주고 있다.

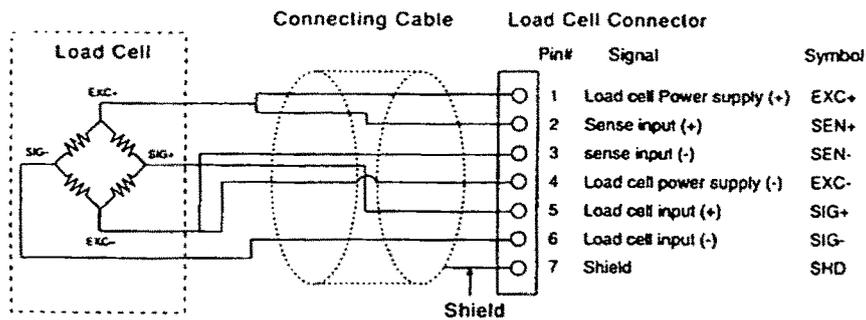


그림 2-23 로드셀의 연결도

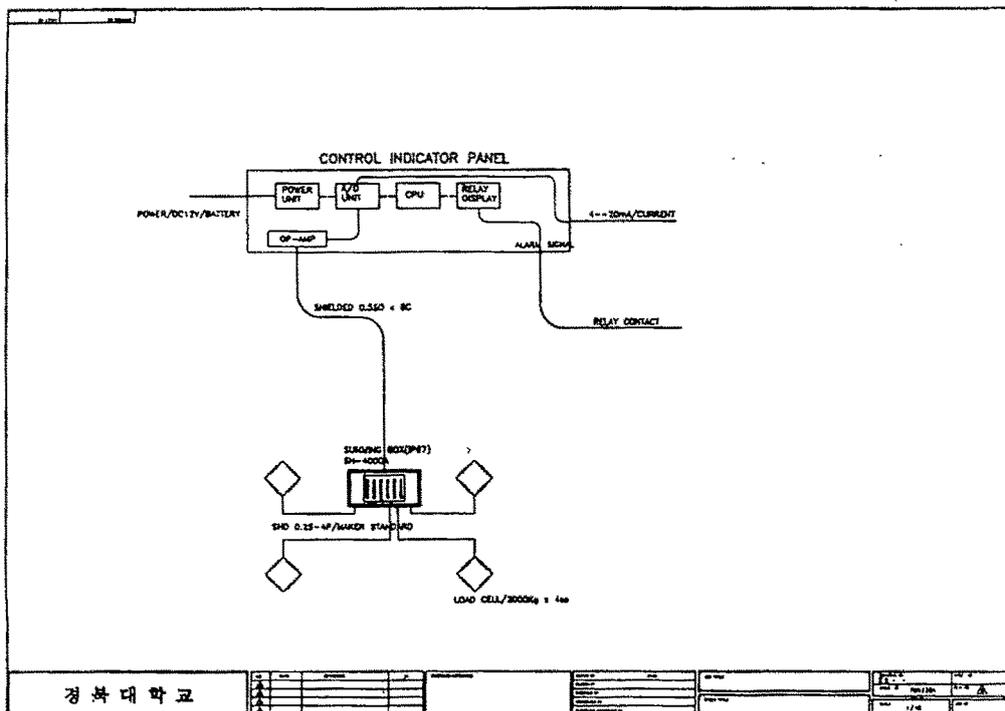


그림 2-24 로드셀과 콘트롤 패널과의 연결도

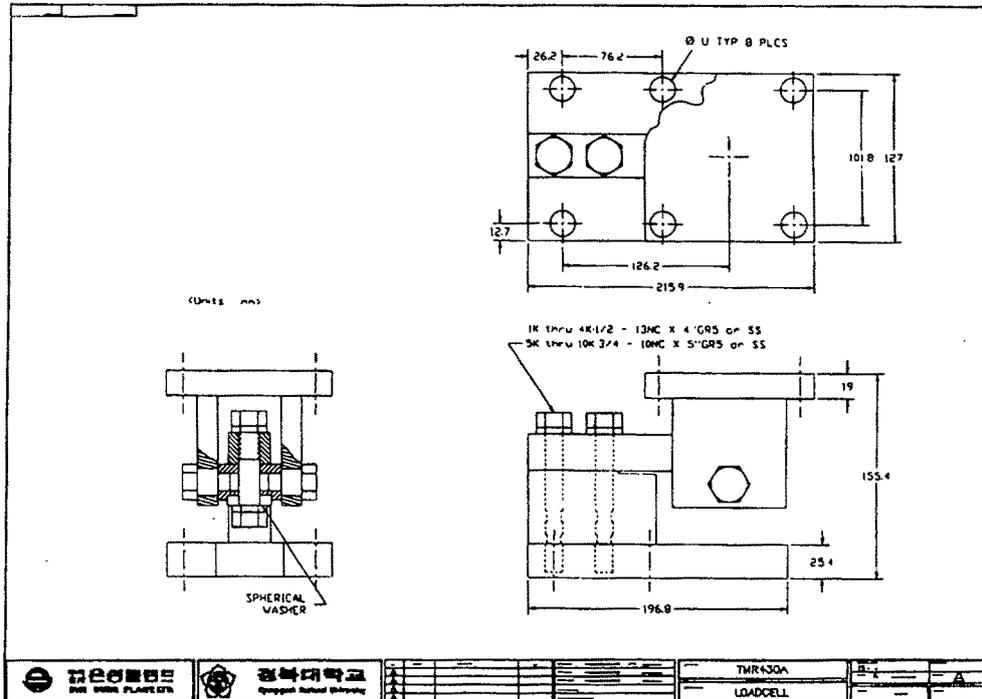


그림 2-25 로드셀의 설계도.

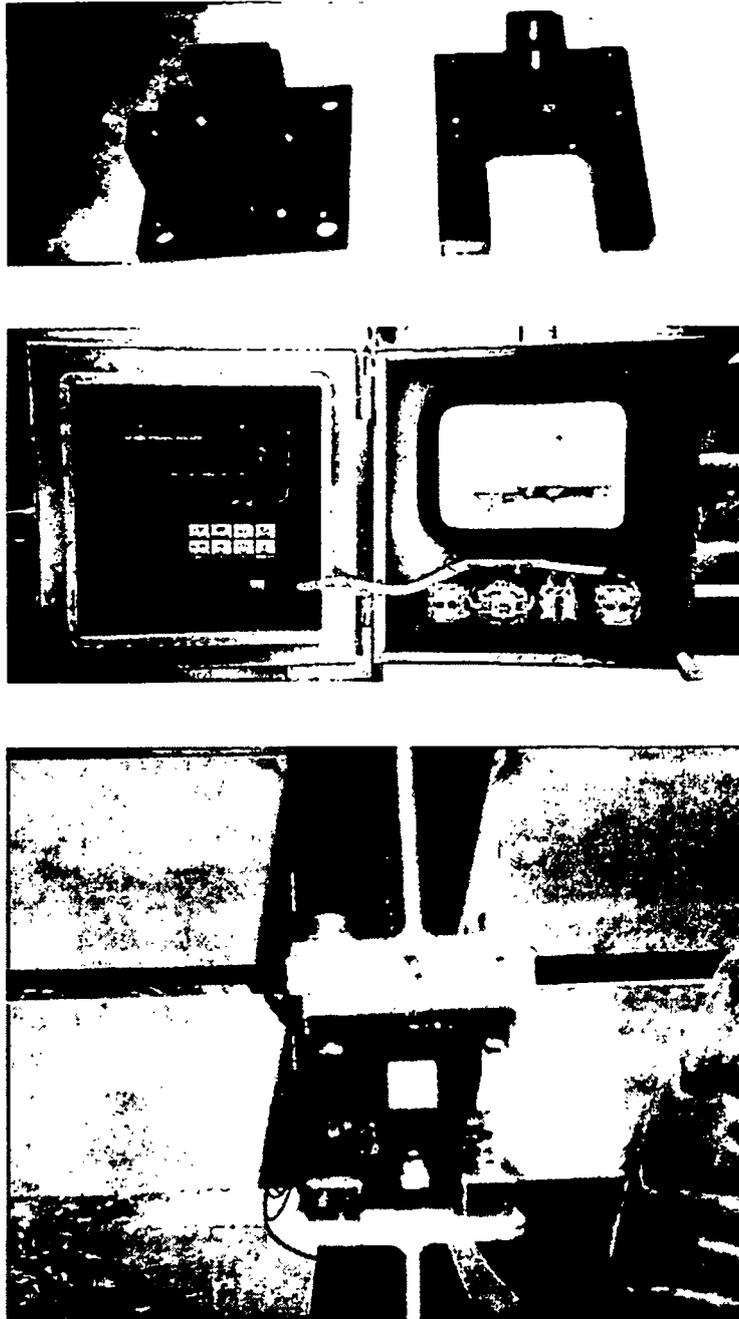


그림 2-26 로드셀(상), 인디게이터(중), 로드셀이 장착된 트레일러(하)

마. 이동식 다용도 원료 투입 컨베이어 및 배합된 사료의 배출 시스템

TMR 배합작업에는 세절장치를 별도로 거칠 필요가 없는, 즉 배합기로 직접 투입이 가능한 장치가 필요로 하고 있으며, 아울러 배합이 완료된 사료를 축사의 사료급여시설로 반출할 수 있는 급여장치의 개발이 필요로 하다. 본 연구에서 개발된 이동 가능(포터블)한 다용도 원료 반입장치는 배합기와는 분리되어 있는 장치로 지상에서 투입하는 원료를 약 2 m 높이에 있는 배합기의 투입구로 이송을 하는 장치이다(표 2-6). 반입 높이와 각도는 임의로 조절이 되도록 설계되었다. 이 장치는 본래의 연구 계획에는 없었으나 '96년도 연구 시험 중 원료의 투입이 매우 불편함이 나타나 사료 배출 장치의 개발에 본 과제를 추가로 삽입을 한 것이다. 또한 사료 배출 장치는 배합된 사료를 우리가 원하는 임의의 위치에 균일한 성분으로 사료조로 투입이 가능한 시스템으로 배합기에 부착되어 있는 장치이다.

그림 2-27은 사료배출 컨베이어의 설계도이며, 그림 2-28의 (상)은 배출 컨베이어의 작업이 없을 경우에 대한 사진이고, (하)는 작업도중의 사진이다. 또한 그림 2-29의 사진 왼쪽이 이동식 원료투입 컨베이어이고 오른쪽 컨베이어는 조사료 원료 투입용 컨베이어이다. 그림 2-30은 이동식 컨베이어의 설계도이다.

표 2-6 이동식 원료투입 컨베이어의 사양

규격 길이	3.6 M
규격 폭	0.3 M
소요동력	2.0 hp
운반용량	30.0 톤/시간

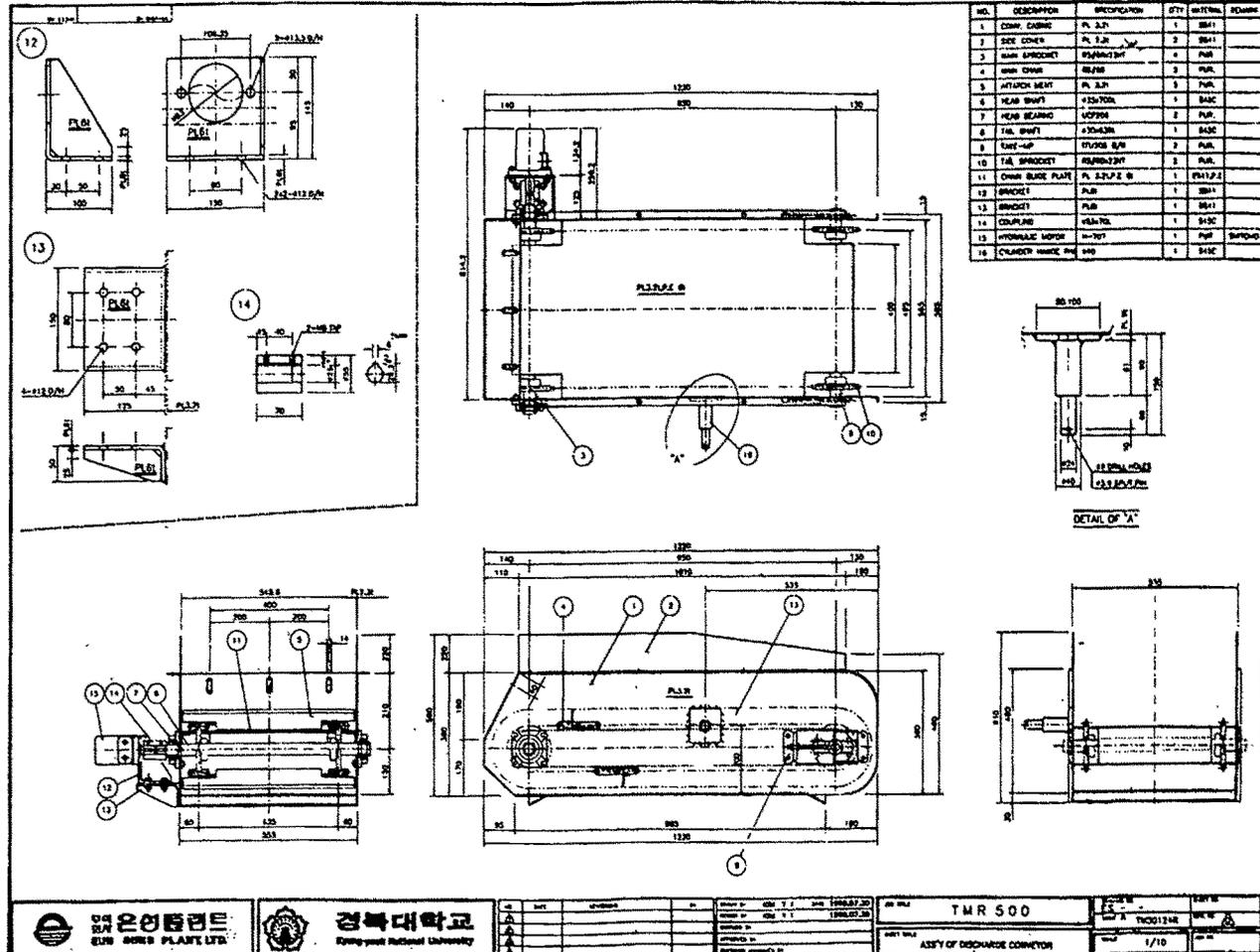


그림 2-27 사료 배출 컨베이어의 설계도

ENEC ENERGY PLANT LTD. 2010	경북대학교 Kyungpook National University	DRAWN BY: T.J. DATE: 2008.07.20 CHECKED BY: T.J. DATE: 2008.07.20 APPROVED BY:	SHEET NO.: TMR 500 SHEET TITLE: ASSEY OF DISCHARGE CONVEYOR	SCALE: 1/10 DATE:
		NO.	REV.	DATE
		A	B	C
		D	E	F

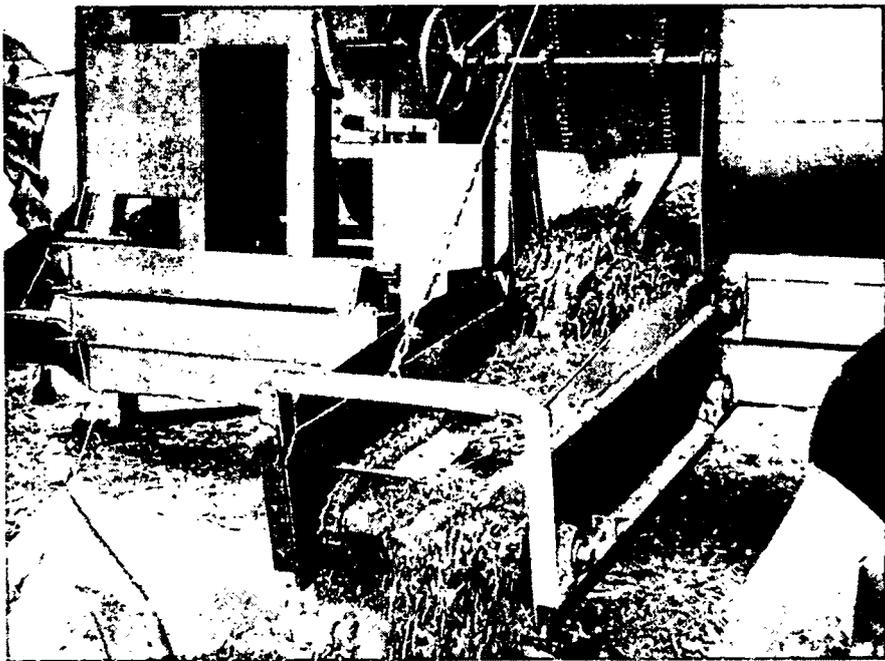
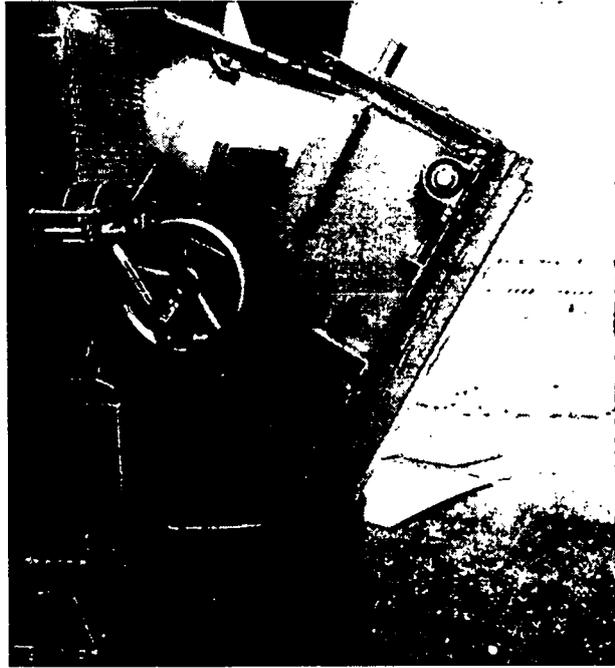


그림 2-28 사료 배출 컨베이어 사진[작업전(상), 작업중(하)]

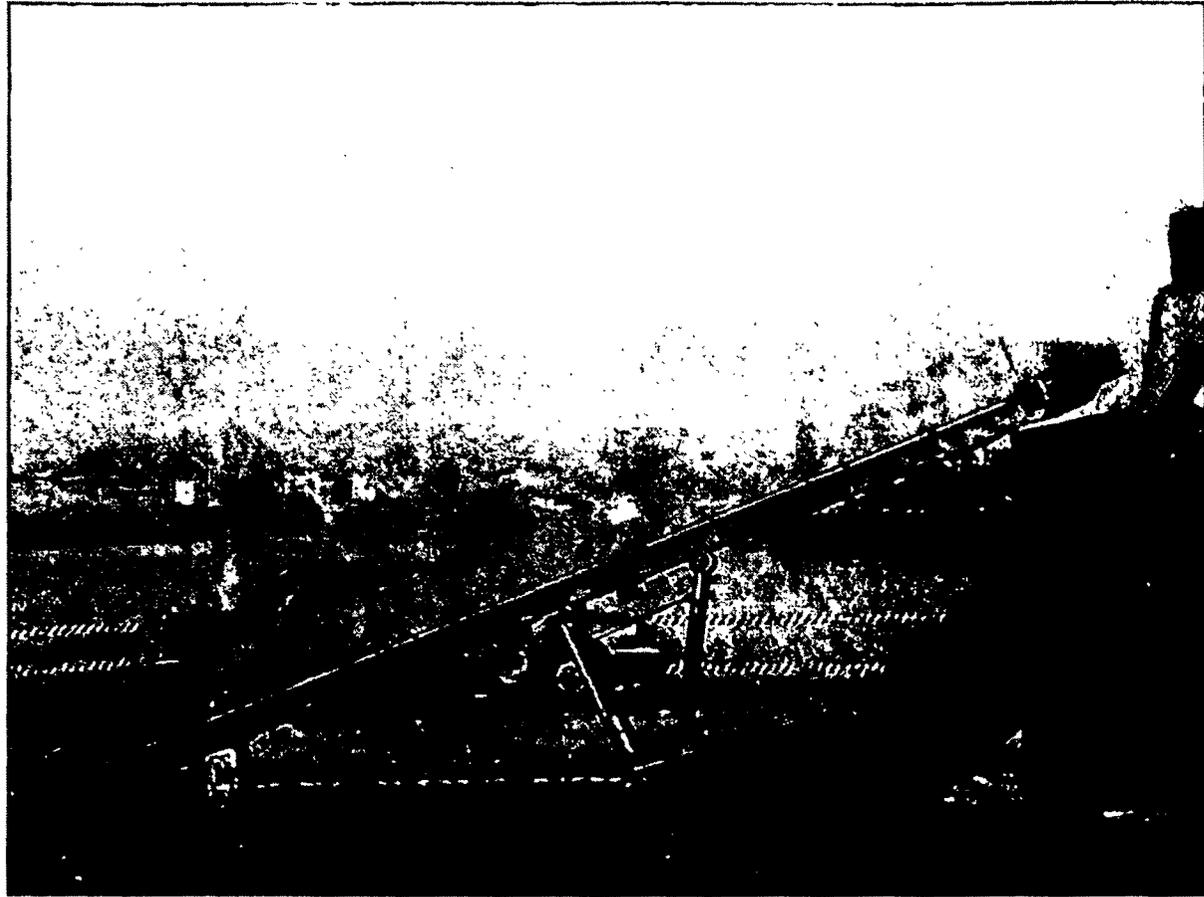


그림 2-29 이동식 다용도 투입 컨베이어 사진

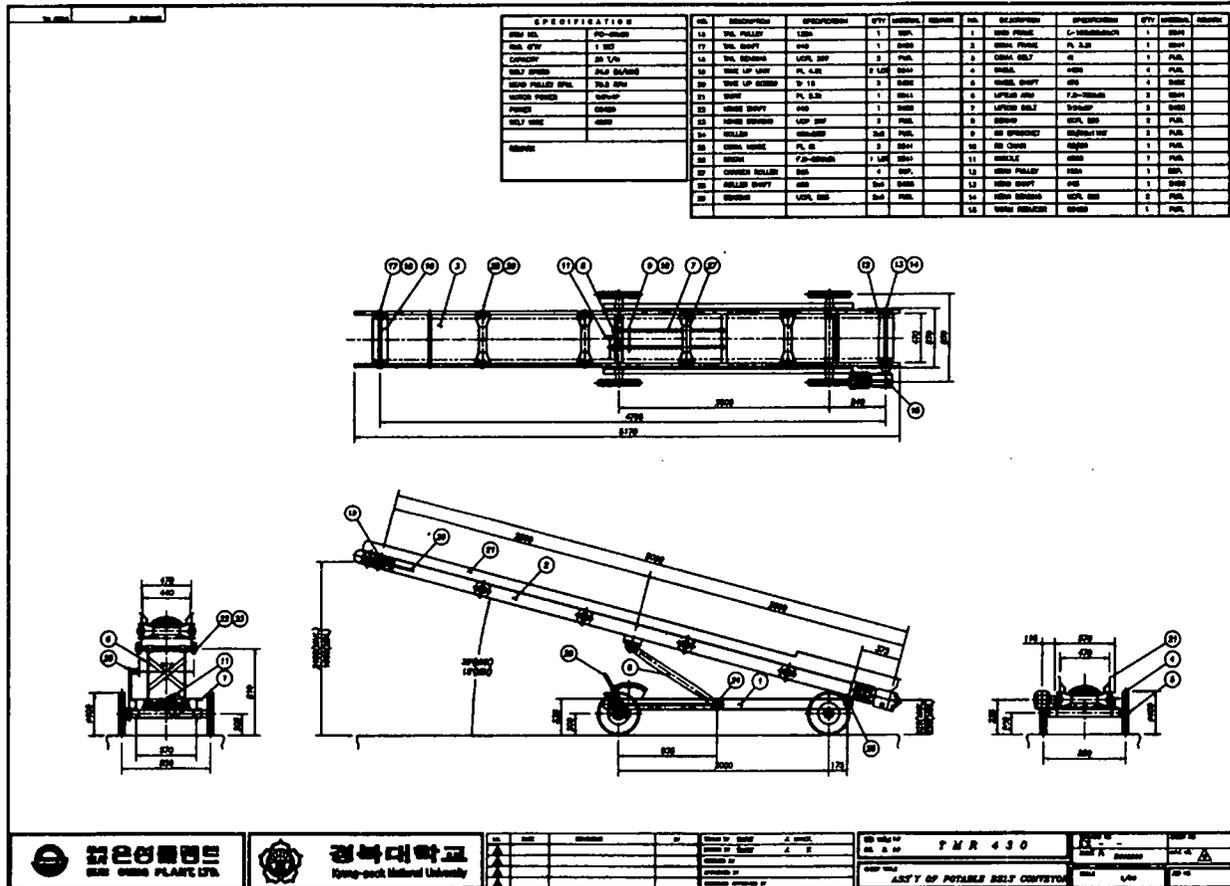


그림 2-30 이동식 원료 투입컨베이어의 설계도

2. 배합기를 장착할 수 있는 트레일러 및 전 시스템의 조합

트랙터 견인형 TMR 배합기의 완전한 개발을 위해서 본 연구에서는 앞에서 개발된 ①배합기, ②세절기, ③동력전달 시스템, ④배합된 사료의 반출 시설, ⑤계량시설 등을 ⑥트레일러에 장착이 된 채로 트랙터와 함께 이동이 가능하도록 조합이 되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 이러한 장치들을 모두 장착할 수 있는 트레일러를 개발하였고 또한 각각의 개별적인 장치를 서로 조합하여 하나의 완벽한 시스템을 유지할 수 있도록 하였다.

1) 트레일러의 개발

그림 2-31은 본 연구에서 개발된 트레일러의 설계도면이며 트레일러의 세부적인 사양은 표 2-7과 같다.

표 2-7 트레일러의 사양

총길이	4.1M
상자길이	3.0M
폭	1.6M
높이	0.5M

2) 전시스템의 조립

앞에서 개발된 트레일러에 배합기, 세절기, 조사료 반입 및 이송장치, 배합사료 반출장치, 동력전달장치등 개별적인 장치를 모두 장착하고 모두 조합을 하여 하나의 시스템으로 유지될 수 있도록 하였는데 그림 2-32는 전체 시스템의 조합분해도이며 그림 2-33과 2-34, 2-35, 2-36은 시스템의 조립 장면이다. 또한 그림 2-37은 조립된 전체 시스템을 트랙터에 연결한 사진이다.

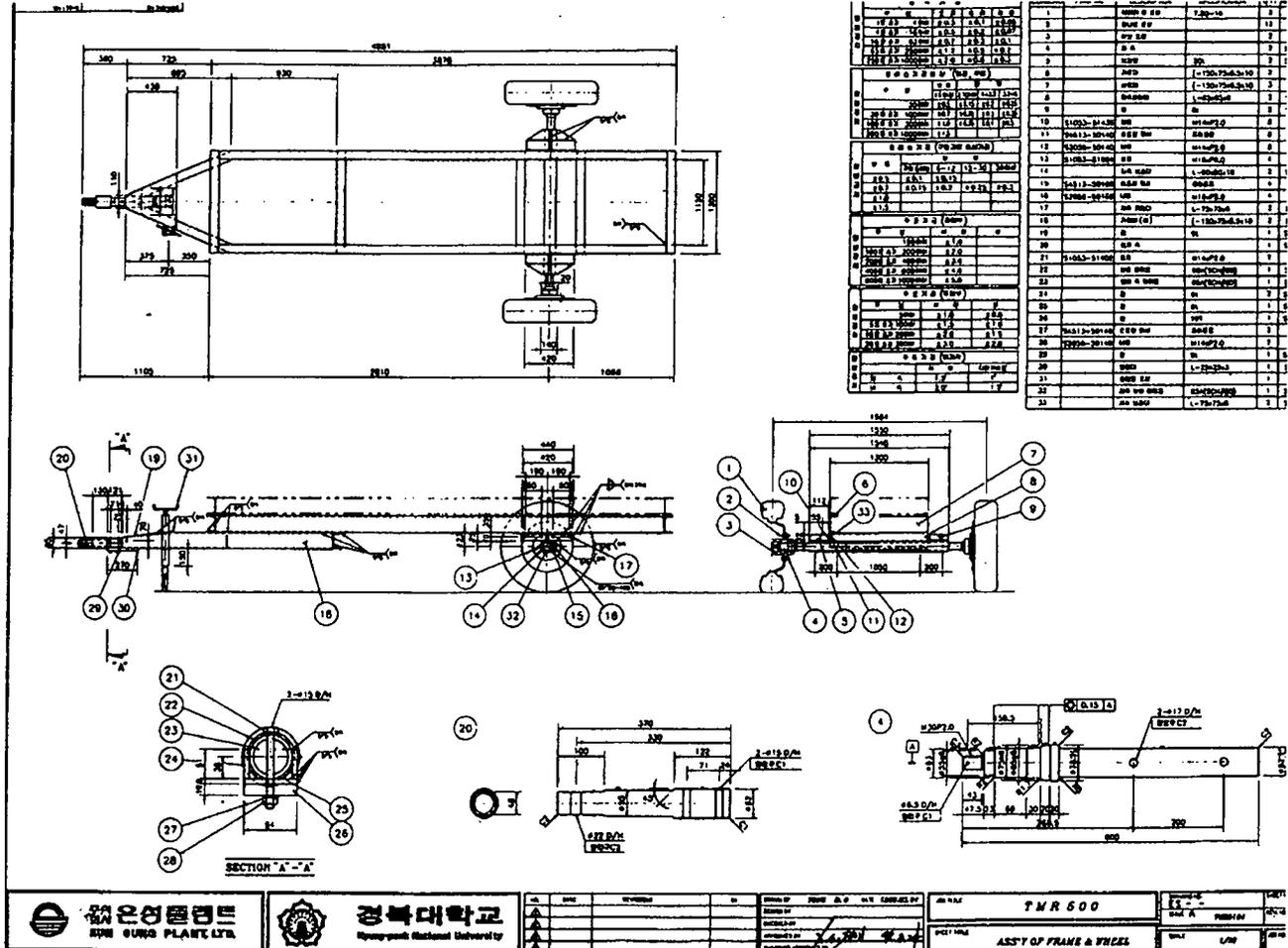
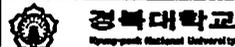


그림 2-31 본 연구에서 개발된 트레일러의 설계도면



DATE	REVISION	NO	REASON OF CHANGE	DATE	DESIGNED BY	CHKD BY	DATE
TMR 500 ASSY OF FRAME & WHEEL				DRAWING NO. TMR 500 SHEET NO. 1/1			

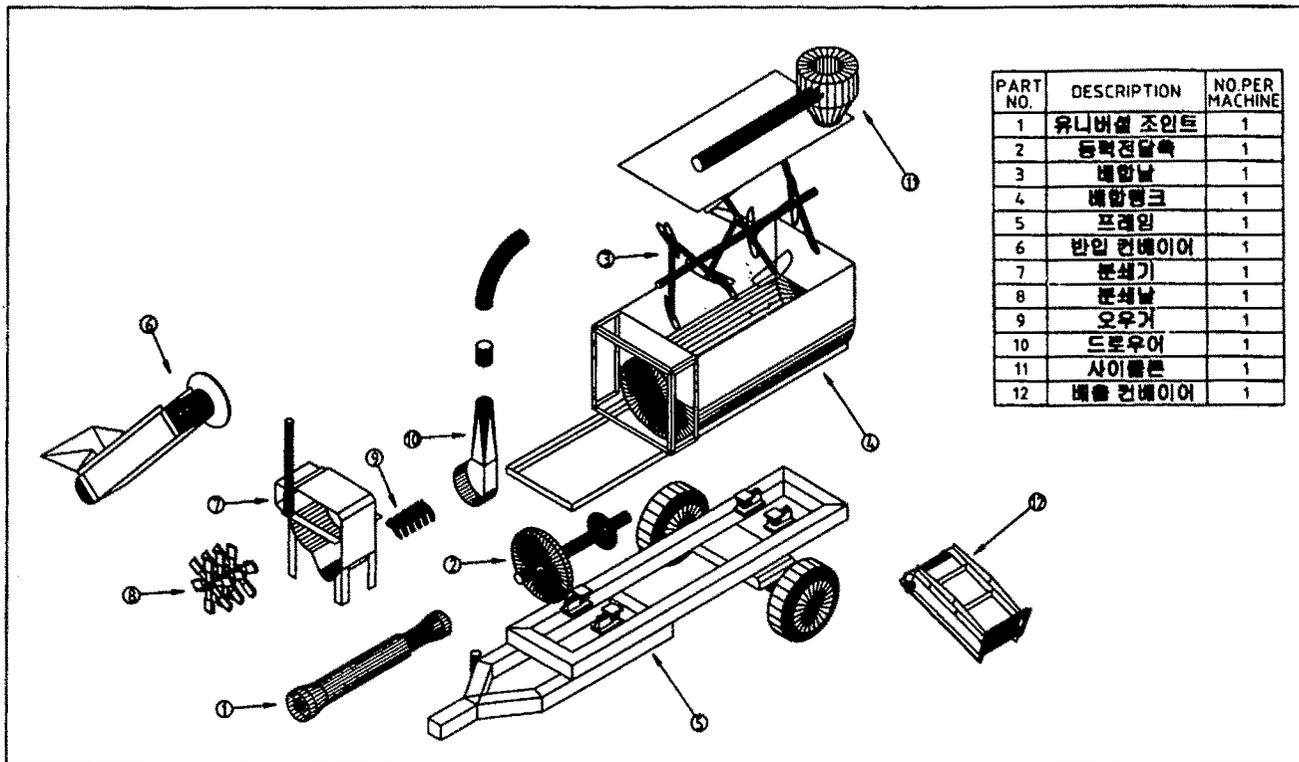


그림 2-32 전체 시스템의 조합분해도



그림 2-33 전체 시스템의 조립장면(A)

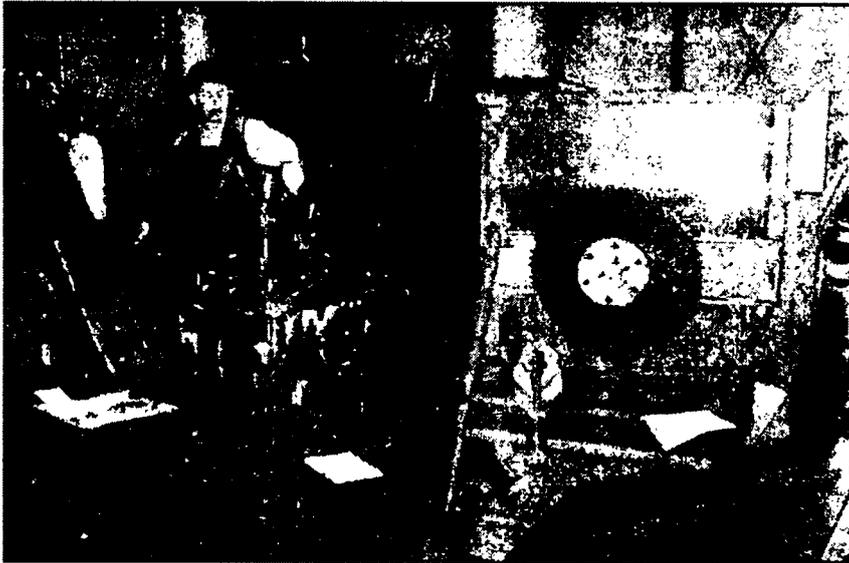


그림 2-34 전체 시스템의 조립장면(B)

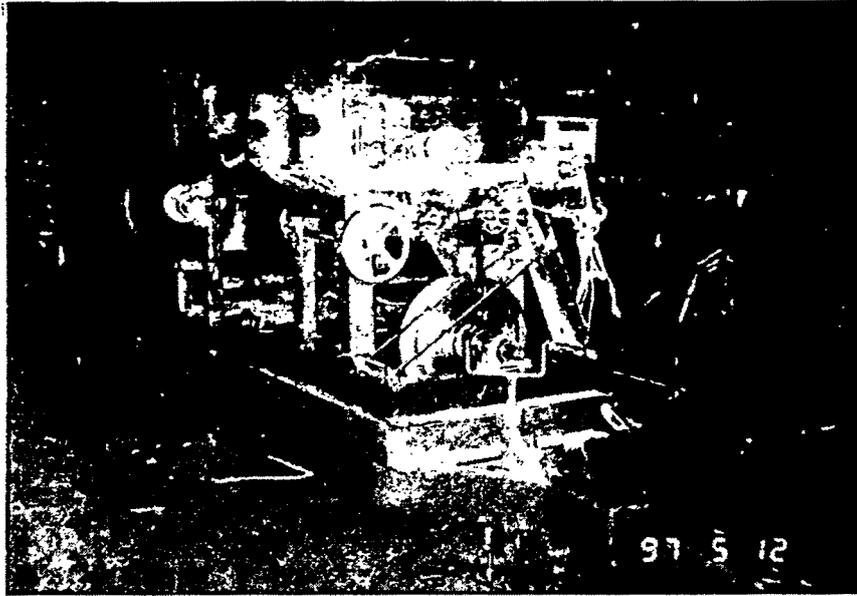


그림 2-35 전체 시스템의 조립장면(C)

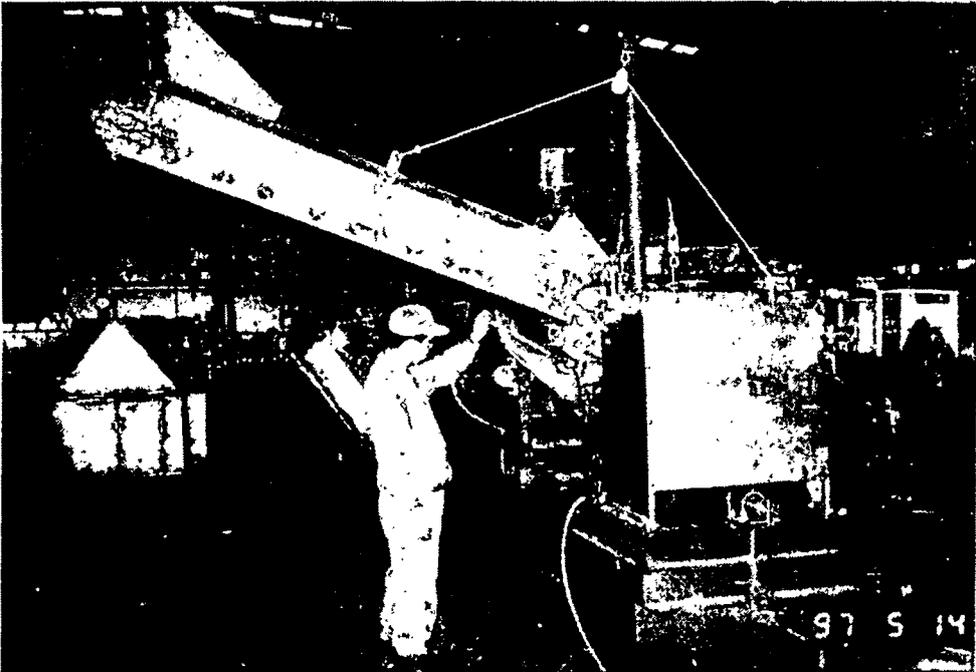


그림 2-36 전체 시스템의 조립 장면(D)

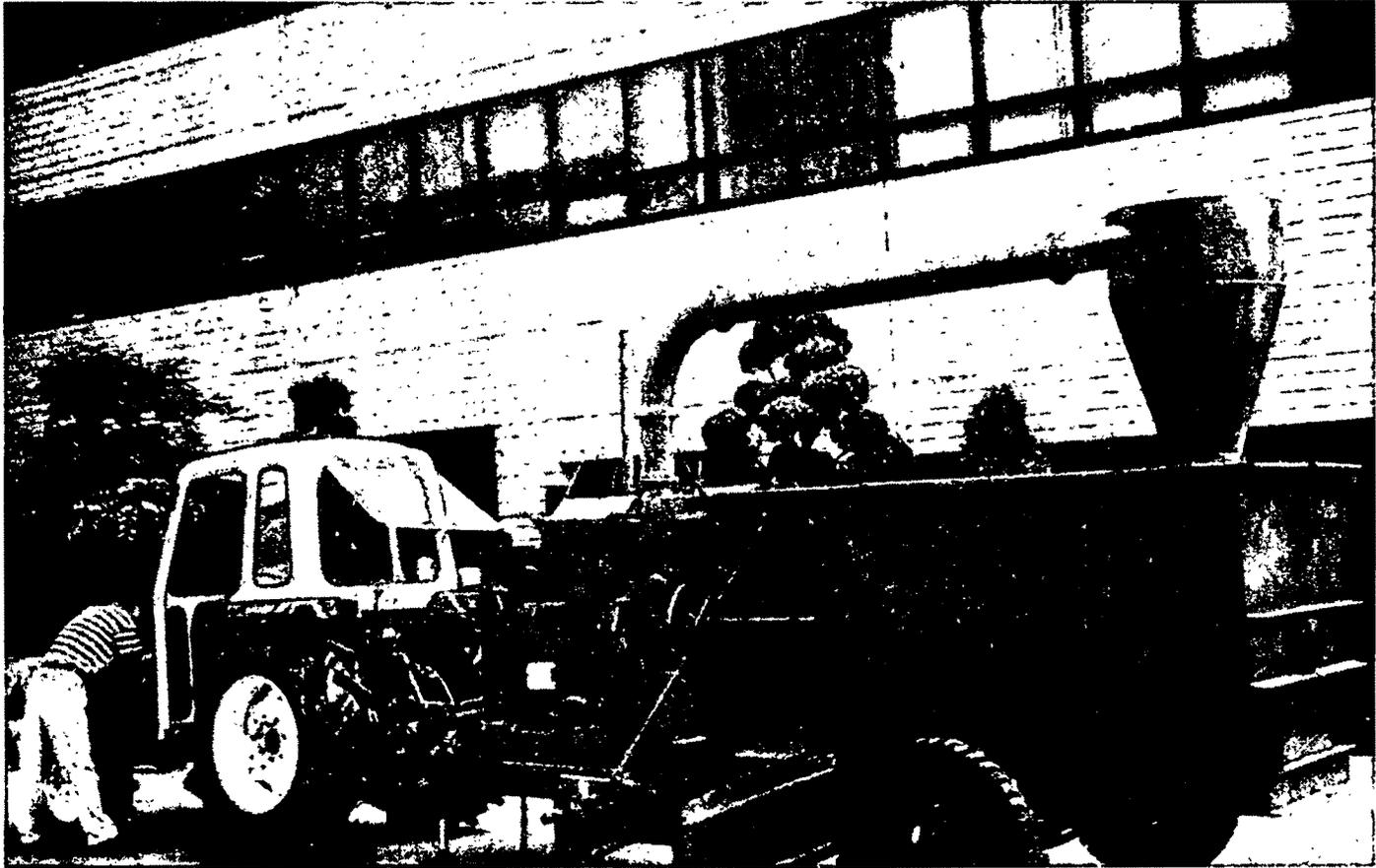


그림 2-97 조립된 전체 시스템을 트랙터에 연결한 사진

제 3 장 시작기의 성능 및 현장 적용 시험

제 3 장 시작기의 성능 및 현장적용 시험

제1절 성능시험

1. 소요동력 분석

가. 시험장치 및 방법

TMR 사료 배합기의 공정별 소요동력 분석은 동력 시스템의 주요부 축의 직경, 재질 및 베어링의 선정, 벨트 및 체인의 선정 등 설계에 있어서 매우 중요하다. 또한 이들 설계는 배합기의 성능 및 내구성에도 큰 영향을 미치며, 또한 제조 원기에도 영향을 주게 된다. 소요동력의 측정에 사용된 트랙터는 대동공업(주)의 D4351-4WD 이었고, PTO출력 측정결과 최대 42PS로 측정이 되었다. 실험에 사용된 트랙터와 동력계 기본 제원을 표3-1에 나타내었으며 이에 대한 최대 PTO출력 측정결과는 그림 3-1에 나타내었다. 배합기의 소요 동력측정은 트랙터 엔진의 무부하 회전수를 1850RPM으로 세팅을 한 후 측정하고, 사료원료의 투입 및 배합과정에서 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 디지털 오실로그래프로 엔진의 회전수 변화를 볼 수 있도록 하였다. 그리고 전자 픽업센서는 트랙터의 플라이휠 하우징의 플라이휠 링기어 위치에 설치하여 링기어의 잇빨과 골과 산의 반복에 의해 발생하는 사인파를 형성하도록 하였다. 그림 3-2는 F-V 컨버터를 보정하는 Calibration diagram으로 측정된 전압으로 엔진의 회전수를 예측할 수 있는 그림이다. 이에 대한 실험의 개념도를 그림 3-3에 나타내었다.

표 3-1 트랙터 동력시험의 기본 제원

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

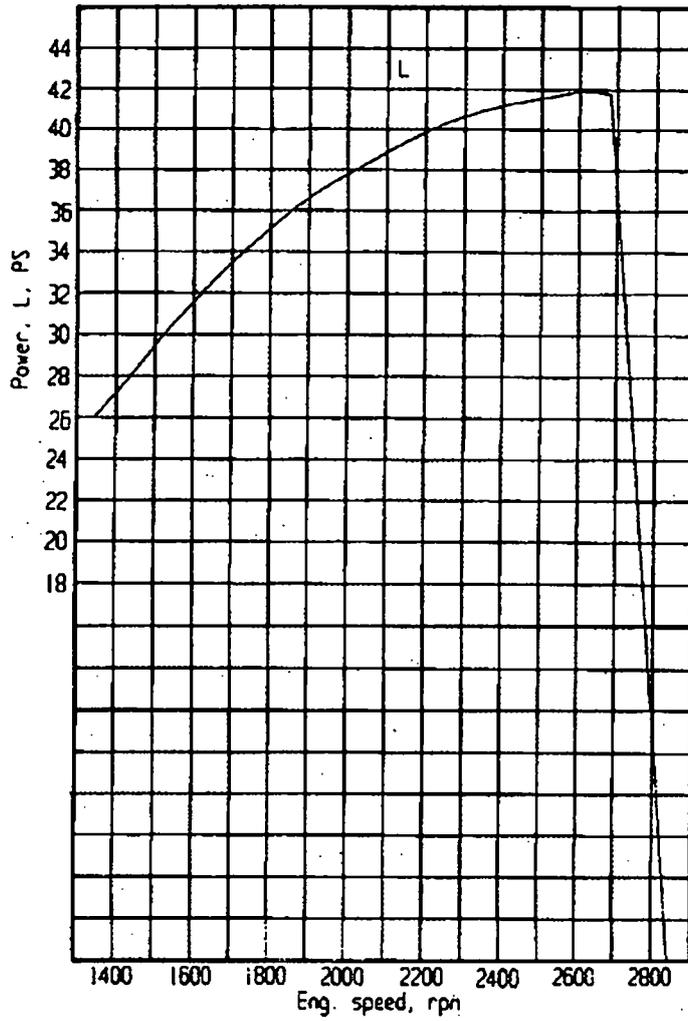


그림 3-1 트랙터 P.T.O 출력 성능곡선

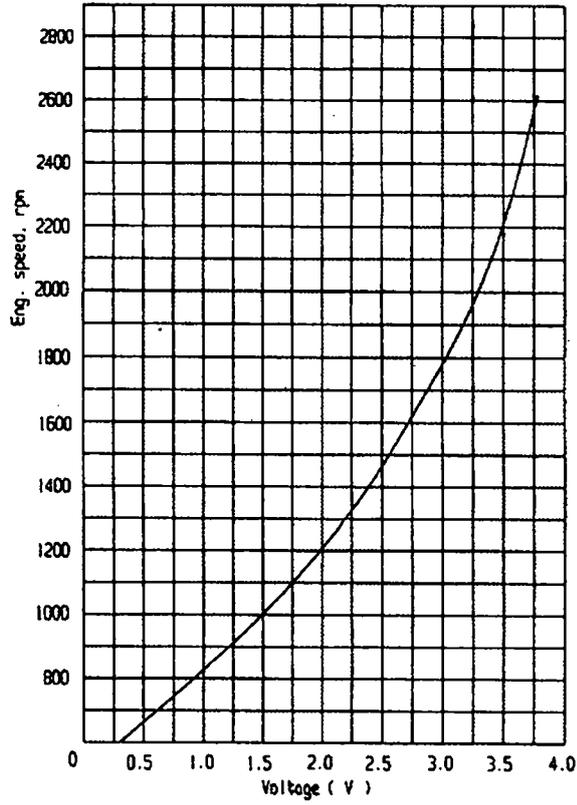


그림 3-2 F-V 컨버터의 Calibration 선도

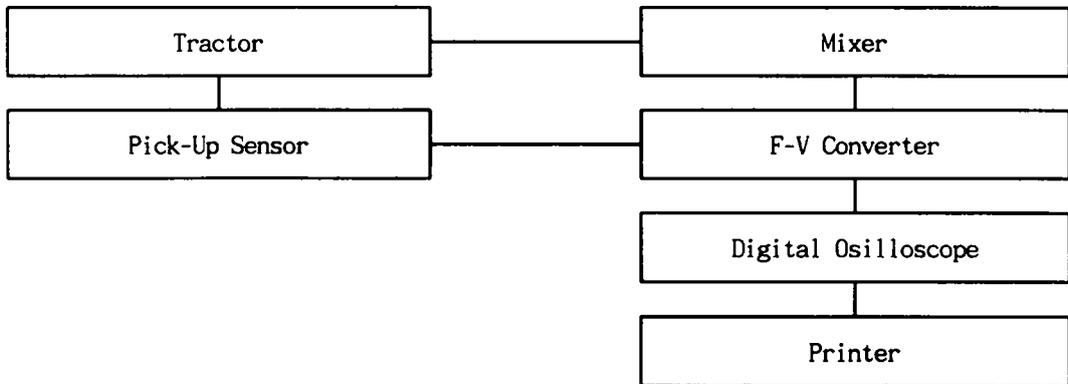


그림 3-3 소요동력 측정 개념도

나. 시험 결과

이에 대한 시험은 시작기로 제작된 페달형 교반기를 가진 배합기를 경기도 광주군에 위치한 광동낙우회 소속 TMR 사료 배합소에서 옥수수, 알팔파 큐부 및 맥주박을 주원료로 하는 함수율이 40%인 습사료 1,000kg에 대한 배합시험을 실시하였으며 배합시험에 사용된 사료성분은 표 3-2에 나타내었다. 또한 이에 대한 결과는 그림 3-4, 그림3-5, 그림 3-6에 나타내었다.

표 3-2 시험용 사료의 배합성분

성분	옥수수	석회석	알팔파	큐부	소맥피	단백피	비펄트프	대두피	벼짚	맥주박	대두박	엿밥	면실	물	기침가타제	총계
무게 kg	140	14	95	85	130	30	75	5	253	40	50	60	15	15	1,000	

테스트 결과에 의하면 함수율이 높은 물(그림 3-4)과 맥주박(그림 3-5)이 첨가될 때 트랙터의 소요동력은 잠시 증가하는 경향이 보였으나 최고 35.2마력, 평균 34.3마력이 소요되어 우리 나라의 축산농가에 주로 보급이 되어 있는 43마력 트랙터에는 아주 적합한 것으로 나타났다. 그리고 벼짚(그림 3-6)을 세절할 경우에 소요되는 동력은 매우 적었으며 한번에 전공정이 작업이 될 경우 즉 배합작업이 수행되면서 동시에 조사료의 반입과 세절 그리고 세절된 조사료가 배합탱크로 이송되는 전체공정에서도 총 소요동력은 35 마력 정도이면 충분한 것으로 나타났다.(표3-3)

표 3-3 배합 작업시 공정별 소요마력

시험 회수	작업 공정명	소요 동력
1	마른사료 배합	32.1
2	습사료 배합	34.3
3	배합·세절·이송·반입	35.2

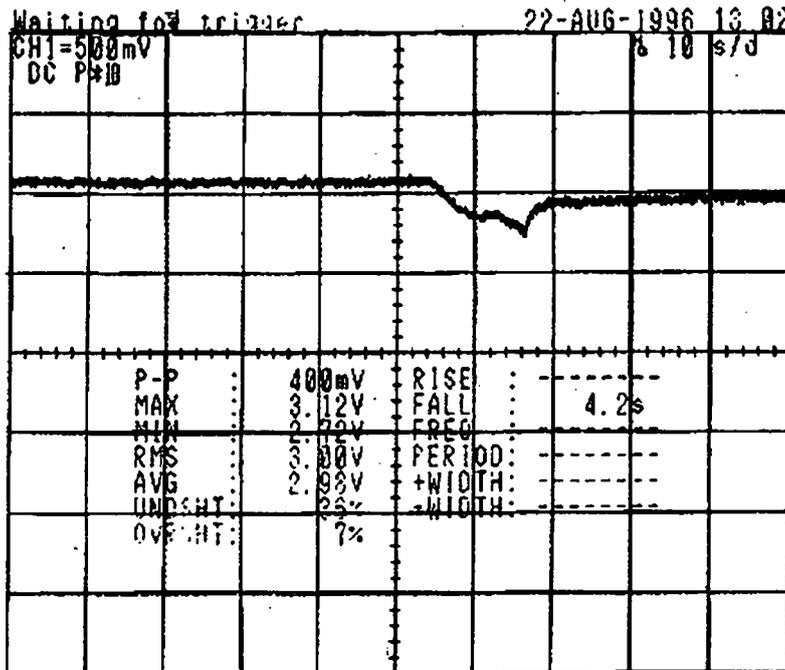


그림 3-4 물의 첨가 후 배합기의 소요동력 변동

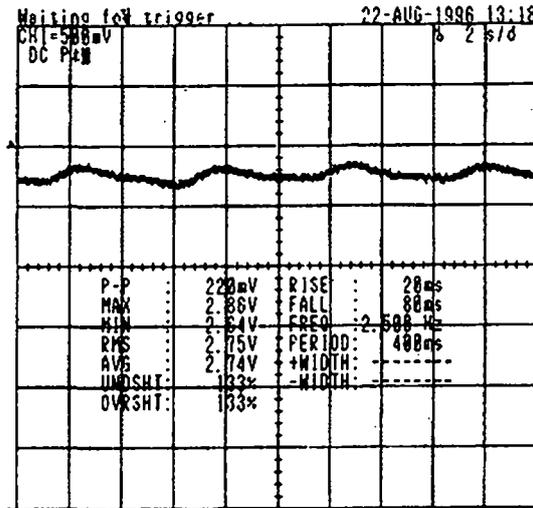


그림3-5 맥주박 투입시 배합기의 소요동력 변동

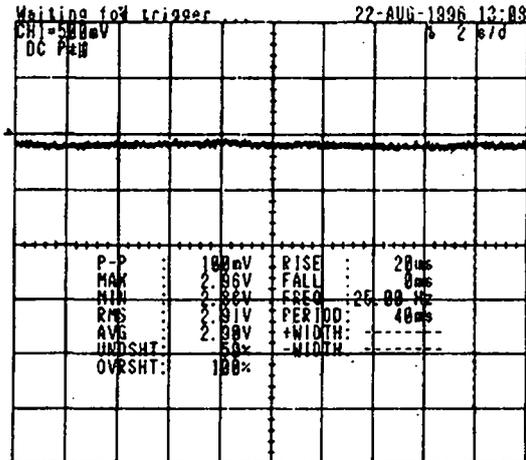


그림 3-6 벧짚 세절시의 소요동력 변동

2. 배합기의 성능 시험

가. 시험 방법

개발된 배합기의 배합 성능 시험에 사용된 원료는 표 3-2에서 보는 바와 같이 곡류사료, 조사료 및 함수율이 높은 맥주박에 물을 첨가하여 수분이 40%에 이르는 습사료이다. 따라서 배합효율의 분석은 배합기의 성능을 판별하는데 매우 중요하다. 본 연구에서는 배합원료중에 가장 비중이 낮은 면실(목화씨, cotton seed)의 배합 분포도를 측정하여 배합효율을 판별하였다. 면실은 서로 엉기어 있고 비중이 가볍기 때문에 잘 배합이 되지를 않는 성질이 있다. 따라서 이러한 면실이 골고루 배합이 되어 있다면 배합기는 좋은 기능을 가졌다고 판단을 해도 좋을 것이다.

시험은 3회에 걸쳐 수행되었으며 매 시험마다 20g 에서 30g 정도의 샘플을 30개 채취를 하여 샘플 무게당 면실의 무게[면실의 무게(g)/샘플의 무게(g)] 와 면실의 갯수[면실의 갯수(개)/샘플의 무게(g)]를 측정하여 각각에 대한 C.V.(Coefficient of variance of composited sample)를 산출하여 배합기의 성능을 분석하였다.

여기에서

$$C.V. \text{ of composited sample} = \frac{S}{n^{1/2} X}$$

S 는 Standard error이고, 그리고 n은 샘플 갯수이고 X는 샘플의 평균이다.

또한 배출 후에 배합 탱크내에 잔량이 남아 있는 정도에 따라 배합기를 평가하는 다른 척도가 되는데 여기에서는 총 배합 량에 대한 남은 잔량의 무게를 백분율로 산출하여 평가를 하였다.

나. 시험 결과

앞에서 제시한 방법으로 본 연구에서 개발된 배합기의 배합 효율을 테스트하여 본 결과 면실의 무게에 대한 C.V는 4.41%, 면실의 갯수에 대한 C.V는 4.35%로 배합정도가 아주 우수한 것으로 나타났다(표 3-4). 참고로 식품업에서는 배합기의 판정의 기준은

5% 미만, 사료업에서는 10% 미만이면 우수한 것으로 판정한다. 따라서 본 연구에서 개발된 페달형 교반기가 조사료 및 습사료의 배합에 아주 적합한 것으로 나타났다. 또한 배출 후에 배합 탱크에 남아 있는 잔량은 1% 내외로 나타나 배합기의 탱크와 교반기 사이의 클리어런스(틈새간격)가 아주 적합한 것으로 나타났다. 그림3-7에서는 배합된 사료의 사진을 보여주고 있는데 배합이 매우 양호함을 알 수 있다.

표 3-4 배합성능 시험 결과

시험번호	무게에 대한 C.V.	수량에 대한 C.V.
1	4.62 %	4.50 %
2	4.32 %	4.33 %
3	4.29 %	4.22 %
평균	4.41 %	4.35 %

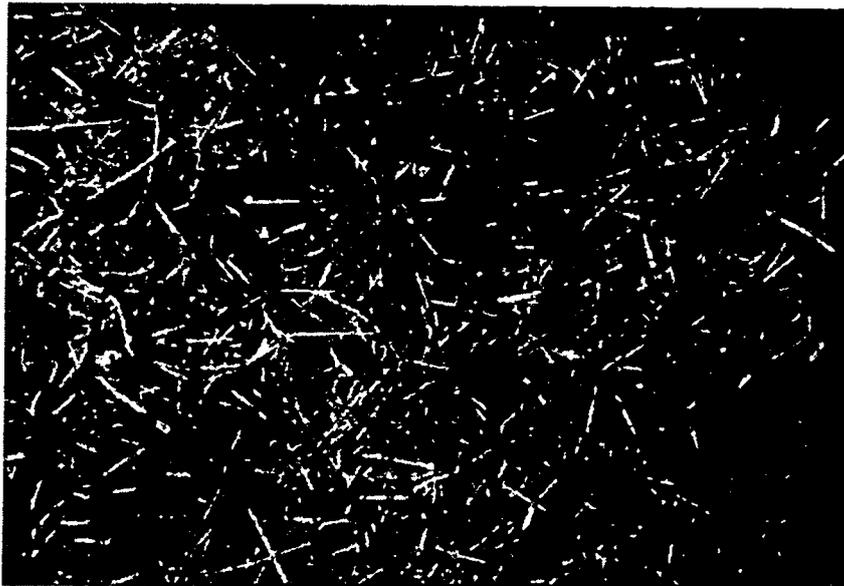


그림 3-7 배합된 사료의 모습

3. 세절기의 성능시험

가. 성능시험

조사료의 세절기는 원료의 반입장치, 세절장치 그리고 분쇄 입자도를 결정하여주는 스크린으로 나누어진다. 스크린의 설계자료로 이용하기 위하여 조사료 및 곡물사료의 분쇄 또는 세절에 따르는 스크린 사이즈가 분쇄 또는 세절 후 입자도에 미치는 효과를 시험하였으며 요약을 하면 표 3-5와 같다.

건초나 곡물의 함수율은 분쇄 또는 세절의 성능에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히 함수율이 낮을 수록 효율이 높아지는 것으로 나타났는데 함수율이 10% 미만일 경우 효율이 높게 나타났고 또한 함수율이 20% 이상 증가할 경우에 효율의 감소가 나타났다. 건초의 경우 15% 이상의 함수율을 가지면 분쇄하기가 매우 어려운 것으로 나타났다. 효율을 높이기 위해서는 스크린의 규격을 큰 것으로 사용하면 바람직 한 것으로 나타났다.

표 3-5 사료의 종류와 사이즈에 따르는 스크린의 적정 규격(단위:인치)

사료의 종류	프레이크 알팔파 건 초	옥수수	수수	귀리 보리
Very Fine	1/2	1/8	1/8	1/8
Fine	3/4	3/16	3/16	3/16 *
Medium	1-1/2*	3/8 *	1/4 *	1/4 *
Course	2	5/8	3/8 *	3/8

* 젓소 사료에 적합한 스크린 규격

나. 소요동력

세절기의 소요동력은 시간당 분쇄량, 분쇄될 원료의 종류, 함수율등에 따라 차이가 나지만 본 연구에서 개발된 세절기는 10마력 용량의 전기 모터를 설치하였을 때 1마력당 시간당 작업성능은 표 3-6과 같은 결과를 얻었다.

표3-6 원료별 스크린 규격별 작업성능(kg/Hp-hr)

사료의 종류	스 크 린 규 격				
	1/8	3/16	1/4	3/8	1/2
옥 수 수	105	140	196	-	-
알팔팔큐브	27	38	55	78	-
벼 짚	18	23	31	50	-
보 리	60	75	-	-	-

실제로 본 연구에서 개발된 세절기는 배합기에 부착하여 43마력 트랙터의 동력으로 배합작업과 동시에 세절 작업을 수행 한 결과 소요동력은 표 3-3에서 보는 바와 같이 배합기만을 사용했을 때(약 32.1 마력) 보다 동력이 약 10%정도 증가(약 35.2 마력) 되어 세절 작업에만 약 3.1 마력의 동력이 소요된 것으로 판단된다.

제2절 시작기의 현장 적용 시험

1. 제 1차 개발 시작기(TMR430A)의 결과 및 문제점

본 연구를 수행함에 있어서 야기되는 가장 큰 문제는 기계 제작상의 숙련도와 현장감의 결여, 그리고 연구비용에 있었으나 현지 제작회사의 많은 배려로 원만하게 연구를 해결을 할 수가 있었다.

젓소의 전용사료 배합기인 TMR430A 배합기의 개발에 대한 연구의 성과로는

① 배합기에 소요되는 분쇄동력, 배합동력, 반송동력은 최대 35마력으로 우리 나라에 보급된 일반적인 40마력 트랙터의 조건에 맞도록 설계 및 제작이 되었다.

② 배합기에서 가장 중요한 기능의 하나가 배합효율인데, 특히 조사료, 곡물사료, 습사료등을 골고루 배합하는 것은 해결하기가 매우 어려운 것 중에 하나이었다. 그러나 본 연구에서 개발된 배합기는 **배합 성능이 매우 양호하여 배합효율을 CV(coefficient of variance of composited sample)을 측정 한 결과 4.3% 정도로 일반적인 기준인 10%를 훨씬 아래의 수치를 기록하고 있어 본 연구팀을 매우 즐겁게 하였다.**

③ 본 연구에서 개발된 배합기는 배합사료의 배합 뿐 아니라 **상토용 퇴비의 배합에도 매우 우수한 성능을 가지고 있는 것으로 나타났다.** 배합기의 성능시험 후에 별도로 상토용 퇴비의 배합을 시행하여 본 결과 퇴비 속의 덩어리는 미세하게 분쇄가 되며 또한 일반 흙과 매우 잘 배합이 되는 것으로 나타났다.

본 연구에서 개발된 시작기 TMR430A는 1996년 11월 11일부터 17일 까지 일주일간 KOEX에서 개최된 SIEMSTA 에 전시된 바가 있다.

2. 제 1차 개발 시작기(TMR430A)의 현장 적용 시험

가. 필요성

그러나 시작기 자체가 실험적으로 제작이 되었고, 또한 여러 가지 개별적인 시스템을 조합하여 하나의 시작품으로 제작된 것이므로 실제로 장래에 농민에게 보급을 할 수 있는 ① 간편하게 사용되고, ②고장이 없으며, ③ 또한 저렴한 가격으로 제작을 할 필요가 있음이 나타났다.

실제로 본 연구 2년 차에는 개발된 모델(TMR430A)을 충남 연기군에 소재하는 다복 목장에 약 3개월씩 2회에 걸쳐 장기간 현장에서 실제작업을 수행하면서 기술적인 문제점 뿐 아니라 사용자와 이웃 주민들의 의견을 수렴한 결과 다음의 문제점을 발견 할 수가 있었다.

나. 시험 결과

TMR430A는 매우 복합적인 기능을 가졌기 때문에 장점이 되면서도 높은 제작비가 소요되었다. 실제로 대부분의 낙농가에는 성능이 좋으면서 가격이 저렴한 조사료 세절기(Cutter)가 있으며 또한 곡류사료는 이미 분쇄가 되어 나오기 때문에 TMR 배합기에 이러한 시설의 부착은 상당한 제작비용을 증가시키는 주요 요소가 되었다. 그림 3-8과 그림 3-9는 TMR430A의 시작기 인데 그림 3-8은 1997년 11월에 농촌진흥청에서 4H 창립50주년 기념 우수 농기계전시회에서 출품되었을 때의 사진이며 그림 3-9는 충남 연기군에서의 현장 테스트 장면이다. 사진의 (상)이 배합 테스트 장면으로 우측에 포터블 컨베이어가 보이고 있다. 또한 사진의 (하)는 사료급여 사진이다.

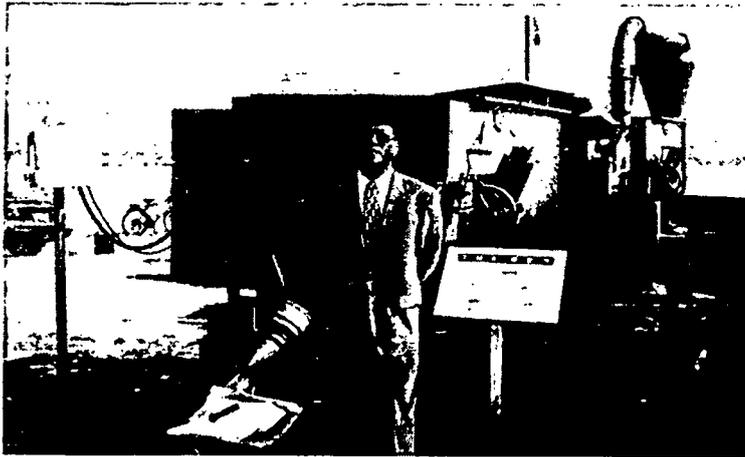


그림 3-8 TMR430A의 4H 50주년 전시회 출품 사진
(1997년 11월 10일-12일, 농촌진흥청)

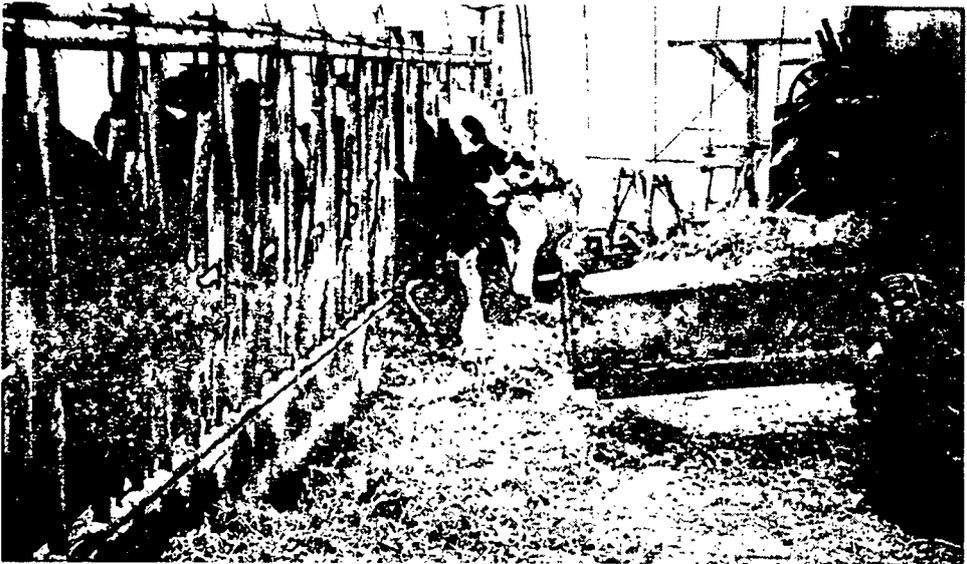
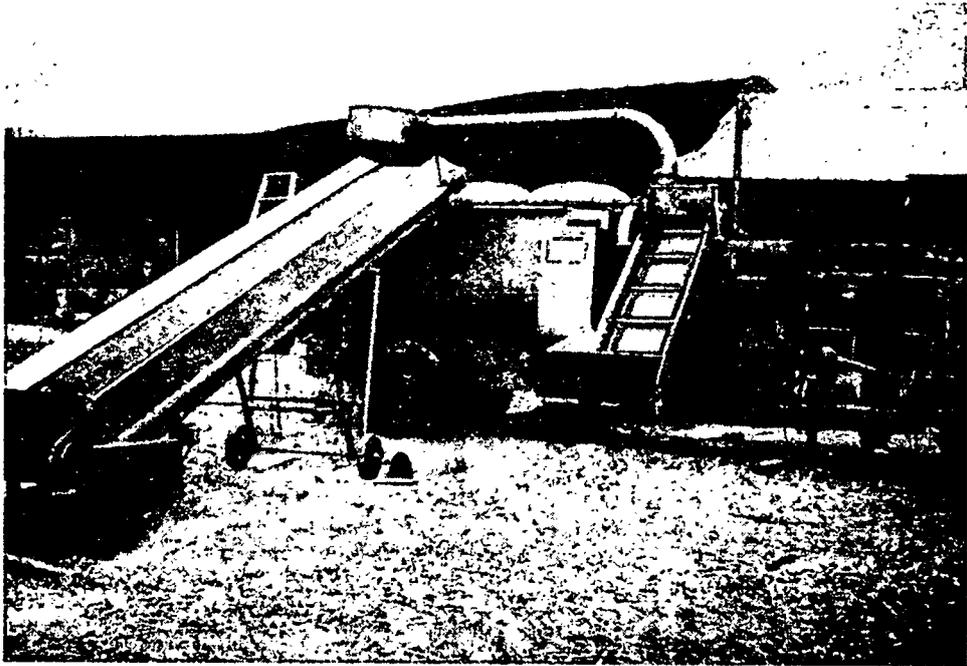


그림 3-9 TMR430A의 현장 적용 테스트 사진
[배합테스트 광경(상), 사료 급여 광경(하)]

제 4 장 시작기의 수정 및 재개발

4장 시작기의 수정 및 재개발

제1절 제2 시작기 TMR430B의 개발

1. 시작기TMR430A의 문제점 수정 및 430B의 개발

제3장에서 최초의 시작기로 개발된 TMR430A를 현장에 적용 시험을 한 결과 TMR430A는 매우 복합적인 기능을 가졌기 때문에 장점이 되면서도 또한 결점인 높은 **제작비**가 문제가 제기 되었다. 실제로 대부분의 낙농가에는 성능이 좋으면서 가격이 저렴한 조사료 세절기(Cutter)가 있으며 또한 곡류사료는 이미 분쇄가 되어 나오기 때문에 TMR 배합기에 이러한 시설의 부착은 상당한 제작비용을 증가시키는 주요 요소가 되었다. 그리고 농민들은 TMR배합기가 약 1,800만원 정도에서 공급이 되기를 바라고 있었다.

따라서 본 연구에서 개발된 TMR430A에 원료의 반입, 배합원료의 계량, 습사료의 배합, 배출 그리고 트랙터 동력이용 및 트랙터 견인식만을 가지도록 조사료 **세절장치**를 분리하여 별도의 모델을 개발할 필요가 있었으며, 이는 이미 개발된 모델에 조금만 수정을 가하여 제작이 되었다.

2. 2차 시작기 TMR430B의 특징 및 문제점

최초로 개발된 TMR430A에 원료의 반입, 배합원료의 계량, 습사료의 배합, 배출 그리고 트랙터 동력이용 및 트랙터 견인식만을 가지도록 조사료 **세절시스템**을 분리하여 다시 개발된 모델은 TMR430B로 명명을 하였으며 별도로 제작 공장에서는 시험을 거쳐 충남 연기군에 있는 다북 목장에서 현장적용 시험을 한 결과 다음의 결과를 얻을 수가 있었다.

- ① 제작비가 본래 목적의 기계(TMR430A)에 비하여 **60%정도로 저렴**하게 나타났다.
- ② 또한 젖소의 사료 배합 뿐 아니라 축사에서 발생하는 퇴비 및 상토의 배합에도 **상당히 효과적**이었으며,
- ③ 1차에 개발된 TMR430A 배합기에 비하여 조사료의 세절, 조사료 반입, 운송등의 시스템이 제거됨으로 배합기의 길이가 약 1/3이 줄어들어 **운전에 안전**을 기할 수가 있

었다.

④ 시스템이 단순함으로 기계의 유지 및 수리비가 저렴할 것으로 생각이 되었다.

그러나 TMR430B는 배합 작업전에 조사료는 5cm 이내로 세절을 할 필요가 있었는데, 특히 볏짚의 경우 세절이 되지를 앉았을 경우에는 볏짚이 배합기의 축과 패달에 감겨 배합 원료의 교반작업을 방해하며 또한 사료원료의 전후 이동을 방해하여 한곳에 몰리게하는 경향이 있는 것으로 나타났다. 그러나 알팔파 베일의 경우에는 배합도중에 잘게 부서져 배합전 전처리가 필요 없는 것으로 나타났다.

그림 4-1은 TMR430B의 시작기로 역시 1997년 11월 10일부터 13일까지 농촌진흥청에서 4H 창립50주년 기념 우수 농기계전시회에서 출품되었을 때의 사진이며 조사료 투입 컨베이어 및 세절된 조사료를 배합통으로 이송하는 사이클론등 조사료 가공시스템이 생략되어 있다. 그림 4-2은 현장(충남 연기군 다북목장)에서의 현지 테스트 전경이다.

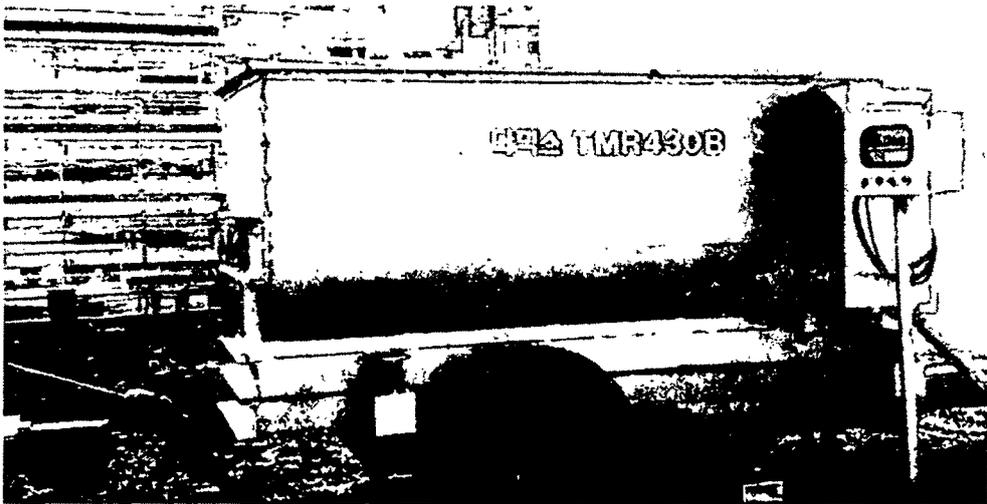


그림 4-1 TMR430B의 4H 50주년 전시회 출품 사진
(1997년 11월 10일-12일, 농촌진흥청)

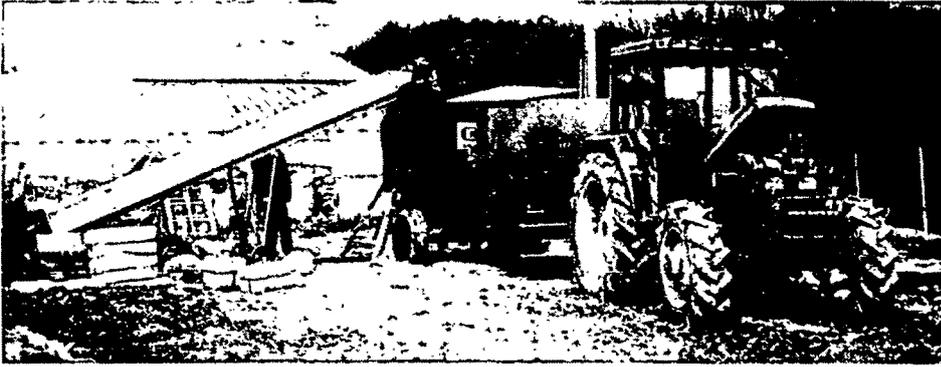


그림 4-2 TMR430B의 현장 테스트 사진

제2절 제3차 시작기 TMR500A의 개발

2차로 제작한 TMR430B 모델은 세절·분쇄 기능을 별도로 분리하여 제작된 배합기로 제작비가 1,000만원 정도로 1차 시작기인 TMR430A에 비해서 60%수준으로 매우 저렴하며, 배합기 자체의 배합 기능등 기계적인 성능은 매우 우수하였지만, 농가에 장기간 현장 시험을 한 후에 사용농가 및 이웃 주민들의 의견을 수렴한 결과 다음과 같은 3가지 문제점을 발견하였다.

①배합용량이 부족하고(1회 배합이 800kg은 젖소 36두의 1일 급여량에 해당),

②본 연구에서 개발된 배합기의 배출시스템은 트랙터 운전자가 트랙터를 정지한 후, 트랙터에서 내려 수동으로 조작하여 배출 컨베이어를 내리고, 게이트를 열고, 기어를 넣어 배출 컨베이어를 작동 할 수 있게 하였다. 이러한 수동조작 시스템은 제작 비용절감을 목적으로 채택이 되었으나 본 연구진의 잘못된 생각으로 판명이 났다. 즉 낙농의 규모화가 의외로 빨라지고 있었으며, 따라서 농민들도 비용보다도 작업의 효율성을 더욱 중시 여기고 있었다. 따라서 이 시스템은 트랙터 운전자가 트랙터를 운전하면서 유압으로 게이트를 내리고, 문을 열고, 유압모터로 컨베이어를 작동시키는 방향으로 수정을 해야 했는데 비용 분석을 하여 보면 실제 제작비용도 그렇게 차이가 나지 않는 것으로 분석되었다.

③아울러 배출시스템으로 동력을 전달하는 복잡한 여러 개의 스프라켓 및 체인도 문제가 제기되었다.

제3절 제4차 시작기 TMR500B의 개발

1. 3차 시작기 TMR500A의 문제점 수정

본 연구팀에서는 TMR430B의 문제점을 수정하여 3차로 TMR500A 모델을 제작하였는데 수정 내용은 다음과 같다.

① 1회 배합 용량이 1,500kg으로 1회 60두 까지 급여 가능하도록 배합기의 용량을 5.6M³으로 증가 시켰으며, 또한

②배출 게이트의 열고 닫기에 대한 조작, 배출부의 체인 컨베이어, 배출 컨베이어의 상하로 올리고 내리는 작동등을 유압식으로 변경하여 트랙터 운전석에서 조작이 가능하도록 제작을 하였다. 그림 4-3은 TMR500A의 배출 게이트 및 컨베이어의 작동을 유압식으로 수정하기 위한 설계도이며 그림 4-4은 수정 제작된 TMR500A로 기계화연구소에서 1998년 5월에 신제품 농기계 형식검사를 받는 사진이다.

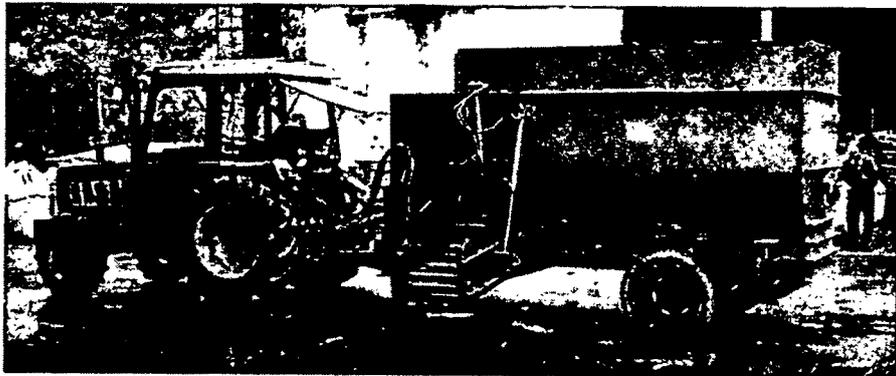
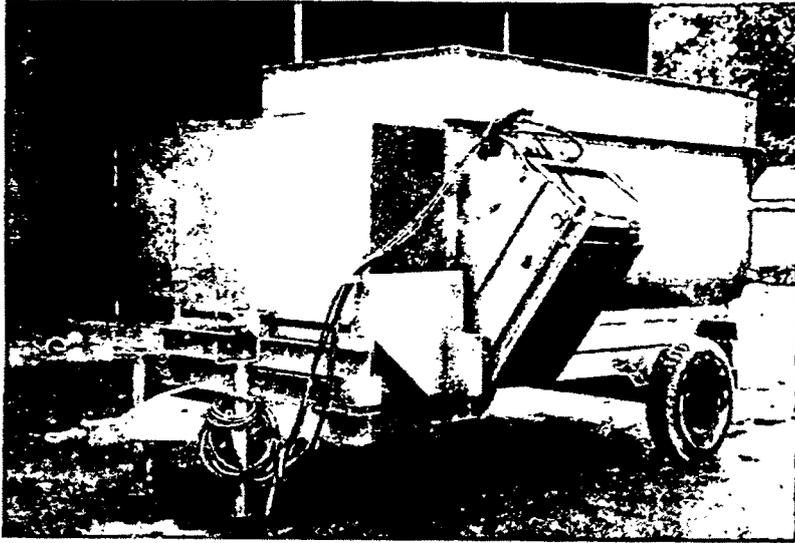


그림 4-4 TMR500A와 현장 테스트 사진(배출시스템의 유압장치 참조)

2. 제 4차 시작기(TMR500B)의 개발

그러나 3차 시작기 TMR500B의 문제로는, ①배합통과 교반기 사이에 틈이 많아 배출 후 잔량이 약70kg(4.7%) 이상이 되었고, 또한 ②과도한 배합용량의 증가로 트랙터 PTO 축으로부터 배합기의 축으로 연결되는 동력전달 시스템에 무리가 발생하였다. 그리고 이제까지 제작된 TMR시작기(TMR430A, TMR430B, TMR500A)의 전체적인 문제로 ③PTO축으로부터 배합기로 연결되는 동력전달 시스템에서 배합기의 회전수(15rpm)와 적정 스프라켓의

크기에 맞추어 트랙터의 PTO의 회전수를 380rpm으로 조작하여 배합기를 운전하도록 하였으나 농업기계화연구소의 검사과정에서 트랙터의 출력PTO 회전수는 540rpm으로 고정시키라는 지침이 있었다. 이렇게 PTO축의 속도를 540rpm에서 배합기 교반기의 속도를 15rpm으로 감속시키려면 교반기의 스프라켓의 직경이 엄청나게 크게되는 문제점이 발생하게 된다. 실제로 1차로 1998년 5월에 농업기계화 연구소에서 신기종 형식검사에서는 앞에서 열거된 몇 가지 이유로 불합격을 받는 수모를 당하였다.

따라서 4차로 수정 제작한 TMR500B 모델은 앞에서 제기된 여러 문제를 해결 할 수가 있도록 하였는데,

①배합탱크를 전체적으로 수정·설계를 하여 배출 후에 잔량이 0.5% 수준 이하로 낮추었으며,

②동력 전달 시스템을 스프라켓으로 부터 감속기어로 교체하여 동력전달상의 문제를 해결하였고,

③PTO회전수를 540rpm으로 하였을 때 배합기의 회전수가 15rpm이 되도록 설계를 수정하였다.

본 TMR500B를 현장(경기도 광주군 광동회)에서 시험을 하여본 결과 앞에서 제기된 모든 문제점을 해결을 할 수가 있었는데 특히 신기종 검사과정에서 가장 까다로운 8시간 연속운전시험에도 아무 이상이 없이 작동이 되었다. 본 연구에서 최종적으로 제작된 TMR500B는 제작비(1,200만원)가 매우 저렴하지만 본 제품을 농가에서 이용할 경우에는, ①원료반입 컨베이어와 ②조사료 세절기(또는 사료 절단기)를 같이 사용을 하게 되어 있다.

이러한 TMR500B의 새로운 동력 전달 체계도를 그림 4-5에 나타내었으며 그림 4-6은 TMR500B의 전체적인 외관도이고 그림 4-7은 TMR500B의 사진이다. 그림 4-8은 TMR500B의 앞부분의 동력전달부의 구조가 간단하게 기어박스로 대체되어 있는 것과 사료 배출부의 유압시스템을 보여주고 있다.

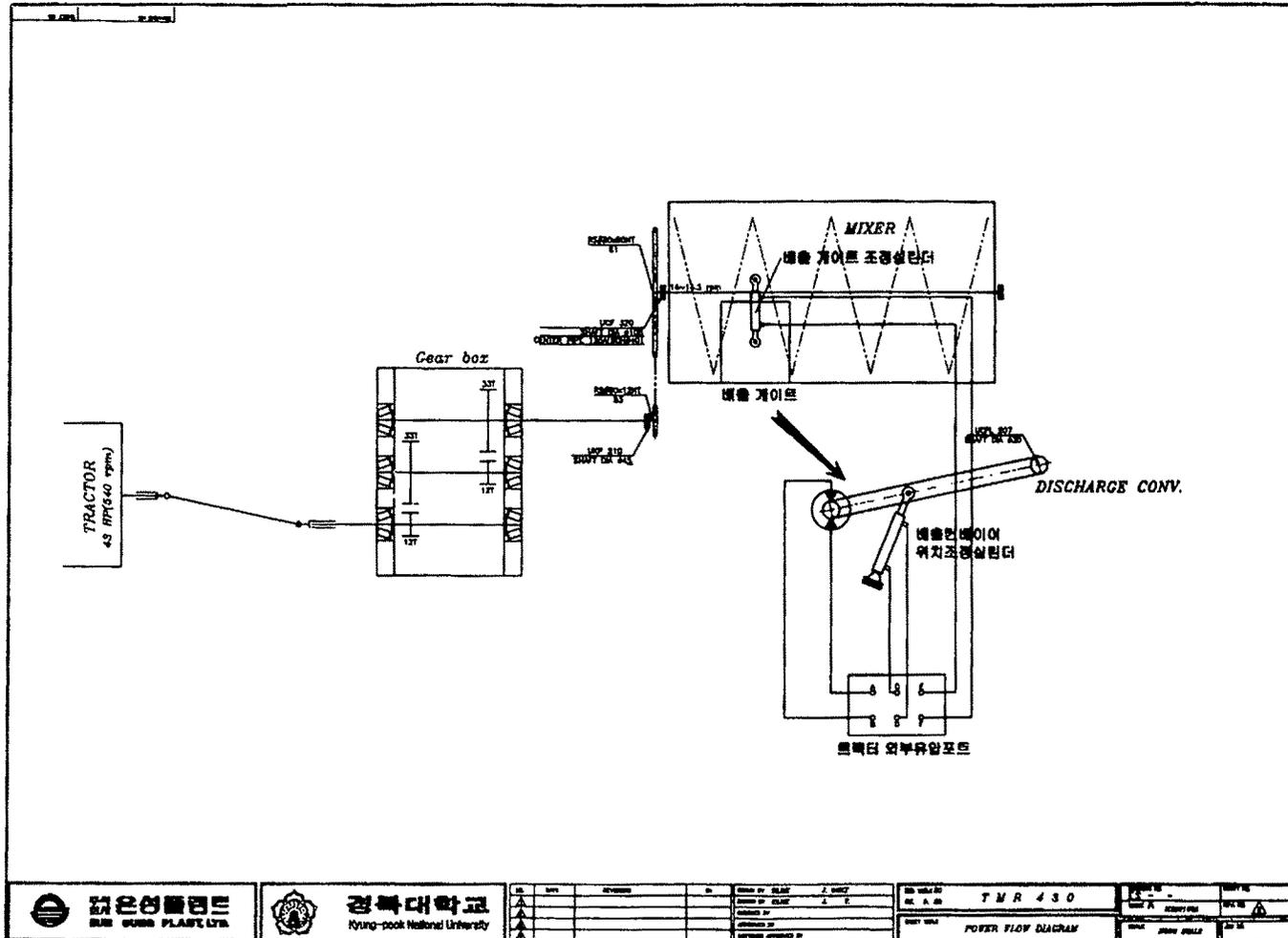


그림 4-5 TMR500B의 동력전달 체계도

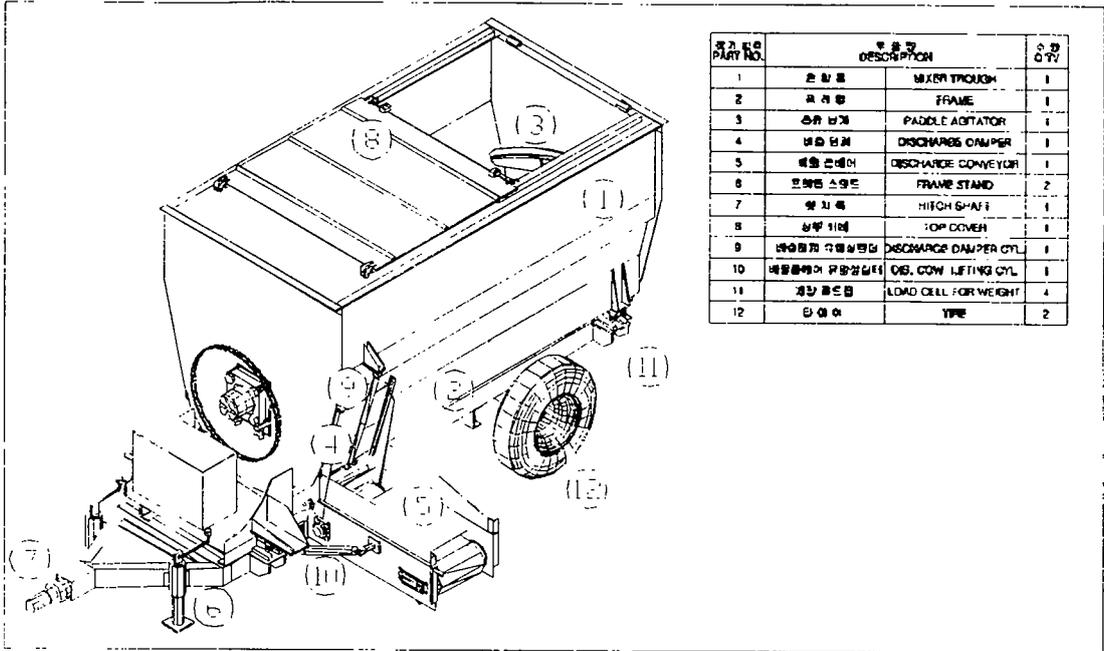


그림 4-6 TMR500B의 외관도

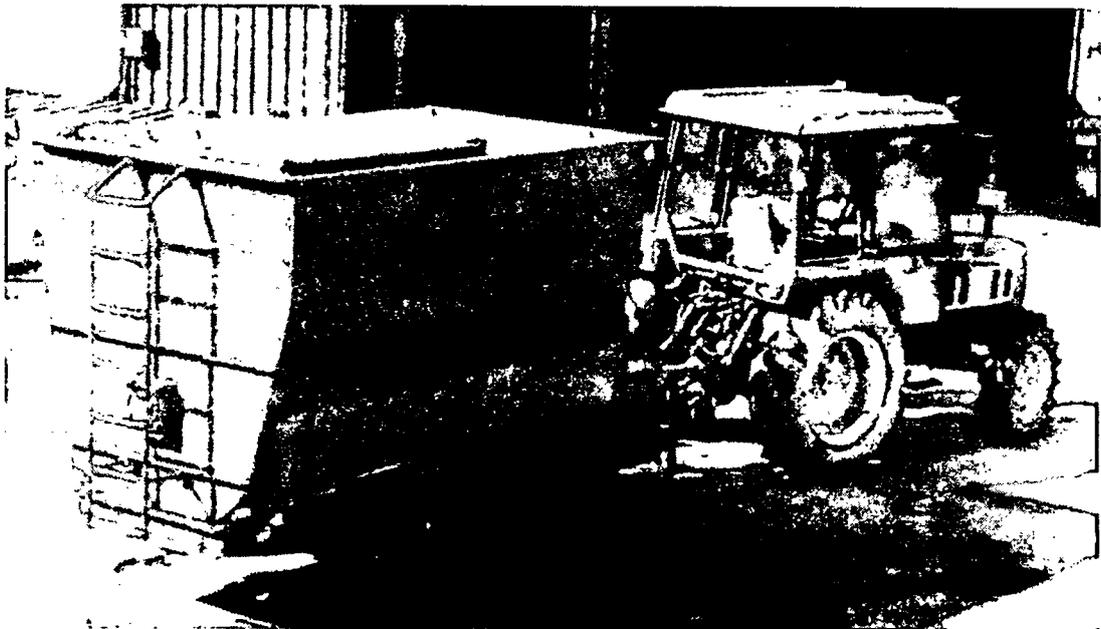


그림 4-7 TMR500B의 사진

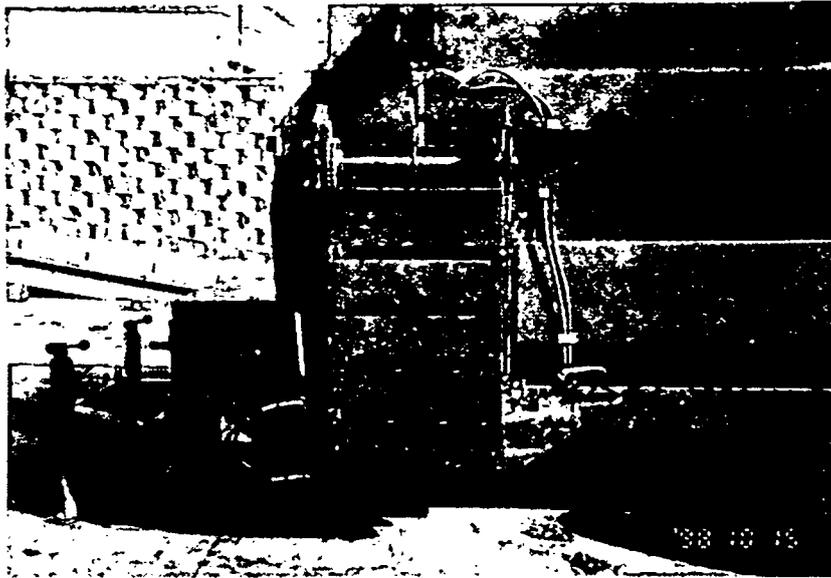


그림 4-8 TMR500B의 기어박스(좌) 및 유압에 의한 배출시스템(중앙)

제4절 조사료 세절·연화기의 개발

1. 연구의 필요성

초기(1,2년차)에 개발된 TMR430A 배합기에서 분리한 조사료 세절기는 세절 기능 뿐 아니라 거친 조사료를 부드럽게 하는 기능이 있다. 즉 투입→세절→스크린에 타격→스크린 통과→드로우어의 쳐 올림→배출의 과정을 거치는데 조사료의 크기는 스크린 사이즈로 조절을 하며, 조사료가 스크린을 통과하는 과정에서 연화작용이 이루어진다. 특히 국내산 벧짚이나 수입된 사탕수수 대는 아주 부드러워져 어린 송아지 사료로 적격으로 나타났다. 또한 이 기계는 조사료 뿐 아니라 봄철에 과수원의 잔가지나 새로 순이 나는 아카시아 나무 가지 등을 부드럽게 분쇄를 하여 낙농가의 조사료 보급에 크게 기여를 할 것으로 판단이 되었다. 그러나 본 TMR배합기에 세절시스템을 부착을 한 복합기능을 가진 TMR배합기(430A 모델)를 개발한 결과 제작비용이 증가되고(50% 이상), 배합기의 차체가 길어 기동력이 떨어지는 문제점이 있어 TMR 배합기에 부착하여 개발된 조사

료 세절기를 기존의 낙농에서 사용되는 조사료 세절기와 구분이 가는 즉 조사료 세절 및 연화 작용을 하는 세절-연화기를 개발을 하였다.

2. 조사료의 세절-연화 가공 매카니즘

따라서 본 연구에서는 기존의 벧짚 세절 작업 방식을 유지하면서 10마력대의 동력으로 작업이 가능하며 회전식 칼날에 의해 벧짚이 세절됨과 동시에 칼날과 스크린 망에 의한 분쇄작용으로 벧짚의 연질화가 가능한 구조로 기계 매카니즘을 구성하도록 하였다.

1) 개발된 세절-연화기의 구조

본 연구에서 개발된 세절-연화기의 구조를 그림 4-9에 나타내었으며, 세절-연화의 매카니즘을 살펴보면 벧짚이 투입구(1)로 투입되면 아래 방향으로 회전하고 있는 회전날(2)의 타격력과 회전날 및 고정날(3)과의 전단 작용으로 벧짚이 세절되고, 세절된 벧짚은 해머의 끝단부와 스크린 망(4)의 사이에 끼어 스크린 구멍을 통과하여 하부로 떨어질 때까지 분쇄 작용을 받게 된다. 스크린 망 하부로 떨어진 세절-연화된 벧짚은 오거(5)에 의해 이송용 스토워(6)에 보내져 배출구(7)를 통하여 원하는 위치까지 이송되어 진다. 본 연구에서 개발된 세절-연화기에서는 벧짚의 세절 이외에 분쇄 작용에 의한 연화가 일어나 보다 기호성이 좋은 부드러운 벧짚 제조가 가능하며 스크린 망의 스크린 규격을 변경함에 따라 세절 길이의 조절과 함께 연화의 정도까지 변화가 가능하였다. 또한 그림4-10은 TMR 배합기에서 분리하여 별도로 제작된 조사료 세절-연화기이다.

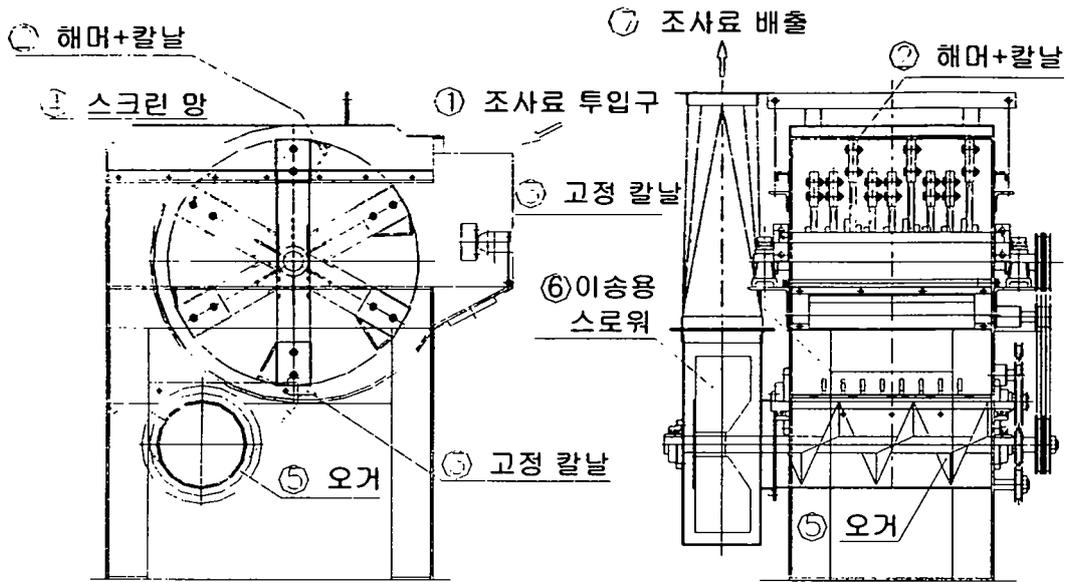


그림 4-9 개발된 벚짚 세절-연화기의 구조도

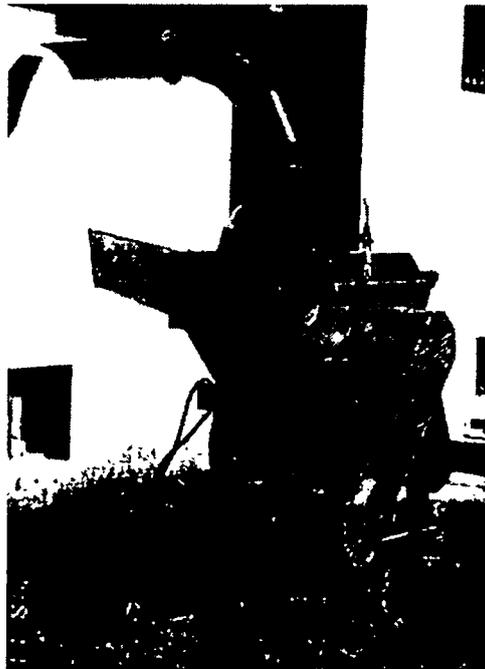


그림 4-10 개발된 조사료 세절·연화기

제5절 TMR배합기의 개발 요약

초기에 개발된 TMR430A의 모델은 약 36두 정도 급여 가능한 배합기로 조사료의 세절, 계량, 트랙터 견인에 의한 이동, 사료배출, PTO에 의한 동력 취출 등의 기능을 복합한 종합기능을 가진 배합기다. 그러나 제작비용이 높을 뿐 아니라 길이가 길어 상토용으로 사용시에 포장에 이동을 할 경우 기동성이 떨어지는 결점이 있어 세절 기능만을 분리한 TMR430B를 개발을 하였다. 그러나 TMR430B도 최근의 급속도로 이루어지는 낙농가의 규모화에 부응을 할 수가 없을 뿐 아니라 배출 게이트 및 배출 컨베이어의 작동을 수동으로 조작을 하게 되어 있어 많은 문제가 노출이 되어 배합 용량이 60두 규모가 되는 TMR500A를 유압시스템으로 수정·개발을 하였다. 그러나 이 또한 최초의 TMR430A로부터 무리하게 확장을 한 것으로 배출 후 배합 탱크 내에 잔량, 트랙터 PTO 회전수의 감소에 따르는 체인 구동식에 의한 동력전달 시스템의 문제 등이 제기되어 배합탱크의 재설계와 아울러 동력전달장치를 기어구동형으로 전면 재 설계를 하여 최종 TMR500B를 개발하게 되었다.

다음의 표 4-1은 TMR430A, 430B, 500A, 500B로 이어지는 일련의 연속적인 TMR배합기의 개발 내용을 요약하여 나타낸 것이며 그림 4-11, 그림4-12, 그림4-13, 그림4-14는 각 기종별 외관 사진들이다.

표 4-1 시작품 TMR배합기의 개발 요약표

제작 순서	모델명	규격 및 주요장치	문제점	비고
1차 제작	TMR430A	배합용량: 800 kg/회(젖소 36두) 주요장치: 패달형 교반기 조사료 반입 및 세절장치 조사료 및 분쇄물 이송 뉴메틱컨베이어 및 사이클 론 부착 계량장치(로드셀 부착) PTO 감속장치(스프라켓) 제품 배출게이트(수동) 제품이송컨베이어(체인)	장점: 배합효율 양호 조사료 및 습사료 배합 양호 조사료 세절 양호 곡물 분쇄 양호 단점: 배합용량부족 (최소 50두 이상) 로드셀의 오차 스프라켓의 체인 이탈	<ul style="list-style-type: none"> ○ SIEMSTA 출품(1996년 11월) ○ 4H 50주년 기념 전시회 출품(1997) ○ 스프라켓 체인 조정 ○ 배합기 용량 증대 필요
2차 제작	TMR430B	배합용량: 800 kg/회(젖소 36두) 주요장치: TMR430A에서 조사료 반입 · 세절 · 이송시스템을 제거 기타 사양 TMR430A와 동일	장점: 배합효율 양호 조사료 및 습사료 배합 양호 단점: 배합용량부족 (최소 50두 이상) 스프라켓의 체인 이탈	<ul style="list-style-type: none"> ○ 4H 50주년 기념 전시회 출품(1997) ○ 조사료 세절 시스템 분리
3차 제작	TMR500A	배합용량: 1,500 kg/회(젖소 60두) 주요장치: 주요장치 TMR430B 유사 배출게이트 및 컨베이어에 유압장치 장착	장점: 배합용량증가 유압시스템 장치로 동력전달 시스템 단순화합 단점: 배합탱크와 교반기 의 불균형으로 배합 후 잔량 과다 동력전달 시스템의 감속장치 스프라켓 의 내구성 및 소음 문제점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 조사료 세절 시스템 분리 ○ 유압장치부착 ○ 배합용량증가 1일 60두이상
4차 제작	TMR500B	주요장치: TMR500A와 유사 PTO감속장치는 기어감속기 로 변경 PTO 회전수는 540rpm으로 변경	장점: 배합용량증가 유압시스템 장치로 동력전달 시스템 단순화합 기어감속기로 소음 및 동력전달시스템 은 단순 및 양호 배합효율 양호 단점: 아직 발견 못함	<ul style="list-style-type: none"> ○ 조사료 세절 시스템 분리 ○ 유압장치부착 ○ 배합용량증가 1일 60두이상 ○ 동력전달시스 템을감속기어 장치로 변경
4차 제작	조사료 세절기	주요장치: TMR430A에서 분리한 조사 료의 세절 및 연화 장치	장점: 농가의 필요에 따라 선택	

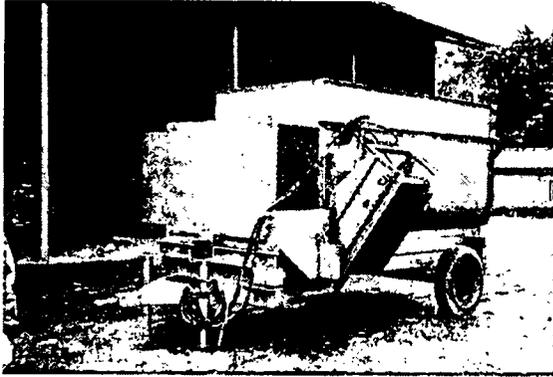


그림 4-13 TMR500A 외관

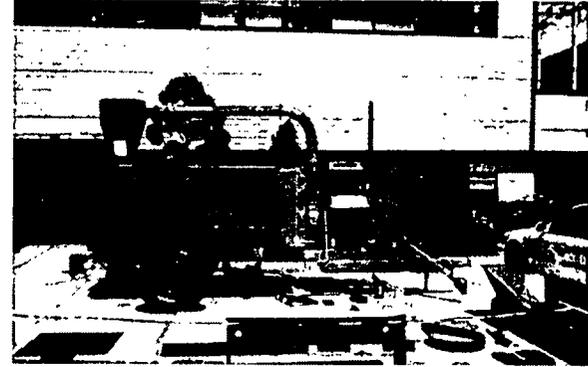


그림 4-11 TMR430A 외관

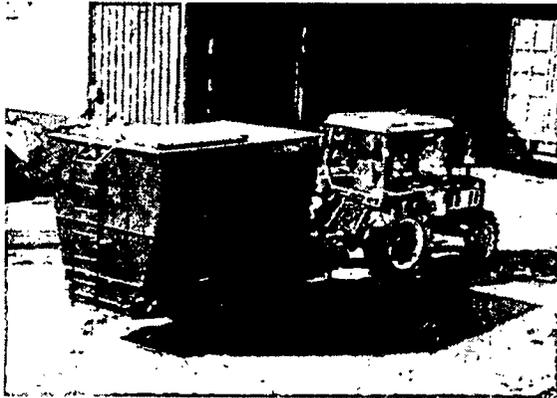


그림 4-14 TMR500B 외관



그림 4-12 TMR430B 외관

제 5 장 경제성 분석

제 5 장 경제성 분석

제 1절 서론

본 연구는 트랙터 견인형 TMR 배합기의 개발로 페달형 교반장치, 조사료 세절장치, 배합된 사료의 자동배출장치, 원료계량장치를 가진 최대 배합용량 1.5ton 규모의 다기능 자가 TMR용 배합기를 개발함에 있다. 지난 3년간 많은 현장테스트와 시행 착오에 대한 수정 및 보완 그리고 재 설계와 재 제작 등을 거치면서 개발된 본 시작기는 50두의 젖소 사육농가에 공급하여 실증 시험한 결과 기계 성능 면에서 매우 만족스러운 결과를 보였다. 또한 농업기계화 연구소에서 실시하는 신기계 형식 검사에 합격판정을 받은 바 있다.

그러나 개발된 TMR 배합기가 실제로 제조 업체에서 생산을 한 후 합리적인 가격으로 농민에게 공급을 하였을 때, 경제성이 있는가 하는 문제는 매우 중요한 요소가 된다. 특히 본 연구의 목적은 현장에서 농민에게 직접 혜택을 줄 수 있는 문제를 해결을 하는 것이기 때문에 기계에 대한 경제성 분석은 매우 중요한 의미를 가진다하겠다.

현재 낙농가에서 이루어지고 있는 젖소의 사료 급여 형태를 보면 조사료 및 농후사료를 분리 급여하는 관행의 사료 급여 방식과 TMR사료를 기본으로 하고 조사료 또는 농후사료를 추가 급여하는 TMR 급여 방식으로 나눌 수 있는데 최근에는 전체 낙농가의 30%이상, 40두 이상의 젖소 사육농가의 절반 정도가 TMR사양을 실시하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 TMR 급여 방식은 다시 목장 자체에서 배합하는 자가 TMR 배합 시스템과 시중에서 TMR배합소에서 배합된 사료를 구입하여 급여하는 시스템, 공동으로 배합하여 사용하는 공동배합 TMR시스템 등으로 나눌 수 있는데 “서울 우유 협동조합 97년 실태조사 결과” 서울우유 납유 TMR목장의 13%가 자가TMR을 실시하고 있는 것으로 나타났다. 이렇듯 자가 TMR의 비율이 낮은 것은 아직 우리 나라 낙농가의 가구당 젖소 사육두수가 30마리 내외로 영세하여 고가의 수입 TMR 배합기를 구입하기

어렵고 유통 TMR 또는 공동배합 TMR을 이용할 경우 배합작업에 소요되는 시간과 노력을 줄일 수 있기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 젖소에 대한 사료급여의 내용이나 형식은 목장의 경영 규모, 경영 형태 및 목장주의 경영철학에 의해 결정되는 바가 크므로 시중에 유통되는 TMR배합사료의 구입 또는 공동 TMR배합소에서 구입한 사료급여 시스템 등이 모든 낙농가를 만족시킬 수 없으며 오히려 향후 사육규모의 증가와 더불어 자가 TMR의 비율은 높아질 것으로 판단된다.

또한 각 낙농가에서의 자가 TMR 시스템을 사양을 실시함은 낙농경영비에 있어 약70%를 차지하는 사료비의 절감을 위한 자신만의 know-how개발에 의한 경쟁력 제고에 필수적이라 사료된다. 이를 위해서는 값싸고 성능 좋은 국산 TMR 배합기의 공급이 이루어져야 하며 전술한 바와 같이 본 연구에서 진행된 국산 시작기의 개발은 성공적인 것으로 평가되었다.

이에 따라 본 연구의 목적은 ①앞의 본 연구에서 개발된 TMR 배합기를 개별 농가에 공급했을 경우와 ②관행에 의한 조사료와 농후사료를 분리하여 급여를 했을 경우 비용 및 수익성을 비교·분석을 하여 본 연구에서 개발된 자가 TMR 배합기(트랙터 견인형 TMR배합기)가 우리나라의 낙농가에 적용할 수 있는지에 대한 가능성 여부를 제시함에 있다.

제 2절 TMR 배합기의 이용비용

본 연구에서 개발된 TMR 배합기는 트랙터 견인형으로서 트랙터 P.T.O 에 의해 구동되어진다. 그 구성을 보면 순수 배합만을 하는 TMR 배합기 본체에 조사료 절단이 가능한 세절 장치가 부착되어 있고 별도의 사료 투입용 컨베이어도 개발되었다. 세절장치와 원료 투입용 컨베이어는 필요에 따라 기계 사양에 추가하거나 제외시킬 수 있는데 본 연구의 경제성 분석에서는 ①배합 기능만을 가진 TMR 배합기(TMR-1) + 벧짚 절단을 위한 범용의 조사료 절단기 + 원료 반입용 포터블 컨베이어등 3 종류의 기계를

이용하는 경우(자가TMR 시스템I), ②TMR 배합기에 세절장치가 부착된 복합 기능을 가진 배합기(TMR-II) + 원료 반입용 포터블 컨베이어를 이용한 2종류의 기계를 이용하는 경우(자가TMR 시스템II)의 2시스템에 대하여 분석하였다. 또한 TMR 배합기의 가격은 업체 판매 가능 가격(50대 이상 판매시의 가격)을 기준으로 하였으며 기타 분석에 사용에 모든 가격은 IMF 이전인 97년 가격을 기준으로 하였다. 이에 대한 기계의 이용비용은 고정비와 변동비로 구분하였으며 구체적 항목을 표5-1에 나타내었다.

표 5-1 TMR 배합기의 고정비 및 변동비의 구성 요소

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

1. 고정비

가. 감가상각비

TMR 배합기와 세절기의 내구 연한은 현재 분류된 자료가 없어 트랙터용 작업기 수준인 8년으로 정하였다. 또한 기계의 폐기 가격은 구입 가격의 10%로 가정하였다.

나. 수리비

수리비는 TMR 배합기의 경우 트랙터용 로타리의 연간 수리비계수(0.0625)를 적용하여 계산하였으며 세절기 전자동 탈곡기의 연간 수리비계수(0.025)를 적용하였다.

다. 이자

이자는 농림부의 농기계 구입 자금 지원 규정인 기계구입가의 90% 용자(연리 3%)조건을 적용하였으며 나머지 10%에 대해서는 농협 일반 대출 금리(연리 15%)를 적용하였다.

라. 차고비

차고비는 기계 구입가의 1%로 하였으며 이상에서 언급한 내용을 기준으로 고정비 계수를 산출하고 해당기계의 구입가를 조사하여 표 5-2에 나타내었다.

표 5-2. 기계 구입가격 및 고정비 계수(단위: 1,000원)

작업기의 종류		TMR 배합기		원료 반입용 포터블 컨베이어	조사료 절단기
		TMR-I	TMR-II		
구입가격(천원)		18,000	25,000	2,000	1,200
고정비 계수	감가상각비	0.1125	0.1125	0.1125	0.1125
	수리비	0.0625	0.0625	0.0625	0.0625
	이자	0.0231	0.0231	0.0231	0.0231
	차고비	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100
	합계	0.2081	0.2081	0.2081	0.2081

**TMR-I 배합기능만을 가진 TMR 배합기

**TMR-II 배합기능과 함께 조사료 세절기능을 가진 복합기능 TMR배합기

- 1) 사료절단기: 5ps 모터 장착
- 2) 컨베이어: 2ps 모터 장착
- 3) 연간 고정비= 고정비 계수 x 구입가격

2. 변동 비용

TMR 배합기 및 세정기의 이용시의 변동비용은 식(1)로 산출하였다.

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

여기에서 VC : 변동비용 (원/년)

H : 연간 기계 이용 시간 (시간/년)

F : 1시간 작업시의 소모 연료비용 (원/시간)

O : 1시간 작업시의 소모 윤활유 비용 (원/시간)

L : 시간당 노동 임금 (원/시간)

E : 시간당 소모 전력비 (원/시간)

T : 원동기의 시간당 이용 비용 (원/시간)

가. TMR 배합기 연간 이용 시간

개발된 TMR 배합기의 최대 배합 용량은 1.5 ton으로 젖소 1일 두당 평균 사료 급여량을 25kg으로 할 경우 1회 배합시 60두의 사료 급여가 가능하다. 사료 배합 및 급여 횟수는 농가 사정에 맞도록 행해질 수 있으나 배합 시간의 단축을 위해 배합은 1일 1회 사료 급여는 1일 2회 사료 급여하는 것으로 가정하였다. 물론 개발된 배합기의 실증시험 농가에서도 이와 같은 방법으로 사료 급여 실시하였다. 그러나 사육두수가 60두를 초과할 경우 1일 2회 배합 실시하는 것으로 계산하였다.

사료 급여의 과정은 원료 확보→ 원료 투입→ 원료배합→ 사료 배출→ 사료 급여의 순서로 이루어지는 데, 배합기를 실제 가동하는 시간은 원료 투입, 원료 배합, 사료 배출의 과정에만 국한시켰다. 그리고 여타의 시간은 배합기 사용 시간에서 제외하였다. 실제로 배합에 소요된 시간을 측정된 결과 개발된 배합기의 최대 용량인 1.5ton의 사료 배합에 소요된 시간은 원료투입은 컨베이어와 같이 작업을 할 때는 40분, 원료 배합에는 15분, 배합된 사료의 배출에는 5분이 각각 소요되었다. 이를 기준으로 사육두수별 배합기 이용 시간을 추정하여 표 5-3에 나타내었다.

표 5-3. 자가 TMR 배합시스템의 예상 소요 시간(unit: hour/day)

사육두수		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120
1일 급여량(kg)		250	500	750	1,000	1,250	1,500	1,750	2,000	2,250	2,500	3,000
소요시간	투입	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0
	배합	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	배출	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
	합계	0.83	0.93	1.03	1.13	1.23	1.33	2.16	2.26	2.36	2.46	2.66

참고*배합시간은 배합할 원료의 양에 관계없이 15분으로 함
 *사료 배출 시간은 배합된 사료의 양에 관계없이 5분으로 함
 *배합증량에 따른 투입 시간은 10-50두의 경우 10두 감소시 마다 60두 기준 소요시간의10%를 감소시키고 70-120두의 경우는 60두 기준 소요시간에 10-50두 소요시간을 추가함

나. 조사료 절단기의 연간 사용시간

젖소의 연간 두당 평균 볏짚 급여량은 1,772kg이며(97년도 축산물 생산비 조사보고) 전단기의 작업능률을 1,000kg/hr로 하여(97년도 농업기계화 연구소 검사 결과) 사육두수별 사료절단기의 예상 사용 시간을 계산하여 표 5-4에 나타내었다.

표 5-4. 볏짚 세절용 사료절단기의 예상 이용 시간(unit: hour/day)

사육두수(두)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120
1일 볏짚 급여량(kg)	49	98	147	196	245	294	343	392	441	490	588
소요시간	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.29	0.34	0.39	0.44	0.49	0.60

*연간 사용 시간= 365 x 1일 사용시간

다. 연료비

TMR 배합기에 의한 사료의 배합시 트랙터의 소요동력은 다음과 같이 산출을 하였다.

① 트랙터 P.T.O출력은 55ps 트랙터(대동)의 P.T.O효율을 85%로 기준으로 하였다. 이에 따라 최대 P.T.O출력은 34.9kw가 된다.

② 트랙터 최대 출력에 대한 부하율을 0.7로 가정하여 트랙터의 출력을 24.4kw로 산출을 하였다.

③트랙터의 연료소모량은 2.445kwh/리터(정창주 외, 농작업 기계학)로 하였으며 면세유 가격 264원/리터를 적용하여 연료비는 2,635원/시간으로 하였다.

라. 윤활유비

작업시 소요되는 윤활유 비용은 연료비의 15%로 가정하였다(정창주 농작업기계학).

마. 전력비(사용요금)

사료절단기와 포터블 원료반입 컨베이어 운전에서 소요되는 전력비는 축산 및 양잠에

적용되는 전력비를 기준으로 계산하였다. 전력비는 기본료 1,070원/kw-월 과 사용료 36.7원/kw-h의 합으로 계산되는데 편의상 기본료는 고정비로, 사용료는 변동비로 분류하여 산출을 하였다.

바. 시간당 노임

시간당 노임은 97년 9월 농촌 노동임금 전국 평균치인 성인 남자 1인의 경우 4,892 원/시간으로 하였다(97.9 농협 조사월보).

사. 트랙터 사용에 의한 시간당 이용 비용

트랙터 사용시의 시간당 이용 비용은 기계의 구입가 x 고정비 계수에 연간 트랙터 총 사용시간을 나눈 값으로 정의하였으며, 트랙터 총 사용시간은 TMR 배합 시간과 TMR 배합 이외의 작업시간을 합한 것으로서 TMR배합 이외의 작업시간은 트랙터 연간 평균 사용시간 500시간으로 하였다. 따라서 트랙터의 고정비 계수는 앞에서 기술한 바와 같이 계산하여 트랙터의 구입가와 함께 표5-5에 나타내었다.

표 5-5. 트랙터 구입가격 및 고정비 계수

항목 트랙터	구입가(원)	고정비 계수				
		감가상각비	수리비	이자	차고비	합계
55ps	22,890,000	0.09	0.07	0.0231	0.01	0.1931

아. 사료급여에 따르는 노동비

순수한 사료 급여에 따르는 소요 노동 시간에 대해 조사된 자료는 아직은 조사가 된 바가 없으며 각 농가의 사양 형태, 우사 구조등의 개별 여건에 따라 달라질 수 있다. 본 연구는 실증 시험에 의해서 농가에서의 급여시간을 조사한 결과 60두 사육까지는 1회 급여시 약 10분 소요가 되었으며 이 후 10두가 증가 함에 따라 1분씩을 증가 시켜 사육두수에 따른 급여 시간을 정하였다.

제 3절 결과 및 고찰

1. 작업시스템에 따르는 TMR배합기의 이용 비용비교

이상에서 언급한 내용을 토대로 TMR 배합기(TMR-I, TMR-II), 원료 반입용 포터블 컨베이어, 조사료 절단기를 이용하였을 경우에 사육 두수에 따르는 이용 비용을 계산하여 그 결과를 그림 5-1과 표5-6에 나타내었다. 또한 이를 사육규모에 따른 1일 두 당 비용을 회귀분석을 통해 추정하여 식-2, 식-3과 같이 나타냈다

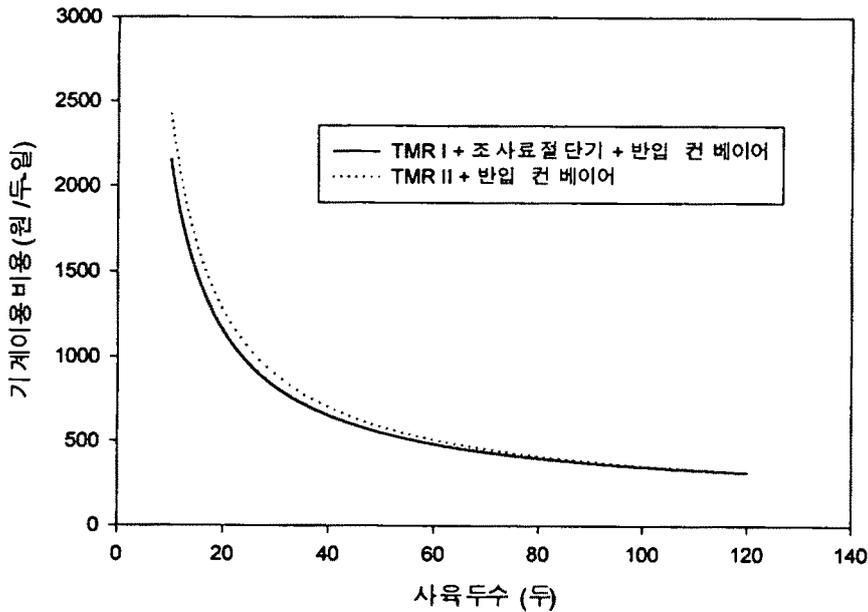


그림 5-1. TMR 급여 시스템별 기계이용비용 비교 그래프

$$y = 150 + 20,040/x, R^2 = 0.997 \quad \text{-----} \quad (2)$$

1) x : 사육두수, y : TMR급여시스템 I의 이용비용

2) TMR I + 조사료 절단기 + 원료 반입용 컨베이어 사용시의 기계이용비용

$$y = 124 + 22,996/x, R^2 = 0.994 \quad \text{-----} \quad (3)$$

1) x : 사육두수, y : TMR급여 시스템 II의 이용비용

2) TMR II + 원료 반입용 컨베이어 사용시의 기계이용비용

위의 결과에 의하면 사육두수가 증가함에 따라 이용비용은 급격히 감소를 하고 있으며 약 60두 경영규모에 이르면 감소세는 완만하게 되는 경향이 있는 것으로 나타났다. 또한 두 시스템 모두 상관계수(R^2)가 0.99를 초과하고 있어 사육두수에 따른

TMR 배합기의 이용비용 추정식으로서 상당한 신뢰성을 주고 있다. 그리고 자가 TMR배합 시스템I(TMR-I배합기 + 조사료 세절기 + 반입 컨베이어)이 시스템II에 비하여 비용이 약간 적게 드는 것으로 나타났는데 이는 기계구입에 의한 고정비가 영향을 미친 것으로 판단되었다. 따라서 사육 규모가 증가함에 따라 시스템I은 시스템 II와 거의 같아지는 경향을 보여주고 있다.

표 5-6. TMR 배합기 및 조사료 절단기의 이용 비용 분석 내용

구분		10두	20두	30두	50두	70두	80두	100두	120두	
배합기 TMR-I + 반입용 컨베이어 ㉠	고정비(천원/년)	4,181	4,181	4,181	4,181	4,181	4,181	4,181	4,181	
	변 동 비	시 간 당 (원)	노임	4,892	4,892	4,892	4,892	4,892	4,892	4,892
			연료	2,635	2,635	2,635	2,635	2,635	2,635	2,635
		운활	395	395	395	395	395	395	395	395
		전력	55	55	55	55	55	55	55	55
		원동	5,937	5,767	5,581	5,265	3,984	3,907	3,738	3,594
	사용시간/년	245	266	292	339	610	631	683	730	
	천원/년	3,409	3,656	3,959	4,489	7,296	7,499	8,001	8,447	
원(1일-1두)	2,079	1,074	743	475	449	400	334	288		
조사료 절단기 ㉡	고정비(천원/년)	265	265	265	265	265	265	265	265	
	시 간 당 (원)	노임	4,892	4,892	4,892	4,892	4,892	4,892	4,892	4,892
		전력	96	96	96	96	96	96	96	96
	사용시간/년	17.9	35.8	53.7	89.4	125.2	143.1	179	215	
	천원/년	89	179	268	446	624	714	893	1,072	
원(1일-1두)	97	61	49	39	35	34	32	31		
자가TMR 시스템 I(㉠+㉡)		2,176	1,135	792	514	484	434	366	319	
배합기 TMR-II + 반입용 컨베이어 자가TMR 시스템II	고정비(천원/년)	5,638	5,638	5,638	5,638	5,638	5,638	5,638	5,638	
	시 간 당 (원)	노임	4,892	4,892	4,892	4,892	4,892	4,892	4,892	4,892
			연료	2,635	2,635	2,635	2,635	2,635	2,635	2,635
		운활	395	395	395	395	395	395	395	395
		전력	55	55	55	55	55	55	55	55
		원동	5,937	5,767	5,581	5,265	3,984	3,907	3,738	3,594
	사용시간/년	245	266	292	339	610	631	683	730	
	천원/년	3,409	3,656	3,959	4,489	7,296	7,499	8,001	8,447	
원(1일-1두)	2,479	1,171	876	555	506	450	374	322		

2. 자가 TMR사료 급여시스템의 경제성 분석

가. 관행 시스템의 사료급여에 대한 기존의 조사 결과 요약

축협중앙회의 1997년도 축산물 생산비 조사보고에 의하면 관행 즉 인력에 의한 사료급여 비용을 표 5-7과 같이 보고를 하였으며 또한 사료비를 표5-8과 같이 보고하고 있다.

표 5-7 낙농가의 사료급여에 소요되는 노동력 및 비용

10두미만	10두 - 30두	30두이상
82.3시간/두-년	74.5시간/두-년	66.4시간/두-년
465원/일-두	407원/일-두	323원/일-두

자료: '97축산물 생산비 보고(1997, 축협중앙회)

표 5-8 낙농가의 사료비(원/두-년)

비 목	10두미만	10두 - 20두	30두이상
농후사료	1,171,106	1,233,680	1,246,517
조 사 료	297,392	244,886	249,686
사 료 비	1,468,498	1,488,839	1,496,206

자료: '97축산물 생산비 보고(1997, 축협중앙회)

나. TMR배합사료비용 및 급여방법에 따른 사양효과

서울우유협동조합의 조사보고서(1997년)에 의하면 TMR사료급여를 할 경우 사료에 대한 기호성이 높아 젖소의 사료급여량이 증가를 하게 되며 따라서 순수사료비는 관행에 비하여 약 2.7% 더 높아지고 반면 젖소의 착유량이 증가한다고 하였다. 따라서 순수하게 이용비용 측면에서 TMR급여 시스템과 관행시스템을 비교하면 그림 5-2와 같이 TMR 급여시스템이 관행시스템에 비하여 높게 나타나고 있는 것으로 분석이 되고 있다. 투자비용이 필요 없는 관행의 작업에 비해 기계 구입 비용 및 기계 가동을 위한 비용이 들어가는 자가TMR의 비용이 높은 것은 당연한 일이다. 그러나 본 TMR 배합기를 이용하는 경우 사육두수가 증가함에 따라 비용의 차이가 급격하게 줄어드는 것

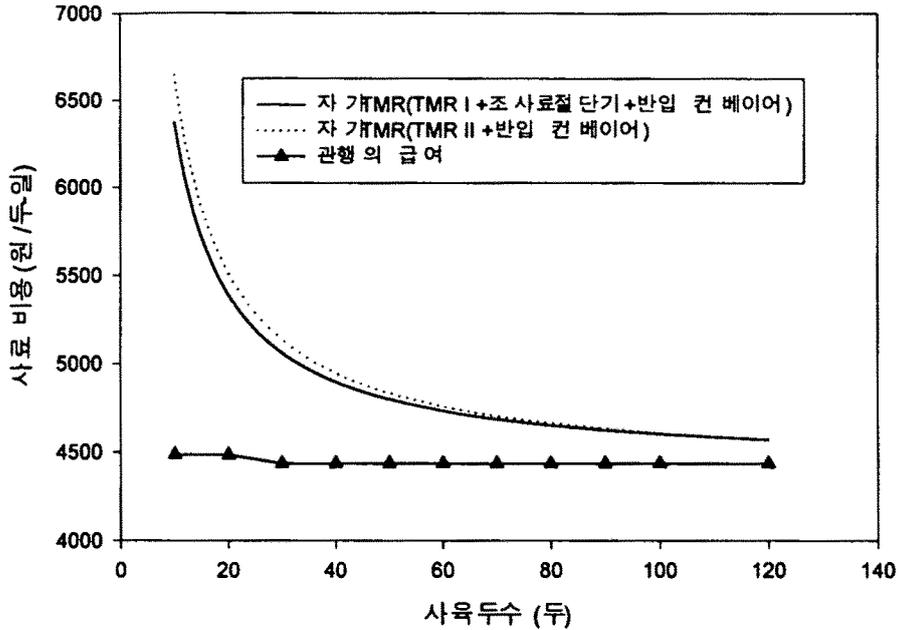


그림5-2 사료 급여 시스템별 사료비용 비교 그래프

을 볼 수 있다. 현재 TMR을 실시할 경우 사료비용이 줄어드는 경우와 증가하는 경우가 모두 보고되고 있는데 이는 개인적인 노력 여하에 따라 사료비의 감소를 이룰 수 있을 것으로 판단되며 이 경우 TMR에 의한 우유대 수입 증가의 효과가 없어도 자가 TMR실시로서 비용의 절감을 이룰 수 있을 것이다. 본 분석의 계산결과는 사육두수 50두의 경우 1일 두당 사료 생산비용이 관행작업보다 331원 높은 것으로 나타났으며 자가 TMR배합 급여시의 1일 두당 평균 사료가격은 4,769원으로 급여사료비의 10%만 절감하여도 위의 생산비용의 차이를 극복할 수 있을 것으로 생각된다.

그러나 TMR시스템에 의한 사양의 효과는 사료비가 증가하는 반면 두당 산유량의 증가와 유지율 증가, 세균수와 체세포 수 감소로 인한 우유등급 상승에 의해 유대 수입을 증가시킬 수 있는 것으로 보고되고 있다. 서울우유 협동조합의 조사 결과에 의하면 TMR배합에 의한 사료를 급여했을 경우 1일 1두당 산유량이 2kg 증가가 된 것으로 보고되어 있다(표5-9). 이는 Owen(1978), 이(1995) 등이 발표한 내용과 거의 일치하고 있으며 따라서 본 분석에서는 TMR배합에 의한 사양이 비TMR 사양보다 두당 산유

표5-9. TMR 사료 급여와 비TMR 사료급여에 대한 급여 효과 비교

구분	목장수 (호)	평균사육 두수(두)	두당 산유량 (kg)	세균수 (만)	체세포수 (만)	유지율 (%)	유대단가 (원)	두당유대 수입(원)
TMR 사양(A)	650	38.40	21.30	5.00	44.50	3.81	505.5	10,752.0
비TMR사 양(B)	3,648	33.30	19.30	5.68	47.9	3.78	500.20	9,643.8
A/B(%)	17.8	115.3	110.9	88.0	92.90	100.8	101.1	111.4

자료: 서울우유 협동조합('97 평균치)

량이 2kg 증가되는 것으로 계산하였고, 두당 산유량 및 kg당 유대 수입은 97년도 축산물 생산비 보고상의 통계치를 이용하였다. 표 5-10은 TMR배합에 의한 사료급여와 관행에 의한 사료급여를 비교 분석한 것이고 식 4와 5는 이에 대한 산출 식이다.

표 5-10 사료 급여 시스템별 사료비용 및 수익 계산 결과 (단위: 원/두-일)

사육두수		10두	20두	30두	50두	70두	80두	100두	120두	
TMR 시스템I (TMR I + 조사료 절단기 + 반입 컨 베이어)	사료 비용	기계비용	2,176	1,135	792	514	484	434	366	319
		사료비	4,132	4,190	4,226	4,226	4,226	4,226	4,226	4,226
		급여비용	82	49	38	29	26	24	23	20
		합계	6,390	5,374	5,056	4,769	4,736	4,684	4,615	4,565
	우유 수입		8,434	8,833	9,165	9,165	9,165	9,165	9,165	9,165
	사료비공제 수입		2,044	3,459	4,109	4,396	4,429	4,481	4,550	4,600
TMR 시스템II (TMR II + 반입 컨베이어)	사료 비용	기계비용	2,479	1,171	876	555	506	450	374	322
		사료비	4,132	4,190	4,226	4,226	4,226	4,226	4,226	4,226
		급여비용	82	49	38	29	26	24	23	20
		합계	6,693	5,410	5,140	4,810	4,758	4,700	4,623	4,568
	우유 수입		8,434	8,833	9,165	9,165	9,165	9,165	9,165	9,165
	사료비공제 수입		1,741	3,423	4,025	4,355	4,407	4,465	4,542	4,597
관행급여 시스템	사료 비용	사료비	4,023	4,079	4,115	4,115	4,115	4,115	4,115	4,115
		급여 비용	465	407	323	323	323	323	323	323
		합계	4,488	4,486	4,438	4,438	4,438	4,438	4,438	4,438
	우유 수입		7,477	7,845	8,173	8,173	8,173	8,173	8,173	8,173
	사료비공제 수입		2,989	3,359	3,735	3,735	3,735	3,735	3,735	3,735

$$y = 4409 - 19,657/x, \quad R^2 = 0.998 \quad \text{-----} \quad (4)$$

1) x : 사육두수, y : TMR급여시스템 I의 사료 비용

2) TMR I + 조사료 절단기 + 원료 반입용 컨베이어 사용시의 사료 비용 관계식

$$y = 4383 - 22,613/x, \quad R^2 = 0.995 \quad \text{-----} \quad (5)$$

- 1) x : 사육두수, y : TMR 급여시스템 II의 사료비용
- 2) TMR II + 원료 반입용 컨베이어 사용시의 기계이용비용 관계식

다. 자가TMR 배합시스템과 관행시스템의 경제성 비교

TMR배합에 의한 사료의 급여는 이용 비용면에서는 ①사육두수가 증가함에 따라 감소하는 경향이 있으며, 사료비는 ②관행에 비하여 약 2.7x 더 높아지고, 우유 수입 측면에서는 ③유지율 및 체세포의 감소로 관행에 비하여 11.4x 더 수입이 높은 것으로 분석 및 보고되고 있다.

이러한 분석 및 조사 자료를 근거로 TMR배합시스템에 의한 젖소의 수익과 이에 상응하는 관행 시스템과의 수익을 비교 검토하여 표로 나타내어 보면 표5-10과 같다. 또한 이 자료를 그림 5-3에 나타냈는데 분석 결과를 살펴보면 자가 TMR배합시스템은 관행 시스템에 비하여 사육두수가 영세할 경우에는 기계 투자비용으로 인해 초기의 수익성이 낮으나 사육두수 18두 이상에서 자가 TMR급여 시스템이 높아지고 있는 것으로 분석이 되고 있다. 즉 TMR배합기를 사용할 수 있는 경영규모의 손익분기점은 18두 임을 알 수가 있었다. 그리고 50두 경영규모에서는 TMR배합 시스템이 1일 1두당 4,481원의 수익이 생기고, 관행에 있어서는 3,735원으로 약 745원 정도 더 수익이 있는 것으로 나타났다. 따라서 낙농가의 개인적인 노력에 따라 사료 제조 비용을 조금 더 절감을 한다면 자가 TMR 시스템이 관행에 비하여 보다 높은 수익을 올릴 수 있을 것으로 예측이 된다.

다음의 식은 TMR급여 시스템에 따르는 수익 예측 곡선식이다.

$$y = 4887 - 27,936/x, \quad R^2 = 0.990 \quad \text{-----} \quad (6)$$

- 1) x : 사육두수, y : TMR 급여시스템 I의 수익
- 2) 자가 TMR(TMR I+조사료 절단기+원료 반입용 컨베이어 사용)시의 수익 관계식

$$y = 4912 - 30,893/x, \quad R^2 = 0.991 \quad \text{-----} \quad (7)$$

- 1) x : 사육두수, y : TMR 급여시스템의II의 수익
- 2) 자가 TMR(TMR II + 원료 반입용 컨베이어 사용)시의 수익 관계식

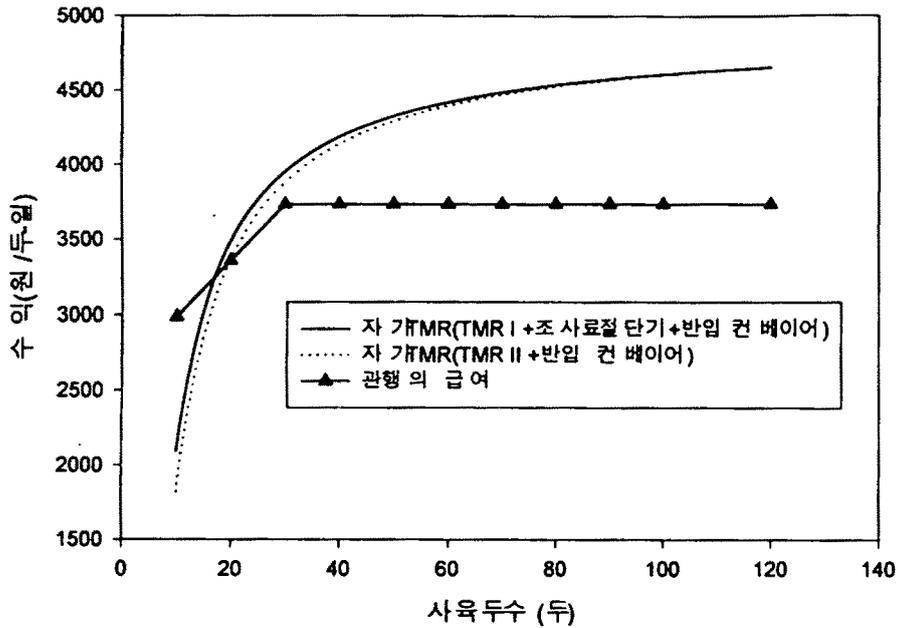


그림5-3 사료 급여 시스템별 수익 비교 그래프

제 4절 결론 및 요약

본 연구에서 개발된 TMR배합기의 경제성을 검증하기 위하여 관행 시스템에 의한 사료급여 시스템과 TMR 배합에 의한 급여시스템의 비용을 분석하고 동시에 각각의 사료 급여에 대한 효과를 비교 검토하였다. TMR 배합에 의한 급여 시스템은 ①배합 기능만을 가진 TMR 배합기(TMR-I) + 볏짚 절단을 위한 범용의 조사료 절단기 + 원료 반입용 포터블 컨베이어등 3 종류의 기계를 이용하는 경우(자가TMR 시스템I)와 ②TMR 배합기에 세절장치가 부착된 복합 기능을 가진 배합기(TMR-II) + 원료 반입용 포터블 컨베이어를 이용한 2종류의 기계를 이용하는 경우(자가TMR 시스템II)의 2가지 급여시스템으로 분석하였으며 관행 시스템에 의한 사료의 급여 비용은 기존의 조사된 자료를 기준으로 분석하였다. 분석된 결과는 다음과 같은 결론을 요약할 수가 있었다.

1) 자가 TMR 배합에 의한 사료급여시스템의 이용 비용은 사육두수가 증가함에 따라 급격히 감소하는 경향을 보이는데 전체적으로 기계구입비가 가장 큰 시스템 II(TMRII+컨베이어)를 이용한 비용이 보다 높게 나타났다. 이는 기계 구입에 따르는 초기의 투자 비용이 높아 고정비가 크게 작용을 한 것으로 사료되었다.

2) 자가 TMR 배합시스템과 관행 시스템의 비교에서는 사육규모가 40에서 60두 규모에서 사료의 급여 비용은 관행의 비용보다 1인 두당 280-320원 정도 높은 것으로 나타났다으나 1일 두당 평균 사료비가 4,226원으로 급여사료비의 10% 미만으로 나타났다.

3) 반면 자가 TMR 배합시스템에 의한 사양효과는 사료비용을 공제한 우유 수익이 사육두수 18두 이상인 경우 관행의 급여시보다 높게 나타났다. 그리고 사육두수의 증가에 따라 TMR 배합시스템에 의한 우유의 수익성 차이가 점점 커지고 있으며 50두 사육규모의 경우 TMR 급여 시스템이 관행에 비하여 1일 1두당 약 745원 더 수익이 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 개발된 TMR 배합기가 우리나라의 낙농가에 적용 가능한 것으로 판단된다.

제 6 장 종합 결론

제 6 장 종합 결론

1. 필요성

우리 나라 낙농가의 규모화를 저해하는 주요한 요인인 사료 준비 및 급여에 소요되는 과다한 노동력과 불합리한 사료의 급여체계를 개선하기 위하여 ①곡류의 원료와 조사료, 그리고 습사료를 보다 효율적으로 배합 할 수가 있고, 아울러 ②배합에 필요한 동력을 트랙터에서 추출하고 또한 ③원료의 계량도 할 수가 있어 정확한 배합비를 만들 수가 있고, ④배합작업이 요구되는 낙농가로 이동할 수 있는 패달형 교반기를 장착한 트랙터 견인형 TMR 배합기를 개발하였다. 그리고 ⑤개발된 시작기를 기존의 관행에 의한 사료급여 시스템과 비교 분석하여 우리 나라의 낙농가에 적용성 여부를 검토하였으며 또한 TMR배합기를 사용할 수 있는 적정 낙농규모를 결정하였다.

2. 추진 단계

본 연구의 효과적인 수행을 위하여 다음과 같은 단계로 추진이 되었다.

①전체 시스템 모델 개발 → ② 부분 시스템의 모델 개발 → ③부분 시스템 세부설계 → ④전체 시스템 세부설계 → ⑤부분 시스템의 제작 및 성능 시험, 수정 및 보완 → ⑥ 전체시스템 조립 → ⑦전체 시스템 성능시험 → ⑧수정 및 보완 → ⑨⑩ 완제품 생산 → 현장 적용 시험 → ⑪수정 보완 재생산 → ⑫농업기계형식검사 수검(농업기계화 연구소) → ⑬경제성 분석

모델 개발은 우리 나라에서는 아직은 이러한 기계가 보급되어 있지를 못하므로 우선 미국의 Davis Co. 와 Ostward Co. 의 모델을 중점 분석하여 우리 나라의 실정에 맞는 모델을 본 연구실에서 개발하였으며 시작기 제작은 본 연구실에서 완성된 세부설계를 바탕으로 우리 나라에 우수한 트랙터 메이커인 대동공업(주)의 연구소와 축산기계 전문 메이커인 은성 플랜트(주)의 협조를 받아 우리 나라 실정에 맞는 기계를 제작하였다. 성능 시험 및 분석은 개발된 제품은 실험실 시험과 현장시험을 거쳐 최종 제품의 개발이

완성되는데 부분적인 시험은 본 연구소의 실험실과 시작기 제작 공장현지에서 수행되었으며 현장시험은 서울우유협동조합과 낙농업자의 협조를 받아 경기도 광주군 광동낙우회와 충남 연기군 와룡면 다북목장에서 실제로 시작기를 장기간 운영하면서 성능을 분석하였다. 시작기의 수정 및 재제작은 앞의 현장시험 단계에서 수렴된 문제점을 다시 보정하여 다시 설계를 하고, 또다시 제작을 하였는데 본 연구를 위해서 제작된 시작기는 본체 4대, 포터블 반입 컨베이어 1대, 벧짚 세절·연화기 1대등 모두 6대가 제작이 되었다. 농업기계형식 검사는 본 연구에서 개발된 제품은 농기계 제조업체에게 기술을 이양하기 위하여 농업기계화연구소에서 농기계제품 형식 검사를 받아 실용화가 가능도록 하였다. 경제성 분석은 우리 나라의 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. 초기에 개발된 TMR430A의 모델은 약 36두 정도 급여 가능한 배합기로 조사료의 세절, 계량, 트랙터 견인에 의한 이동, 사료배출, PTO에 의한 동력 취출 등의 여러 가지 기능을 복합한 배합기다. 성능 및 기능면에서 본 시작기는 배합효율은 cv가 5% 이내이고, 소요동력은 35마력 정도이었으며, 기타 세절기능 등 매우 좋은 결과를 얻었다. 반면 문제점으로는 제작비용이 높을 뿐 아니라, 시작기의 자체 길이가 길어 포장에 이동을 할 경우 기동성이 떨어지는 결점이 있었다.

나, 이러한 문제를 개선하기 위하여 TMR430A에서 세절 기능만을 분리한 TMR430B를 2차 시작기로 개발을 하였다. 2차로 개발된 TMR430B는 기동성이 좋을 뿐 아니라 제작비도 저렴하여 430A의 문제점을 어느정도 해결을 할 수가 있었으나 배합 용량이 1회 배합에 하루에 36두 정도만 급여가 가능하였다. 즉 최근의 급속도로 이루어지는 낙농가의 규모화에 부응을 할 수가 없었으며, 사료의 급여시에 배출 게이트의 개폐작업 및 배출 컨베

이어의 작동을 트랙터 운전자가 수동으로 조작을 하게 되어 있는 등 또 다른 문제가 대두 되었다.

다. 3차 시작기로 배합 용량이 60두 규모가 되는 배합용량을 가지고, 배출 게이트의 개폐기능 및 배출 컨베이어의 작동위치 설정등을 유압시스템으로 조작을 할 수 있도록 수정한 TMR500A을 개발하였다. 그러나 이 또한 최초의 TMR430A로부터 무리하게 확장을 하였기 때문에 배합후 사료의 후 배합 탱크 내에 잔량이 많이 남는 문제가 발생을 하였고, 또한 트랙터 PTO 회전수의 감속에 따르는 체인 구동식에 의한 동력전달 시스템의 문제 등이 제기가 되었다.

라. TMR500A를 수정하여 배합탱크의 재 설계하고, 아울러 동력전달장치를 기어구동형으로 전면 재 설계를 하여 최종적으로 TMR500B를 개발하였다. 배합 용량은 1회 배합에 하루 60두를 급여가 가능하고, 소요동력도 43마력 정도였고, 제작비가 1,300만원정도이고 판매가격이 1,800만원으로 기존의 수입된 TMR 배합기 3,500만원 보다 약 50% 저렴한 가격으로 공급이 가능하였다.

마. TMR430A에서 분리한 기존의 볏짚 세절 작업 방식을 유지하면서, 10마력대의 동력으로 작업이 가능하며, 회전식 칼날에 의해 볏짚이 세절됨과 동시에 칼날과 스크린망에 의한 타격작용으로 볏짚의 연질화가 가능한, 조사료 세절-연화기를 개발 하였는데 이는 볏짚 뿐 아니라 옥수수대, 잔가지등 기존의 저질 조사료를 세절과 연화 작용을 시켜 사료자원으로 이용할 수 있도록 개발이 되었다.

바. 본 연구에서 개발된 TMR배합기의 경제성을 분석하기 위하여 기존의 관행 시스템의 비교를 하였는데 이용비용에서는 관행비용보다 높게 나타났으나 사육규모가 증가함에 따라 이용비용의 차이가 급격하게 감소를 하는 경향이 있었다. 그리고 사육규모가 40에서 60두에서 사료의 급여 비용은 관행의 비용보다 1일 두당 280원에서 320원 정도 높은 것으로 나타났다. 반면 TMR 배합시스템에 의한 사양효과는 산유량의 증가와 우유의 품질이 향상이 되어 전체적인 수익이 관행에 비하여 높게 나타나고 있는데 사육두수가 18두에서 손익분기점이 나타났다. 그리고 사육두수의 증가에 따라 TMR

배합시스템에 의한 우유의 수익성 차이가 점점 커지고 있는데 사육두수가 50두에서 80두로 변함에 따라 관행보다 수익이 620원에서 715원으로 증가가 되고 있는 것으로 분석이 되었다.

사. 전체적인 결론으로 우리 나라의 낙농의 규모화에 문제가되고 있는 사료의 준비 및 급여에 소요되는 과도한 노동력은 본 연구에서 개발된 TMR배합기, 조사료 세절-연화기, 포티블 원료반입 컨베이어로 해결을 할 수가 있을 것으로 기대가 된다.

참 고 문 헌

1. 김동균 .1992. TMR 급여 체계 활용을 위한 시설관리, 월간 서울우유 vol. 24
2. 김태욱 .1994. 한국 낙농단지 규모에 알맞은 사료 가공 시스템 개발
경북대학교 박사 학위 논문
3. 농림사업 시행 지침서 .1998. 농림부
4. 농업기계 검사 성적서 .1997. 농업 기계화 연구소
5. 농협 조사월보 .1998. 농협
6. 류관희 외 .1991. 엔진 토크의 간접적인 측정 방법에 관한 연구
농업기계학회지 vol.16
7. 박경규 외 .1987. 젖소의 적정 사료 급여 시스템 결정(I)
한국 축산학회지 vol.28
8. 박경규 외 .1987. 젖소의 적정 사료 급여 시스템 결정(II)
한국 축산학회지 vol.28,
9. 박경규 외 .1998 .트랙터 견인형 TMR 배합기의 개발
농업기계학회 하계 학술 대회
10. 박경규 외 한국의 낙농단지 규모에 알맞는 사료가공 시설의 모델 개발
한국 학술 진흥 재단 연구 보고서
11. 박경규 외 .1985. 최신 사료학, 선진 문화사
12. 박경규 외 .1996. 축산 기계 및 시설 문운당
13. 박민수 .1994. 낙농업의 생력화 방안, 월간 서울우유 vol.26
14. 박종수 .1997. 우리나라 낙농산업의 과제와 발전적인 정책 방향
농산진흥 연구소보 24:61-78
15. 박천경 .1994. 낙농 생산성 향상을 위한 사료 급여 요령
월간 서울우유 vol.26

16. 박홍서 . '98.7. TMR 급여 목장의 생산성 향상, 낙농육우
17. 박희만 .1996. 전업 농가용 TMR 조제기 개발
농업기계화연구소 시험연구 보고서
18. 서 성 .1994. 우리나라 조사료 이용의 현실과 미래
월간 서울우유 vol.26
19. 손용석 조합의 TMR 사업 1년을 진단한다 서울우유
20. 이장호 . '98.2. IMF 시대의 낙농산업 생존 전략 낙농육우
21. 이정진 .1995. 낙농에 있어 공동배합 형태에 의한 TMR 사양의 효과 조사와
발전 방향 , 고려대학교
22. 정인걸 . '98.3. 고능력우의 TMR 사양관리 , 서울우유
23. 정인걸 .1992. TMR 시스템과 영양관리, 월간 서울우유 vol.24
24. 정창주 외 과수 작업의 기계화 기술 개발에 관한 연구
한국 과학 기술처 연구 보고서
25. 정창주 외 .1992. 농업 기계학 , 향문사
26. 정창주 외 .1997. 농작업 기계학 원론 서울대학교 출판부
27. 조석진 .1995. 2001년의 낙농산업을 진단한다, 월간 서울우유 vol.27
28. 축산물 생산비 보고 .1997. 축협 중앙회
29. 한인규 .1989. 사료자원 핸드북 , 선진 문화사
30. TMR 핸드북 .1996. 서울우유 협동조합
31. 菊地實 .1992. 북해도 미황저, 장야 목장을 예로 본 TMR ,
TMR 시스템, 알프스 축산 기술 센터
32. 吉見今朝春 .1992. 북해도 육별정, 익동 농장의 TMR 사례 소개,
TMR 시스템, 알프스 축산 기술 센터
33. 神谷勝則 .1992. TMR 사고 방식의 대전 방식,
TMR 시스템, 알프스 축산 기술 센터

34. 佐藤正三 .1992. TMR의 실태와 개선 방향,
TMR 시스템, 알프스 축산 기술 센터,
35. 佐藤博 .1992. 최근의 영양학에서 본 TMR,
TMR 시스템, 알프스 축산 기술 센터
36. AFMA .1976. Feed Manufacturing Technology III, AFMA, Arlington Va.
37. AFMA .1976. Feed Manufacturing Technology, AFMA, Arlington Va.
38. Buriak, P. and Walker, P..1986. Horizontal auger type and drum type
feed mixer, Journal of the American Society of Agricultural Engineers 2(2)
39. David L.Bebb .1990. Mechanised Livestock Feeding
Cambridge University Press, Cambridge 1990
40. David W.Kammel .1990. Stationary Mixer System for Total Mixed Rations,
Dairy Feeding System, Proceeding from the Dairy Feeding System Symposium
Harrisburg, Pennsylvania.
41. Donnel Hunt .1968. Farm power and Machinery Management,
Iowa State University Press, Ames, Iowa
42. Michael F. Brugger .1990. Mobile Mixer Systems for Total Mixed Rations
Dairy Feeding System, Proceeding from the Dairy Feeding Systems Symposium
Harrisburg, Pennsylvania.
43. Vosloh, Carl J .1968. Cost and economics of scale in feed manufacturing,
Economic research Services, Marketing Research Report No.815, USDA,
Washington D.C.
44. Vosloh, Carl J .1976. Feed manufacturing cost and capital requirement,
Agricultural economic report No.335, United State Department of
Agriculture, Washington D.C.