

# 트랙터 견인형 TMR 배합기의 개발 (I)<sup>†</sup>

— TMR 배합기의 설계 및 성능시험 —

## Development of a Tractor Attached TMR Mixer (I)

— Design of a TMR mixer and its performance test —

박경규*	구영모*	김혁주*	서상훈*	장 철*	이종순**	우종구**
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
K. K. Park	Y. M. Koo	H. J. Kim	S. H. Seo	C. Jang	J. S. Lee	J. K. Woo

### SUMMARY

One of the obstructing factors against managing large-scaled dairy farm in Korea has been heavy labor requirement for feeding dairy cows. A tractor attached TMR mixer was developed to reduce the cost and to provide economic benefit in this research. The TMR mixer was designed to have a feeding capacity of 35 heads at a batch with various functioning systems of paddle type mixer, cutter and grinder, delivery conveyor, weighing console, power transmission train, and mounting trailer.

The maximum power required during the mixing operation was 26.3 kw(P.T.O), readily available from 32kw-rated tractors, which had been widely used in Korea. Low coefficient of variation(14.0%) revealed an uniform mixing performance of the mixer. The mixer can also be used in compost mixing as well as concentrates and roughage.

**주요용어(Key Words)** : 낙농(Dairy farms), 배합기 설계(Mixer design), TMR배합기(TMR mixer), 패들식 배합기(Paddle type mixer), 완전 혼합 사료(TMR).

### 1. 서 론

최근 우리 나라의 젖소의 사육두수는 계속 증가 추세에 있는 반면 사육농가는 줄어들어 농가당 사육두수가 증가하는 전업농 또는 기업농의 형태로 바뀌고 있다. 그러나 아직도 한 가구 당 평균 사육두수는 25마리 내외로 유럽이나 일본 북해도의 평균 80두에 비하여 매우 영세한 실정이다(박 외, 1996). 이러한 낙농가의 규모화를 저해하는 주요한 요인중의 하나가 사료급여에 소요되는 과도한 노동

력이다. 실제로 젖소 한 마리당 사육에 소요되는 노동시간은 우리 나라의 경우 연간 217시간으로 유럽의 78시간에 비하여 약 3배 가량 많다(박 외, 1996). 특히 낙농가의 작업 분포를 보면 착유 및 우유처리 시간이 33%, 다음으로는 사료의 준비 및 급여시간이 전체의 30%로 이 부분의 자동화 내지는 기계화에 의한 작업의 성력화가 가장 시급한 과제라고 할 수 있겠다(축협중앙회, 1998).

사료의 준비 및 급여에 대한 소요 노동력의 과다에는 여러 가지 이유가 있겠으나 주원인으로는 불

<sup>†</sup> 본 연구는 1996년, 1997, 1998년 농림부의 농업특정과제 연구비로 수행되었음

\* 경북대학교 농업기계공학과

\*\* 대동공업(주) 연구소

합리한 사료의 급여체계를 들 수가 있다. 그림 1은 우리 나라 3대 가축의 전형적인 사료급여 시스템으로 젓소의 사료급여에 대한 문제점을 잘 설명해 주고 있다. 닭이나 돼지는 거의 100% 곡류를 섭취하는 가축이기 때문에 그림에서 보는 바와 같이 배합 사료 공장에서 배합된 사료를 그대로 급여를 하면 큰 문제가 없다. 그러나 젓소의 경우 곡류원료 이외에 농가에서 채취된 목초, 산야초, 볏짚, 사일리지와 같은 섬유질의 조사료와 인근에서 구입 가능한 맥주박 등과 같은 부산물 등을 다시 배합을 하여야 한다. 따라서 젓소의 사육농가는 사료공장에서 배합된 곡물사료를 포장상태로 반입하여 포장을 개봉한 후에 조사료들을 절단하여 배합기로 곡물사료와 조사료를 다시 배합하고 인력으로 사료를 급여하게 된다. 이러한 비효율적인 사료급여 체계는 당연히 과도한 노동력을 요구하게 되는데, 직접적으로는 우유의 생산비용을 높일 뿐 아니라 앞서 언급한 바와 같은 가족단위 농가에서 사육두수의 규모화에 큰 제약조건이 되고 있다(박 외, 1987a).

관행의 사료급여체계는 사료의 질적인 저하와 같은 또 다른 문제를 야기하고 있다. 사료의 배합은 젓소가 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 조사료를 조건(생산량, 생산비, 영양소 함량 등)을 고려하지 않고 주먹구구식으로 배합하고 있어 실제로 급여되는 사료가 영양소 요구량을 만족하는지, 또는 너무 과도하게 급여를 하고 있는지도 모르고 있는 실정이다(박 외, 1987b). 이와 같은 과도한 노동력과 사료의 질의 저하는 당연히 우유의 생산비를 높이고 생산량의 저하를 야기하여 국제경쟁력의 저하에 주요 원인이 되고 있다. 그러나 최근에 낙농가에서는 이러한 문제점을 극복하기 위해 보다 과학적인 사료의 급여를 위한 TMR 급여의 사례가 늘고 있다. TMR(Total mixed ration, Complete mixed ration)이란 완전 혼합사료를 뜻하는 용어로서, 젓소의 영양소 요구량은 체유지, 생산, 증체, 비유단계, 번식 관계, 계절 등에 따라 달라지는 데 이러한 변동 요인을 감안하여 젓소가 하루 동안에 필요로 하는 영양소 요구량을 충족하도록 여러 종류의 사료를 혼합한 사료(서울우유협동조합, 1996)를 의미

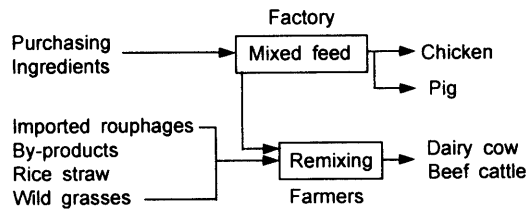


Fig. 1 Three major feeding systems of livestock in Korea.

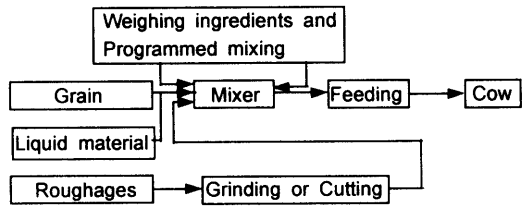


Fig. 2 Functional modules and operation of a tractor attached TMR mixer.

한다. 여기에서 낙농가 스스로 TMR 사양을 실시하는 것을 자가 TMR이라고 하며 이를 위해서는 목장 내에서 작업이 가능한 TMR 배합기를 필요로 한다.

따라서, 본 연구의 목적은 우리나라 낙농가의 규모화를 저해하는 주요 요인중의 하나인 사료급여에 소요되는 과도한 노동력 및 불합리한 사료 급여체계를 개선하기 위하여 복합기능을 가진 트랙터 장착, PTO 구동형 젓소 TMR 배합기를 개발하는 데에 있다.

## 2. 모델의 개발 및 시작기 제작

### 가. TMR 배합기의 주요 시스템 및 구성

본 연구에서 개발된 배합기는 ① 조사료 및 습사료의 배합에 적합한 페달형 교반기를 가지며, ② 조사료는 투입과 동시에 잘게 절단되며, 또한 곡류원료의 분쇄도 가능한 분쇄 및 세질 시스템을 부착하고 있고, ③ 배합된 사료의 배출 장치가 있으며, ④ 원료의 계량도 할 수가 있어 정확한 배합비를 만들 수가 있고, 또한 ⑤ 트랙터의 트레일러에 장치되어 동력은 트랙터로부터 취출되는 PTO 구동형이 될 수 있도록 하였다. 주요 시스템으로는 크게 ① 배합

Table 1. Specification of the TMR mixer

Item	Capacity
Tank capacity ( m <sup>3</sup> )	3.0
Mixing capacity ( m <sup>3</sup> )	2.4
Performance by specific weight	
Material of 600 kg/m <sup>3</sup>	1.5 ton
Material of 500 kg/m <sup>3</sup>	1.2 ton
Material of 330 kg/m <sup>3</sup>	0.8 ton
Length (m)	5.10 m
Height (m)	1.29 m
Width (m)	1.80 m

시스템, ② 조사료 세절시스템, ③ 계량시스템, ④ 동력전달시스템, ⑤ 배출시스템, ⑥ 전체시스템을 유지 및 운반시켜 주는 트레일러로 구성이 되어 있는데 그림 2는 전반적인 기능도이다.

나. 주요 시스템의 개발

(1) 배합기의 규격

배합기의 규격은 1일 2회 배합에 젓소 70두 급여가 가능하고, 우리나라의 축산농가에 주로 보급되어 있는 32kw 트랙터에 적합한 규격으로 선정을 하였다. 또한 이에 대한 배합기의 규격은 표 1과 같이 설정을 하였다.

(2) 배합용 페달

우리 나라에 보급되어 있는 대부분의 배합기는 오우거형으로 이것은 배합된 사료의 밀도를 높이기 위한 마른 곡물사료의 배합에는 적합하지만 우리나라에서 많이 사용되고 있는 맥주박과 같은 습사료의 배합에는 오우거의 마찰로 많은 동력이 소모가 되고, 또한 과부하가 발생이 되어 축이 부러지거나 배합기의 동력원에 무리를 가하는 등 많은 문제를 야기하고 있으며 건조와 같은 조사료를 배합할 경우에는 배합효율이 떨어지는 문제점이 있다(Bebb, 1990). 따라서 본 연구에서는 이러한 문제를 해결할 수 있는 그림 3과 같은 페달형 교반기를 개발하였다. 페달형의 교반기는 배합시의 회전속도가 14 rpm으로 대단히 느리고, 교반기가 회전하면 내용물이 후방으로 밀리면서 상·하부의 내용물이 뒤섞이게 된다. 이러한 작용은 각 사료들을 느슨하게 배합

Fig. 3 Peddle type agitator developed for wet material.

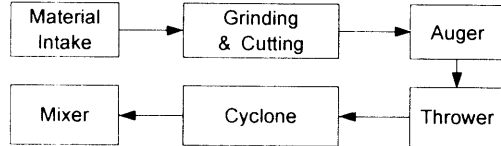


Fig. 4 Roughage cutting process.

하여 오우거 축의 회전 속도가 빠른 오우거 형에 비해 사료의 밀도는 낮지만(Bebb, 1990) 위에서 언급한 오우거 형의 문제점 들을 해소할 수 있게 된다.

(3) 배합기 부착용 조사료 세절기의 구성

본 연구에서 개발되는 조사료 세절기는 배합기의 전면에 부착되어 있으며 트랙터의 엔진으로부터 들어오는 동력을 같이 사용하게 되어 있다. 특히 벧갈과 같은 거친 조사료, 생초 또는 곡물이라도 분쇄가 가능하도록 설계를 하였는데, 작업 공정도를 그림 4에 나타내었다.

조사료 반입 컨베이어에 의해서 투입된 원료는 세절날(hammer and knife)에 의해 절단 또는 분쇄가 되고, 분쇄 또는 세절된 원료는 스크린(screen)을 통과한 후 오거(auger)에 의해서 드로워(thro-

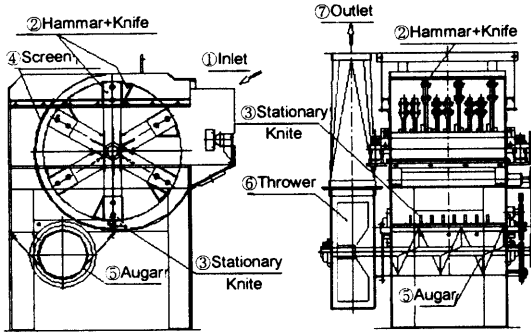


Fig. 5 Schematic of roughage cutter.

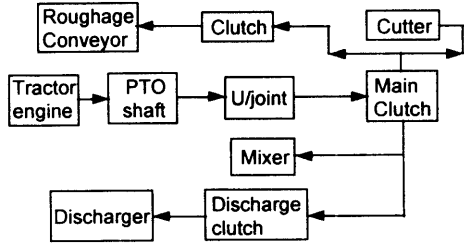


Fig. 6 Power transmission system of the TMR Mixer.

wer)로 반송되고 드로워는 반송 파이프로 쳐올리고 이는 다시 사이클론에 모아져서 배합기로 투입이 되도록 하였다. 조사료 세절기의 구조도를 그림 5에 나타내었다.

(4) 동력전달장치

트랙터에 견인되는 TMR 배합기는 아무 곳에서도 배합작업이 가능하도록 트랙터 PTO (Power Take-Off) 축으로부터 동력이 취출되도록 하였으며 동력의 주 이용처는 다음과 같다.

- 배합기: 배합기 내의 페달을 회전시켜 배합 작용이 원활하게 하도록 하는 동력
- 세절기: 원료의 반입, 세절, 세절된 원료를 배합기로 이송시키는 동력
- 배출기: 배합 후에 배합된 사료를 배출시켜 주는 동력

또한, 동력전달시스템은 그림 6에 나타낸 것과 같이 트랙터의 PTO축으로 전달된 동력은 U/joint를 통하여 주 클러치(main clutch)로 전달이 되

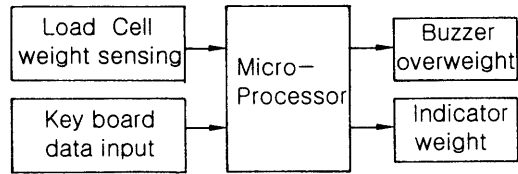


Fig. 7 Electronic weighing console system.

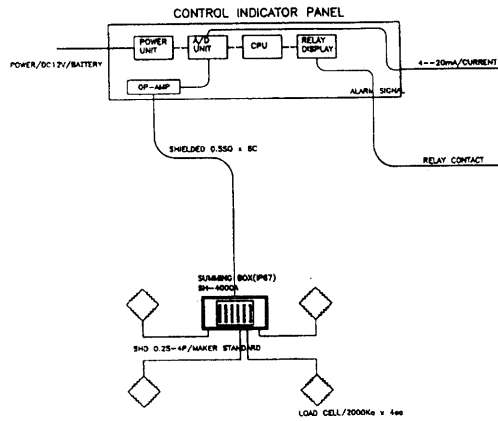


Fig. 8 Schematic of load cell and control panel.

록 하였으며 주 클러치는 배합기와 직결이 되어 있고 또한 세절기로 동력의 傳斷(On-Off)이 가능하도록 하였다.

세절기로 들어간 동력은 조사료 반입 컨베이어 클러치와 다시 연결이 되는데 원료의 투입량을 클러치로 조절을 하였다. 배합이 완료가 되면 주 클러치에서 전달된 동력을 배출클러치를 통해서 배출기에 전달하여 배출되도록 하였다(이, 1997).

(5) 배합원료의 계량장치

배합비율의 정확한 정보제공 및 배합원료의 정확한 계량은 양질의 사료 제조와 함께 경제적인 것소의 사료 제조에 매우 중요한 요소이다. 본 연구에서는 개발된 사료 배합기에 계측장치를 부착하여 배합될 원료를 계량할 수 있는 계량시설과 동시에 배합시간 및 배합비율에 대한 정보를 제공하여 주는 마이크로 프로세서 시스템을 개발하였다(그림 7).

배합기가 설치된 트레일러의 4쪽 모퉁이에 계량 센서(Load Cell)를 부착하여 투입되는 사료원료의 무게가 I/O 인터페이스에 의하여 디지털로 계량된 값으로 표시 되도록 계량장치를 설계하였으며, 또한

Table 2 Specification of the TMR trailer

Overall length	4.1 m
Length of Box	3.0 m
Width	1.6 m
Height	0.5 m

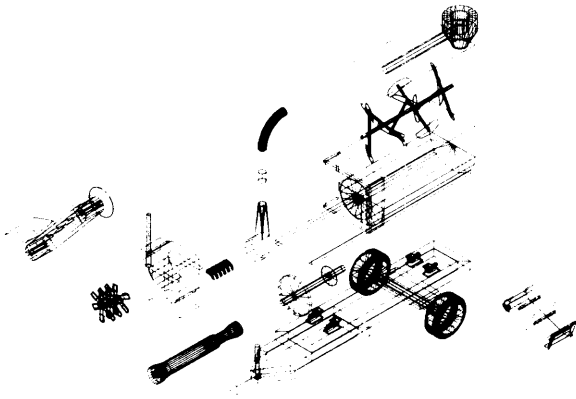


Fig. 9 Schematic of the TMR mixer assembly.

이미 입력된 자료에 비하여 투입량이 초과를 하면 버저를 작동시켜 투입이 중단되도록 하였다. 계량오차는 1% 미만으로 되도록 하였다. 그림 8은 로드셀과 콘트롤 패널과의 연결도이다

#### 다. 트레일러

앞에서 개발된 ① 배합기 및 ② 세절기, ③ 동력 전달 시스템, ④ 배합된 사료의 반출 시설, ⑤ 계량 시설 등은 모두 조합이 되어야 하며, 또한 ⑥ 트레일러에 장착이 된 채로 함께 이동이 가능하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 이러한 장치들을 모두 장착할 수 있는 트레일러를 개발하였으며 아울러 각각의 개별적인 장치를 서로 조합하여 하나의 완벽한 시스템을 유지할 수 있도록 하였다. 트레일러의 세부적인 사양은 표 2와 같으며 전 시스템의 조합 내용은 그림 9와 같다.

### 3. 배합기 성능 시험을 위한 재료 및 방법

Table 3 Experimental ingredient formulations for mixing performance test

Ingredient	Corn	Lime	Alfalfa cube	Wheat hull
Weight	140kg	14kg	95kg	85kg
Ingredient	Byproducts	Bit pulp	Soybean hull	Rice straw
Weight	130kg	30kg	75kg	5kg
Ingredient	Brewers Dried grain	Soybean Oil meal	Perilla oil meal	Cotten -seed
Weight	253kg	40kg	50kg	60kg
Ingredient	Water	Additive	Total	
Weight	15kg	15kg	1,000kg	

#### 가. 배합 성능 시험

제작된 배합기를 경기도 광주군에 위치한 광동낙우회 소속 TMR 사료배합소에서 트랙터에 장착하여 배합시험을 하여 소요동력 및 배합효율을 시험하였다. 시험에 사용된 배합원료는 옥수수, 알팔파 큐브 및 맥주박을 주원료로 하는 함수율이 40%인 습사료인데 1,000kg에 대한 배합성분은 표 3과 같았다

##### (1) 소요 동력

배합시의 동력원은 국내 D사의 32kw 트랙터를 이용하였다. 소요 동력의 측정 방법은 작업시의 엔진의 회전수를 측정하여 소요 동력을 측정하는 간접적인 방법으로(류 외, 1991), 우선 공시기대의 엔진회전수에 따른 P.T.O 출력을 트랙터 P.T.O 동력계로 측정하였다. 이후 준비된 원료의 배합시 엔진의 회전수를 magnetic pick-up 센서와 F-V 컨버터로 측정하고 미리 측정되어진 출력특성을 이용하여 소요 동력을 조사하였다. 배합시 엔진의 회전수는 P.T.O 380rpm이 되도록 고정하였으며 원료의 투입은 ① 마른 사료 중심의 예비배합 ② 맥주박, 물 등의 습사료 추가 투입 ③ 볏짚, 알팔파 큐브 등의 건초를 세절기를 통한 세절 후 투입의 순서로 하여 배합을 실시하였다. 배합의 모든 과정에서 F-V 컨버터를 이용하여 전압을 측정하고 동력을 계산하였다.

(2) 배합 효율

본 연구에서는 개발된 배합기의 배합성능을 판별하기 위해 배합원료 중에서 가장 비중이 낮은 면실(목화씨, cotton seed)의 배합 분포도를 측정하였다. 면실은 서로 엉기어 있고 비중이 가볍기 때문에 잘 배합이 되지 않는 성질이 있다. 따라서 이러한 면실이 골고루 배합이 되어 있다면 배합기는 좋은 기능을 가졌다고 판단을 해도 좋을 것이다(Duncan, 1976). 시험은 3회에 걸쳐 수행되었으며 매 시험마다 20g에서 30g 정도의 샘플을 30개씩 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 variation, 변이계수)를 산출하였다.(농업기계화연구소, 1999)

나. 조사료 세절기 성능 시험

(1) 스크린 규격별 세절, 분쇄 시험

조사료의 세절기는 원료의 반입장치, 세절장치 그리고 분쇄 입자도를 결정하여 주는 스크린으로 나누어진다. 스크린 규격의 선정을 위하여 조사료 및 곡물사료의 분쇄 또는 세절에 따르는 스크린 사이즈가 분쇄 또는 세절 입자도에 미치는 효과를 관찰하였는데 시험 방법은 절단부의 회전수를 1,780rpm으로 유지하고 프레이크 알팔파 건초, 벣짚, 옥수수, 보리 등을 일정분량 투입하여 분쇄 또는 세절작업을 한 후 결과물의 상태를 육안 관찰하고 젓소 급여에 알맞는 스크린 규격을 확인하였다.

(2) 소요동력 측정

세절기의 소요동력은 시간당 처리량, 원료의 종류, 함수율 등에 따라 차이가 나는데, 스크린 규격별로 원료들을 각각 3kg씩 연속적으로 투입하여 시험하였다. 본 연구에서 개발된 세절기에 3.7kw 용량의 전기모터를 설치하고 세절기의 절단부 회전속도를 1,780rpm에 맞추어 1마력당 시간당 작업성능을 구하였다. 소요동력은 동력입력축의 토크와 회전수를 측정하여 계산하였다.

다. 장기간의 현장 시험

개발된 시작기는 공장에서 성능검사를 마친 후에 충남에 소재하고 있는 TMR을 실시하는 목장에서 작업자에게 기계 작동법을 교육시킨 후에 2개월간 목장에서 실제 TMR 사료의 조제, 급여현장 운전을 실시하면서 문제점을 조사하였다. 시험의 조건은 50두 규모 목장에서의 급여 조건 그대로인데, 1일 2회 배합, 급여 실시하고 사료의 내용은 일정하지는 않으나 총량이 800kg~1,000kg 수준이었다. 조사는 사용상의 기술적, 경제적인 문제점과 편리성, 안전성을 중심으로 실시하였다.

4. 결과 및 고찰

가. 시작기의 설계 및 제작

시작기의 제작은 Layout 설계 → 부품 설계 및 개발 → 부품 검사 → 완성 조립의 순서로 제작 완료되었으며 그림 10은 개발된 TMR 배합기의 측면도 및 완성제작된 측면 사진이고 그림 11은 조사료 세절기의 정면도이다(박, 1998).

Fig. 10 Side view of the pedal type TMR mixer.

Fig. 11 Front view of roughage cutter.

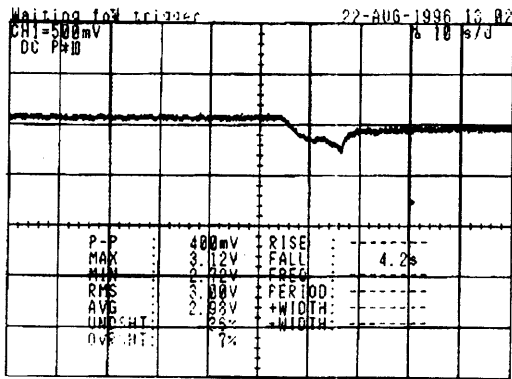


Fig. 12 The change of engine speed during mixing wet material and water.

나. 배합 공정별 소요동력

배합에 소요되는 동력은 그림 12와 같이 함수율이 높은 맥주박과 물이 첨가될 때 잠시 동력이 증가하는 경향을 보였으나 P.T.O. 출력 기준으로 최고 26.3kw, 평균 25.6kw가 소요되었고 배합·세절·이송·반입 작업이 동시에 이루어 질 때에도 최대 26.3kw가 소요되었다(표 4).

따라서 우리나라 축산농가에 주로 보급되어 있는 32 kw 트랙터에 적용을 할 경우 큰 무리가 없을 것으로 판명되었다.

Table 4. Power requirement of the TMR mixer in various operations

Item	Mixing process	Used power
1	Mixing(dried material)	23.9 kw
2	Mixing (wet material, Water)	25.6 kw
3	Intake · Cutting · Conveying · Mixing	26.3 kw

Table 5. Mixing uniformity of the TMR mixer

No.	C.V. of weight	C.V. of quantity
1	14.6 %	14.2 %
2	13.7 %	13.7 %
3	13.6 %	13.3 %
Average	14.0 %	13.7 %

다. 배합 성능

급여되는 사료 중 가축에 직접 전달되는 영양분은 여러 가지 이유로 변동을 하게 되는데, 그 중요한 요인 중의 하나가 배합기를 이용한 배합 후 원료의 배합 상태가 나쁘거나 원료가 서로 분리되는 경우이다. 배합의 상태가 나쁘게 되면 가축의 생산성이 저하되고, 그 결과로 영양분 보충을 위한 과잉 배합비를 선택하게 된다(Duncan, 1976). 따라서 배합 성능의 분석은 배합기의 성능을 판별함에 있어 대단히 중요한 사항인데 특히 곡물사료, 습사료, 조사료 등 여러 가지의 원료가 투입되는 경우는 그 중요성이 한층 강조되어야 할 것으로 보인다.

개발된 배합기의 배합 성능 분석을 위해 배합기에 투입된 사료는 표 3에서 보는 바와 같이 곡류사료, 조사료 및 함수율이 높은 맥주박에 물을 첨가하여 수분이 40%에 이르는 습사료용이다. 조사된 면실의 배합 결과를 표 5에 나타내었는데 면실의 무게에 대한 C.V는 14.0%, 면실의 갯수에 대한 C.V는 13.7%로 배합정도가 우수한 것으로 나타났다. 참고로 농업기계화연구소의 배합성능 적합 판정의 기준은 30% 미만으로 되어 있다(농업기계화연구소, 1999).

**Table 6 Power requirement of the cutter in different moisture contents of rice straw**

Moisture content (% w.b.)	Required power (kw)	Production rate (kg/kw · hr)
8	6.7	67
30	7.1	57

\* screen size : 51 mm  
 \* cutter speed : 1,620~1,700 rpm

라. 조사료 세절기에 의한 세절, 분쇄 성능

(1) 함수율과 세절 및 분쇄 성능

일반적으로 건초나 곡물의 함수율은 분쇄 또는 세절의 성능에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 볏짚을 대상으로 하여 함수율 8%,w.b.의 매우 마른 볏짚과 30%,w.b.의 젖은 볏짚을 대상으로 시험을 실시하였는 데, 함수율이 높은 볏짚의 소요동력이 마른 볏짚에 비해 증가하는 것으로 측정되어졌으며(표 6) 세절된 볏짚의 상태를 육안으로 판별한 결과 함수율이 높은 볏짚의 경우가 매우 불균일하였다. 또한 함수율이 높은 볏짚으로 작업하는 경우 오거 및 스로워 부분에서 막힘이 빈번하게 발생하였다. 따라서 우리나라에서 많이 쓰이는 볏짚을 세절하는 경우에는 생 볏짚이나 비를 맞은 볏짚 등은 충분히 말려서 작업하여야 할 것으로 판단된다.

(2) 원료별 적정 스크린 규격

원료별 분쇄 또는 세절 정도에 따른 사용 가능한 스크린 규격을 표 7에 나타내었는데 작업 능력면에서 본다면 스크린의 규격을 큰 것으로 사용하면 바람직할 것이다. 그러나 젓소에게는 중간 (medium) 크기가 알맞으며 표 7의 별표(\*)를 표시한 스크린을 사용하면 좋은 것으로 추천되었다 (H.C. Davis sons, 1989).

추천된 스크린 규격으로 작물별로 분쇄 및 세절을 하여 본 결과 작업 중단 등의 문제점 등은 발생하지 않았으며 작업 성능은 아래의 표 9에 나타내었다. 또한 작업이 완료된 원료의 상태를 육안으로 관찰한 결과 양호한 것으로 판단되었다. 그

**Table 7 Optimum screen size for feed grinding or cutting**

(Unit: mm)

Material Fineness	Flaked alfalfa hay	Corn	Barley
Very Fine	12.7	3.2	3.2
Fine	19.1	4.8	4.8*
Medium	38.1*	9.5*	6.4*
Coarse	50.8	15.9	9.5

\* Optimum screen size  
 \*\* Reference : Technical manual of H.C.DAVIS SONS manufacturing Co., Inc

**Table 8 Production rates of rice straw for various screen size**

(Unit: kg/kw · hr)

Screen size(mm)	25.4	38.1	50.8	101.6
Production rate (kg/kw · hr)	44.7	53.6	67.0	78.7

\* material : 8%, w.b. of rice straw.

**Table 9 Production rates of individual ingredient for various screen size**

(Unit: kg/kw · hr)

Item	Screen Size (mm)				
	4.8	6.4	9.5	38.1	50.8
Rice straw	-	-	-	53.6	67.0
Corn	187.7	262.7	-	-	-
Alfalfa cube	50.9	73.7	104.6	-	-
Barley	100.5	123.3	-	-	-

러나 우리나라에서는 사실상 볏짚의 사용 빈도가 대단히 높아 이에 대한 실험을 실시하였는 데 이때 스크린 규격은 위의 건초 추천 사양을 참조하여 25.4mm, 38.1mm, 50.8mm, 101.6mm로 하였다. 그 작업 성능 결과를 표 8에 나타내었다.

표에서 나타나듯이 스크린 구멍의 크기가 증가하면 작업 성능이 높아지는 것으로 나타났다. 그러나 스크린 규격 25.4mm의 경우는 볏짚이 지나치게 으스러지는 경향을 보였으며 스크린 규격 100mm의 경우는 육안으로 보아 세절 입자의 크기가 불균일하고 여타의 경우에서 볼 수 있는 볏짚



의 부드러워짐이 적었다. 따라서 본 세절기의 벗겨짐 작업을 위한 적정 스크린 규격은 38.1mm와 50.8mm인 것으로 판단되었다.

**(3) 원료별, 스크린 규격별 작업 성능**

세절기를 이용하여 작물별도, 스크린 규격별로 시험한 결과, 작업 성능은 표 9와 같았다.

그러나 실제로 본 연구에서 개발된 세절기를 배합기에 부착하여 32kw 규격의 트랙터 동력으로 배합작업과 동시에 세절 작업을 수행한 결과 소요 동력은 표 3에서 보는 바와 같이 배합기만을 사용했을 때(약 23.9kw)보다 동력이 증가(약 26.3kw)하기는 하였으나 눈에 띄게 증가하지는 않았는데, 주된 이유는 배합기의 관성력의 영향을 받는 것으로 추측이 되었으며, 또한 세절된 조사료의 양이 타 작업에 크게 영향을 줄만큼 많지가 않았던 것도 하나의 요인으로 분석되었다.

**마. 장기간의 현장시험 결과 및 문제점**

개발된 시작기는 공장에서 성능검사를 마친 후에 충남에 소재하고 있는 목장에 기계 작동법을 교육 시킨 후에 2개월간 실제적인 현장 운전을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 결론적으로 현재 본 연구에서 개발한 조사료 세절 겸용 TMR 배합기는 낙농가에는 적용이 만족스러운 배합기로 결론을 낼 수가 있었으며, 배합된 TMR 사료의 육안 평가에서도 좋은 반응을 보였다. 특히 조사료 세절기는 벗겨짐 뿐만 아니라 거친 조사료들을 잘게 썰면서 동시에 부드럽게 하는 효과가 있었다. 그리고 부차적으로 연구에서 개발된 배합기는 배합사료의 배합용 뿐만 아니라 상토용 퇴비의 배합용으로도 매우 우수한 성능을 가지고 있는 것으로 나타났다. 그러나 현장작업중에 몇가지 문제점 및 개선이 되어야 할 점들이 발견이 되었는데 그 내용은 다음과 같다.

**(1) 배합용량 증가의 필요성**

본 연구에서 개발된 배합기는 곡물사료를 배합할 경우에는 1.2톤, 조사료 특히 벗겨짐을 많이 투입할 경우에는 900 kg 정도로 젖소의 1일 평균 급여량 25 kg을 기준으로 하면 35두 정도밖에 배합을 못하기 때문에 현재의 낙농가의 규모화가 현저히 빠르

게 이루어지고 있는 실정에 비추어 50두 이상 급여가 가능한 규모로 제작을 하는 것이 바람직 할 것으로 나타났다.

**(2) 배출 게이트, 배출 컨베이어의 동력전달 장치의 시스템 변경**

본 연구에서 개발된 배합기의 배출 시스템은 트랙터 운전자가 트랙터를 정지한 후, 트랙터에서 내려 수동으로 게이트를 내리고, 수동으로 열고, 기어를 넣어 배출 컨베이어를 작동 할 수 있게 하였다. 현장의 작업자는 이러한 구조를 매우 불편하고 비효율적인 것으로 생각하였다. 따라서 이 시스템은 트랙터 운전자가 트랙터를 운전하면서 유압으로 게이트를 내리고, 문을 열고, 유압모터로 컨베이어를 작동시키는 구조로 수정되어야 할 것으로 판단되는데, 분석 결과 구조 변경시 제작비의 큰 상승은 없는 것으로 나타났다.

**(3) 조사료 세절장치의 분리 제작**

공급된 시작기를 장기간 사용한 결과 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었는데, 즉 ①대부분의 낙농가에는 성능이 좋으면서 가격이 저렴한 조사료 세절기(Cutter)가 있으며 또한 곡류사료는 이미 분쇄가 되어 나오고 있으며, ②배합원료에 따라서는 세절기능은 불필요한 농민도 있으며, 따라서 ③이러한 기능을 제외한 즉 가격이 저렴한 배합기를 원하는 농민이 많이 있기 때문에, ④농민에게 보다 다양한 선택을 주기 위하여 조사료의 세절 및 곡류사료의 분쇄기능을 별도로 분리해야 할 것으로 판단되었다. 이는 이미 개발된 모델에 조금만 수정을 가하면 될 것으로 생각된다.

**(4) 동력전달 시스템의 정밀 제작의 필요성**

트랙터로 부터 동력을 전달받아 배합기의 주축(Main Shaft)으로 전달하여 주는 일련의 동력전달 장치는 매우 중요한 부분이다. 특히 트랙터의 PTO 축으로부터 380rpm으로 전달받은 동력을 14rpm으로 배합축에 전달하기 위해서는 상당한 감속이 필요한데 이를 위해서는 많은 기어와 체인이 필요하고 또한 높은 강도가 요구된다. 실제로 현장 테스트 도중에 가장 빈번하게 발생하는 문제가 체인의 이탈이었는데, 주원인은 과도한 토크가 주어지는 경우, 기

어의 정열 상태에 문제가 있는 경우, 또는 기어를 지지하여 주는 아이들러 등에서 문제들이 발생을 하였으며 그 때마다 수리를 하더 문제점을 보완하였다.

## 5. 요약 및 결론

본 연구는 우리나라 낙농가의 규모화를 저해하는 주요한 요인 중의 하나인 사료급여에 소요되는 과다한 노동력 및 불합리한 사료의 급여체계를 개선하기 위하여 트랙터의 트레일러에 장착되어 동력은 트랙터로부터 취출되는 PTO 구동형이고 트랙터로 운반되는 기능을 가진 젓소용 TMR 배합기 개발을 위하여 수행되었으며 다음과 같은 몇 가지 결론으로 요약할 수가 있다.

1) 본 연구에서 개발된 배합기는 ① 조사료 및 습사료의 배합이 가장 잘되는 페달형 교반기를 가지며, ②조사료는 투입과 동시에 잘게 절단되며, 또한 곡류원료의 분쇄도 가능한 분쇄 및 세절시스템을 부착하고 있으며, ③ 배합된 사료의 자동배출 장치가 있으며, ④ 원료의 계량도 할 수가 있는 다기능 배합기가 개발되었다.

2) 개발된 배합기의 최대 소요동력은 P.T.O 출력 기준 26.3kw으로 나타나 우리나라 농가에서 많이 쓰는 32kw 트랙터에 적합한 것으로 판단되고 배합 성능은 변동계수가 14.0%로 아주 양호한 것으로 나타났다.

3) 개발된 조사료 세절기를 이용하여 배합 원료별로 분쇄 또는 세절을 실시한 결과 볏짚의 경우는 함수율 30%, w.b. 이상의 고풍수율 상태에서 작업하는 것은 비효율적인 것으로 나타났으며 작업 성능은 보리, 옥수수 등의 곡물은 각각 101~123kg/kw·hr, 188~263kg/kw·hr였고, 볏짚의 경우는 54~67kg/kw·hr인 것으로 나타났다.

4) 본 연구에서 개발된 배합기는 배합사료의 배합뿐만 아니라 상토용 퇴비의 배합용으로도 매우 우

수한 성능을 가지고 있는 것으로 나타났다.

5) 그러나 현장작업 중에 몇 가지 문제점 및 개선이 되어야 할 점들이 발견이 되었는데 다음과 같다.

- ① 배합용량 증가의 필요성
- ② 배출 게이트와 배출 컨베이어의 운전의 불편성
- ③ 조사료 세절장치의 분리 제작
- ④ 동력전달 시스템의 정밀 제작의 필요성

## 참 고 문 헌

1. 농업기계화연구소. 1999. 농업용 기계·기구 검사관계 규정.
2. 류관희, 강성봉. 1991. 엔진토크의 간접적인 측정 방법에 관한 연구. 농업기계학회지 16(1):1-8.
3. 박경규. 1998. 트랙터 견인형 TMR 배합기의 개발. 최종 연구보고서. 농림부.
4. 박경규, 김태욱. 1987a. 젓소의 적정사료급여시스템 결정(I), -조사료의 생산 비용 모델 개발- 한국축산학회지 28(12):783-794.
5. 박경규, 김태욱. 1987b. 젓소의 적정사료급여시스템 결정(II), -적정사료 급여를 위한 L.P. 모델의 개발- 한국축산학회지 28(12):789-794.
6. 박경규 외. 1996. 축산기계 및 시설. 문운당.
7. 서울우유협동조합. 1996. TMR 핸드북.
8. 이종순. 1997. TMR 사료배합기의 동력전달 시스템 분석. 경북대학교 농학석사학위 논문.
9. 축협중앙회. 1998. 축산물 생산비 조사보고.
10. David L. Bebb. 1990. Mechnised Livestock Feeding. 1st Ed. Cambridge University Press. Cambridge.
11. Duncan, M. S. 1976. Value of Feed Uniformity. Feed Manufacturing Technology. AFMA.
12. H. C. Davis Sons manufacturing Co., Inc.. 1989. How to automate your feed making.