

# 전업농가용 TMR 조제기 개발

## Development of TMR mixer for full time dairy farm

박희만*	조남홍*	이원옥*	조영길*	오성근*
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
H. M. Park*	N. H. Cho*	W. O. Lee*	Y. K. Cho*	S. G. Oh*

### 1. 서론

TMR(Total Mixed Ration)이란 완전혼합사료를 말하는것으로써, 소가 하루동안 필요로 하는 조사료, 농후사료, 무기물, 비타민 및 첨가제등의 모든 영양소가 종합적으로 함유되어 있는 사료이다, 또한 각종 영양소가 편기(bias)되어있지 않고 전체에 일정한 비율로 혼합되어 있는 사료이다. TMR 사료 급여의 시작은 1950년대 이스라엘에서 시작되었으며 미국, 캐나다등 축산선진국에서 급여수준은 70%이고 우리나라는 1980년대 도입되어 급여가 이루어지고 있다.

반추동물인 소는 생리적으로 조사료와 농후사료의 혼합급여가 필수적이나, 현재 대부분은 농후사료와 조사료를 분리급여 하고 있는 실정이다. 따라서 반추위내 pH는 급격히 저하되어 산도의 변화폭이 커지게 되며 각종 소화기 장애가 출현할 확률이 높아지고, 체액의 산·알칼리 균형이 불안정해져 수태율도 영향을 받게 된다. 소는 생리적으로 조사료를 필요로 하고 있다, 조사료와 농후 사료의 혼합급여시 반추위내 산도가 일정하게 유지되어 미생물들의 성장과 조섬유의 소화가 활발히 이루어지며, 축산기술연구소에 의하면 산유지속성(12%), 산유량(11%) 그리고 유지율(0.07%)이 향상되는 것으로 조사되었다.

TMR의 유형에는 첫째 관행적인 농후 사료와 조사료의 분리급여로써 단순혼합급여, 둘째 자가 사양특성을 고려하여 혼합조제한 사료로써 자가혼합 완전 혼합급여, 셋째 사료조제 회사의 제품 혼합급여, 넷째 공동배합 터미널에서 생산되는 조제 사료로써 유사 혼합사료 등으로 나누어질 수 있다. 사료회사와 공동배합터미널에서 생산된 제품은 농가에서 구입후 자신의 목장 여건에 맞는 사료등을 첨가후 급여를 하고 있는 실정에 있다. 따라서 자가 사양 특성을 고려한 전업농가형 TMR 혼합기의 개발이 절실하다.

절단된 볏짚등의 조사료와 농후사료의 혼합이 가능토록 흙이 있는 상하 2열의 혼합오거를 사용하였으며 배출은 체인컨베이어를 이용하였다. 혼합비율에 따라 투입되는 각종사료의 무게를 로드셀로부터 감지하여 지시계에 표시가 가능토록하여 전업농가형 TMR조제기를 개발하였다.

=====

\*농업기계화연구소 가공기계과

## 2. 재료 및 방법

### 가. 시작기 제작

전업농가용 TMR 조제기의 구조는 혼합오거, 배출컨베이어, 로드셀 및 정량표시계, 동력 전달장치로 구성되었다

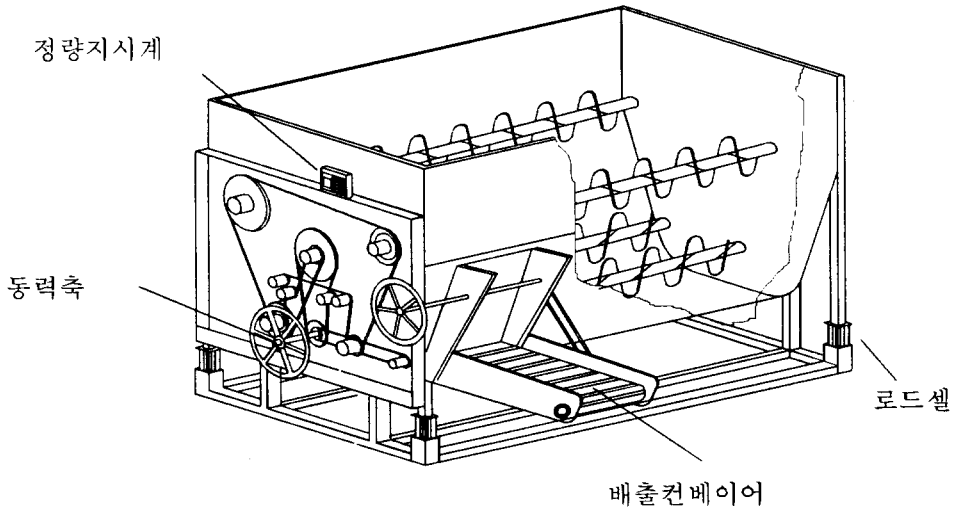


Fig 1. Schematic diagram of mixer

혼합오거는 상·하 2열로써 4개의 오거를 사용하여 상부오거와 하부오거의 나선방향을 달리 하여 회전시 사료의 상하유동이 발생되도록 하였다. 정확한 사료설계를 통해 투입되는 사료의 무게를 감지하고 표시할수 있도록 4개의 로드셀과 지시계를 부착하였다. 혼합완료후 배출은 체인컨베이어를 설치하여 이용하도록 하였다. 동력원은 트랙터의 PTO를 사용하여 작업이 가능하도록 하였다

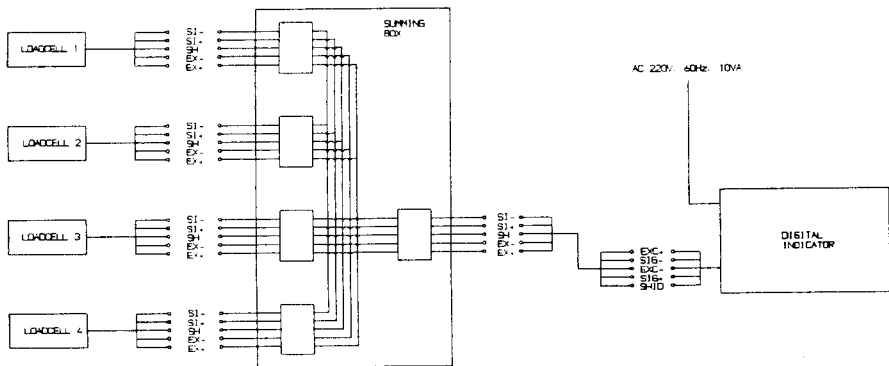


Fig 2. Electric circuit of a fixed quantity measurement

정량투입을 위한 시스템을 구성하여, 4개의 로드셀로 부터나온 신호를 서밍박스를 통하여

무게가 지시계에 표시되게 하였다. 혼합시 한쪽 방향으로 사료를 이송시키면 사료의 이송은 축끝에서 멈추어지지고 계속되어 혼합오거의 회전에 의해 발생된 축압력으로 오거축과 동력 전달부에 손상이 발생할 수 있다. 과도한 축압력 발생을 억제하기 위하여 길이 방향으로 400mm

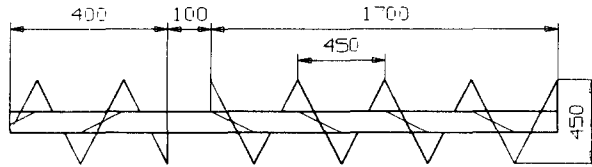


Fig 3. Mixed screw of outline

되는 지점까지와 일정간격(100mm)을 띄운다음 500mm되는 지점부터 축끝까지(2200mm)는 나선방향을 반대로하였다. 이것은 혼합시 사료가 양끝에서 나선을 따라서 안쪽으로 혼합이송이 가능토록하기 위함이다.

#### 나. 공시재료

조사료는 벧짚과 알팔파 큐브이며, 벧짚은 절단기를 사용하여 벧짚의 길이를 5cm로 일정하게 절단하였다. 알팔파 큐브 및 농후사료(착유 1호)는 시중에서 구입하여 사용하였다

#### 다. 시험방법

조사료와 농후사료의 혼합비율은 농촌진흥청 영농교본에 의해 소가 조사료를 섭취하는 비율을 다음과 같이 45:55, 50:50, 60:40로 선정하였다. 조사료의 무게중 벧짚은 혼합비율에 관계없이 일정한량 50kg을 사용하고 나머지 조사료 비율에 해당되는 무게는 알팔파 큐브를 사용하였다. 혼합과정에 농후사료가 조사료에 용이하게 부착되게하기 위하여 물 30ℓ를 가수하였다. 각각의 혼합비율별 및 혼합오거의 회전수별로 혼합정도는 염농도 측정하여 변위계 수로써 나타냈으며 염농도는 EC메타를 사용하였다. 혼합후 배출과정에서 일정한 간격으로 샘플을 10씩 취하여 각각의 샘플별로 100g의 벧짚을 물 2ℓ에 침수하여 1분간 막대기로 저은후 1분간 tempering한 후에 염농도를 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 혼합오거 형식별 요인시험

조사료와 농후사료의 혼합하여 TMR조제의 적정오거의 형상을 구명하기위하여 오거의 형상별로 혼합요인시험을 한 결과 IV형이 가장 양호한 것으로 나타났다. I형은 1피치내에 4개 홈(높이×밀변 : 50×30mm)이 있는 형상으로 하부오거의 선단과 혼합통 밀면 및 측면에 사료가 끼여 오거의 회전이 정지되었다 이것은 오거의 회전시 홈은 혼합통 측면과 오거 사이에 끼인사료를 걷어내는 역할을 못하고 오히려 사료를 혼합통 측면과 오거사이에 누적시키는 것으로 추측된다. II형은 혼합오거의 하부오거에 홈을 제거후 오거날을 선형화 한 결과 하부오거의 반대방향의 나선이 서로 만나는 부분에서 사료가 더 이상 이송되지 못하고

정체 및 끼임이 발생하였고 오거의 선단과 혼합기의 측면과 사이에서 부분적으로 끼임이 발생하였다. III형은 혼합오거에 의해 사료가 만나는 곳에 사료의 끼임없이 유동이 원활하게

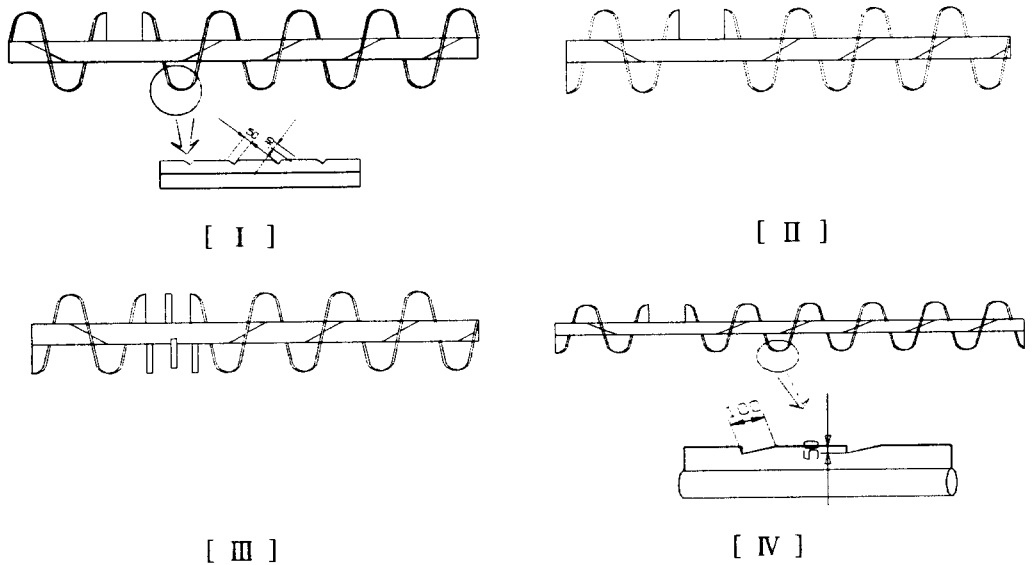


Fig 4. Type of mix screw

되도록 돌기를 부착하였으나 조사료가 돌기에 감기는 현상이 나타나 결국 과부하 발생으로 혼합오거가 정지되었다. IV형은 III형의 돌기들을 제거하였으며, 오거선단의 1피치내에 4개의 삼각형(△)홈(a×b : 5×10)을 I형에서의 홈의 방향과는 반대 방향으로 제작하여 시험한 결과 끼임 발생이 없었다.

#### 나. 사료혼합비 및 회전속도별 혼합시험

혼합오거의 회전속도는 상부 : 하부 = 2 : 3으로 하였으며 혼합시간은 공히 360초로 동  
 <Table 1> Mixed accuracy according to mixed ration and screw revolution

혼합량 (kg) (벼짚+알파파쿠브):농후사료 (조사료 : 농후사료)	상부오거 회전수 (rpm)	혼합량 (kg)	혼합 성능			혼합도 (CV)
			혼합 시간 (sec)	배출 시간 (sec)	시간당 혼합량 (kg/시간)	
(50 + 17) : 83 (45 : 55)	2	150	360	272	854	13.9
	3	150	360	247	889	11.5
	4	150	360	235	907	12.5
(50 + 32) : 68 (55 : 45)	2	150	360	285	837	12.3
	3	150	360	259	872	11.0
	4	150	360	246	891	11.2
(50 + 40) : 60 (60 : 40)	2	150	360	303	814	17.5
	3	150	360	276	847	12.4
	4	150	360	261	869	12.7

※ ○ 혼합정도분석 : 염도측정(측정장치 : E.C.메타). ○ 혼합후 사료 함수율 : 25.10(%wb)  
 ○ 벼짚길이 : 50mm

일한 조건에서 각각의 조사료와 농후사료비율별로 시험을 하였다. 표 1 과 같이 사료혼합비 및 회전속도별 혼합정도를 조사한 결과 조사료 : 농후사료비율이 55 : 45의 상부오거기준 회전수 3rpm에서 가장 변위계수가 낮은 11.2로 나타났다. 배출시간은 조·농후사료의 비가 45 : 55에서 가장짧은 235초로 나타났다.

**다. 혼합정도**

조사료와 농후사료의 혼합비가 55 : 45인 상부오거의 3rpm에서 3수준의 혼합시간별로 시험결과 480초 동안 혼합후의 혼합정도(변위계수)는 8.7로 나타났으며, 평균 0.09792, 표준편차가 0.008559, 99%의 신뢰한계  $L_{1,2} = 0.0909 \sim 0.1048$ 에 포함되어있다. 600초 동안 혼합후의 혼합정도(변위계수)는 8.3으로 혼합시간 480초와 600초는 혼합정도에 큰차가 없는 것으로 사료되어 480초가 적당한 것으로 판단된다.

<Table 2> Mixed accuracy according to mixed time

혼합량(kg) (조:농후사료)	혼합시간 (sec)	혼합정도 (변위계수 (CV))	비고
150 (55:45)	360	11.0	상부 오거 회전속도 : 3rpm
	480	8.7	
	600	8.3	

**4. 결론 및 요약**

본 연구에서는 시작기는 동력은 트랙터 PTO를 사용하였으며, 혼합, 배출일관작업이 가능하도록 하였다. 압축식 로드셀과 지시계로 사료투입 정량을 표시토록하였다. 혼합은 상부오거와 하부오거의 회전나선을 반대 방향으로하여 혼합시 상하층 사료의 유동이 용이하도록 제작 하였으며, 배출은 체인컨베어에 의해 배출되는 구조로 하였다 조사료와 농후사료의 혼합비율, 혼합오거의 회전수별로 혼합시험 분석을 하였으며 결과를 요약하면 다음과 같다

1. 혼합오거의 적정형상을 구명하기위하여 4차에 걸친 오거의 형상을 변형개선 시험한 결과 선단부분에 삼각형(높이×밑변 : 5×10cm) 홈 형상의 혼합오거에서 혼합이 원활 하였으며 삼각형홈의 높이(5cm) 부분을 날카롭게하여 혼합시 하부오거와 밑면에 끼인 사료의 절단 및 끼임을 방지하도록 하였다.
2. 혼합비에 따른 원료사료의 투입시 4개의 로드셀로부터 원료무게를 인식하여 디지털 지시계에 표시되게하였다.
3. 조사료와 농후사료 비율 및 혼합오거의 회전수별 혼합정도에 있어서 조·농후사료비가 55 : 45의 3rpm에서 변이계수(CV)가 11.0로 가장 양호하였으며, 이때 혼합시간에 따른 변이계수(CV)은 8분간 혼합에서 8.7, 10분간 혼합에서 8.3로 8분 이후에는 큰차가 없는 것으로 나타나 혼합작업시간은 8분으로도 가능한 것으로 생각된다.

4. 체인컨베이어벨트의 혼합사료(조·농후사료비 45:55(150kg)) 배출시간은 혼합오거의 회전수 4rpm에서 235sec로 가장 짧았다.

## 5. 참고문헌

1. 서울우유. TMR을 위한 원료사료의 효율적 이용. 1992년 7월.
2. 축산시험연구보고서 1992년
3. 서울우유. TMR믹서의 종류 및 특성. 1993년. 1월.
4. 축산시험연구보고서 1993년
5. 농촌진흥청 농정시책건의 장소의 완전혼합사료 급여체계 확대. 1993년
6. 김종해, 정태영 벵짚절단길이가 면양의 반추행위에 미치는 영향. 1993년.  
Korean J. Anim. Sci., 35(4)