

동력경운기 견인형 TMR 배합기의 개발 (I)⁺

Development of a Power-tiller TMR Mixer (I)

조기현* 심태은* 정인갑* 이정택** 백 이*** 배찬용****
 정회원 정회원 정회원
 K.H.Cho T.E.Shim I.G.Jeong J.T.Lee Y.Paek C.Y.Bae

1. 서론

최근 우리 나라의 우유 및 유제품의 소비 증가와 유럽등지의 가축 광우병문제등이 대두되면서, 국내젖소의 사육두수가 서서히 증가되어지고 있으며, 전업농의 경우 가구당 사육두수가 약 20 ~ 30두 정도이다. 물론 이 수치는 외국의 가구당 80두 정도에 비하면, 아직은 영세한 실정이다. 이러한 소규모의 사육이기 때문에 사실적으로 기계화되어지기 어려웠던 것이다. 하지만 낙농가의 이러한 사육에 있어서 가장 많은 시간이 소비되어지고 있는 것은 젖소의 경우 착유와 우유의 처리시간이면, 다음으로 사료의 급여에 많은 시간이 소요되어지고 있다. 이는 사육두수 1마리당 년간 약 200여 시간이 사육에 투입되어지고 있다.

물론 외국의 경우는 불과 70여 시간으로 우리나라의 1/3 수준에 지나지 않는다.

우리나라의 사료급여 체제를 살펴보면 양계, 양돈의 경우는 대부분의 먹이가 곡류를 섭취하기 때문에 배합사료 공장에서 배합되어진 사료를 그대로 급여하면 되지만 젖소의 경우는 곡류 이외에 목초, 벧짚, 사일리지등의 섬유질 조사료를 일반 배합사료와 혼합하여 급여하게 된다.

이러한 사료의 급여과정은 상당한 노동력이 요구되어지게 된다. 따라서 우유 및 육유의 생산비용을 증가시킬 뿐만아니라 소규모 사육에서 벗어나지 못하게 되는 원인이라 할 수 있다.

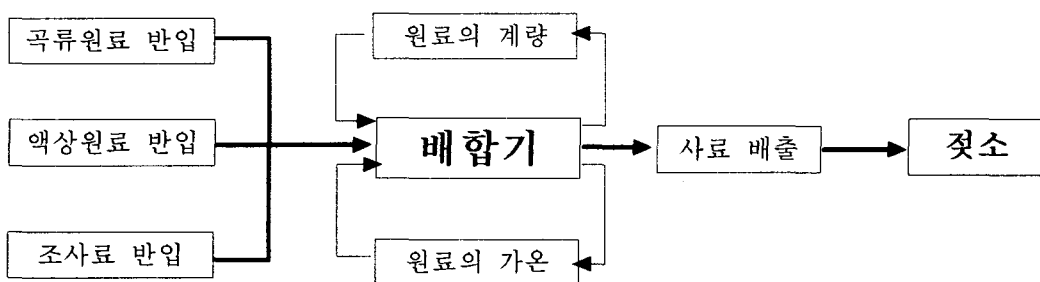


Fig 1. Processing diagram of TMR mixer

* 경북도립 경도대학 ** 경북대학교 대학원
 *** 농촌진흥청 기계화연구소 **** 한농기계(주)

또 다른 문제로서는 배합사료와 조사료의 배합에 있어서 일반적으로 사육농가가 젖소의 영양소 요구량 또는 생산비등을 고려하지 않고 임의 대로 배합하여 급여하는 것이다. 이는 요구량을 만족시키지 못할 경우 또는 과잉공급되는 경우도 발생되어지게 되어 생산품의 품질저하 및 생산비 상승의 주된 요인이 되어지고 있다. 따라서 이러한 여러문제점들을 개선하고 좀더 과학적이고 자동화된 사료급여 시스템 개발을 위해 TMR 배합기의 필요성이 심각하게 대두되어지고 있는 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 소규모 사육농가의 사료급여 체계에 소요되는 과다 노동력 및 비효율적인 사료 급여 체계의 개선을 위해서 정량 계측이 이루어지는 배합사료와 조사료 및 습사료의 효율적인 배합과 이를 가온숙성 시켜서 젖소가 먹기좋은 상태로 만들 수 있는 TMR 배합기를 개발하는 데 있으며, 본 TMR 배합기에 소요되는 동력은 경운기에서 취출하여 사용하며, 오거식 교반기를 장착하여, 배합후 경운기로 운반하여 급여 할수 있는 시스템을 가진 저가형 경운기용 TMR 배합기를 개발하는데 있다.

2. TMR 배합기의 개발

1) 시스템의 구성

본 연구에서 개발된 배합기는 배합사료와 조사료의 배합에 알맞은 오거식 배합기를 가지고, 일반 대형 트랙터용 TMR 배합기와 달리 세절되어진 조사료를 사용하는 것을 기본 전제로 하여 기존의 트랙터용에 장착되어져 있는 조사료 세절 시스템을 배제하고, 젖소가 기호하는 숙성되어진 사료, 즉 예전의 방식인 조사료와 배합사료를 혼합하여 가열하여 끓여서 급여하는 방식을 고려하여,

배합사료와 조사료를 배합한후 가온 숙성시켜서 젖소가 먹기 좋게 만들어주는 가온장치를 부착하였으며, 배합, 숙성되어진 사료를 배출하는 배출장치가 있으며, 원료의 투입시 정확한 배합비를 만들 수 있도록 원료의 계량을 위한 계량장치가 있으며, 경운기의 트레일러에 장치되어 정확한 계량을 하게 된다. 또 이러한 모든 소요동력을 경운기의 PTO축으로부터 공급되어지게 설계하였다.

이 시스템의 주요 구성부는 배합시스템, 가온숙성시스템, 계량시스템, 동력전달시스템, 배출시스템과 트레일러부로 구성되어져 있다.

2) 배합기 용량

배합기는 1회 배합으로 젖소 및 비육소 20-30두 정도가 급여가능한 정도로 우리나라 일반농가에 주로 보급되어져 있는 최대출력이 13마력급 동력경운기에 적합한 규격으로 선정하여 개발하였다. 배합기의 일반적인 규격은 다음의 표1과 같으며, 동력경운기의 주요 제원은 표2와 같다.

Table 1. Specification of the TMR mixer

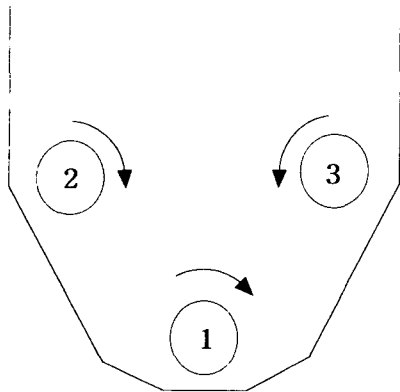
Item		Capacity
Volume	Tank Capacity (m ³)	2.0
	Mixing Capacity (m ³)	1.4
Weight	Total Weight (kg)	1,000
	Mixing Weight (kg)	800
Length	Length (m)	2.450
	Height (m)	1.030
	Width (m)	1.325

Table 2. Specification of the power-tiller

Item	Spec
Combustion chamber	precombustion
Total displacement	680cc
Continuous rated output	10ps/2200rpm
Maximum output	13ps/2400rpm
PTO speed of shaft	193 / 284 rpm

3) 배합용 오우거

일반 사육농가에 많이 보급되어져 있는 배합기의 대부분은 4개의 축을 사용한 오우거 현을 채택하고 있다. 또한, 오우거형 배합기의 문제점인 맥주박과 같은 습사료를 배합시 오우거에 많은 동력이 소요되어서 과부하 발생으로 인한 축이 휘거나 파손되어지는 경우가 있다. 따라서 이러한 오우거형의 문제점을 개선하여 그림 2처럼 3개의 축을 가진 특수형 오우거를 개발하여 기존의 4축 오우거형의 문제점을 개선하였다.



Auger	speed
1	9 rpm
2	6 rpm
3	6 rpm

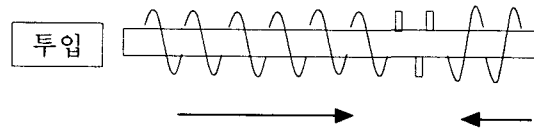


Fig 2. Rotation number and direction of auger

1번 오우거의 형상을 한방향으로 할 경우에 투입구로부터 공급되어진 배합사료가 앞쪽 방향으로 계속적으로 이동하여, 호퍼의 앞부분에 압축력을 가하게 되어지며, 오우거 또한 계속적인 부하를 받게 된다. 따라서, 일반적으로 사용되어지고 있는 한방향 오우거를 변형하여, 양방향 오우거로 제작하였다. 따라서, 호퍼 앞부분에 가중되어지던 압축력이 감소되었으며, 배합사료의 완전한 혼합이 가능하게 되었다.

또한, 호퍼내에서의 전체적인 배합사료의 흐름은 그림 3과 같다.

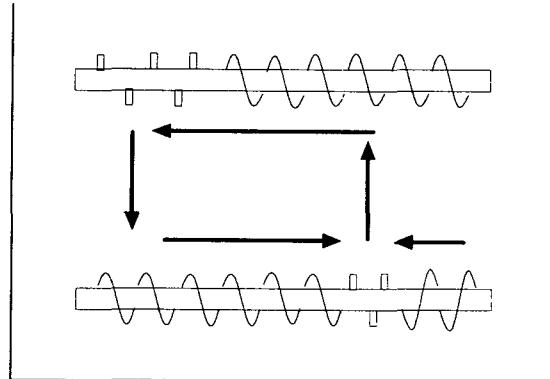


Fig 3. Direction of auger rotation

하부 오우거의 회전에 의해서 배합사료가 안쪽으로이동되어지며,상하좌우로이동되어지며 사료가 완전히 혼합되어진다.

4) 배출 장치

본 경운기용 TMR 배합기에서는 배출장치를 컨베이어 벨트식으로 개발하였다. 기존의 TMR 배합기에서 적용한 오우거형 배출장치

는 배출작업중 배합사료가 오우거에 걸려서 배출이 되지 않는 경우도 발생하였으며, 또한, 이를 제거하기 위해서 직접 손으로 작업을 하는 도중 안전사고의 위험도 내포되어있었다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 문제점들을 개선하여 작업의 안전성을 고려하여, 그림 4처럼 컨베이어 벨트방식을 채택하였다.

컨베이어 벨트의 구동은 경운기의 PTO축으로부터 얻어진 동력을 이용한 유압펌프의 유압을 이용하여 유압모터를 구동 시켜서 컨베이어 벨트를 구동, 배합사료를 배출하는 방식이다.

배출 게이트부의 개폐작용은 복잡성을 고려하여, 간단하게 수동작으로 행할 수 있도록 핸들식 개폐장치를 선택하여, 배합사료의 배출시 사용하게 하였다.

또한, 사료내에 있을 수 있는 금속성분들을 제거하기 위해 배출부에 자석을 설치하여, 사료속의 금속성분을 제거하도록 하였다.

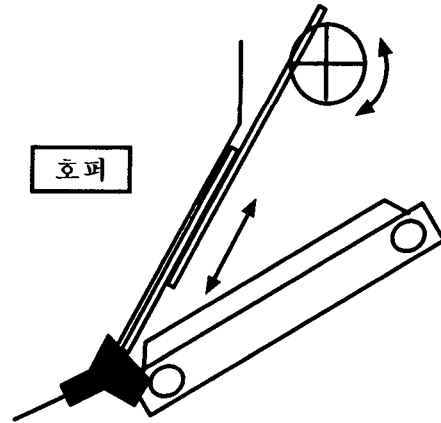


Fig 4 .Manual door and delivery conveyor

5) 가온장치

본 연구에서 개발한 가온 속성장치는 배합기 하단부에 설치하여 배합도중 열풍을 가하여서 혼합사료의 온도를 증가시켜서 속성 시키는 원리를 이용하여, 젖소의 영양을 고려하였으며, 기호성과 소화흡수력을 증가시킬 수 있었다. 가온장치의 일반적인 제원은 다음의 표3과 같다.

배합기에 투입되어진 배합사료는 수분 40% 정도의 습사료이므로 가온장치를 이용하여, 배합사료에 열풍을 공급하게 되면 전체적인 온도 분포가 약 60℃ 정도로 유지되어진다. 사료의 발효에 최적의 온도는 약 65℃ 부근이므로 이에 부각된다고 볼수 있다.

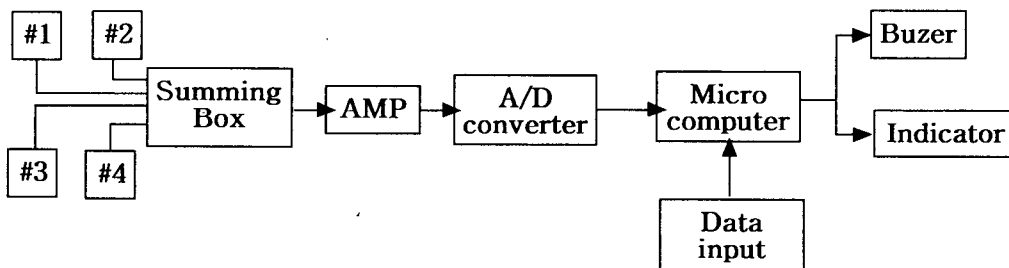


Fig 5. Weighting system of TMR

또한, 송풍기로부터 공급되어지는 열풍에 의해서 사료의 배합에도 도움을 주는 것으로 나타났다. 열풍을 공급하지 않은 경우에 비해 열풍을 공급한 경우가 배합에 소요되는 동력이 다소 낮게 소요되는 것으로 나타났다.

Table3.Specifications of the used heater

Item	Spec
Heating type	Pipe heater type
Electricity consumption	3 kW
Heating temperature	0 °C ~70 °C
Voltage	3상 380V
Air flow capacity	4.1 m ³ /min

6) 원료의 계량장치

배합원료의 배합비율을 정확하게 계량하는 것은 양질의 사료를 제조할 수 있음은 물론 이거니와 사료의 낭비적인 요소를 감소시킬 수 있어서 경제적인 사료제조에 중요한 요소라 할 수 있다. 그림 5는 배합원료의 계량을 위해서 트레일러의 모서리 4곳에 용량 1ton 급의 계량용 센서(load cell)를 부착하여 계량된 값을 표시되어지도록 설계하였다. 계량시스템의 계량오차 범위는 0.5% 미만으

로 하였으며, 로드셀로부터의 감지된 하중 값을 증폭하여 A/D 변환기를 통해서 디지털 신호로 변경되어져, 마이크로 컴퓨터로 보내지게 되고, 여기에 별도의 Data 입력창을 설치하여, 설정하중값 즉, 배합사료의 중량을 입력하면 원료 투입에 따른 투입원료의 하중이 설정하중값보다 클 경우에는 컴퓨터에 의해서 부저를 울리게 하여, 하중초과를 작업자로 하여금 감지할 수 있도록 하였으며, 인디게이터 표시창을 이용하여, 투입되어진 원료의 하중과 설정하중값을 동시에 표시하여, 작업자로 하여 원료의 투입시 적정량을 투입 가능토록 하였다.

7) 동력전달장치

TMR 배합기는 경운기에 전인되어지므로 어느장소에서나 작업이 가능하도록 경운기의 PTO 축을 이용 주동력원으로 사용토록 설계하였으며, 주 동력원인 PTO 축으로부터 동력이용은 그림 6과 같다.

배합기의 동력은 배합기내의 배합용 오우거의 구동에 소요 되어지며, 배출장치의 동력은 배합이 완료된 배합사료를 배출시키는데 필요한 유압장치의 구동에 소요되어진다. 경운기의 PTO 축을 이원화시켜서 배합용 오우거의 동력과 배출용 유압장치의 구동을 분

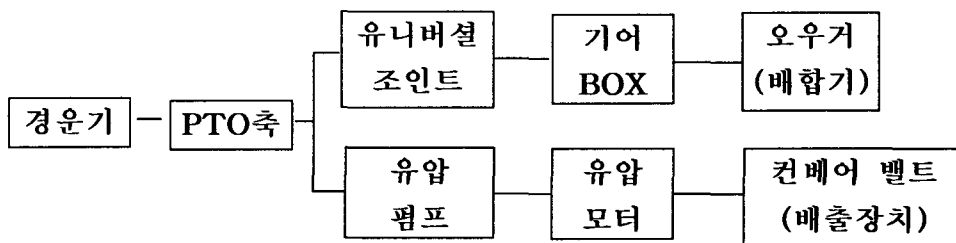


Fig 6. Diagram of power train in the TMR mixer

리시킴으로서 배합에 소요되는 동력손실을 최소화 시켰다.

경운기의 PTO축의 회전으로부터 배합기동력원과 배출장치의 유압동력원을 모두 취출하여야 하므로, PTO축을 2중으로 하여 배합기동력과 배출장치동력을 모두 취출가능하도록 하였다. 경운기의 우측의 정회전 PTO축에서 배합기와 배출장치의 동력을 모두 취출하도록 설계, 개발하였다. 최종적인 감속을 위해서 기어 및 체인을 사용하였으며, 기어와 체인부의 마모를 감안하여, 강도가 높은 재질을 사용하였다. 또, 체인이 기어로 부터의 이탈을 방지하고, 체인에 장력을 부여하기 위해서 텐션장치를 설치하였으며, 각 기어부와 체인의 원활한 회전을 위해서 윤활유와 그리스의 주입부를 설치하였다.

전체적인 시스템 조립은 그림7과 같다.

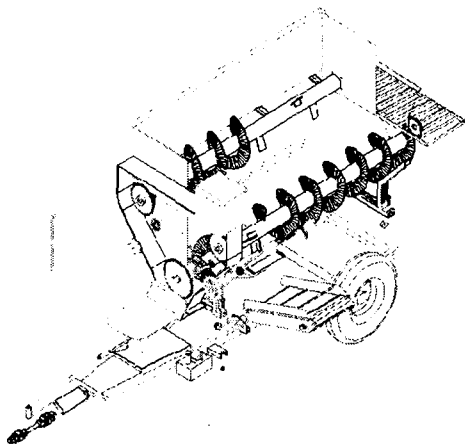


Fig7. Developed prototype of the TMR mixer(Model : HN8500)

3. 요약 및 결론

본 연구의 목적은 소규모 사육농가의 사료 급여 체계에 소요되는 과다 노동력 및 비효율적인 사료 급여 체계의 개선을 위해서 정량 계측이 이루어지는 배합사료와 조사료 및 습사료의 효율적인 배합과 이를 가온숙성 시켜서 젖소가 먹기좋은 상태로 만들 수 있는 TMR 배합기를 개발하는 데 있으며, 본 TMR 배합기에 소요되는 동력은 경운기에서 취출하여 사용하며, 오거식 교반기를 장착하여, 배합후 경운기로 운반하여 급여 할수 있는 시스템을 가진 저가형 경운기용 TMR 배합기를 개발하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 본 연구에서 개발된 경운기용 TMR 배합기는 습사료와 조사료의 배합을 최대화하는 오거형 배합기와 배합사료를 젖소의 기호성과 영양소를 증대시키기 위해 가온장치를 부착하였으며, 배합원료의 정량을 계량할 수 있는 계량장치를 설치하였고, 배합가온 되어진 배합사료를 배출할 수 있는 배출장치를 갖춘 배합기로 개발하였다.

2) 배합성능은 1회 배합에 소요되어진 시간이 원료 투입후 약 7분정도로 양호한 것으로 나타났으며, 배합사료의 변동계수가 약 5% 정도로 아주 우수한 것으로 나타났다.

3) 가온장치에 의해 가온되어진 배합사료가 젖소의 기호성을 향상시키고, 숙성에 의해서 영양소의 공급에 기여하는 것으로 나타났다.

본 연구과제는 경상북도와 중기청이 지원하는 산학연컨소시엄 연구과제결과의 일부임

4. 참고문헌

1. 김광수. 1995. 젓소의 TMR 사양. 바이오 사료연구소
2. 문상호외 2인. 1999. 두부박 및 맥주박 발효사료의 급여가 꽃사슴의 녹용생산성에 미치는 영향. 건국대자연과학연구지
3. 김동균. 1992. TMR 급여체계활용을 위한 시설관리. 월간 서울우유
4. 정인걸. 1992. TMR 시스템과 영양관리. 월간 서울우유
5. Donnel Hunt. 1968. Farm power and Machinery Management. Iowa State U.P.