



# 경제적인 TMR 배합



**나 현 재**  
(주)에그리텍이앤씨(E&C)  
대표컨설턴트

TMR은 쪼소의 체유지, 우유생산, 증체, 비유단계, 번식관계, 계절 등을 고려하여 영양소 요구량을 충족시키며, 쪼소의 건강과 지속적인 생산 그리고 쪼소의 수명을 연장시키기 위한 방법으로 조사료와 농후사료, 첨가제 등을 한꺼번에 혼합하여 급여하는 형태인 완전혼합사료(total mixed ration, complete mixed ration)라 불리고 있다. 또한 TMR이라고 하는 것은 소가 하루에 필요로 하는 모든 영양소를 조사료까지 포함하여 24시간 자유 채식하여 건물섭취량을 최대 수준으로 만들기 위한 급여 방법이며 일종의 사양시스템이다.

TMR은 이미 낙농 선진국인 이스라엘, 미국, 캐나다, 일본 등에서 도입하여 발전하여 일반적으로 사용되어지고 있다. 하지만 미국과 캐나다와 같은 나라는 사료자원이 풍부하여 원료사료의 구입이 용이하며 양질의 원료사료를 사용할 수 있다. 하지만 이스라엘과 일본 그리고 우리 나라와 같은 경우는 원료사료의 부족으로 다른 방법으로 TMR을 유지하고 있는 실정이다. 이스라엘과 일본은 TMR의 도입 이후 자국의 현실에 맞게 개발하여 지금은 상당한 수준으로 발전하였다. 우리 나라에서는 1980년대 중반에 처음으로 시도되었지만 TMR 사양방식에 대한 이해 부족, 영양소 균형상의 문제, 급여방법의 문제, 혼합의 문제, 비타민 미네랄의 중요성 인식부족 등 엄청난 문제점을 갖고 있어 초기에는 상당한 문제가 발생하였다. 우리나라에서 TMR사양방식은 소규모의 농가에서 시행하기엔 여러 가지 많은 문제를 안고 있으며 대규모 농가에서도 아직 여러 가지 기술적인 문제로 인해 소를 망치는 경우가 빈번하다.

그러나 앞으로 공동생산방식 또는 정확한 분석을 통한 경제적이면서 고능력 우의 영양생리에 맞는 배합비 등을 실현하는 것, 그리고 최근 각광받고 있는 TMF(Total Mixed Fermented Feed)를 검토하여 국내산 조사료의 효율적인 사용방법을 착안하거나 발효의 올바른 이해를 통해 거친사료의 기호성 증진 및 소화율 향상을 이룩하여 경제적이고 합리적인 사양시스템을 활용하는 등 많은 노력들을 통해 원가 절감과 급여 전략 등에 대한 인식을 하게 되면 우리나라의 TMR(TMf)사양체계도 매우 발전할 것으로 기대된다.



TMR(TMF) 급여로 우리나라의 낙농산업이 이미 많은 발전을 이룩하였고, 낙농목장들 뿐만이 아니고 한우나 비육우를 사육하는 농장에서도 급속도로 그 사양시스템을 적용하는 경우가 늘어가는 상황으로 판단된다. 그러면서 이미 낙농목장이나 한우·비육 농장들에서도 TMR(TMF) 사양시스템을 이해하고 잘 적용하고 있으며 많은 매체들을 통해서 상당한 지식들을 갖추고 있다고 믿기 때문에 여기에 그 필요성이나 적용 방법들에 대한 구체적이고 자세한 설명을 하지 않고 통상적인 주의점만 정리하기로 한다.

다만, 조금 더 경제적이고 올바른 사양시스템(체계)을 갖추기 위해서 앞으로 꼭 짚고 넘어가야만 할 사항을 이야기하기로 한다.

### 1) TMR과 건물섭취량(DMI)

건물 섭취량을 파악하는 것은 일단 하루에 섭취하는 사료에 적절한 영양소 균형을 맞추기 위한 기본적인 자료가 된다. 반드시 TMR이 아니라도 아래와 같이 요약 정리할 수 있다.

건물의 최대 섭취능력은 소의 체중과 비유에 대한 에너지 요구량, 성장, 그리고 유지활동에 따라 결정된다.

〈표-1, 2〉는 고능력우에 대한 비유별·체중별 적정 건물섭취량이며, 군을 분리하지 않았을 때와 2개의 군으로 분리하였을 때를 나타낸 것이다. 건물섭

체중(kg)	중·저능력우군(kg/일)			고능력우군(kg/일)		
	25	30	35	40	45	50
550	18.5	20.5	21.7	23.7	25.6	27.8
600	19.2	21.0	22.2	24.0	25.8	28.2
650	19.8	21.8	23.1	24.7	26.3	28.3

TMR Resource Note-book

〈표-1〉 TMR 건물(DM)섭취 요구량(유지방 4% 기준) - 1군

체중(kg)	고능력우군(kg/일)			중·저능력우군(kg/일)		
	40	50	60	25	30	35
550	23.1	24.5	25.4	19.9	20.8	22.2
600	23.6	24.9	25.8	20.4	21.3	22.7
650	24.0	25.4	26.3	20.8	21.7	23.1

TMR Resource Note-book

〈표-2〉 TMR 건물(DM)섭취 요구량(유지방 4% 기준) - 2군 분리



취량에 미치는 요인은 여러 가지가 있겠지만 TMR의 종류(건식, 습식)와 적절한 조·농 비율, 조섬유의 양과 비율, 조사료의 NDF와 ADF, TMR 내 단백질의 양, 물의 급여상태와 질, 체중, 유량, 산차수, 체중의 증가여부에 따라 다르게 나타난다.

고능력우를 위한 TMR에서 섬유소 급여를 고려해 볼 때 중요한 두 가지 사항은 1)ADF, NDF와 같은 화학성분의 요구량이고 2)기능적(물리적) 섬유소의 요구량이다. TMR에서 가장 중요한 사항은 몇 번 강조했지만 소는 %를 먹는 게 아니고, kg으로 먹어야 한다. 특히 중요한 것은 조사료 유래의 NDF(R-NDF)의 결정이다. 많은 연구가 조사료를 기초로 한 사료에 있어서 건물 중의 총 NDF는 27~30%이고 조사료유래의 NDF는 총 NDF의 75%, 즉 건물 중의 21~22%가 반추위의 건강과 최대의 사료섭취량을 이끌어 낼 수 있다.

Wisconsin 대학이 연구한 것으로서 사료 중에 28%의 NDF수준(DM)에서 가장 이상적인 DMI를 찾았으며, 28%의 NDF의 의미는 소의 건강을 유지하면서 곡물의 섭취량과 사료 중의 에너지수준을 최대로 하기 위한 타당한 수치로서 표시되고 있고도 있다. 하지만 젖소의 건강을 유지하기 위하여 사료 중의 조사료 유래의 NDF를 건물 중 NDF의 수준이 낮아지면 산중독증이 걸려 소의 건강을 망쳐놓을 수 있고, 역으로 NDF의 수준이 증가하면 건물 섭취량이 줄고 저유량과 영양부족이 서서히 나타난다. 고능력우를 위한 TMR 배합 후 소의 건강이 나빠지는 경우가 나타나는데 이유는 사료 섭취량과 NDF의 비율에 있다. 조사료의 건물을 보다 빈번하게 확인 함으로써 소의 건강을 지킬 수 있다. 아무리 정확한 TMR의 배합이라도 현장과 일치하지 않는 TMR은 사양 관리가 어려운 고능력우에서는 성공할 수 없다.

## 2) 고능력우를 위한 TMR의 주의사항(영양소 요구량)

NRC를 비롯한 대부분의 요구량의 영양소 함량은 변화가 심하기 때문에 축산전문가는 단지 길잡이 역할만을 할 뿐이다. TMR 배합의 주요원리는 원료 사료간의 비율을 실질적이고 경제적으로 유지하는데 있다.

영양소 요구량 측면에서 다음과 같은 몇 가지 사항을 고려해야 한다.

- ① 건물, 조단백, ADF, NDF, 광물질 등 사료의 일반성분을 분석해야 한다. 특히, 조사료와 부산물사료의 경우에는 자주 일반성분을 분석하여야 한다.
- ② 건물량은 건물섭취량에 영향을 미친다. 사일리지나 대개의 부산물 사료는 pH가 낮고 용적이 크며 사료섭취량을 감소시킨다(Kroll & Owen,



- 1986).
- ③ NDF의 최대 섭취량은 체중의 1.1%이며(Mertens, 1985), TMR중 조사료가 차지하는 비율이 50% 정도일 때이다. 그러나 조사료의 질이 나쁠 때는 단지 27~30% 만을 조사료로 배합한다.
- ④ NDF는 가장 중요한 요소 중에 하나이다. NDF 함량이 낮고 소화율이 높은 경우에는 사료 중 조사료의 비율을 높이고, NDF량이 높고 소화율이 낮은 경우에는 조사료의 비율을 낮춘다.
- ⑤ 사료 중 조사료의 비율을 최대한으로 하는 동시에 최대의 섭취량을 도모하기 위해서는 조사료를 비교적 미세하게 분쇄해야 한다. 그러나 조사료의 질이 나쁠 경우에는 소화장애를 피하기 위하여 조사료의 입자도를 증가시켜야 한다.
- ⑥ 에너지와 단백질의 비율은 체중의 증감에 관계하는 매우 중요한 요소이다. NRC에서 제안한(1.72Mcal/0.17%) 에너지와 단백질 비율은 체중의 증감에 관계하는 매우 중요한 요소이다. NRC에서 제안한 에너지와 단백질 비율을 따르면 젖소의 과비를 방지할 수 있다. 비율이 10.3이나 그 이상이면(NRC Beet Cattle, 1984) 젖소의 체중이 증가할 것이다.
- ⑦ 비단백태 질소화합물(NPN)의 함량에 각별히 주의해야 한다. 일일 두당 NPN 급여가 100g이 넘지 않도록 하여야 한다. TMR 중 NPN의 비율이 높을 경우에는 비구조성 탄수화물과 광물질의 함량도 반드시 높여 주어야 한다.
- ⑧ 지방은 최소한 3% 포함되어야 한다. 그러나 양질의 조사료가 사용될 경우에는 지방의 수준을 7~8%로 증가시킬 수 있다. 조사료의 질이 좋지 않을 경우에는 지방 함량을 4.5~5% 내로 조정해야 한다.

### 3) 고능력우에게 TMR 급여시 문제와 해결

문제가 발생하는 많은 경우에 있어서 그 원인이 영양학적인 부분과 관련된 것이 많다. 아래에 주로 발생하는 문제점들의 원인에 대하여 간략히 기술하였다. 이 자료는 미국 코넬대학교에서 정리한 것인데 목장의 문제점들에 대하여 원인을 총망라하여 나타내준다. 따라서 목장에서는 이러한 지침에 의거하여 원인들을 찾아내고 그에 대한 적절한 대책을 수립하여 목장의 생산성 향상에 힘써야겠다.



### 1. 사료 섭취량이 저하되는 경우

- 농후사료 · 조사료의 비율이 60 : 40 비율보다 농후사료의 양이 많을 때
- NPN이나 가용성 조단백질 수준이 높을 때
- 제한된 급수로 젖소의 스트레스 발생
- 계절된 조사료로 인한 반추 시간의 감소와 칩의 분비 저하
- 사료 내 영양소의 불균형으로 인한 영향
- 비타민, 광물질의 과잉 또는 부족
- 개체별 관리 부족으로 인한 과비 · 마른 젖소의 발생
- 수분을 고려하지 않은 TMR 급여 시 충분치 못한 사료의 급여(DM기준)

### 2. 유량 저하의 경우

- 비유초기 건물섭취량과 에너지 부족으로 인한 원인
- 비유초기에 최대유량과 비유지속성이 이루어 졌는가?
- 잘못된 사양관리로 발생하는 과비우와 마른 소의 발생
- 영양소 부족이나 불균형(에너지와 단백질) 발생시
- 사료급여 횟수와 섭취시간의 부족

### 3. 유지방 저하의 경우

- 조농 비율의 확인(최소한 4:6유지)
- 사료 내 조섬유 함량(ADF 함량이 19% 이상 되어야 함)
- 너무 곱거나 펠렛화된 사료는 없는가?
- 에너지 부족으로 인한 유지방 저하
- 과량의 보호지방을 급여 시

### 4. 유단백질 저하의 경우

- 낮은 건물 섭취량과 비성유성 탄수화물(NFC)이 부족한 경우
- 단백질 함량의 부족과 반추위 비분해성 단백질(UIP), 반추위 분해성단백질(DIP), 가 용성 단백질(SIP) 등 단백질 구성 요소간의 비율이 불균형한지 확인한다.
- 비분해성 단백질(UIP)의 아미노산이 불균형할 때
- 적절한 지방 첨가가 이루어지지 않을 때



### 5. 케토시스의 원인

- 과비된 건유우에서 발생
- 낮은 조섬유 함량(ADF 19% 이하)이 원인이라면 조섬유 함량을 높여준다.
- 분만 후 스트레스가 발생한 개체
- 비유전기에 낮은 에너지를 공급받은 개체
- 발효가 제대로 이루어지지 않은 사일리지 급여시
- 사료 내 단백질 또는 황 함량이 부족한 경우
- 갑작스런 사료의 변경으로 사료 섭취량의 저하

## 4) 낙농 선진국과 우리 나라의 TMR

### 1. 우리 나라의 현실

최근에 여러 가지 원인으로 인하여 TMR이 1980년대 중반부터 실행되었지만, 잘못된 이해와 경험 부족, 전문가가 없는 현실에서 시작되어 많은 낙농가가 실패하였다. 하지만 계속적으로 노력한 낙농가의 경우 유량의 증가와 경제적 이익을 가져왔다. 우리 나라 젖소의 경우 유전적인 산유능력은 10,000kg이상이지만 사양관리의 잘못으로 제대로 능력을 발휘하지도 못하고 조기에 도태되는 경우가 빈번하다. 즉 고능력우를 갖고 있어도 잘못된 사양체계로 인하여 오히려 대사성 질병이 발생하여 경제적으로 손해를 보는 경우가 허다했다. TMR 사양체계의 도입으로 인하여 이러한 문제점은 많이 해결되었지만 아직까지 많은 노력이 필요하다. 따라서 실제적으로 TMR의 이용이 날로 증가되고 있는 추세이다.

낙농가가 어떤 형태(자가TMR, 구입TMR, 공동TMR)로든 TMR 사양을 하고 있는 것은 현실이나 일부에서는 애써 외면하고 부정적인 요인만을 대두시키고 있는 실정이다. 현시점에서 현실은 현실로 인정하는 노력(낙농가, 사료업체, 협동조합 등)이 필요하다. 이러한 바탕 위에 TMR의 발전 방향을 모색하고 낙농가의 생산성 향상과 관련업체의 건전한 발전을 이룩하는 것이 국내 낙농 발전을 위해 바람직한 일이다.

### 2. 이스라엘의 TMR사양체계

NRC의 기준에 따른 사양방법과 영양소 요구량을 따라도 큰 무리가 없지만, 이스라엘 실정에 맞는 사양기준을 개발하여 많은 연구자들이 각자 열심히 노력한 결과 세계 최고의 낙농국으로 성장하였다. 이것은 일반 사양체계에서는 결코



이루어질 수 없는 상황이었으며, 자국 실정에 맞는 TMR사양체계를 개발하여 발전시킨 결과라고 볼 수 있다. 또는 어디서나 강조하지만 젓소의 사양체계는 “최소한의 경비로 최대한의 소득을 올리는 것,” 즉 수익을 최대화 하는 것인데, 이 방식은 정확한 영양소 요구량을 예측하고 TMR 배합에 필요한 사항을 충분히 고려하여 현장에 맞는 TMR사양체계의 적용으로 현재의 이스라엘이 있는 것이다.



사료를 급여하기 위해 준비하는 모습

이스라엘은 우리나라와 마찬가지로 양질의 조사료 생산이 어렵고 조사료의 가격이 높은 점을 감안하여 가격면에 유리한 ‘low cost diet 방식’을 채택하여 이스라엘 나름대로의 TMR사양체계를 개발시켜 현재 이스라엘의 낙농업이 세계최고이다. 사육규모의 크고 작음에 의해 실용성 및 경제성의 실정에 맞추어 다양한 시스템을 선택하고 있다. 그러나 이스라엘의 환경에서는 30~60두 규모의 농장이 TMR배합기에 투자한다는 것은 너무 비경제적이다. 따라서 소규모 농장에서는 경제성과 노동력을 감안하여 협동조합이나 또는 개인이 운영하는 지역적인 공동 TMR센터가 설립되어 조합원이나 고객농장에 TMR을 매일 공급하고 있다. 이러한 방식에서는 10~100두까지의 사육농장에 공급이 가능하며 3~300농장까지 TMR을 제공하는 것이 가능하다. 이 시스템이라면 젓소 1마리 당 사료비용을 최소한까지 내릴 수 있어 경제적인 가치가 생성된다.

경제적인 TMR(TMf) 사양체계를 가져감에 있어서 가장 중요하게 생각되는 “건물섭취량(DMI)”을 좌우하는 여러 요인을 앞에서도 언급하였지만, 가장 직접적으로 영향을 끼칠 수 있는 ADF /NDF의 중요성에 대한 것을 우리들이 가장 잘 알고 있는 청예옥수수(황숙기)와 옥수수 사일리지(황숙기)의 RFV(조사료의 상대적인 사료가치)를 계산해 보여드리면서 이 글을 마감코자 한다.

RFV는 필자도 몇 개월 전에 이 지면을 통해서 설명드렸으니 자세한 것은 그때를 참고하기로 하고 여기서는 직접적인 계산과 설명을 하면 청예옥수수(이하 A)와 사일리지(이하 B)의 가격을 동일하게 “200원/원물 kg”으로 하고 수분은 A-72.9% /B-77.52%(이하 모든 성분은 한국표준사료성분 참조)이며 조단백질(CP)은 A-2.1% /B-2.62%, TDN은 A-19.11% / B-14.59%이어서 큰 차이를 보이지 않았지만, ADF의 경우 A-26.81% / B-9.38%로 사일리지 가 현저하게 낮아진 결과를 보이고 있고, NDF역시 = A-54.32% /B-15.70%



로 역시 사일리지가 현저하게 낮아진 결과를 보이고 있다. 따라서 이 성분을 이용하여 RFV를 계산하면, 청예옥수수의 경우 DMI(체중대비 건물섭취량-체중은 650kg으로 계산)는 3.89kg이고, 사일리지의 경우는 11.17kg으로 거의 3배(2.87배)에 달한다는 것을 확인할 수 있다. ( $DMI = 120 / NDF(\text{건물 } \%)$ ) 결국 청예옥수수 보다 발효가 잘 된 사일리지의 경우가 건물섭취량을 3배 가까이 높일 수 있다는 계산이 되는 것이고 가소화 건물(DDM-Digestible Dry Matter)의 경우 역시 청예옥수수의 경우는 3.89kg섭취 중 0.46kg만 소화(11.83%)되는 것으로 계산되고, 사일리지의 경우는 11.17kg섭취 중 6.3kg(56.40%)가 소화되는 것으로 계산되어 비율로는 4.8배가 소화량으로는 13.7배가 높은 것으로 판단된다.

$$[DDM = 88.9 - 0.779 \times ADF(\text{건물 } \%)]$$

이런 결과로 RFV(=DMI×DDM / 1.29)는 청예옥수수가 “5.49”이고 사일리지는 “75.12”로 13.7배 정도 조사료 값어치가 향상된 것을 알 수 있다.

돈으로 계산하면 각각의 옥수수가 현물로 200원으로 구입하거나 수확하였다면 청예 옥수수는 조사료 한 단위(unit)를 소가 이용하는데 36.42원이 소요(200원 중 5.49% 값어치만 소화됨)되는 것이고, 사일리지는 2.66원(200원 중 75.12% 값어치 소화됨)이 소요되는 것으로 “RFV 단가”가 계산된다.

꼭 TMR(TMf)이 아니어도 모든 사료의 섭취량이나 소화율은 매우 중요한 것이며 많은 비용을 들여 구입한 사료들이 얼마나 값어치 있게 소에게 이용되었는지 따져본다면 앞의 옥수수(청예 vs 사일리지)의 계산에서 처럼 많은 차이를 느낄 수 있을 것이다. TMR의 원료로 사용되는 모든 원료들을 같은 방법으로 계산해 보셔야 한다고 지금쯤은 무릎을 치며 “옳다” 하실 것이다.

우리 낙농목장에서 많이 사용되는 두과건초(알팔파)의 경우도 구입할 때마다 ADF와 NDF가 바뀔 것이고, 화본과 건초나 짚류 역시 마찬가지일 것이다.

가장 훌륭한 TMR(TMf)배합비라는 것은 이런 섭취량과 소화율을 합리적으로 계산하고 잘 조합하여 가장 경제적인 값어치(RFV)를 만들 수 있는 배합비인 것이다. 물론 농장에서 직접 이 모든 것을 그때 그때 적절하게 계산하기는 쉽지 않겠지만, 주변에 많은 전문가들을 활용한다면 충분히 가능할 것으로 판단된다.

누구의 도움을 받든지 값어치 있는 사료(조사료)를 찾도록 노력하고 계산할 수 있다면 그것이 농장에 직접적으로 도움이 되고 돈이 되는 낙농 경영일 것이다. ㉞