

TMR배합비 작성과 배합의 실제(I)



박홍서
서울유유 지도부 대리

TMR사양은 이제 낙농가에게 확고한 젖소 사양관리
의 한부분으로 자리매김을 하고 있다.

1993년 정부의 시범사업으로 TMR공동배합소를 설
치하고 운영해보면서 연구, 습득한 내용들을 많은 낙농
가와 공유하고자 TMR관련하여 글을 다음과 같이 낙
농육우지에 연재코자 합니다. 독자 여러분의 많은 관
심과 지도를 부탁드립니다. - 필자 주 -

1. TMR사양의 도입 배경
2. 공동배합TMR의 운영체제 -서울유유를 중심으로-
3. TMR급여목적의 생산성향상
4. TMR배합비 작성 및 급여 방법
5. TMR사양관리(우군별, 비유기별, 사양관리 및 사료
조 관리)
6. TMR사양관리 문답

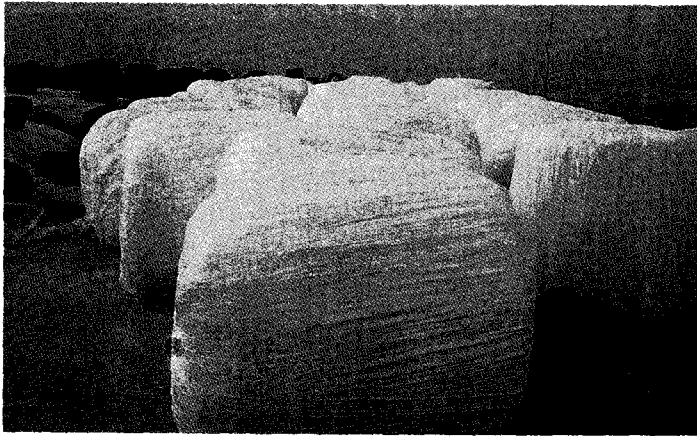
1. 배합비 작성에 앞서

젖소의 배합비는 1988년 NRC사양표준이 개정된
이후 지난 10여년간 매우 정교해졌으며 앞으로는 더
욱 그러할 것이다. 이제 낙농가들이 사료 중의 어떤
영양소와 그 가치에 대해, 그리고 젖소에 미치는 영향
에 대해 모른다면 성공적인 목장 경영을 하기가 힘들
것이다.

TMR 사양체계에서 배합비는 젖소 개체의 모든 영
양소의 요구량을 충족시켜야할 뿐만이 아니라 우군
전체의 건물섭취량까지 고려하여야 한다. 또한 영양
소와 원료사료의 비율도 생산능력이나 체점수에 영향
을 주게 된다. 일반적으로 젖소의 영양소 요구량은 문
헌을 통하여 또는 NRC와 같은 영양소 요구량표를 쉽
게 접할 수 있다. 그러나 대부분의 표는 사용가능한
목건초의 종류, 부산물사료의 이용정도, 에너지와 단
백질원이 될 수 있는 사료자원, 경제성 등을 고려하지
않고 작성되었다. 그러므로 섭취량에 가장 영향을 많
이 주는 건물과 중성세제불용성섬유소(NDF)등의 영
양소는 자주 분석하여야 한다.

조사료와 농후사료의 비율을 결정하는데 있어서
NDF(중성세제불용성섬유소)의 소화율 못지않게 중
요한 것이 원료사료의 입자도이다. 예를 들면 NDF
소화율이 낮고, 입자도가 길 경우에는 사료 중 조사료
의 비율을 낮추고 반대일 경우에는 조사료의 비율을
높인다.

결론적으로, 여러가지 변수에 의하여 예를 든 NRC
표를 비롯한 대부분 요구량표의 영양소 함량을 충족
시키는데 변수가 많기 때문에 단지 길잡이 역할만을
한다는 사실을 TMR배합비 작성에 앞서 수지할 필요
가 있다. TMR 배합의 주요원리는 자유급여되는



TMR 사료를 구성하는 원료사료 간의 비율을 실질적이고 경제적으로 유지하는데 있다.

2. TMR 배합비는 컴퓨터가 작성하는 것이 아니다

TMR의 배합비작성에는 최적의 영양소와 최소의 비용이 소요되도록 배합비를 만들 수 있는 선형프로그램(Linear Program)이 가장 많이 이용되고 있다. 선형프로그램이란 제약요건에 따라 특정 기능을 최대화 또는 최소화하는 것으로 간단히 정의할 수 있다. 젖소사료에 배합시는 선형프로그램으로 사료가격을 최소화하고 수익을 최대화하는 것이다.

최대이익을 위한 배합비는 젖소의 생산능력 추정이 정확해야 하고 사료에 대한 정보가 정확해야 하기 때문에 비교적 더 만들기 어렵다. 따라서 제한조건을 사용한 최소가격의 배합비작성이 주로 이용되고 있다. 왜냐하면 아무리 훌륭한 배합비라도 원료사료의 공급 또는 확보량과 원료사료의 성상 및 젖소의 최대 섭취량 제한이 있기 때문이다.

예를들어 배합비 작성 결과 옥수수사일리지의 배합시 배합량이 목표기간 까지 급여할 수 없는 양이라면 그 배합비를 사용할 수 없다. 그러므로 이미 사일리지 처럼 사료의 확보량이 변경 불가능한 것이라면 배합비에 사용되는 양은 배합비의 최소 비용과 관계 없이 제한 조건이 될 수 밖에 없다. (1두당 배합량 = 사일리지의 확보량 ÷ 급여기간(일수) ÷ 사육두수)

또한 구입사료라 할지라도 구매요건에 따라 배합시

사용량이 제한 될 수 있다. 그리고 젖소가 최대로 섭취할 수 있는 양에 따라서도 제한이 된다.

건물, 조단백, 산성세제불용성섬유소(ADF), 중성세제불용성섬유소(NDF), 광물질 등 사료의 일반성분을 분석하여야 한다. 특히, 조사료와 부산물사료의 경우에는 일반성분 분석을 자주해야 한다. 건물량은 건물섭취량에 영향을 미친다. 사일리지나 대부분의 부산물사료는 산도(pH)가 낮고 용적이 크며 사료섭취량을 감소시킨다.

한편 NDF의 최대 섭취량은 체중의 1.1%이며, 이는 TMR 중 조사료가 차지하는 비율이 50% 정도일 때이나 조사료의 질이 나쁠 때는 27~30%만을 조사료로 배합한다. 총NDF의 섭취량이 몸무게의 1.3%에 달하는 경우도 있다. NDF는 가장 중요한 요소 중 하나이다. NDF 함량이 낮고 소화율이 높은 경우에는 사료중조사료의 비율을 높이고, NDF 함량이 높고 소화율이 낮은 경우에는 조사료의 비율을 낮출 필요가 있다. 사료 중 조사료의 비율을 최대화하는 동시에 최대의 섭취량을 도모하기 위해서는 조사료를 비교적 미세하게 분쇄하여야 한다.

그러나, 조사료의 질이 나쁠 경우에는 소화장애를 피하기 위하여 조사료의 입자도를 증가시켜야 한다. 에너지와 단백질의 비율은 체중의 증감에 관계하는 매우 중요한 요소이다.

NRC에서 제안한 $1.72(\text{Mcal})/0.17(\text{CP}\%)$, 혹은 $1.62(\text{Mcal})/0.16(\text{CP}\%)=10.118$ 과 같은 에너지와 단백질 비율에 충실히 따르면 젖소의 과비를 방지할 수 있다. 비율을 10.3이나 그 이상으로 증가시키면 젖소의 체중이 증가할 것이다. 이러한 에너지와 단백질 비율의 특징을 이스라엘에서는 초산우, 체조건이나쁜 젖소군, 임신우등의 사양에 적절하게 이용한다. NRC가 비유전기 젖소를 위해 제시한 비율은 $(1.67 \text{Mcal}/0.19\% \text{CP}=8.79)$, 자칫하면 체중을 감소시키고 번식 장애를 일으킬 우려가 있다.

비단백태질소화합물(NPN)의 함량에 각별히 주의해야 한다. 일일 두당NPN의 섭취가 100g이 넘지 않

도록 하여야 한다. TMR중 NPN(비단백태질소화합물)의 비율이 높을 경우에는 비구조적탄수화물과 광물질의 함량도 반드시 높여 주어야 한다.

사료내 최소한 3%의 지방이 포함되어야 한다. 그러나 양질의 조사료가 사용될 경우에는 지방의 수율을 7~8%로 증가 시킬 수 있다. 조사료의 질이 좋지 않을 경우에는 지방함량을 4.5~5%내로 조정해야 한다.

만일 한가지 이상의 TMR 사료를 급여하는 경우에는 기본 배합사료에 비유전기 젖소에게는 단백질(특히 미분해단백질과 두과작물)을 보충해 준다. 능력이 낮은 소들은 단백질 급여량을 낮추고 에너지의 공급량을 약간 증가시키면서 조사료를 더 첨가해 준다.

임신우 중 야원소는 에너지는 그대로 두고 단백질 급여량을 떨어뜨려 주는 것이 좋은데 이는 다음 산차를 위해 체점수를 증가시킬 필요가 있기 때문이다.

어떤 컴퓨터 프로그램이라 하더라도 컴퓨터를 운용하는 사람의 능력에 따라 배합비가 결정된다. 컴퓨터는 단지 영양소 및 사료비의 계산을 신속히 수행할 뿐이다. 배합비를 작성하는 사람은 젖소의 영양소 요구 수준과 사료의 영양소와 그 영양소가 젖소에 미치는 영향, 사료가격과 제한조건을 숙지해야하며 컴퓨터를 잘 다룰 수 있는 능력도 있어야 한다.

3. TMR 배합비 작성시 영양소별 고려사항

가. 건물

(1) 건물수준

- 건물수준은 60~70%가 적당(최대 50~75%)하다.
- 수분 50% 이상일 경우 수분 1% 증가시 건물섭취량이 체중의 0.02%씩 감소한다.

(2) 건물섭취량(DMI)

[표 1] 체중별 유량에 따른 건물섭취요구량 (유지물 4%기준)

| 유량 체중(kg) | 일 유 량(kg) | | | | | |
|--------------|-----------|------|------|------|------|------|
| | 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 |

TMR의 배합비작성에는 최적의 영양소와 최소의 비용이 소요되도록 배합비를 만들 수 있는 선형프로그램(Linear Program)이 가장 많이 이용되고 있다.

선형프로그램이란 제약요건에 따라 특정 기능을 최대화 또는 최소화하는 것으로 간단히 정의할 수 있다.

젖소사료에 배합시는 선형프로그램으로 사료가격을 최소화하고 수익을 최대화하는 것이다.

- 3회 착유시는 2회 착유시보다 5~6% 유량이 더 증가된다.
- 분만 10주 이내에 건물섭취량이 최고에 달하도록 관리해야 한다.
- 우유 1kg을 추가 생산하기 위하여 0.5kg의 사료 건물을 필요로한다. 이보다 적을 경우 체 중감소 발생할 수 있다.
- 사료급여횟수를 증가(1회→2회→3회)시키면 건물섭취량이 증가한다. 신선하고 습한 사료일 수록 효과적이다.
- 우군 분리시 사료섭취시간이 10~15% 증가한다.
- 착유후 즉시 섭취할 수 있도록 급여하면 건물섭취량이 증가한다. 1일 12회 이상 섭취하는 것이 바람직하며 1회당 23분 이상 소요된다. 초산우의 섭취시간은 경산우보다 10~15% 더 소요된다.
- 건물섭취량 감소시 체크포인트는 NFC(비섬유성탄수화물)의 부족 여부, 조섬유와 유효 조섬유가 모라른지 그리고 음수량이 부족하거나 사료내 곰팡이가 있는지 관찰한다.
- 24℃에서 매 1℃상승시 건물섭취량이 3.3%씩 감소된다. 고온스트레스란 우사환경이 27℃이상, 습도가 80%이상인 경우를 말한다.
- 음수량은 우유 1kg에 4~5kg필요하며, 수시로 수질검사를 실시한다.
- 수조 위치는 사료조로부터 15m 이내로 하는 것

이 좋다.

- 펜스라인 피딩(Fence-line Feeding : 사조의 높이가 소가 서있는 밭의 높이와 같게 사조를 설계)을 하면 타액분비가 촉진되고 사료섭취시간이 늘어난다.
- 하루 20시간 이상 소가 사료에 접근할 수 있도록 배려해 주며, 두당 사조 폭은 60~75cm가 되도록 한다.
- 사조청소 및 사조 밖으로 나온 사료를 사조안으로 쓸어 준다.
- 고수분 원료사료의 수분함량 및 영양소함량 평가 검토하고 조농비 확인한다.
- 조섬유, NDF, ADF 수준, 혼합비율, 계량, 혼합방법이 제대로 되었는지 조사한다.
- 기호성이 나쁜 원료사료가 배합되었는지 체크하고 발효를 위한 적정 수분함량 유지되고 있는지 그리고 단백질함량 체크한다.
- 분만후 5~7일까지는 사료섭취량이 30% 정도 감소(이후 3주간 1일 1.5~3kg씩 증가)
- 초산우의 섭취시간 : 경산우보다 10~15% 더 소요됨

나. 에너지(NEL, TDN)

- 유지율 4.0%의 우유를 일일 35kg, 또는 유지율 3.5%의 우유를 일일 38kg이상 생산하는 젖소에 게 사료용 지방급여를 고려해 본다. 최대급여수준은 해당 소가 생산하는 유지방량의 1/3수준이며 급여시 칼슘을 30% 증량하여 급여한다.
- 최고 산유량 이후 비유지속성이 낮을 경우 사료 중 에너지함량이 낮은지 검토한다.

〈표 2〉 비유단계에 따른 에너지요구량

| 항목 비유기 | 비유정미에너지 NEL(Mcal/kg) | 가소화양분총량 TDN(%) |
|-----------|-------------------------|-------------------|
| 비유전기 | 1.68 ~ 1.72 | 74 ~ 78 |
| 비유중기 | 1.61 ~ 1.70 | 72 ~ 75 |
| 비유후기 | 1.54 ~ 1.61 | 68 ~ 71 |
| 건유전기 | 1.19 ~ 1.32 | 53 ~ 58 |
| 건유후기 | 1.43 ~ 1.61 | 63 ~ 70 |

다. 단백질(CP)

- 살이 빠지지않고 기간내에 최고유량에 도달하지 못하면 사료 중 단백질함량이 부족하다.
- 유성분 중 단백질함량을 높이려면 UIP함량을 높인다.
- 단백질함량은 최대 18~19% 수준이 적당하며, 그 이상되면 사료비 상승 및 번식에 지장을 초래할 수 있다.
- 반추위 분해성 단백질(DIP)은 60~65%선으로 맞춘다.
- 사료용 지방을 추가 급여할 때 단백질 함량을 허용 범위내에서 높인다.
- 혈중 요소태 질소의 함량이 25mg 이상일 때 DIP와 UIP의 불균형한 상태이다.

〈표 3〉 비유단계에 따른 단백질요구량

| 비유단계 | 조단백질(CP) % | 우회단백질(UIP) | 비 고 |
|------|------------|------------|---------|
| 비유전기 | 18 ~ 19 | 35 ~ 38 | 우회단백질 |
| 비유중기 | 16 ~ 17 | 33 ~ 35 | 최대: 40% |
| 비유후기 | 13 ~ 15 | - | 최소: 30% |
| 건유기 | 12 | 30 ~ 36 | 육성우포함 |

라. 섬유소(CF, NDF, ADF)

- 두과 풀사료 NDF(%) = 1.3×ADF(%), 화본과풀사료 NDF(%) = 1.7×ADF(%)
- 사료중 NDF의 65~75%는 조사료로부터 공급하는 것이 좋다.
- NDF의 수준이 31%를 초과하면 사료섭취량이 감소하며 조섬유함량이 낮을 경우 사료기피현상이 발생할 수 있다.
- 사료건물 kg당 저장시간은 약 30분 정도이며 총 저장시간은 1일 11~21시간이다.

〈표 4〉 섬유소 권장수준

| 항목 섬유소 | 권장수준(%) | | 비 고 |
|-----------|---------|---------|--------------------------|
| | 유량 30kg | 유량 40kg | |
| CF | 17 | 15 | 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 리그닌 |
| NDF | 27~30 | 27~30 | 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 리그닌, 실리카 |
| ADF | 19~21 | 19~21 | 셀룰로오스, 리그닌, 실리카 |

* CF : 조섬유, NDF : 중성세제불용성섬유소, ADF : 산성세제불용성섬유소

(표 5) 사료별 NDF 및 ADF 수준

| 사 료 | | 항 목 | NDF (%) | ADF (%) | 건물 kg당 저작시간(분) |
|--------|----------|-------|---------|---------|----------------|
| 조사료 | 알팔파 | 건 초 | 52 | 38 | 28 |
| | | 펠 렛 | 52 | 38 | 17 |
| | 옥수수 사일리지 | 길게절단 | 50 | 27 | 30 |
| | | 중간절단 | 50 | 27 | 27 |
| | | 곱게절단 | 50 | 27 | 18 |
| | 오차드 건초 | 생육초기 | 50 | 29 | 34 |
| | | 생육후기 | 72 | 42 | 14 |
| 부산물 사료 | 면 실 | 면 실 | 39 | 28 | 13 |
| | | 면 실 피 | 89 | 71 | 14 |
| | 감 굴 박 | 28 | 22 | 14 | |
| | 맥 주 박 | 57 | 23 | 7 | |
| | 옥 공 이 | 88 | 39 | 7 | |
| | 주 정 박 | 45 | 16 | 6 | |
| | 대 두 피 | 65 | 47 | 4 | |
| 곡 류 | 옥 수 수 | 9 | 3 | 4 | |
| | 보 리 | 23 | 7 | 7 | |
| | 대 두 박 | 10 | 6 | 3 | |

마. 지방(Fat, EE)

- 권장수준은 사료내 최소 3%이며 최대 7~8%선이다.
- 사료용 지방의 최대 급여수준 건물섭취량의 2~4%이며 총 사료내 지방이 다음의 지방원료들로 구성될 때 이상적이다. ① 3분의 1: 우회지방 ② 3분의 1: 면실(Oil Seed) 및 전지대두 등의 종실류 ③ 3분의 1: 기타 사료내 지방
- 유지율 4%, 유량 35kg 이상인 경우 사료내 지방 첨가 고려하여야 하며 비유전기 5주간 사료중 지방 함량은 5~6% 이내로 한다.
- 지방 함량이 8% 이상되면 조섬유 소화 방해할 수 있다.
- 지방 첨가시 칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg)을 각각 1%, 0.3% 추가 급여한다.

바. 비섬유성탄수화물(NFC)

(표 6) 비섬유성 탄수화물 권장수준

| 항 목 | 사료내 % | 비 고 |
|-----|--------|----------------------------------|
| 최 대 | 45% 이하 | NFC: Non-Fiber Carbohydrate |
| 적 정 | 38~40% | NSC: Non-Structural Carbohydrate |
| 양 호 | 35~38% | NFC(%) 산출공식: NFC = 100 - |
| 최 소 | 30~32% | (NDF+CP+EE+ASH) |

(표 7) 사료별 비섬유성 탄수화물

(단위: 건물 %)

| 사 료 | | NDF | NFC |
|-------|------------|---------------|---------|
| 풀 사 료 | 알팔파 | 후기에취 | 40 |
| | | 개화초기에취 | 44 |
| | | 개화중기에취 | 47 |
| | 옥수수 사일리지 | 황 속 기 | 45 |
| | 유 속 기 | 55 | |
| 곡 류 | 옥수수 | 9 | 75 |
| | 보 리(분쇄) | 23 | 63 |
| | 귀리(연맥) | 32 | 46 |
| | 밀 | 15 | 66 |
| | 대 두 | 15 | 17 |
| 고간류 | 벧 질 | 68 | 12 |
| 부 산 물 | 비트펄프 / 맥주박 | 단백피 / 면 실 | 44 / 52 |
| | | 면실박 / 주정박 | 45 / 39 |
| | | 옥쇄실 / 아미박 | 26 / 45 |
| | | 맥근 / 대두박 | 20 / 16 |
| | | 대두피 / 해바라기박 | 55 / 25 |
| | | 소맥피 / 옥배아 | 47 / 10 |
| | | 감굴박 / 아자박 | 65 / 40 |
| | | 사과박 / 콘골(옥공이) | 28 / - |
| | | 옥피 | 17 / 26 |
| | | 옥피 | 14 / 27 |
| | 51 / - | | |
| | 28 / - | | |
| | 65 / - | | |
| | - / 88 | | |
| | - / 54 | | |
| | - | | |
| | - | | |

사. 광물질(Mineral), 비타민(Vitamin)

- 사료에 대한 무기물(광물질) 및 비타민의 믿음만한 분석치가 없다면 그 함량에 관계없이 그 함량을 무시하고(0으로 하고) 배합비 작성시 첨가제로 요구량을 전부 공급해 주는 것이 좋다.

(표 8) 비타민 권장수준

| 항 목 | 사료내 함량 | 두달 급여량 | 비 고 |
|-------|-------------|-------------------|-------------------|
| 비타민 A | 4,000 IU/kg | 100,000~150,000IU | 요구량의 50%는 사료로서 급여 |
| 비타민 D | 1,000 IU/kg | 25,000~30,000 IU | |
| 비타민 E | 15 IU/kg | 350~400 IU | |

- 셀레늄(Se)과 비타민 E는 NRC 권장량보다 두배 정도 급여하는 것이 건유우에 있어 대사장애를 줄이는데 도움을 준다.
- 중조(NaHCO3) 최대급여량 1.3%
- 유열발생우군은 칼슘을 80~100g(0.5~0.7%), 인 45g(0.3~0.35%), 칼슘과 인의 비율을 2 : 1 이하로 조정한다.
- 유열발생이 문제되는 우군에는 건유전기에 음이온제(염화암모니아, 황산마그네슘, 황산알루미늄, 황산암모늄, 염화칼슘등)를 투여한다. (다음호에 계속) (필자연락처: 02-433-8151)