

# 젖소 사료급여시 조사료평가 결과의 이용

신 정 남

계명전문대학 축산과 교수

## 1. 조사료와 그 평가 결과의 이용

조사료는 용적에 비해 무게가 적고 부피가 큰 사료로 조섬유 함량이 20%이상(건물기준)으로 높고 단백질, 에너지 소화율이 비교적 낮은 사료를 말한다. 조사료에는 사초(forage)인 목초, 청예작물, 건초, 사일리지, 헤일리지 등과 각종 짚류, 옥수수속대, 면실피, 왕겨등이 있다. 젖소는 적당량의 조사료를 섭취해야만 반추위의 기능과 우유 지방함량이 정상적으로 유지되고 대사성 질병도 방지된다. 또한 급여량 못지않게 물리적 형태가 중요한데 조사료를 분쇄, 펠렛팅, 세절(0.9cm이하)하므로 조사료의 역할이 감소된다. 적절히 거친 조사료의 급여는 분만 전후 특히 산유초기에 다수 발생하는 4위 전위를 막는데 중요하다. 조사료의 역할은 다음과 같다.

- 반추위의 기능과 소화작용의 유지 증진
- 반추위내의 미생물의 성장을 촉진시키므로 산유량과 우유지방을 증가시킨다.
- 반추를 증가시키므로 다량의 침이 반추위로 유입되어 반추위내의 산도를 적절히 유지
- 여러가지 영양소의 공급이 가능한 기초사료이다.

반추기축은 반추위내의 미생물에 의한 발효를 통해서 섬유질 사료를 이용할 수 있다. 일량사료급여시 영양소의 균형을 맞추기 위해서 조사료의 품질평가는

대단히 중요하며 품질은 축산물 생산과 밀접한 관계가 있으므로 외관적, 화학적, 물리적 및 생물학적으로 평가한다. 사초품질의 최종적인 평가는 가축에 급여했을때 축산물 생산에 근거한 평가가 가장 정확하다고 볼 수 있다. 육안적 평가, 추측, 문헌에 수록된 함량은 사초의 사료가치를 정확히 측정하는데는 부적합하다. 사초의 분석을 정확히 해야 사양가치를 정확히 평가할 수 있으며 균형된 젖소사료의 배합으로 목장수입을 크게 늘릴 수 있다. 사초의 사양가치는 영양소 함량, 화학적조성분, 섭취량, 소화율, 그리고 흡수된 영양소가 축산물로 전환되는 효율로 측정한다.

젖소에 이용되는 사초의 분석항목은 최소한 건물, 조단백질, 조섬유 혹은 ADF, Ca, P이다. 건초 저장시나 헤일리지 제조시 고온 발효되었다면 보정조단백질(Adjusted CP:ACP)을 고려해야 한다. 에너지가치(TDN 혹은 정미에너지)는 건물소화율(DDM)과 섬유소 분석치로 계산할 수 있으며 또한 비교사료가치(RFV)을 계산하므로 사초의 품질을 평가할 수 있다.

분석을 위하여 채취한 시료는 급여하는 조사료의 대표시료가 되어야 한다. 부정확한 시료는 사양가치를 오도하는 결과가 되며 과학적인 영양소의 공급이 불가능하게 될 것이다.

젖소에 급여하는 사초는 다양하므로 사초의 영양소 함량 분석 결과는 다음과 같이 이용된다.

- ① 영양적으로 균형된 사료배합
- ② 사초의 품질에 기초를 둔 사료 성분표 개발
- ③ 사초의 재배, 수확, 저장 기술의 평가
- ④ 사료가치에 근거한 사초의 적정가격의 결정

## 2. 사초분석결과의 해석과 적용

### 1) 건물

사초의 건물함량을 알아야 하며 건물은 100에서 수분함량을 제하므로 구하고(건물, % = 100 - 수분함량, %) 그 필요성은 다음과 같다.

· 사료배합 및 급여량 계산, 사초간의 영양소 함량 비교에 필요하다.

· 영양소는 사초의 건물부분속에 함유되어 있고 젖소의 체중이나 산유량이 유사하면 건물섭취량이 비슷하다. 고로 영양소 섭취량을 쉽게 구하게 된다.

· 사초 저장시 건물함량은 저장된 사초의 품질에 크게 영향을 준다. 사일리지의 재료가 너무 건조하거나 저장 전 건초가 너무 수분이 많으면 발열이 될 수 있다. 결과적으로 단백질의 이용성을 떨어뜨리거나 곰팡이가 생긴다. 사일리지를 만들때 너무 수분함량이 많으면 침출액으로 과도한 손실이 생기고 바람직하지 못한 발효가 될 수 있다.

사초의 분석결과를 건물기준으로 환산 : 분석 결과는 급여기준(원물기준), 풍건물 기준 또는 건물기준으로 보고 되는데 이를 필요에 따라 환산할 필요성이 생긴다.

기 준	정 의
급여기준 (원물 기준) 다습 사료	· 이 기준으로 제시된 영양소는 급여된 사료의 영양소함량을 표시한다.
풍건 사료	· 이 기준으로 표시된 영양소는 사료중의 높은 수분이 영양소의 함량을 희석하기 때문에 풍건물이나 건물로 나타내었을 때 보다 낮다.
건물 기준	· 수분 10~15%나 건물 85~90%가 함유된 것으로 영양소 함량은 건물로 나타내었을 때보다 낮다. · 수분 0%나 건물 100%로 모든 수분은 제거되었고 · 영양소는 사료의 건물부분에 함유된다.

사초 영양소를 건물기준으로 환산하는 공식은 다음과 같다.

영양소함량(% , 건물기준) =

$$\text{영양소함량}(\%, \text{급여기준}) \div \text{건물함량}(\%) \times 100$$

젖소사료배합을 위한 영양소 함량은 건물 기준으로 표시해야 편리한데 영양소 분석치로 에너지나 다른 성분계산을 위한 공식은 건물기준으로 표시된 영양소 함량이 요구된다.

예. 수분 70%인 옥수수사일리지의 조단백질 함량이 2.4% 일때 건물기준으로 계산하면 다음과 같다.

- 건물함량 계산

$$\begin{aligned} \text{건물함량}(\%) &= 100 - \text{수분함량} \\ &= 100 - 70 \\ &= 30\% \end{aligned}$$

- 조단백질함량(급여기준)을 건물기준으로 환산기 위하여 위의 공식을 사용한다.

$$\begin{aligned} \text{조단백질함량}(\%, \text{건물기준}) &= 2.4\% \times 100\% \div 30\% \\ &= 8.0\% \end{aligned}$$

### 2) 조단백질 및 수정조단백질(Adjusted crude protein : ACP)

아미노산으로 구성된 순단백질과 비단백태질소화합물이 사초의 조단백질을 구성한다. 사초의 조단백질은 질소의 양을 분석하여 여기에 6.25를 곱하므로 측정할 수 있다. 일반적으로 단백질이란 조단백질을 칭한다. 조단백질은 젖소에 있어 다른 영양소로 대체 불가능한 필수적인 영양소이며 많은 양이 공급되면 에너지로서 이용된다. 사초를 일찍 수확해서 적절히 저장하면 두과나 두과 화분과 혼합목초는 단백질의 우수한 공급원이 된다.

수정조단백질(ACP)은 열 손상을 입은 불용성 단백질을 정정한 것으로 가축에 이용 가능한 양이다. 건초 저장시 수분이 너무 많거나 헤일리지 제조시 수분함량이 너무 적고 공기(산소)가 너무 많이 함유될 때 발열이 되고 사초의 카라멜화가 일어난다.

일부의 순단백질이 발열시에 ADF와 결합되고 그것은 동물이 이용불가능하게 된다. 열에 손상을 입은 사초는 갈색 내지 검은색으로 변화되고 향긋한 카라멜 혹은 담배냄새를 풍기다. 젖소는 열 손상을 입은 사초를 잘 먹는다. 왜냐하면 발열시 당류가 농축되고 시럽으로 변화되기 때문이다. 사초중의 열손상 단백

질의 양은 ADF에 함유된 질소(N)을 측정함으로 알 수 있다. ADF에 포함된 질소를 ADF-N혹은 산세제 불용성 N(Acid detergent insoluble N, ADIN)이라고도 한다.

대부분의 사초에서 전체 조단백질 중 12%이하가 ADF와 결합되어 있거나 불용성이라도 정상이라고 본다. 예를 들면 CP 함량이 20%인 알팔파가 ADF에 2.4% 이하가 함유된 것을 말한다. ADF 중에 CP의 함량이 12%이상 함유되었다면 제조나 저장조건이 바람직하지 못했고 CP이용성이 어느정도 감소된다. ADF중의 CP함량이 더욱 높아지면 이용성이 더욱 감소된다. ACP함량은 사료배합시에 고려되어야 한다.

수정조단백질 계산은 다음과 같다.

알팔파-화본과 혼합목초 헤일리지의 조단백질 17%, ADF-N이 0.5%일때 수정 조단백질 함량은 얼마인가?

· ADF-N으로 부터 ADF에 함유된 조단백질 계산  
 $ADF\text{중에 함유된 } CP(\%) = ADF-N(\%) \times 6.25$

$$= 0.5 \times 6.25 \\ = 3.1(\%)$$

· 총조단백중의 ADF-CP 함량(%) 계산

$$\begin{aligned} \text{총조단백질 중의 ADF-CP}(\%) \\ = ADF\text{ 중의 } CP(\%) \div CP(\%) \times 100 \\ = 3.1 \div 17 \times 100 \\ = 18.2(\%) \end{aligned}$$

· ACP(%)의 계산

$$\begin{aligned} ACP(\%) &= CP(\%) \times \{100 - [ADF-CP(\%) \\ &\quad - 12\%]\} \div 100 \\ &= 17 \times \{100 - (18.2 - 12)\} \div 100 \\ &= 15.9(\%) \end{aligned}$$

적요 : ADF-CP가 총 CP의 12% 이하이면 ACP=CP는 같다.

### 3) 섬유소(Fiber)

섬유소는 사초의 부피와 그 구성성분에 영향을 미친다. 섬유소는 일반적으로 소화가 잘 안되므로 섬유소 함량이 높으면 사료가치가 떨어진다. 섬유소는 사초의 에너지, 소화율 및 섭취량을 추정하는데 이용되기도 하며 젖소가 적게 섭취하면 식욕감퇴, 산과다증, 우유지방감소, 대사성 질병이 발생된다.

조섬유(Crube fiber)는 섬유소 분석법 중 가장 오래된 측정법이며 산이나 알칼리 처리에도 녹지 않는 사료의 나머지 부분이며 조섬유는 식물이 성숙됨에 따라 증가된다. 조섬유 분석치는 양질의 사초는 그 가치가 낮게 평가되고 저질의 사초는 너무 높게 평가되므로 사초의 에너지함량을 정확히 평가하지 못한다. 또한 사초 중의 섬유소의 구성성분을 화학적으로 구분하지도 못한다.

이러한 결점 때문에 새롭고 보다 정확한 사초의 섬유소 정량방법이 개발되어 왔다. 세제섬유소 분석법(Detergent fiber analysis system)은 사초를 크게 두부분으로 분리하였다. 즉 세포내용물 혹은 중성세제용해물인 당분, 전분, 단백질, NPN, 지방, 그외 소화성이 높은 물질들이며, 소화율이 낮은 물질은 세포벽부분에 함유되었다. 섬유소 부분은 식물의 세포벽에 존재하고 줄기가 자라는데 골격이 된다.

그림1은 식물세포의 여러가지 부분(fractions)별 화학 조성분을 보여준다.

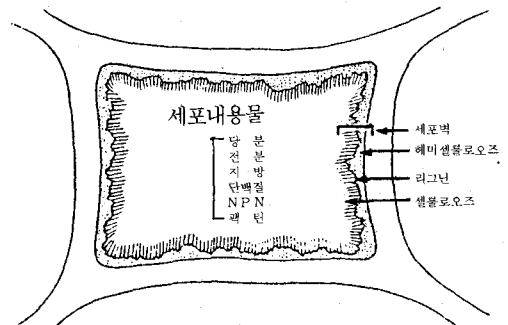


그림1. 식물세포의 부분과 화학성분

사초의 전체섬유소는 중성세제섬유소(NDF)나 세포벽물질(cell wall fraction)이라고 하며 화학적으로 이러한 부분은 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 리그닌, 열손상단백질을 포함한다. 이러한 사초의 화학성분과 부피는 관계가 있기 때문에 NDF는 젖소에서 사료의 섭취량과 만족감에 영향을 미치게 된다.

여러가지 사초의 섬유소 성분별 소화율은 다르며 NDF 소화율은 사초의 종류나 성숙단계 그 구성성분에 따라 소화율의 범위는 20~90% 정도다. 다른 한편으로 세포내용물은 거의 100% 소화가능하다. 세포

내용물은 100-NDF(%)로 구한다.

산세제섬유소(ADF)는 중성세제섬유소(NDF)에서 헤미셀룰로오스를 제외한 성분으로 셀룰로오스, 리그닌, 열손상 단백질을 포함한다. 이것은 사초의 불소화율과 밀접한 관계가 있어 에너지 함량을 계산하는데 사용한다.

리그닌은 사초의 세포벽에 있는 다른 성분이며 산세제리그닌(ADL)으로 측정된다. 리그닌은 사초의 목질화로 증가되며 거의 불소화성이므로 사초의 목질화(lignification)가 증가되면 소화율이 감소된다.

사초의 사양가치에 영향을 미치는 주요인은 초종과 수확시기인데 섬유소의 함량이 다르기 때문이다. 화본과 목초는 두과보다 NDF의 함량은 높으나 리그닌은 낮다. 그래서 화본과 사초는 두과보다 섭취량이 더 낮을 가능성이 있고 리그닌과의 결합이 덜 되기 때문에 가스화성 셀룰로오스가 더 많이 함유된다. 고능력우에 가장 알맞은 사초는 두과 목초로 예취시키는 영양생장후기나 꽃 봉오리 맺히는 초기에 수확된 사초로 섬유소도 낮고 소화율과 섭취량이 높아 우수한 조사료가 된다.

조사료는 착유우에 40~60%를 급여할 수 있으며 산유주기별로 건물기준 전체 사료중의 최소 섬유소함량, 조사료의 비율은 다소 차이가 있다. 최소 조사료

**표1. 건물기준 전체 급여사료중의 최소 섬유소함량, 및 조사료의 비율**

	산 유 초 기
조 섬유 (%)	17
ADF(%)	21
NDF(%)	28
전체건물 섭취량중의 조사료비율(%)	33~40
완전배합사료의 조사료 : 농후사료	45 : 55

급여수준은 비유초기에 총 건물급여량의 약 1/3(체중의 1.5%) 이상을 조사료로 급여해야 한다. 사료급여시 전체건물사료중 조섬유의 권장기준은 젖소의 보디콘디션(body condition), 조사료의 입자도(길이), 사료의 완충력, 사료급여회수 및 경제성 등이 고려되어야 하나 이때 총 급여사료중(건물기준) 분만후 3주까지의 최소조섬유, ADF, NDF함량은 표1과 같다. 젖을 많이 생산할 기간동안은 사료의 에너지 수준을 높이기 위하여 최소조섬유, ADF, NDF함량은 15,

19 및 25%로 다소 감소시키기도 한다. 또한 NDF의 75%는 사초로서 공급되어야 한다.

**4) 가스화건물함량(Digestible dry matter : DDM)**

사초의 소화율은 인공반추위(in vitro)나, 동물에 의해 측정될 수 있고, 또한 섬유소 함량으로 간접적으로 계산할 수 있다.

알팔파나 알팔파-화본과의 목초 가스화건물(DDM in vivo) 계산을 위한 미국의 국가 표준공식은 다음과 같다.

$$DDM\% = 88.9 - 0.779 \times ADF\% (\%, \text{건물기준})$$

미네소타주(미국)에서는  $DDM = TDN$ 으로 인정하고 낙농가 사양지도시 유생산에너지계산에도 사용한다.

**5) 가스화 양분 총량(TDN) 및 정미 에너지(NE)**

TDN은 에너지의 측정치이며 다음과 같이 계산한다.

$TDN\% = \text{가스화조단백질} + \text{가스화조섬유} + \text{가스화가용무질소물} + (\text{가스화조지방} \times 2.25)$  TDN 함량은 동물시험 이외에 조섬유나 ADF함량으로 부터 계산할 수 있는데 TDN 계산치는 다음 표2의 공식을 사용하여 얻을 수 있다.

정미에너지(NE)는 젖소의 몸의 유지와, 우유생산에 사용된다. 그러므로 비유중인 젖소 사양시 몸유지나 젖생산의 요구량을 충족시키기 위한 사료배합시 우유생산 정미에너지(NEL)가 필요하다. NEL은 건물사료 kg당 메가칼로리(Mcal)로 표시하는데 ADF는 NEL계산에 이용된다. ADF가 증가될 때 NEL은 감소된다.

**6) 사초품질 평가치로서 비교사료가치(Relative feed value : RFV)**

사초의 영양가치 평가를 위해서는 여러가지 화학성분을 분석한다. 낙농용 사초는 건물, 조단백질, ADF, NDF, Ca, P을 분석해야 한다. 이런 분석치는 사료배합에 직접 이용될 수 있으나 건조나 헤일리지에 있어 사초간 품질 차이를 평가하기 위하여 이런 분석치 모두를 고려하여 평가하기란 힘들다.

비교사료가치(RFV)는 사초 분석으로 계산된 중요한 영양요인인 소화율과 섭취량을 고려한 지수로서 사초의 품질 평가시 빠르면서, 쉽고, 효과적인 방법이

다. 미국 사료협회(AFGC)의 건초 거래 특별전문위원회는 사초품질평가치로서 비교사료가치 사용을 승인했다.

비교사료가치 계산 과정은 다음과 같다. 비교사료가치는 사초의 소화율과 섭취가능량을 고려하여 숫자로 계산하며 소화율과 섭취가능량은 각각 ADF와 NDF 분석치로 계산하였다. 새로운 비교사료가치 계산은 ADF와 NDF만을 사용했으나 전에는 CP가 포함되었다. CP는 포함되지 않았는데 그 이유는 소화율과 섭취량에 크게 상관이 없었으며 두과류 간 차이나 화본과에서 시비나 환경조건에 따라 변화되기 쉽기 때문이었다. 역시 사료배합측면에서도, 조단백질은 에너지 혹은 사료섭취를 최대화하는 것보다 더욱 쉽게 대처할 수 있었다.

가소화 건물함량(Digestible dry matter : DDM)이란 사초가 동물체내에서 소화가능한 양이다. 사초에서 ADF는 세포벽물질의 소화율에 고도의 상관성이 있다는 것이 동물실험이나 분석결과로 잘 알려져 있다.

사초 성숙의 진전, 사초저장을 위해 제조시 외기에 장기간의 노출, 비를 맞거나, 잡초가 많이 섞이면 ADF가 증가되어 소화율이 감소된다. 미국의 국립 알팔파 건초 품질위원회(The National Alfalfa Hay Quality Committee's)는 ADF를 사용해서 두과, 두과와 화본과 혼합 목초의 가소화 건물함량 추정을 위한 공식을 인정했다. <5> 가소화건물 함량 참조

건물섭취량(Dry matter intake : DMI)은 가축이 섭취하는 사초의 건물량인데 사초의 NDF함량으로 섭취량을 정확하게 추정할 수 있다. 사초의 NDF

함량이 증가되면 섭취량이 감소되는 고로 고능력 젖소 사양에는 알맞지 못하다. 체중에 대한 건물섭취량을 계산하는 공식은 직접 젖소에 적용가능하며 사초의 섭취량을 평가하기 위하여 사초의 NDF함량을 사용하였다.

건물섭취량(체중에 대한, %)

$120 \div \text{사초의 NDF(건물기준, \%)}$

비교사료가치(RFV)의 계산은 가소화건물함량에 다 건물섭취량을 곱해서 1.29로 나누면 된다.

비교사료가치(RFV)=

$\text{가소화건물함량(DDM)} \times \text{건물섭취가능량(DMI)} \div 1.29$

계산으로 구한 비교사료가치의 수치는 단위가 없으며 건초나 헤일리지, 두과, 화본과나 두과-화본과 혼합목초의 품질평가를 위한 수치다. 현재로서 비교사료가치의 개념은 위에서 언급한 사초와는 옥수수 사일리지나 다른 사초의 품질평가를 위하여는 사용되지 않는다.

품질이 가장 우수한 사초는 비유초기의 젖소에 급여해야 한다. 품질이 나쁜 사초는 비유후기나 착유하지 않는 소에 급여하는 것이 바람직하다. 비교사료가치가 118이상인 사초나 옥수수 사일리지는 에너지가 가장 높다. 그러나 옥수수 사일리지는 수분함량이 높은 경우나 NDF함량이 높기 때문에 건물섭취량을 감소시킬 수도 있다. 그 밖에 화본과 사초는 섭취량이 제한되는 NDF함량이 높기 때문에 비유초기 젖소에는 2/3나 그 이상의 조사료는 알팔파를 급여하는 것이 이상적이라고 한다. 다음 표3은 두과, 화본과, 두과-화본과 혼합목초의 품질 평가표준이다.

표3. 두과, 화본과 및 두과-화본과 혼합목초의 품질 평가표준

품 질 표 준	화 학 성 분		건 물 소 화 율 <sup>b</sup> (%, DDM)	건 물 섭 취 량 <sup>c</sup> (%, 체중)	비 교 사 료 가 치 <sup>d</sup> (RFV)
	조 단 백 질	ADF (%, 건물기준)			
최 상 품	>19	<31	>65	>3.0	>151
1	17-19	31-35	62-65	3.0-2.6	151-125
2	14-16	36-40	58-61	2.5-2.3	124-103
3	11-13	41-42	54-60	2.2-2.0	102-87
4	8-10	43-45	61-65	1.9-1.8	86-75
5	<8	>45	>65	<1.8	<75

a 미국초지협회의 건초거래위원회 표준

c 건물섭취량(DMI, 체중의 %) =  $120 \div \text{사초의 NDF(%, 건물기준)}$

b 건물소화율(DDM, %) =  $88.9 - 0.779 \text{ ADF(%, 건물기준)}$  d 비교사료가치(RFV) =  $(\text{건물소화율} \times \text{건물섭취량}) \div 1.29$