

유통형 낙농 TMR의 합리적인 설계와 이용

Son, Yong-Suk

Korea University

Brief Curriculum vitae

- ▶ 1969~1973 고려대학교 농과대학 농학사
- ▶ 1975~1977 고려대학교 대학원 동물영양학 농학석사
- ▶ 1978~1982 University of Goettingen, Germany
반추동물영양학 농학박사
- ▶ 1983~현재 고려대학교 생명산업과학부 교수
- ▶ 1988~1989 US Dairy Forage Research Center /
University of Wisconsin, USA, Visiting Professor
- ▶ 1991~1992 농촌진흥청 맥류연구소 겸임연구원
- ▶ 1993~1997 한국낙농학회 상무이사
- ▶ 1994~현재 서울우유협동조합 기술자문위원(장학이사)
- ▶ 2002~현재 한국동물자원과학회 이사(낙농연구회장)
- ▶ 2003~현재 농협중앙회 운영자문위원
- ▶ 2003~현재 고려대학교 생명자원연구소장

유통형 낙농TMR의 합리적인 설계와 이용

손 용 석 / 고려대학교 생명산업과학부 교수

1. 머리말

국내에 TMR 사양방식이 본격적으로 도입된 지 십 수년이 지난 현재, 낙농분야만 하여도 정확한 통계는 없으나 줄잡아 전체의 1/2 이상의 목장이 TMR의 형태로 사료를 급여하고 있는 것으로 추산된다. 원칙적으로 TMR사양체계는 배합을 위한 시스템의 설계에서부터 급여대상인 젖소가 중심이 되어야 하며, 동물의 생산능력, 사육규모와 관리방법 등을 가장 잘 파악하고 있는 축주가 설계를 담당하여야 한다. 그럼에도 불구하고, 국내 목장들의 다수는 규모의 영세성이라든가 원료조달, 배합비 설계 등의 여러 가지 어려움에서 자가배합에 의한 TMR을 실현하기가 쉽지 않은 상황이어서 부분혼합사료(PMR)의 구입에 의존하는 소위 '변형 TMR' 또는 '세미 TMR' 시스템을 운용하고 있는 경우가 많은 게 사실이다.

이러한 여건에서 양적으로 증가일로에 있는 TMR 제조업체는 젖소를 보유한 생산주체는 아니기 때문에, 제조하는 TMR의 설계에서부터 공급목장에서의 급여단계에 이르기까지 적지 않은 문제점을 안고 있음을 부인할 수 없다. 현재 유통형 TMR은 엄밀한 의미에서 PMR의 성격을 가진 혼합사료가 많으며, 사정에 따라 다양한 성격의 제품이 다양한 방법으로 제조 공급되고 있기 때문에, 해당 문제점을 찾아내 일률적인 해결방법을 제시하기란 불가능하다. 분명한 것은, 어디까지나 TMR의 정석에 충실하면 충실할수록 동물의 영양과 건강, 나아가 생산성면에서 기대효과를 극대화 할 수 있다는 사실이다.

그러므로 본 강의에서는 유통형(또는 공동배합형) 낙농 TMR을 중심으로, 그 설계 제조에서 급여에 이르기까지의 과정에서 발생할 수 있는 오류와 개선할 사항을 지적함으로써, 장차 발전된 사양체계로 정착할 수 있는 방안을 제시해 보고자 한다.

2. TMR 설계상의 취약점과 극복방안

국내에서 생산 유통되는 TMR의 제조에서 급여에 이르기까지 일어나기 쉬운 문제점들을 짚어보고 그에 대한 가능한 해결방법을 제시해 보면 다음과 같다.

가. 원료사료의 종류와 품질 변동

TMR의 장점은 동일한 조성을 가진 먹이를 동물로 하여금 수시로 자유 채식케 함으로써 사료섭취량을 극대화함과 동시에 반추위 내 발효를 안정화시켜 영양소 이용효율을 높일 수 있다는 것이다. 이 경우, 공급되는 사료의 종류와 품질이 수시로 변하거나 배합비가 자주 변경 적용된다면, 결코 발효의 안정화라고 하는 TMR 소기의 성과는 기대하기 어렵게 되어 버린다.

유통형 TMR은 전적으로 원료의 구입에 의존해야 하는 경우가 대부분이며, 이 경우 원료의 조달이나 가격의 변화 등으로 인해 원료사료의 종류와 배합비율이 빈번히 변경될 가능성이 크다는 점이 약점이다. 이 점이 또한 주원료가 되는 조사료를 목장 자체에서 직접 생산 조달할 수 있는 자가배합형 TMR과 다른 점이라고 할 수 있다.

그러므로, 비록 구입에 의존하더라도 가급적 변동을 최소화 할 수 있도록 안정된 조달방법을 강구할 필요가 있다. 예를 들면 다음과 같은 해결방안이 가능할 것이다.

1) 원료사료의 단순화

현재 국내에서 유통되는 TMR은 대부분 배합비가 매우 복잡하며 이용되는 원료사료도 수십 종에 달하여, 수입선이나 가격의 급변과 함께 공급이 수시로 끊어지

거나, 대체하여야 하는 경우가 많다. 따라서 양적으로 많이 필요하고 안정된 조달이 가능한 원료사료들을 중심으로 단순화시키는 방안을 강구한다. 단순화 작업은 특히 고객목장에서 보충급여(농후사료 자동급이기 또는 톱드레싱)를 전제로 할 경우, 더욱 필요하다.

2) 공동구매 체계 확립

국내에서 생산되는 원료사료(예: 볏짚사료)는 선물계약에 의하여 확보하는 방법을 모색하며, 양적으로 많이 필요한 원료사료는 협조가 가능한 업체끼리 컨소시엄을 형성하여 공동구매 체계를 확립함으로써, 일정한 구입선으로부터 일정한 양의 공급이 보장되도록 한다.

3) 물류기지 운용

공동구매 체계와 연계하여 저장창고를 확보 공동 운용함으로써 안정된 원료기지화 함으로써, 변질 없는 안정된 영양성분의 사료를 지속적으로 공급할 수 있다.

4) 성분의 수시점검

안정된 성분함량은 안정된 생산능력을 의미하므로, LOT번호에 따라서, 또 저장기간에 따른 변화를 확인하기 위해서는 수시로 성분을 자체 분석하든가 공인기관에 분석을 의뢰하여 체크할 필요가 있다. 사실상 원료사료의 성분함량을 실제로 분석하여 적용하면, 사료성분표에 제시된 수치를 참고하는 경우에 비하여 훨씬 정밀한 배합비를 작성할 수 있다는 점에서 의미가 크다.

제조되는 TMR의 영양소함량의 계산치와 실제치 간의 차이는 농후사료보다는 조사료 성분상의 변이에서 오는 경우가 많다. 따라서 조사료와 다즙사료의 수분과 영양소농도가 수시로 분석되어야 한다.

5) 신선도 유지

수분함량이 높거나 하절기에 변패하기 쉬운 성격의 사료는 수시 반입을 원칙으

로 하고, 별도의 시설을 구비하거나 특정 첨가물을 사용함으로써 변패를 방지하고 보존성을 높이는 방법을 강구할 가치가 있다. 예를 들어 맥주박과 같은 고수분 사료는 계절별로 또 저장 부위별로 수분농도에 상당한 차이가 생기는데, 장기적으로는 정기적으로 수분정량을 통하여 배합비를 보정해야 함이 원칙이며, 단기적으로도 배치마다 들어가는 수분량을 일정하게 하고 여름철 고온기에 신선도를 유지하기 위하여 저장시설에 교반장치(수평식)를 부착하면 효과를 볼 수 있다.

나. 배합비 설계상의 오차 발생과 대처방안

1) 급여대상 동물과 관리조건의 다양성 파악

언급한 바와 같이, 유통 TMR은 목장에서 적용되어야 하는 TMR 운용상의 시스템을 획일화 한 상태에서 배합비가 설계된다. 즉 가상의 젖소에 대하여, 특정 체중과 산유능력 및 생리상태를 지정한 상태에서, 적게는 서너 가지에서 많게는 20여 종의 TMR을 설계 제조하는 곳도 있다. 이러한 상황에서는 배합비 설계에 동물의 생산능력별 분포가 고려될 수 없고, 우군의 분류기준이 반영되기 어려우며, 또 목장마다 다를 수 있는 사양관리상의 특징이 무시될 수밖에 없다. 이러한 이유로 유통 TMR은 목장사정 여하에 따라 알게 모르게 오차 유발의 소지를 많이 안고 있음을 부인할 수 없다. 예를 들어, TMR 이용목장의 군분류 사정상 육성우용 TMR과 건유우용 TMR을 같은 설계로 공유한다면 이것은 커다란 오류가 아닐 수 없다. 따라서 그러한 오차를 최소화할 수 있는 가능성은, 제조업체와 구입목장 간의 협조관계와 모니터링 체계의 구축 여하에 달려있다.

중요한 것은 결과론적인 판단과 수정에 의존하는 시행착오의 반복이 아니라, 시작단계에서부터 가능한 한 정확도를 유지하는 일이다. 즉, 오류를 최소화하기 위해서 모니터링은 필수적이지만, 일단 생산된 TMR을 한번 급여해 보고 효과를 진단 평가를 내리기보다는, 설계 단계에서부터 합리적이고 유효한 절차를 거쳐 제조하고 급여방법을 지도함으로써 더 빠르고 나은 효과를 보도록 하는 일이다.

이를 위해서 TMR 제조업체는 일차적으로, 고객목장에 대한 사양실태를 세밀히

조사할 필요가 있다. 비록 공급대상 목장이 고정적이지는 않겠지만, 일단 가장 공통적이고 전형적인 사료급여 패턴을 설정한다는 의미에서 이 선결작업은 매우 중요하다. 여기에는 TMR 설계에 반영할 정보와 지도대상이 될 정보를 줄 조사항목들이 설정되어야 하는데, 예를 들면 다음과 같다.

- ① 사육규모 및 우군 분류상대 : 보유 두수가 많을수록 분리 우군의 수를 늘릴 수 있으므로 배합비상으로는 세분화 된 TMR을 적용할 수 있다.
- ② 산유능력 및 비유단계상의 분포 : 배합비상으로 적용할 수 있는 영양소 농도의 상한선과 하한선을 설정할 수가 있다.
- ③ 자급사료 생산여건 : TMR의 단일 또는 부분급여, 아니면 목장 자체에서 추가 배합의 필요성을 결정하는 기준이 된다.
- ④ TMR의 구입의도 : 단일사료용으로 사용할지, 부분사료 또는 보충사료 정도로 이용하려 하는지를 분명히 파악해야 한다.
- ⑤ 사양관리 방법 : 1일 급여횟수, 농후사료 자동급여기의 유무, 특정 조사료(볏짚 사료 등)의 자유채식 여부, 급사조 공간 등이 TMR의 영양소농도 결정과 지도 내용에 포함된다.

2) 배합비 설계상의 주요 착안점

유통형 TMR의 배합비 설계과정에서 자주 발견되는 영양학적 문제점을 살펴본다면 다음과 같이 요약될 수 있을 것 같다.

① 수분 함량

대체로 TMR의 수분농도가 낮을수록 동물의 사료건물 섭취량은 증가하는 게 사실이지만, 반대로 수분이 너무 적으면 혼합효율이 떨어지고 운반 급여과정에서 성분사료의 분리현상(segregation)이 일어남으로 인하여 동물이 선택채식을 하게 되며, 결과적으로 TMR의 최대 장점인 동물생리상 친화적 효과를 기대하기가 어려워진다는 점이다. 따라서 이를 방지하면서 사료섭취를 극대화 할 수 있는 TMR의

수분함량은 구성 원료사료의 종류와 성격에 따라 다소 차이가 있을 수 있겠지만, 최소한 40% 이상이어야 하는 것으로 기존 연구들은 보고하고 있다.

자가배합형 TMR에서는 수분함량이 높은 각종 사일리지를 도입할 수 있는 데 반하여, 국내의 유통형 TMR에서는 건초 위주의 조사료를 사용하기 때문에 수분 조절 가능성의 폭이 얇은 게 사실이다. 따라서 충분한 양의 다즙질 원료사료를 도입하지 않으면, 어쩔 수 없이 물첨가(가수)를 하게 되는데, 첨가하는 물은 조직외 수분에 해당하기 때문에 과다한 물 첨가는 특정 수용성 영양소의 세척을 일으켜 균일한 분포를 불가능하게 만들며, 보관기간이 길 경우엔 TMR의 변패를 촉진할 수 있다.

② 주요 영양소의 양과 균형

TMR의 영양소 공급력을 좌우하는 것은 일차적으로 에너지와 단백질의 농도이며, 이외에 광물질과 비타민을 비롯한 영양소들의 균형을 맞추는 것은 TMR의 배합설계 작업에서 가장 주가 되는 부분이지만, 이에 대한 영양학적 세부설명은 기존에 적지 아니 다룬 것들이어서 생략하기로 한다.

③ 조농비

TMR의 조사료 함량도 수분과 함께 섭취량을 제한하는 요인이 된다. TMR 시스템을 정식으로 운용하고 있는 목장에서는 항상 사료조 내에 사료를 발견할 수 있어, 소들의 자유채식이 보장되고 있지만, 급여한지 불과 한 시간이 못되어 사료조를 비운다고 하는 목장에서 공급하는 TMR은 예외 없이 조농비가 턱없이 낮음을 확인할 수 있다. 현재 국내에서 대량으로 배합 유통되는 낙농 TMR의 대부분은 동물에 실제로 요구되는 수준만큼 조사료를 포함시키지 못하는 경우가 대부분이다.

그러나 조사료 부족은 섭취속도 및 침 분비량과 관련하여 반추위미생물의 환경과 유지율을 비롯한 생산성저하 문제를 초래한다. 적정 조농비의 유지 실패는 주로 수입건초의 구입난으로 인한 탓도 있겠으나, 절단작업상의 기술적 한계나 포장 단위, 가격유지 등과도 관련이 있다. 특히 TMR의 조농비를 산출 표기함에 있어서

통면실이나 비트펠프 등을 일반 조사료로 포함시키는 오류는 시정되어야 한다.

④ 발효효율 극대화를 겨냥한 배합설계

반추위 내 발효효율이 높다 함은 섭취된 먹이 중의 성분이 최대한도로 분해되어 발효에 이용됨으로써, 결과물인 유효성분(유기산과 미생물단백질)이 주어진 시간 내에 양적으로 많이 만들어짐을 의미한다. 이 경우, 발효원료(기질)는 주로 탄수화물인데, 이것은 일반적으로 불용성탄수화물인 섬유질(NDF)과 가용성탄수화물(NFC)로 구분된다. 전자는 후자에 비해 분해되어 발효되는 속도가 느린데, NDF 공급원 중에서도, 또 NFC의 공급원 중에서도 종류별로 발효속도에 차이가 있다.

반추위 내에 살고 있는 미생물은 탄수화물을 발효시키는 과정에서 에너지를 얻어 미생물체 단백질을 합성하는데 이용하게 되는데, 이때 단백질 합성용 원료로 사료단백질 또는 질소화합물을 이용한다. 따라서 탄수화물의 발효는 미생물단백질의 합성과 동시에 일어나므로, 에너지가 생성되는 속도와 원료 단백질이 공급되는 속도는 서로 비슷하여야 이용효율이 높아진다. 예를 들어, 분해속도가 빠른 성질의 단백질을 많이 포함하는 사료는 마찬가지로 전분의 분해속도가 빠른 맥류(밀, 보리)와 조합하는 것이 효과적이다. 그렇지 못한 경우에는 단백질의 분해 결과 생성되는 암모니아를 미생물이 자체 단백질 합성원료로 이용하는 비율이 감소함으로써, 다량의 질소가 뇨로 배설되어 환경오염을 과중시킴은 물론, 혈중요소(BUN)와 유중요소(MUN)를 증가시켜 간에 부담을 주고, 내분비에 이상을 초래하여 수태율에 영향을 준다는 것이 많은 연구를 통하여 알려져 있다. 거꾸로, 단백질의 분해속도가 느린, 즉 단백질 중 분해성단백질(RDP)의 농도가 낮은 사료를, 전분의 분해속도가 빠른 맥류와 병용함으로써 반추위미생물은 일시적인 암모니아의 결핍을 겪게 되므로, 성장(단백질 합성)이 지연된다.

그러므로, 분해속도가 유사한 것끼리 탄수화물사료와 단백질사료가 조합될 때 발효과정의 동조화를 달성하게 되어 손실이 적어진다. 이러한 관점에서 고려해야 할 원료사료의 종류에 따른 영양소별 분해속도를 순서별로 나열해 본다면 [표 1]과 같다.

[표 1] 발효의 동조화를 위한 원료사료별 분해율 고려

섬유질	에너지	단백질	
<u>NDF의 분해속도</u>	<u>NFC분해속도</u>	<u>단백질 분해속도</u>	
		<u>조사료</u>	<u>농후사료</u>
알팔파건초	밀	목초사일리지	요소
화본과건초	보리	옥수수사일리지(고수분)	밀글루텐
비트펄프	귀리	옥수수사일리지(저수분)	대두박
대두피	수수	알팔파건초(중질)	면실
면실피	비트펄프	고간(짚)류	열처리 대두
	옥수수후레이크		맥주박
	옥수수(파쇄)		알팔파분말
	옥수수글루텐		

⑤ 완충 능력

여기서의 완충능력(buffering capacity)이란 사료섭취 후 생성되는 발효산물(유기산)에 의하여 반추위내 pH가 급격히 떨어져 산성도가 높아지는 것을 방지함으로써 미생물의 서식환경에 적합한 pH 범위 내에 유지되도록 하는 힘이라고 말할 수 있다. 최근에 조사한 바에 의하면, 국내 유통형 TMR은 대체로 pH 5~6의 범위에 있으며, 심지어는 5.0 이하로 아주 낮은 TMR도 발견되었다. 섭취하는 동물의 타액에 포함된 무기이온이 아니더라도, 사료는 그 자체가 고유한 완충능력을 갖는데, 가장 높은 사료종류는 콩과식물로서 알팔파나 대두류의 사료는 완충시키는 힘이 화본과 식물에 비해 크다. TMR 성분사료들의 완충능력이 높으면 반추위내 pH를 중성에 가깝게 유지시킴으로써, 섬유질의 소화율이 높아지며, 유지율의 향상효과를 기대할 수 있을 뿐만 아니라, 1일 1회 급여를 해도 잘 부패하지 않으므로 하절기 TMR급여시에 나타날 수 있는 변질 우려를 줄일 수 있다. TMR의 pH가 낮은 경우에는 소듐벤토나이트 등의 완충제를 첨가하면 효과적이다. 중조나 산화마그네

습의 경우, pH의 개선효과는 강하지만, 너무 많이 첨가하면 기호성이 저하되고 제 4위 전위증 발생이 증가하는 경향이 있다.

⑥ 혼합의 균일도

가축의 능력에 맞게 균일한 영양소를 반복성 있게 공급하고, 또 선택 채식하는 것을 방지하기 위해서는 혼합의 균일도가 매우 중요하다. TMR의 혼합효율에는 원료사료의 입자도(particle size), 비중(bulk density), 성상(shape) 등이 관여하므로, 소가 한 입 먹을 때마다 동일한 성분의 사료가 섭취되도록 하기 위해서는 이러한 성질까지도 고려한 원료사료의 선택이 중요하다.

3. 고품질 저가격 TMR의 실현

사료의 구입자는 타성적으로 포장단위당 가격을 판단기준으로 삼는 수가 많다. 그러나 단미사료이든 TMR이든, 사료의 가격은 결코 단순한 무게를 기준으로 따져서는 안되며, 단위 영양소함량(예: TDN kg)을 기준으로 산정되고 선택되어야 마땅하다. 바꾸어 말하면, 사료가 고품질인 만큼의 가격차를 구매자가 긍정적으로 수용할 수 있도록 해야 한다.

가. 가격의 결정요인과 절감 가능성

1) 절대가격 vs. 상대가격

흔히 유통형 TMR은 생산자나 사육가 모두 실제 단위량(포대, 무게)당 가격을 가지고 싸다 비싸다를 논하는 수가 많은데, 사실은 실제 영양소공급능력, 예를 들어 에너지함량(TDN kg)이나 단백질함량(CP kg)당 가격을 가지고 논하는 게 더 정확하다. 영양적 가치, 즉 섭취한 동물의 반응(생산력)을 기준으로 한 상대적 제품가격을 논하는 것이 보다 공정한 사료평가임을 이용자에게 주지시킬 필요가 있다.

2) 동물의 영양적 요구와의 부합 정도

TMR의 경제성을 놓고 일차적으로 착안할 점은 역시 우선 배합비를 설계함에 있어 겨냥하는 대상축과 그에 대한 영양소농도를 어떻게 설정할 것인가이다. 이차적으로 앞에서 다룬 발효의 동조를 위한 에너지와 단백질 공급원간의 조화를 고려하는 것은 동물체 내 영양효율 면에서의 경제성을 가늠하는 포인트가 된다.

TMR에 포함되는 원료사료 중 가격이 비싼 것은 주로 단백질사료나 비타민, 무기물 등을 비롯한 첨가제들인데, 실제로 이들 사료에 대한 요구도가 높고 효과를 나타낼 수 있는 우군의 TMR에 집중적으로 사용함으로써 사료효율과 생산성을 동시에 높일 수가 있다. 또 중급 또는 저급조사료의 경우에는 생산수준이 낮은 우군에 집중 적용함으로써 그 이용효율이 높아진다.

3) 가격 절감의 가능성 타진

사료비를 절약하는 데는 앞서 언급한 원료사료의 대량계약이나 공동구매, 물류시설 확보 및 저장시설 정비 등과 같은 일반적인 사항도 중요하지만, 영양적 효과를 기준으로 한 가격절감의 요인으로, 주원료에서부터 가격이 비싼 첨가제에 이르는 제반 원료사료들의 영양가치를 정확하게 평가하고 적용하는 일이 중요하다. 예를 들어, 일정수준의 맥주박을 포함하는 TMR이라면 효모제의 사용량을 줄일 수 있다.

나. 합리적인 사료 선택과 이용

TMR의 주성분은 조사료이며, 농후사료는 어디까지나 보충의 성격을 갖는다는 개념에서 출발하여야 한다. 그럼에도 불구하고 종종 적지 않은 낙농가들이 사료비용의 대부분을 차지한다는 이유에서 농후사료에 속하는 원료(단미)사료가 TMR에 들어가는 주성분인 듯한 인식을 가지고 있어 올바른 TMR 개념을 심어줄 필요가 있다.

4. 조사료의 합리적인 선택과 이용

TMR의 원료 조사료로 흔히 가격에 너무 집착한 나머지 저질 건초를 사용하거나 또는 건초 대신에 짚을 광범위하게 사용하는 경우를 볼 수 있다. 그러나 사실상 궁극적인 경제성은 대상축의 생산수준, 즉 영양소요구도에 따라 달라지므로, 조사료 등급을 의식한 적절한 선택은 TMR 설계와 이용에 있어 경제성을 좌우하는 매우 중요한 요인이 된다.

가. 섬유질 급여한계의 준수

대체로 TMR의 섬유질 농도는 에너지 농도와 역의 관계에 있다고 볼 수 있으므로, 둘 간에 적절한 균형을 유지하도록 하는 배합비 설계는 매우 중요하다.

아래의 [표 2]는 착유우용 TMR을 배합함에 있어 흔히 적용하는 산유능력별 섬유질 급여권장량의 최저한계를 제시한 것이다.

[표 2] 착유우의 생산수준별 섬유질 급여의 최저한계

구 분	1일 산유량					비유 단계	
	10kg	20kg	30kg	40kg	50kg	비유초기	건유기
N D F (%)	28	28	28	25	25	28	35
A D F (%)	21	21	21	18	18	21	27
C F (%)	17	17	17	15	15	18	22

한편, Mertens(1994)는 유효 NDF(Effective NDF; eNDF)의 적용을 제안한 바 있는데, 이것은 각종 사료를 통하여 공급되는 NDF 중에서도 유지율을 유지하는데 실제로 기능을 하는 NDF 부분을 가리킨다. 착유우용 배합비를 작성함에 있어서, 사료건물 100kg당 27~30kg의 중성세제불용섬유(NDF)를 함유하고 있어야 하며, 그중 적어도 21kg(약 2/3)은 유효한 형태의 NDF(eNDF)로 존재하여야 함을

연구자는 강조하고 있다.

개정된 NRC 젖소사양표준(2001)에서는 옥수수사일리지를 주 조사료로 사용하고 옥분을 주 전분공급원으로 하는 착유우용 TMR을 기준으로 최저 NDF 수준별로 조사료가 담당할 NDF의 최저한계를 제시하고, 그때의 NFC의 최고한계와 ADF의 최저한계를 [표 3]에서와 같이 권장하고 있다.

[표 3] 조사료 NDF의 최저 권장수준에 따른 착유우용 TMR의 NDF 최저 한계, NFC 최고한계 및 ADF 최저한계

(단위 : 건물기준 %)

조사료의 NDF 최저 권장수준	TMR 전체의 NDF 최저 권장수준	TMR 전체의 NFC* 최고 권장수준	TMR 전체의 ADF 최저 권장수준
19	25	44	17
18	27	42	18
17	29	40	19
16	31	38	20
15	33	36	21

* NFC(비섬유성 탄수화물) = 100 - (NDF + 조단백질 + 조지방 + 조회분)

TMR에 포함되어야 할 최저 NDF 권장농도를 조사료의 NDF를 기준으로 하여 설정하는 이유는, 첫째, NDF 농도에 대한 동물의 생산반응에 주로 영향을 미칠 수 있는 것은 농후사료가 아니라 조사료이며, 둘째로, 현장에서 쉽게 NDF의 농도를 파악할 수 있기 때문이다. 조사료로 공급되는 NDF의 최저 권장수준을 기초로 하여 TMR을 배합하는 경우에 유념할 사항은 다음과 같다.

- ① 권장하는 최저 NDF수준을 적정농도로 간주해서는 안된다.
- ② 배합비 작성은 사료성분표의 수치가 아닌 실제 분석치를 기초로 한다.
- ③ 조사료를 세절하여 혼합하는 경우 TMR의 NDF 농도를 더 높여야 한다.

- ④ 완충제(버퍼제)를 포함시키는 경우에는 NDF 최저농도를 낮출 수 있다.
- ⑤ 혼합작업과 급여과정에서 발생할 수 있는 오차가 클 가능성이 있다면, 최저 NDF 농도보다 더 높은 수준으로 배합을 하여야 한다.
- ⑥ 입자도가 작은 사료, 그리고 옥수수보다 반추위 분해속도가 빠른 전분질사료를 포함하거나, 조사료로 공급되는 NDF 농도가 19% 이하인 TMR의 경우에는 최저 NDF 농도를 더 높게 책정하여야 한다.

나. 원료 조사료의 결정

TMR에 도입할 원료 조사료를 선택하는 것은 가장 중요하다. 조사료는 안정된 반추 영양생리를 유지하는 가장 큰 영향요인이므로 특별한 사정이 있지 않은 한, 자주 변경해서는 안 됨을 먼저 강조하고자 한다.

1) 초종별 특성에 따른 선택

실제로 조사료는 초종이 무엇이냐 또 언제 수확한 것이냐에 따라서 영양성분 함량은 물론, 섭취량과 경제적 가치가 달라질 수 있어 배합 설계시에는 초종별 특성을 숙지하여 잘 반영할 필요가 있다.

콩과목초로 유일하게 이용되는 알팔파는 화분과 목초에 비하여 조단백질과 에너지 함량, 그리고 Ca 함량이 높은 것이 특징이어서, 착유우용 TMR에 건물 기준으로 CP 21% 이상인 알팔파 건초를 3~4kg 사용하면 대두박 등의 단백질사료와 비타민 A를 절감할 수 있다. 베일 건초인 경우엔 인공건조된 큐브에 비하여 RDP가 더 높으며, 비타민 A의 역가를 갖는 베타카로틴은 큐브가 더 높음을 의식하면서 배합비율을 결정하도록 한다. 하지만, 화분과 건초가 충분히 들어가지 않는 상황에서는 큐브형태가 베일에 비하여 유지율을 높이는 데 불리하다. CP 21% 이상의 상등급 알팔파건초는 NDF 농도도 낮아서 건물섭취량이 우수하므로, 양질의 것은 1일 30kg 이상의 비유를 비유말기까지 지속시킬 수 있는 잠재력을 가진 조사료이다. 하지만, 유통되는 것 중에는 하위 등급까지 다양한 만큼, 성분함량과 RFV(상대사료가)를 참고하여 신중하게 선택하여야 한다. 주지하는 바와 같이, 고품질의

것은 줄기보다 잎이 많고 짙은 녹색도와 고유의 향, 그리고 부드러운 감촉으로도 느낄 수 있다. 흔히 늦게 베 알팔과 건초에서 줄기가 많으면 NDF가 높아 섭취량도 제한받음은 물론, 절단상태가 균일하지 못한 경우도 많아서 TMR 급여시에 선택채식으로 인한 유실이 생기기 쉬운데, 유실량은 급여횟수가 많을수록 더 많아지는 경향이 있다.

2) 급여대상에 따른 초종 및 등급 선택

앞에도 언급하였거니와, 급여대상 우군으로부터 어느 수준의 산유량을 목표로 하느냐에 따라 TMR에 포함시킬 조사료의 종류와 등급은 차별화되어야 한다. 특히 분만 직후의 비유초기우들은 공통적으로 사료에너지 섭취가 요구량에 미달하므로, 이 시기에는 소화율이 높고 기호성이 좋은 1등급 이상의 알팔과 건초를 활수하게 사용하되, 화본과로는 등급이 높은 티모시 건초나 클라인 건초 등과 함께 혼합하는 것이 효과적이다. 특히 줄기에 비하여 잎이 많고 녹색도가 우수한 것은 산유량과 상대적으로 건물섭취량을 회복하지 못한 비유초기우군에 사용한다. 화본과 중에서도 벼류다그라스나 수단그라스와 같은 C4 계열의 건초는, C3 계열인 티모시, 클라인그라스, 오차드그라스, 브롬그라스 등과 같은 건초에 비하여 NDF와 ADF 농도가 높아 대체로 품질이 더 낮은 경향이 있으며, 사탕수수 잔재인 벼개스나, 톨페스큐짚, 건조벚짚 등은 일차적으로 건유우용 TMR에 포함시키도록 한다. 벚짚사료일지라도 곤포사일리지의 경우에는 소화율이 3등급 화본과건초에 준한다고 볼 수 있어, 비유후기용 TMR에 무리 없이 사용할 수 있다. 건유우용 TMR에는 알팔과건초를 1일 2kg 이하로 제한한다.

3) 화본과(禾本科)와 콩과(荳科)의 조화

화본과 조사료는 콩과와 비교할 때, 공통적으로 에너지에 비하여 단백질 농도가 낮다. 특히 생육기가 끝난 시기에 수확된 화본과 조사료는 높은 농도의 리그닌이 헤미셀룰로즈와 결합을 한 상태로 존재한다. 따라서, NDF와 ADF 농도간에 수치상의 차이가 크면 클수록 그만큼 반추위 내 소화속도가 늦고 체류시간이 연장됨을

암시한다. 따라서 화본과 조사료를 단독으로 TMR에 포함시키기보다는, 소량일지라도 콩과인 알팔파 건초를 추가하는 배합비를 선택함으로써 영양생리상의 기능 향상과 함께 기호성 개선효과를 기대할 수 있다.

특히 옥수수사일리지는 조단백질 함량도 낮지만, 그나마 그 단백질을 구성하는 라이신이나 트립토판 등의 일부 필수아미노산이 부족하다는 약점을 가진다. 뿐만 아니라, 옥수수사일리거나 호밀사일리지는 사료 자체의 산성도가 강하고 완충성분이 콩과에 비하여 떨어진다. 따라서 이들 조사료를 기초로 TMR을 제조할 때에는 알팔파사료를 곁들여, 이들 영양소 보충효과와 함께 완충능력을 높임으로써, 산성이 강한 화본과 사일리지의 약점을 개선하고 반추생리를 건강하게 유지하는 데 도움을 주는 배합이 될 수 있다. 조사료는 아니지만, TMR의 산성도가 높다는 인상이 드는 경우에는, 배합비 설계상으로 콩과나 유박류에 속하는 원료사료를 활용함으로써 TMR 전체의 완충능력을 높일 수 있을 것이다.

다. 국내산 조사료의 활용도 제고

1) 자급 조사료 증산의 당위성

국내에서 이용되는 수입건초는 대부분 낙농용 조사료로 이용되고 있으며, 2001년 현재 화본과 건초만 하여도 약 60만 톤에 달하였고, 이를 위해 지출된 외화는 약 1억 5천만 불에 해당한다. 사실상 반추가축은 조사료 경작 생산을 통하여 국가적 사료 대외의존도를 높일 수 있는 유일한 가능성을 가진 축종이며, 축우농가에 서의 조사료 자체생산은 배출되는 분뇨를 양적으로 수용한다는 측면에서 더할 나위 없이 중요한 의미를 갖는다. 따라서 여건이 어려워도 자급 조사료의 증산과 이용은 환경낙농을 기본이라는 철학에서부터 출발하여야 할 것이다.

우리의 여건에서 가장 효율적인 조사료생산은, 단위 면적당 건물수량을 극대화할 수 있는 청예옥수수의 재배 확대와 매년 가을 정기적으로 수확되는 벳짚의 사료화에 가장 큰 기대를 걸어야 할 것으로 판단된다.

2) 국내산 조사료에 대한 인식 제고

사실상 자가배합형 TMR이라면 몰라도 유통형 TMR의 원료로 옥수수사일리지를 사용하기는 쉽지가 않다. 회원 또는 조합원으로 구성되어 성립된 공동배합형 TMR에서는 회원목장들이 교대로 생산된 옥수수사일리지를 원료 조사료로 공급하는 경우도 있으나 일반적이지는 못하며, 국내산 조사료로는 볏짚사료가 양적 원료 조달이라는 면에서 가장 이용 가능성이 높다고 볼 수 있다.

고간류인 볏짚은 목건초나 일반 청예사료에 비하여 사료가치가 낮은 게 사실이다. 이것은 짚이 식물체의 생리상 생육기의 마지막 단계의 상태로 이미 상당부분의 영양분이 열매 부위로 이동하고 남은 상태에 있기 때문인데, 결과적으로 줄기와 잎의 결정구조가 강하여 NDF와 ADF가 높고 상대적으로 TDN 함량은 낮은 것이 약점이다. 그러나 물리적 또는 화학처리를 통하여 영양가치 면에서 높게는 중질 수준의 목건초에 필적할 수 있는 조사료이다.

① 분쇄 또는 절단 볏짚

물리적 처리 중 가장 기본적인 방법으로는 분쇄와 절단을 들 수 있으며, 원형볏짚을 잘라 입자도를 작게 만드는 것은 가장 간단한 처리방법이라고 할 수 있다. 일반적으로 짚과 같은 저질조사료를 잘게 절단하여 급여하면 원형 그대로 급여하는 경우보다 소화율과 섭취량을 높일 수 있는 반면에, 너무 입자크기를 작게 하면 오히려 반추행위를 자극하는 물리적 기능이 크게 감소한다.

가장 입자도를 작게 만드는 처리방법은 분쇄로 대부분 다음 처리공정인 펠렛이나 큐브를 만드는 것을 전제로 한다. 분쇄를 하여 펠렛이나 큐브로 성형화하면 [표 4]에 제시된 바와 같이 섭취량은 증가하지만, 반추위 내 완충능력이 저하되고 휘발성지방산(VFA) 조성의 변화와 함께 유지율이 떨어지므로 착유우 경우에는 권장하기 어렵다.

[표 4] 짚의 물리적 형태가 육성우의 섭취량 및 증체량에 미치는 영향

조사료의 종류	벧짚			밀짚			귀리짚		
	M	C	P	M	C	P	M	C	P
개시체중, kg	265	264	266	258	268	263	263	262	264
1일 섭취량, kg	5.9	5.9	8.0	4.8	4.7	5.8	6.5	6.7	8.2
일당증체량, kg	0.22	0.34	0.53	0.12	0.08	0.38	0.67	0.74	0.84

M=분쇄 C=큐브 P=펠렛

② 가성소다 또는 암모니아 처리 벧짚

화학적 처리는 물리적 처리에 비하여 벧짚의 조악한 구조를 개선하는 효과가 더 크다. 특히 20C 중반기까지 많이 이용되어 온 가성소다처리방법은 소화율의 개선 효과가 우수하지만, 강알칼리의 취급이 어렵고, Na 섭취과잉으로 인한 소의 생리적 부담 등으로 점차 처리이용이 감소하였다. 또 다른 화학적 방법인 암모니아 처리는, 벧짚에 부족한 조단백질(NPN)을 보충할 수 있고 처리가 간편하다는 장점을 가지고 있다. 하지만, 암모니아로 처리한 벧짚을 단일 조사료로 급여하는 경우에 MUN의 증가와 그로 인한 수태율 저하를 호소하는 사례들이 있는데, 동물의 혈중 요소태질소(BUN) 농도가 높아지면 자궁내 pH와 내분비 등에 영향을 주어 번식능력이 감소한다는 외국의 연구보고들(Elrod와 Butler, 1993; Ferguson, 1993; Shaver, 1989)이 있어, 장차 이를 검증 확인하는 연구가 필요하다. 이 방법은 또한 처리시 주입한 암모니아가스의 2/3 이상이 벧짚과 반응하지 않은 채 비닐 개봉과 함께 대기 중으로 휘산함으로써 경제적 낭비와 함께 대기오염을 시킨다는 이유에서 북유럽 지역에서도 이 처리는 크게 감소하였다.

③ 발효 벧짚

발효벧짚은 벼 탈곡 직후에 수거되는 생벧짚을 건조하는 과정에서 부패되거나 토사에 오염되는 위험부담이 없이 수분이 있는 상태에서 곤포(원형 또는 사각)로

만들어 저장 발효시켜 제조된다. 이를 제조하는 데는 곤포제조기(baler)와 랩포장기(wrapper)가 구비되어야 하지만, 이들 기계장비는 오히려 답리작을 비롯한 일반 사료작물 모두에 사용가능한 장비이므로 조사료 증산을 위하여 투자할 가치가 충분하다.

이 기계작업에 의하면, 빠른 속도로 논외 벼짚을 수거하므로 작업효율이 우수하고, 발효된 제품은 건조벼짚보다 영양소 조성이나 녹색도, 소화율과 기호성면에서 우수함이 입증되면서 매년 생산이 증가하여 대규모 생산체제로 발전하고 있다. [표 5]는 생벼짚에 당밀+요소 용액을 첨가하여 원형곤포로 제조한 사일리지를 유산균제를 첨가한 것과 비교한 것으로, NDF와 ADF, 그리고 총 유기산농도와 pH를 비교할 때, 동일한 논에서 60일간 자연 건조시킨 벼짚에 비하여 섭취량이나 소화율, 그리고 유기산 공급력 면에서 더 우수함을 알 수 있으며, 실제로 동물에 대한 기호성 시험에서도 더 우수한 것으로 나타났다(손, 1999).

[표 5] 생벼짚 원형곤포사일리지의 처리방법별 영양소 함량 비교

처리 방법	건물	CP	NDF ¹⁾	ADF ²⁾	NFC ³⁾	TOA ⁴⁾	pH
야건 벼짚	79.51	4.55	78.40	45.96	1.41	0.1	7.55
무처리 발효벼짚	42.27	5.46	73.73	42.34	5.50	3.1	6.12
당밀4%+요소 0.3% 첨가	40.42	5.96	74.12	42.11	6.70	3.2	4.87
당밀4%+요소0.3% +유산균제 첨가	39.14	5.97	73.25	42.27	6.62	4.0	4.68

1) 중성세제불용성섬유(%) 2) 산성세제불용성섬유(%)
 3) 비섬유성탄수화물(%) 4) 총유기산(mM)

비록 발효처리에 의해 가소화영양소의 변화는 크지 않을지라도, 습식저장으로 제조된 생벼짚사일리지의 다즙성과 유기산의 산취가 기호성을 향상시켜 자유채식 시에 건조벼짚보다 건물섭취량이 20% 이상 증가함을 급여목장들이 경험하고 있다.

5. NFC 공급원의 합리적 이용

고에너지 고단백질의 공급은 어느 축종에서나 강조되는 것이지만, 둘 간에 중요도를 비교한다면, 당연히 에너지의 공급이 단백질 공급보다 우선 순위에 있다. 그 이유는 에너지가 소의 몸을 유지하는데 기본적으로 중요할 뿐 아니라, 단백질 대사에 동원되는 아미노산 역시 반추위내에서 합성되는 미생물단백질에서 주로 유래하는데, 미생물단백질의 합성량은 이용 가능한 에너지량에 비례하기 때문이다.

비섬유성탄수화물(Non-Fiber Carbohydrates)은 젖소에 대한 에너지 공급량의 커다란 부분을 담당한다. NFC란 흔히 식물체의 뼈대 성분이라고 할 수 있는 섬유소와 헤미셀룰로오스, 리그닌 등을 제외한 나머지 성분, 즉 당과 전분 및 펙틴을 가리킨다. 이들은 TMR 원료로 쓰이는 가용성(soluble) 탄수화물로, 대표적인 사료는 곡류(전분), 비트펄프, 당밀 등이다. 가용성탄수화물을 보충하여 에너지공급을 높이면 발효량이 증가하면서 총산유량은 증가하며, 또 유성분 중 유당과 무지고형분, 그리고 단백질 농도가 증가하는 경향이 있다.

가. NFC 공급원 배합시의 고려사항

NFC 공급원을 선택하고 TMR 내 혼합비를 결정하는 데는 적어도 다음의 두 가지 사항을 고려하여야 이용효율을 높일 수가 있다.

1) 반추위내 미생물단백질 합성과의 관계

반추위내 가스화탄수화물의 발효량은 미생물단백질의 합성량과 밀접한 관계를 가지고 있다. 따라서 TMR 배합비를 설계함에 있어서, 에너지의 총량에만 집착하기보다는 에너지 공급원의 조성을 고려함으로써 미생물단백질의 합성을 양적으로, 그리고 시간적으로 조화되도록 한다. TMR용으로 사용되는 원료로는 각종 박류를 비롯한 식품부산물도 풍부한 반면에, 전분질 사료는 상대적으로 부족한 배합설계를 흔히 보게 되는데, 이것은 배합표 상으로 총 에너지량은 수치상으로 만족시켰

을지 모르지만, 정작 반추위미생물의 입장을 고려에 넣지 않은 미흡한 설계가 될 수 있다.

따라서, 전분을 비롯한 가용성탄수화물(NFC)의 최저수준을 체크하고 보장함으로써 단백질 수준과 균형을 이루도록 하는 것은 영양효율상 매우 중요한 의미를 갖는다. 곡류전분의 경우에 발효속도는 흔히 단백질 합성속도를 증가하는 경우가 대부분이어서 분해시간에 대한 적절한 조율이 필요하다.

2) 착유우에 대한 효과적인 사용시기

NFC를 공급하는 고에너지 사료는 가격이 비쌀 뿐만 아니라, 과용할 시에는 소화기장해나 과비를 초래하여 오히려 부정적인 결과를 초래할 수 있다. 따라서 조사료 중심의 일반적인 사료배합으로는 에너지섭취량이 요구량을 충족시키지 못하는 시기, 즉 비유초기나 하절기와 같은 식욕저하 시기에 TMR 내 에너지농도를 높이는 데 사용함으로써 체내 에너지균형을 유지하도록 돕는 것이 효과적이다.

착유우에 있어서 비유초기, 특히 송아지 분만에서부터 최고 비유기를 포함하여 약 10주 동안은 체내 에너지상태가 부(-)의 균형으로 에너지 결핍상태에 있게 되는데, 이를 그대로 방치하면 종종 과다한 체중감소와 함께 발정재귀의 지연 및 수태율 저하 문제가 발생할 수 있다. 따라서 양질의 조사료와 농후사료(NFC)의 적절한 조합으로 에너지결핍을 최소화시키는 방법을 강구하면서, 한편으로는 보호지방을 보충함으로써 유지방 합성에 필요한 일부 지방산을 지원해 주는 설계가 바람직하다.

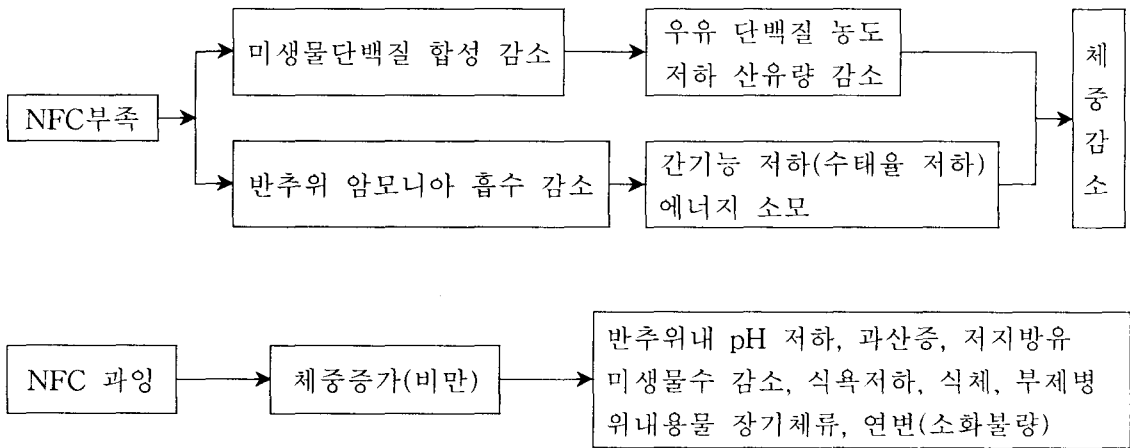
나. 섬유질 공급원과의 균형

하지만, 전체사료의 조농비가 심한 불균형을 이룰 정도로 사료전분을 과도하게 (건물섭취량의 25% 이상) 공급하면, 반추위미생물에 의한 산생성(특히 프로피온산 및 젖산)이 크게 증가하고 pH를 급강하시켜 과산증(Acidosis)을 일으키며, 동시에 유지방의 합성도 크게 떨어진다. 또 유지방이 양적으로만 감소할 뿐만 아니라 지

방의 화학적 조성도 변화함(축쇄지방산이 증가)으로써 융점이 낮은(상온에서 녹기 쉬운) 지방의 성격을 띠게 된다.

반추위내 탄수화물의 발효는 미생물단백질의 합성과 동시에 일어나며, 미생물단백질의 합성을 증가시키고자 NFC의 공급을 과도하게 증가시키면 오히려 각종 부작용(과산증, 설사, 사료거부, 유지율 저하, 부제병 등)이 출현할 수 있다.

전분을 비롯한 NFC의 공급량이 부족할 때와, 반대로 과잉 공급할 때에 나타날 수 있는 효과를 정리해 보면 다음과 같다.



다. 곡류사료의 종류별 특성 고려

NFC 공급원의 가장 대표적인 곡류는 가용성에너지를 많이 가지는 동시에 그만큼 가격도 비싼 원료인 만큼, TMR의 경제성을 좌우하는 요소가 될 수 있다. 또한 이들은 거의 모두가 해외에서 수입되므로 국제시세의 변동에 따라 가격의 변동폭도 큰 특징을 가지므로, 종류별 특성을 잘 이해하고 선택과 이용에 신중할 필요가 있다. 흔히 사용되는 사료용 곡류의 젖소에 대한 에너지 공급능력과 조단백질 농도를 비교해 보면(NRC, 1989), [표 6]에서와 같다.

[표 6] 주요 곡류의 젖소에 대한 에너지 공급능력 및 조단백질함량 비교

	T D N (%)	NE _m (Mcal/kg)	NE _g (Mcal/kg)	NE _l (Mcal/kg)	C P (%)
옥수수	88(100)	2.18(100)	1.50(100)	2.04(100)	10.0
수 수	81(92)*	1.97(90)	1.32(88)	1.87(92)	13.0
밀(겨울밀)	88(100)	2.18(100)	1.50(100)	2.04(100)	14.4
보 리	84(95)	2.06(95)	1.40(93)	1.94(95)	13.5
호 밀	84(95)	2.06(95)	1.40(93)	1.94(95)	13.8
귀 리	77(88)	1.86(85)	1.22(81)	1.77(87)	13.3

* () 안은 옥수수를 100으로 한 상대치임.

전분의 공급을 주로 담당하는 곡류사료는 종류에 따라 사료로서의 성질이 다르다. 특히 반추위내 전분 발효속도, 유효섬유질 효과의 발휘정도, 단백질 및 제한아미노산 공급능력, 비타민 A의 함량 등에 대한 차이는 배합시에 고려해야 하는 사항들이다.

1) 종류에 따른 발효속도의 차이

반추위내 전분의 발효속도와 소화율은 곡류의 종류에 따라 다르다. 곡류의 전분은 전분립으로 구성되어 있으며, 그 화학구조의 상태에 따라 반추위미생물의 공격을 받는 정도가 다르기 때문이다. 즉, 전분을 구성하는 아밀로우즈와 아밀로펙틴의 비율이 영향을 미치는데, 일반적으로 전자보다 후자가 많을수록 소화율이 높다.

종류별로 비교해 볼 때, 반추위내 발효속도는 귀리>밀>보리>호밀>옥수수>수수의 순으로, 대체로 맥류는 옥수수나 수수에 비해 미생물에 의한 분해속도가 빠르다.

2) 입자크기와 반추위 내 발효속도

전분은 미생물에 의하여 가장 쉽게 발효되는 성격을 가졌기 때문에, 반추위내 pH를 급격하게 떨어뜨려 섬유질의 소화를 저해하게 된다. 따라서 분해속도가 너

무 빠르지 않게 조절하는 것은 발효효율을 높이는 관건이 된다.

이를 위해서는 섭취한 곡류가 소위 '반추위 매트'(섭취한 섬유질사료가 위의 상부에 두터운 층을 형성한 것)에 걸리지게 함으로써 가급적 반추위 바닥(액상부분)으로 덜 가라앉도록 해야 효과적이다. 이를 위해서는 곡류의 입자크기와 비중이 중요한 의미를 가지는데, 그렇다고 해서 알곡상태 그대로 급여하면 옥수수 같은 경우엔 오히려 소화율이 떨어진다. 젓소에 발달된 어금니는 알곡을 씹기에 어렵지 않을지라도, 알곡 그대로보다는 파쇄(알이 몇 조각 날 정도로 거칠게 부숨)하여 급여할 때 발효 지연효과와 섭취량을 높일 수 있다.

3) 적절한 가공방법에 의한 발효특성 변화

곡류는 또한 어떤 형태로 가공하느냐에 따라서 전분의 반추위내 발효율이 달라지며, 가공처리 형태에 따른 분해속도를 비교해 보면 다음과 같다.

증기 후레이크 > 고수분 발효 > 건조 분쇄 > 건조 압착 > 무처리(알곡) 형태

흔히 섭취량과 소화속도를 높이는 목적으로 알곡을 증기분무와 함께 납작하게 누르거나(roll), 후레이크(flake)로 만드는 가공방법이 많이 이용되는데, 이는 열처리를 동반하는 대표적인 가공방법이다. 곡류사료의 열처리로 일어나는 가장 큰 효과는 소위 전분의 호화(糊化; gelatinization)로, 전분입자의 본래 구조가 내부 수분의 가열 팽창으로 붕괴되어 구조변화를 일으키고, 그로 인해 분해효소의 공격을 받기가 용이해지므로 소화율이 증가하는 것이다. 이러한 열처리효과는 대체로 옥수수나 수수가 보리와 같은 맥류보다 더 크게 나타난다[표 7].

[표 7] 곡류의 열처리방법에 의한 사료가치 변화 비교

(단 위 : %)

구 분	무 처 리		증기 박편		적외선 열처리		튀 기 기	
	보 리	수 수	보 리	수 수	보 리	수 수	보 리	수 수
수 분	7.0	15.0	8.5	14.9	9.0	8.3	9.0	10.3
전 분	65.4	74.5	66.6	78.6	61.3	75.7	46.3	72.8
전분의 a화비율	15.5	7.5	56.0	75.0	65.0	48.0	65.0	65.0
소화율(In Vitro)	61.0	25.0	84.0	90.0	100.0	70.0	80.0	75.0

(高山, 1979)

하지만 이러한 효과는 특히 육성우나 비육우를 대상으로 급여할 때 기대할 수 있으며, 착유우에서는 열처리가 항상 긍정적인 효과를 가져다 주지는 않는다. 호화된 전분을 과다하게 공급하면 발효의 집중현상이 일어나 과산증(Acidosis)을 유발하거나 유지방률의 저하를 초래할 우려가 있으므로, 착유우는 조농비를 섬유질 급여지침에 맞도록 유지하고 전체 사료 내 전분농도를 최고 30%가 넘지 않도록 유지해야 한다. 동시에 비중은 가볍게, 표면적은 넓게 하는 방향으로 곡류사료를 가공하면, 반추위 내에 형성된 루멘매트의 걸름효과를 통해 발효가 집중적으로 일어나는 것을 방지함으로써, 부작용을 최소화하면서 발효효율과 생산성을 높일 수가 있겠다.

옥수수 알곡의 경우, [표 8]은 가공형태에 따라 젖소에 급여 시 이용효율이 달라지며, 반드시 열처리를 하지 않더라도 파쇄처리만으로 옥수수는 높은 영양효과를 볼 수 있음을 보여주고 있다.

[표 8] 옥수수 알곡의 가공형태에 따른 착유우의 생산성 비교

	T M R 처리 구분		
	A	B	C
공시젖소 두수	35	35	35
옥수수 급여형태	펠릿	후레이크	파쇄
옥수수 섭취량	5.10	5.27	4.99
산유량(kg/두/일)	22.6	22.3	21.6
산유량(kg/두/일)	19.6	20.0	20.4
유지율(%)	3.20	3.34	3.67

(Chen, 1994)

결론적으로, 가공방법은 곡류별 전분의 발효특성을 파악하여 TMR에 들어가는 타 사료와 적절한 조화를 이루도록 선택되어야 한다.

4) 영양효율을 고려한 원료간의 조화

언급한 바와 같이 곡류는 종류에 따라서 영양소 함량에 차이가 있으며, 배합시에는 단미사료간의 상호조화를 고려에 넣을 필요가 있다. 그 대표적인 한 예가 화본과인 곡류와 콩과작물과의 조화이다. 화본과에 속하는 옥수수는 에너지 농도와 단백질의 농도를 감안할 때 콩과인 대두 또는 대두박과 조화를 이루며, 조사료로는 알팔파건초 등과 혼합 급여할 때 영양적으로 효과적인 상보(相補)효과를 기대할 수 있다. 뿐만 아니라 단백질의 품질 면에서도 필수아미노산 중 부족하기 쉬운 라이신(Lysine)과 트립토판(Tryptophan) 등이 콩과 사료에 의하여 보충될 수 있는 것이다.

6. 보호지방의 합리적 선택과 이용

우선 반추동물인 젖소는 반추위 내에 미생물이 살고 있는 관계로, 돼지나 닭과

같은 단위(單斗)동물과 달리 사료용 지방을 선택함에 있어 신중할 필요가 있다. 지방의 성질을 좌우하는 것의 하나는 구성지방산의 불포화도인데, 불포화지방산이 많을수록 상온에서 액체상태로 존재하며, 식용유와 같은 각종 식물성기름이 주로 여기에 해당한다. 반대로 동물성지방은 포화지방산이 많아 보통 상온에서 고체로 존재하는데, 식물성기름과 같이 불포화도가 높은 지방, 예를 들어 옥수수유, 대두유, 채종유, 면실유 등을 그대로 사료에 섞어 젖소에 급여하게 되면 반추위내 미생물의 활력이 상당히 위축될 우려가 있으며, 그 이유를 학자들은 대략 아래와 같이 추측하고 있다.

- 사료섬유질에 흡착되어 유막(油膜)을 형성함으로써 미생물의 소화작용을 방해함.
- 종류에 따라서는 미생물의 생리상 독성을 발휘하는 지방산이 있음.
- 위 내용물 중 무기이온과 결합, 염을 형성하여 광물질의 이용성을 저하시킴.

따라서 젖소와 같은 반추가축용 사료지방은 미생물에 대한 영향관계상 불포화지방이 많은 것은 가급적 피하거나, 그러한 지방을 원료로 우회지방의 꼴로 제조된 지방제품을 사용하여야 하며, 이러한 안전한 성격의 지방을 보충 공급하는 경우에 산유량과 유지율 증가와 같은 효과를 기대할 수 있다.

가. 효과적인 사용시기 선택

고에너지사료는 가격이 비쌀 뿐만 아니라, 과용시에는 소화기장해나 과비를 초래하여 오히려 부정적인 효과를 초래할 수 있다. 따라서 조사료 중심의 일반적인 사료배합으로는 에너지섭취량이 요구량을 충족시키지 못하는 시기에 집약적으로 사용하는 것이 보다 경제적이다.

1) 에너지 결핍시기

언급한 바와 같이, 착유우에 있어 비유초기의 약 10주 동안은 체내 에너지상태

가 부(-)의 균형으로 에너지 결핍상태에 있게 되는데, 이때는 양질의 조사료(알팔파)와 농후사료의 조합으로 에너지결핍을 최소화시키는 방법을 강구하면서, 한편으로는 보호지방을 보충함으로써 유지방 합성에 필요한 지방산을 최대한으로 보충해 줌으로써 산유량과 유지율을 정상수준으로 유지할 수 있다.

2) 식욕 저하시기

이외에도 여름철 고온기나, 기타 질환 등에 의하여 식욕감퇴와 사료섭취량의 감소가 심할 경우에 산유량과 유지율이 격감하는 것을 방지할 수 있다. 고온기에 지방의 첨가는, 서늘할 때 첨가하는 경우보다 에너지 섭취량을 훨씬 더 증가시킬 수 있음이 지방 급여시험을 통하여 밝혀진 바 있다[표 9].

[표 9] 지방첨가시 1일 에너지섭취량(Mcal NEI)의 계절간 비교

구 분	대 조 구	지방 첨가구
고 온 기	31.4	37.6
비 고 온 기	36.9	39.5

(Skaar, 1989)

나. 첨가지방의 합리적인 선택

언급한 이유에서, 반추동물사료에 응용하는 지방은 가급적 반추위내 미생물의 활동에 영향을 주지 않는 성격의 지방이어야 하며, 이러한 의미에서 젖소용으로는 수지(獸脂)나 유료작물의 종실(油料種實)과 같이 자연상태로 급여되는 사료와, 농축된 지방을 원료로 반추위내 미생물로부터 보호된 사료첨가용 보호지방이 이용된다.

언급한 바와 같이 에너지와 지방산의 시기적절한 공급을 통하여 긍정적인 효과를 얻기 위해서는 주어진 사료조건에 적합한 사료지방을 선택하여야 하며, 선택과정에서는 물론 화학적 특성 이외에도 가격과 기호성 등을 고려에 넣어야 한다.

젖소용으로 흔히 이용할 수 있는 사료지방의 종류와 지방산의 포화도, 고려할 사항 및 권장 급여수준을 정리해 보면 [표 10]에서 보는 바와 같다.

[표 10] 젖소용 사료지방 종류별 특성과 사용시 고려사항 및 권장수준

구분	종류	지방산 포화도	에너지 함량 (Mcal NEI/kg)	고려사항	권장수준 (건물기준)
동물성 지방	우지(tallow)	높음	5.84	녹여서 분무함	3%
건조지방	경화지방(prill)	높음	5.84	보호지방임	5%
	칼슘염(soap)	높음	5.84	보호지방임	5%
전지종실	전지 면실 (whole cotton seed)	낮음	2.23	불포화 지방산을 서서히 방출함	15%
	생대두 (raw soybean)	낮음	2.11	요소분해효소와 트립신저해물질을 고려해야 함	10%
	볶은 대두 (roasted soybean)	낮음	2.18	기호성이 우수, 우회단백질 공급 열처리온도에 유의	20%
	익스트루전 대두 (extruded soybean)	낮음	1.96	볶은 대두와 유사, 처리시 지방 유출	10%

한편 TMR 배합에서는 전지면실 또는 볶은 전지대두 등의 식물성 지방사료를 우선적으로 혼합하여 약 0.5kg의 지방을 공급한 다음, 건조지방 등을 도입하여 전체 건물섭취량의 4% 수준(약 0.9kg)을 넘지 않도록 한다. 참고로 우군의 평균산유량에 따른 권장 지방급여량을 [표 11]에 제시하였다.

[표 11] 우군 산유능력별 사료지방 권장수준

우군 평균산유량	1일 권장량(kg)
7,700 kg 미만	선택적
7,700~9,000kg	0.45~0.57
9,000~10,400kg	0.57~0.77
10,400kg 이상	0.77~1.13

7. TMR 급여지도와 모니터링의 기대효과

과연 유통형 TMR은 제조에서 급여에 이르기까지 얼마만큼 정석에 충실한가?

앞에 언급한 약점을 보완하고, 좀더 고객목장의 요구도에 근접하는 TMR을 생산 공급하는 것은 철저한 모니터링과 사양지도에 의거할 때에 비로소 가능하다. 이것은 TMR을 구입 이용하는 목장으로 하여금 사료의 성격을 보다 정확하게 알린다는 차원에서도 필요하지만, 역으로, 급여효과를 지속적으로 추적 관찰함으로써 이를 바탕으로 단계적으로 더 적합한 TMR을 생산하기 위한 개선용 자료로 이용한다는 데도 의미가 크다.

목장에서의 TMR 급여방법을 확인하고 동물관리에 관여하면서 지도할 사항은 한 두 가지가 아니겠으나, 가장 중요한 몇 가지만 지적해 본다면 다음과 같다.

가. 제조 공급되는 TMR의 특성을 인식시킨다.

우선 목장주에게 공급되는 사료가 사실상 완전혼합사료(TMR)가 아닌 부분혼합사료, 즉 PMR(Partial Mixed Ration)임을 인식시켜야 한다. 현재 적지 않은 수의 목장주는 조사료를 비롯한 원료사료 조달이 쉽지 않은 탓으로 소에게 먹일 사료량을 보충하여야 하기 때문에 일부를 구입한다는 단순한 생각에서, 내용물의 성격(에너지나 단백질 함량)을 무시한 채, 구입한 사료에 자체 조달이 가능한 사료를 추가하여 먹이고 있다. 제조업체 역시 목장 자체에서 조사료 등을 일정량 보충 또

는 자유채식 시킬 것을 전제로 설계 배합하는 경우가 많다.

그러나 문제는 목장에서 그렇게 할 수 없거나 하지 않는 데 있다. 자체에서 생산하는 조사료 조달이 미흡한 목장에서는 큰 문제점이 생길 때까지는 구입한 TMR을 그대로 먹임으로써 무난한 사양관리를 할 수 있다고 생각한다. 이러한 잘못된 인식은 문제점이 나타나는 즉시 적극적으로 지도를 함으로써만이 바꿀 수 있다. 즉 TMR 제조업체는 고객목장에 대한 모니터링과 지도의 책임을 가지고, 고객(또는 회원)목장에 적극 관여하여 조달하는 TMR이 최대의 효율을 발휘할 수 있도록 노력하여야 한다.

나. 군분류에 의한 사료급여를 강조하고 지도한다.

주지하는 바와 같이, 우군 분류와 군별 사양관리는 TMR 운용의 기본원칙이며, 이 원칙을 지키지 않을 경우, 다음과 같은 부작용을 예상 또는 감수하지 않으면 안된다.

- (1) 우군이 나뉘어 있지 않은 상태에서는 TMR의 양분농도를 결정하기 어려우며, 유도계수(lead factor)의 적용도 불가능하다.
- (2) 젖소의 생리상태나 생산능력과 관계없이 섭취량 과잉 또는 부족 현상이 일어나 과비 또는 번식 및 대사장해 등의 출현이 증가한다.
- (3) 개체별 산유능력별로 사료를 추가 급여해야 하므로 사료급여 노동의 절감효과가 줄어든다.
- (4) 급여방법이 더 복잡해지므로, 경험이 적은 고용자나 기술이 미숙한 다른 사람에게 사료급여를 맡기기 어렵다.

언급한 바와 같이, 우군을 분류하려면 적정규모와 관리체계가 고려되어야 하는데, 현재 국내에서 군분류와 관련하여 유통형(또는 공동배합) TMR을 구입하여 이용하는 목장들의 경우에 자주 범하는 오류의 두 가지는 다음과 같다.

- (1) 초산우를 경산우군에 소속시켜 충분한 사료섭취가 불가능해지는 경우
- (2) 분만 예정 2주일 이내의 소들을 비유축진사양이나 음이온성사료 급여를 위하여 별도로 다루지 않고 기존의 TMR을 그대로 급여하는 경우

다. 각종 서비스체제를 통한 모니터링을 강화한다.

모니터링이란, 공급한 제품의 효과에 대하여 이용자 측으로부터의 반응을 수집하는 것으로, 제품 설계의 정확도를 확인하고 새로운 제품으로 개선하는 밑거름이 된다. 강조할 점은, 반추동물 사료인 TMR의 경우에는 특히 단기적인 공급효과나 반응으로 결론을 내릴 수 없으며, 보다 장기적으로 관찰 추적해야 한다는 것이다.

이미 현재 일반 배합사료회사의 대다수는 전문인력을 운용하여 젓소용 사료급여에 대한 지도와 관리를 각종 서비스와 함께 실시하고 있음을 볼 수 있다. 예를 들어, 산유능력 검정과 결부하여, 유중요소태질소(MUN) 농도라든가, BCS의 기록유지, 번식프로그램 수립 및 기록유지, 대사질환우에 대한 MPT 검사 등, 유료 또는 무료로 각종 관리사항에 적극 개입함으로써 서로 도움이 됨을 확인하고 있다. 고객목장에 보다 적극적으로 접근하고, 사양관리 전반에 대한 긴밀한 협조를 통하여 공급하는 TMR을 보다 정확하게 이용하도록 돕는 체제를 마련하는 것은 앞으로 보다 경쟁력 있는 제조업으로 성장하는 열쇠가 될 것이다.

라. 톱드레싱 또는 농후사료 자동급여기에 의한 영양적 보완을 권장한다.

정석의 TMR을 실현하기 위하여 우군을 나누는 데는 일정 규모 이상의 사육두수가 요구되며 감수해야 할 사항도 있다. 군의 수 만큼 추가적으로 사료배합과 급여노력이 요구된다든가, 소들간의 서열 다툼으로 인한 스트레스 문제, 군이동(소출이)에 노력이 추가적으로 요구되는 등이 그것이다. 이러한 이유에서 상당수의 TMR 급여목장에서는 착유우를 1개 또는 2개 군으로 두고, 개체별 요구량을 보충하기 위하여 별도의 농후사료 자동급여장치를 이용하고 있다. 원래 이 장치는 TMR 방식을 이용하는 목장보다는 건초 중심으로 조농분리급여를 실시하는 목장

을 위하여 개발된 것이다. 이 장치를 효율적으로 활용하려면, 일차적으로 TMR의 영양소(에너지 및 단백질) 농도를 우군 중 최저 생산능력을 가지는 개체우의 요구량을 겨냥하여 결정하고, 그 이상의 추가 생산에 해당하는 요구량은 자동급이기를 통하여 개별 공급되도록 하는 방법이 효과적이다. 또한 정기적으로 급여량을 조절하며, 수시로 입력치와 실방출량을 확인하는 작업이 필요하다.

8. TMR 운용상의 환경축산 실현

지금까지 사실과 다르게 축산업이 환경오염의 주범인 듯한 인상과 빌미를 제공한 것은 모든 축산인의 책임이며, 이제라도 축산이 대자연에 주는 환경부담을 가법게 하는 데 일조할 수 있는 부분을 낱낱이 찾아 개선을 꾀하지 않으면 안 된다. 환경을 의식하는 축산은 TMR과 관련하여 대략 다음과 같은 세 가지 방향에서 접근이 가능할 것으로 사료된다.

가. TMR 설계상의 접근

사실상 환경오염의 지표인 BOD를 가중시키는 것은 주로 분뇨를 통한 각종 성분의 배출이다. 섭취한 사료의 영양적 효율을 극대화 시키는 것은 이를 최소화시키기 위한 일차적 접근방법이 된다. TMR의 설계단계에서 동물이 필요로 하는 영양소를 양적으로 과부족이 없게 공급하면서, 동물체 내에서 공급된 영양소의 소화와 흡수를 극대화시킴으로써 사료를 통해 섭취된 영양소를 최대한 생산물로 전환되도록 하는 일이다. 앞에 언급한 바와 같이, 에너지와 단백질의 분해속도를 조절하여 발효효율을 높이고 장에서의 소화흡수를 돕는다면, 공급된 영양소의 상당부분은 동화(同化)되어 합성에 이용되는 반면에, 이화(異化)를 통한 배설은 최소화할 수 있다. 사실상 이것은 현재 전 세계의 동물영양학자들이 몰두하고 있는 커다란 연구과제이기도 하다.

나. 주문형 TMR의 확대

여기서 말하는 주문형이란 목장에서 자체 생산하는 조사료와 이상적으로 조화될 수 있는 PMR, 즉 부분 TMR의 설계를 요청받아 제조 공급하는 것으로, 일부 TMR 제조회사에서는 이미 시행하고 있는 운영방식이다.

합리적인 정석의 낙농을 추구하는 다수의 목장주라면 보유 경작지에서 사료작물 경작을 통하여 최소한의 조사료를 자체 조달하는 것을 기본원칙으로 삼고 있다. 이 경우, 연중 작부체계가 유사하다는 점에 착안한다면, 고객 목장의 상당수는 해당 계절에 생산되는 청예사료 또는 볏짚사료 등 공통적인 종류의 조사료를 급여하고 있으며, 업체는 그 조사료에 맞는 보다 정확한 TMR을 설계 제조하여 공급할 수 있다. 이렇게 되면, 제조되는 사료의 종류가 수시로 변화할 수는 있지만, 제조업체의 입장에서는 조사료 구입을 위한 부담으로부터 보다 자유로워질 수 있으며, 낙농가는 그 만큼 사료비의 절감과 함께 조사료 자체생산에 대한 의욕이 높아지고, 경작지의 분뇨수용 능력이 확대되므로, 궁극적으로 환경낙농을 향해 진일보하는데 도움이 될 것이다.

다. 기계장비의 청소, 보수 및 정비

외국의 사료공장에 비하여 국내 일부 TMR 공장은 기계의 청소는 물론, 보수 및 정비에 소극적임을 발견하는바, 정기적인 기계 청소와 정비작업은 사료의 위생도와 기호성을 유지하고 버려지는 부분을 감소시킴으로써, 궁극적으로 환경보존에 연결됨을 인식하여야겠다.

라. TMR 포장용기의 개선

자가배합형 TMR과 달리, 유통형 TMR에서는 어쩔 수 없이 운반과 보관을 위한 포장용기를 필요로 하는바, 용기의 종류와 규모의 선택, 운송방식 등 여러 각도에서 환경문제를 의식한 개선노력이 필요하다고 본다. 예를 들어, 현재 소포장(30kg 이하)으로 제조 유통되는 TMR의 경우, 포장 용기를 대포장(예: 타이콘백)

으로 바꿀 것을 권장한다. 이미 도입된 포장기를 바꾸고 공급체계를 변경하기는 쉽지 않겠지만, 궁극적으로 재고하지 않으면 안될 과제라고 여겨진다. 대포장 용기는 다회 사용이 가능한 반면에, 소포장 용기는 일회용이어서 비용과 운반비용 등에서 불리할 수 있다. 타이콘백을 사용하는 목장에 체인블럭(행어) 설치를 지원해 주면 내용물의 방출이 아래로 이루어져 이용에 용이함은 물론, 사료의 보존성이 좋아지고, 쥐 등의 피해도 줄일 수가 있다.

구매 이용하는 목장에서도 남은 비닐은 적절히 공동 수거하여 재생 가능성 또는 친환경적으로 처리할 수 있는 방도를 강구하여야 한다. 수백 년이 되어야 분해되는 플라스틱을 무책임하게 양산하고 방치하는 것은 우리 후손의 삶을 무시하고 시대적 요구에 역행하는 일이다.

9. 맺는 말

그동안 젖소목장들의 유통 TMR에 대한 수요는 꾸준히 증가하고 있음에도 불구하고, 낙농생산에 TMR 시스템을 효율적으로 정착시키는 데는 아직 여러 문제점들이 상재하고 있다. TMR의 급여효과가 좋고 나쁨은, 구입하여 동물에 급여하는 목장주에 전적인 책임이 있다고 볼 수는 없으며, 급여를 지도하여 효과적으로 이용할 수 있도록 도움을 주고 효과를 지속적으로 모니터링 하는 작업은 제조업체의 몫이다. 따라서 상호 긴밀한 정보교환과 협조관계를 유지하는 일은 유통형 TMR 제조업의 성공을 위한 필수조건으로, 최대한의 전문인력을 확보하고, 필요시엔 공동으로 실험을 실시하면서 개선책을 찾아내어 목장 사정에 걸맞는 TMR 운용방법을 찾아내는 자세가 필요하다.

현재 TMR 제조업체가 공통적으로 직면하고 있는 가장 커다란 장애요소의 하나는 원료사료의 조달문제일 것이다. 원료사료로 적합한 잠재력 있는 자원을 개발하여 그 수집과 물류체계를 정착시키고 가격을 안정시킴으로써만이 배합비의 잦은 변경이 없이 안정된 TMR 공급을 성취할 수 있다. 조사료 부족으로 수입건초에 대한 의존도가 높아진 현재의 유통형 TMR은 날로 품질에 대한 상대가격이 상승

할 수밖에 없으며, 건초수입이 완전히 개방되지 않는 한, 조만간 원료조달의 구조 전환이 불가피하게 될 것으로 판단된다.

궁극적으로 외국산 조사료에 대한 의존도가 높을수록 안정적인 원료조사료 확보는 보장되지 못한다. 우리나라는 초지 조성이나 조사료 생산여건이 불리한 대신에 벼농사를 많이 짓는 만큼, 논을 이용하여 풀사료를 구하는 소위 ‘연답구초(緣畓求草)’를 추구하지 않으면 안된다. 바라건대, 유통형 TMR 제조업체는 생산자와의 대규모의 계약을 통하여 답리작 작물이나 벼짚사료를 양적으로 확보함으로써, 조사료 문제를 해결할 수 있음은 물론, 조사료 생산자측은 수요의 증가에 힘입어 생산의욕이 고취될 수 있다. 이 점에서 정부당국은 국가적 자원경제와 환경축산이라는 차원에서 자급 조사료의 수요와 공급을 연결시키고 지원하는 데 주저함이 없어야겠다. 동시에 시험장이나 연구기관에는 실제 사양시험을 통하여 효과를 검증하고 궁극적으로 우리 실정에 가장 적합한 TMR 모델을 개발 보급하는 일이 시급한 지름이다.