

## 조사료가 유생산성에 미치는 영향

장 문 백

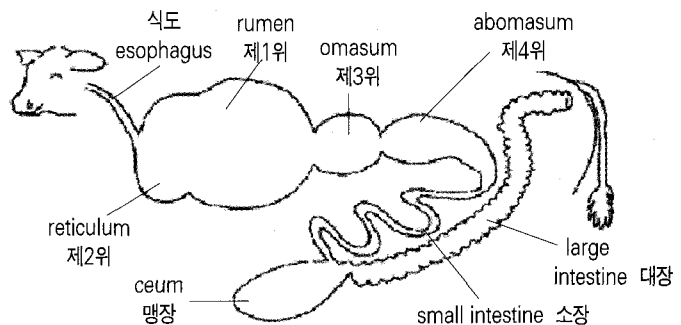
중앙대학교 동물자원학과 교수

### 1. 반추가축의 소화 생리

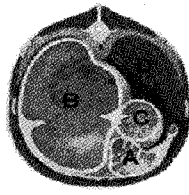
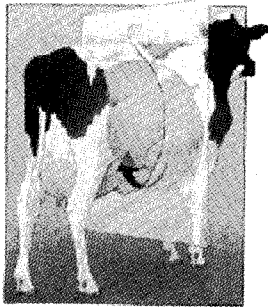
**반**추가축에 있어서 조사료의 이용성에 대한 이해를 돕기 위해서는 반추위의 구조 뿐 아니라 소화생리에 대한 이해가 필요하다. 반추가축은 비반추초식동물과 단위동물과는 전혀 다른 소화생리를 가지고 있다.

반추가축은 4개 부위로 구성되어 있으며, 각각의 위의 용적율은 <표 1>과 같다. 제1위 (rumen)와 제2위 (reticulum)를 반추위라 하는데 반추가축의 소화생리의 주를 이루는 곳이다.

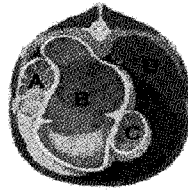
서식하는 미생물들(박테리아; 현재 22속 63종, 프로토조아; 현재 6속 16종, 곰팡이; 5속 13종)에 의해 조사료의 구성성분들인



# 특집



Normal



Displacd Abomasum

A : 4위; B : 제1, 2위; C : 제3위; D : 간

〈그림 1〉 반추동물의 소화구조 및 반추위 단면도 (소)

〈표 1〉 성숙한 반추동물의 소화기관의 용량

Taylor (1995)

구 분	소	면양
위 :		
제1위	151 l	19 l
제2위	8 l	2 l
제3위	15 l	1 l
제4위	15 l	3 l
소장	57 l (40m)	8 l (24m)
대장	38 l	6 l

〈표 2〉 반추가축에 사료원의 조섬유, ADF, NDF함량

NRC, 1988

조 사 료	조섬유	ADF, NDF	
		ADF	NDF
건물중 %			
알팔파 건조	30	34	45
오차드 건조	30	39	65
옥수수사일리지	22	29	43
알팔파펠렛	12	34	44
비트펄프	20	29	48
대두피	14	41	57
전지면실	19	31	40
옥수수	2	3	13
소맥	3	4	14
대두박	7	10	16
채종박	9	15	20
혈분	1	3	5
어분	1	2	4
귀리	10	14	28
주정박(wet)	3.5	5	10
옥수수글루텐피드	8	10	40

섬유소 (cellulose)와 비단백질 태질소화합물 (NPN : Non Protein Nitrogen)의 분해 및 발효에 의해 여러 가지 영양소를 생산 흡수할 수 있으며, 특히 반

추위내 발효의 주를 이루는 박테리아의 수는 제1위액 1g당  $10^{10} \sim 10^{11}$ 이 존재하며, 종류로는 섬유소분해, 전분분해, 단백질분해 박테리아들이 주를 이루

고 있다.

또한 반추위미생물은 아미노산의 합성과 비타민 B군과 K를 합성한다. 제3위 (omasum)는 반추위의 기능과 동일한 기능을 하며, 약간의 수분이 흡수되어 지고, 제4위 (abomasum, 진위)는 단위동물의 위와 비슷한 소화기능을 가지고 있어 효소에 의한 분해가 이루어지는 곳이다.〈그림 1〉

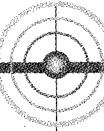
## 2. 반추위 내 소화율

반추가축의 조사료의 이용은 거의 반추위 내에서 미생물발효에 의해 탄수화물원이 분해 되어 이용되어진다.

그중 반추동물의 저작과 급여되어지는 조사료의 세절크기 또한 탄수화물원으로써의 이용에 큰 작용한다.

반추가축이 섭취한 조사료가 탄수화물원으로 변형된 것들은 크게 구조탄수화물 (SC; structural carbohydrate)과 비구조탄수화물 (NSC; non-structural carbohydrate)로 나뉘며, 구조탄수화물은 다시 산성세제 불용성 섬유소 (ADF)와 중성세제 불용성 섬유소 (NDF) 등으로 나뉘어 반추위 내 섬유소 이용성 및 대상사료원의 가축이 용성과 섭취량을 평가하는 지표로 이용되고 있다.〈표 2〉

급여된 조사료의 식물 세포벽 85%, 섬유소 90%, 가소화탄수화물 90%, 질소합물 25% 유기



〈표 3〉 반추동물 소화기내 조사료 성분 소화율

NRC, 1988

소화기관	조섬유	Cellulose	Hemicellulose	ADF	NFE
반추위 내	50.0	56.0	60.0	46.0	64.0
소장 대장	4.0	1.0	1.6	6.1	3.4

물 65%가 반추위 내에서 소화되어진다.〈표 3〉

### 3. 반추위 내에서의 탄수화물 분해

반추가축이 섭취한 조사료는 반추위 내에서 분해 되어지는 속도에 따라 당, 전분, Hemicellulose, 섬유소 등으로 나눌 수 있으며, 반추위 내에서 미생물들에 의해 반추가

축이 에너지원으로 이용할 수 있는 휘발성지방산의 형태로 발효되어 이용되어 지고 나머지는 5~12%는 이산화탄소 (CO<sub>2</sub>)와 메탄의 형태로 되어 반추동물의 에너지원으로 이용되지 못하고 가스의 형태로 배출되어진다.〈그림 2〉

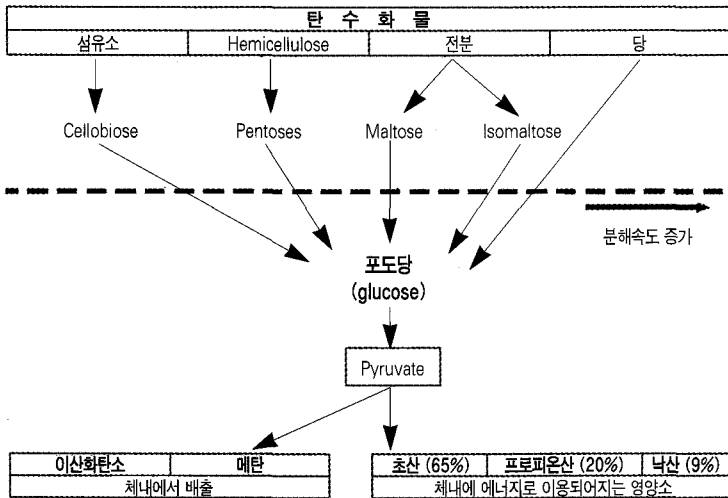
조사료의 섭취량에 따라 체내에서 에너지원으로 이용되어지는 휘발성지방산 (VFA)의 함량

은 변화를 나타내는데 섭취사료 중 조사료의 함량이 높으면 반추위 내 섬유소분해 미생물에 의한 초산생성량이 증가하고, 젖소에 있어서는 유지방의 함량이 높아지게 되며, 반대로 농후사료의 함량이 높으면 전분분해 미생물의 증가로 프로피온산의 함량이 증가하여 유량이 증가하게 된다.

따라서 착유우의 경우 유생산량에 따른 조사료급여의 수준과 급여사료의 에너지농도 수준이 다르다면 이에 따른 조사료급여가 중요하다.〈표 4〉

### 4. 조사료의 기능

조사료는의 물리적 특성은 반추위의 소화생리에 많은 영향을 미치며, 특히 육성우 시기에 반추위의 용적을 크게 하여 건물섭취량을 최대화 할 수 있게 하며, 위벽자극에 의한 반추위 연동운동과 타액분비에 중요한 역할을 하게 되며, 또한 조사료급여에 의한 타액분비량의 증가는 반추위 내 pH를 6.0~6.8 정도로 일정하게 유지시키는 작용을 하여 반추작용에 의해 반추위내 내용물이 장으로의 이동속도를 유지시켜 곡류사료 과다급여에 의한 pH저하를 방지함으로써 반추위미생물 균형을 일정하게 유지시켜 조사료의 분해 활동을 돕고 균형 있는 휘발성지방산의 생성을 도와 유지율 3.6이상을 유지시키는 역할을 한다.〈표 5〉



〈그림 2〉 반추위 내에서 탄수화물 분해 (McDonald 등, 1988)

〈표 4〉 착유우용 일량사료 중 조섬유 및 에너지 농도 권장수준

Mertens (1986); Muller (1987)

유생산 kg/일	ME1, (Mcal/kg DM)	ADF, %	NDF, %
< 18	1.48~1.57	> 24	> 35
18~27	1.57~1.63	21~24	31~35
27~36	1.63~1.70	21	28~31
> 36	1.70~1.75	19~21	25~28

〈표 5〉 반추위미생물 작용에 의한 적정 pH 수준

McCullough, 1973

작 용	pH
섬유소 분해	6.0~6.8
휘발성지방산 생성	6.2~6.6
단백질합성	6.3~7.4
초산 생성	5.9~6.2

〈표 6〉 세절길이가 긴 조사료 비율에 따른 반추위 내 대사형태

Dr. D. R. Mertens, U.S. Dairy Forage Research Center

구 분	긴 조사료 비율			
	100%	60%	40%	0%
NDF (%)	70	48	36	14
저작 (분/일)	960	900	820	340
타액 (리터/일)	189	178	170	125
반추위 내 초산 (%)	70	61	55	40
반추위 내 프로피오닉산 (%)	15	22	27	40
유지방	3.7	3.5	3.4	1.0

〈표 7〉 착유우사료의 섬유질 함량 권장량 (건물기준)

NRC, 1988

체중(kg)	유지율(%)	증체량(kg/일)	산유량(kg/일)	비유초기(0~3주)	건유기
400	5.0	0.22	7 13 20 26 30		
500	4.5	0.28	8 17 25 33 41		
600	4.0	0.33	10 20 30 40 50		
700	3.5	0.39	12 24 36 48 60		
800	3.5	0.44	13 27 40 53 67		
	조섬유 (%)		17 17 17 15 15	17	22
	ADF (%)		21 21 21 19 19	21	27
	NDF (%)*		28 28 28 25 25	28	35

\* NDF함량의 75%이상을 목초로 급여할 경우를 기준으로 한 것임

반추동물에게 조사료의 급여 횟수를 늘리면 섭취량증가와 반추위내 적정 pH유지 및 조사료 이용율을 증가 시킬 수 있고, 특히 여름철 고온에 의한 섭취량 감소를 방지할 수 있다.

## 5. 조사료의 섭취

젖소에 섬유소공급을 위해서는 사료원에 섬유소수준과 입자도가 중요하다.

이 두 가지 요인은 반추가축에

있어 저작작용, 원활한 반추작용, 타액의 분비, 유지방과 유단백질 유지 등의 모든 것을 고려해야 한다.〈표 6〉 최소의 ADF의 수준은 건물기준 19~21%이며, NDF의 경우는 26~28% 수준이다.

만약 NDF와 ADF의 함량의 수준이 적게 되면 우선적으로 유지방저하, 불균형적인 사료섭취, Body Condition Score (BCS)의 저하 현상이 나타나게

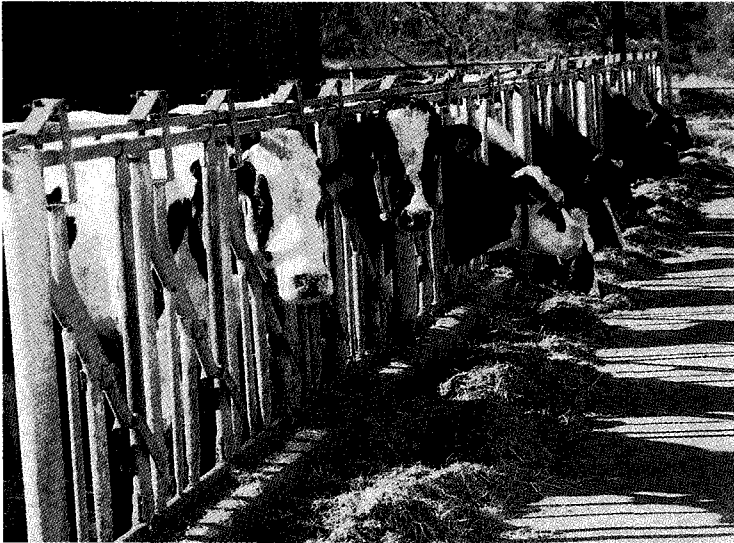
되고 특히 비유초기에는 이러한 현상이 뚜렷하다. 적당한 길이의 조사료 급여 또한 중요한데 길이는 이론적으로 1cm 이하가 안 되게 하여야 하며, 조사료 절단 길이가 길수록 2~3%의 유지방의 저하와 유단백질의 증가를 나타낸다.

그러나 사료 내 NDF 함량이 75% 정도 일 때는 조사료의 길이에 관계없이 젖소의 섬유소 요구량을 충분히 충족시켜준다. 그러나 전분 함량이 높은 비구조성탄수화물(NSC)의 과잉급여 시 젖소의 건강한 반추위 유지가 힘들어 지게 된다.

때문에 부적절한 섬유소급여에 의한 유질 증진은 장기적으로 좋지 못한 현상을 초래하게 될 것이며, 따라서 착유우의 경우 체중에 따른 섬유소 함량의 조절은 중요하다.〈표 7〉 섬유소 함유량이 너무 많아 에너지원의 함량이 감소하게 되면 젖소가 충분한 에너지를 이용하지 못하게 되므로 유단백질의 함량이 제한되어진다.

일반적으로 전체 급여 사료 중 건물 기준으로 40~50%의 양질의 조사료 급여시 유지방 감소현상은 없어지게 되며, 함량이 65% 이상일 경우에는 유지방 함량은 높아지게 되며, 에너지 결핍 또한 피할 수 있게 된다.

젖소가 일당 섭취할 수 있는 사료량은 일정하므로 더 많은 에



〈표 8〉 반추동물 사료원의 비구조탄수화물 구성

Miller와 Hoover (1993)

원 료	건물기준 NSC (%)	% NSC			
		당	전분	펙틴 $\beta$ -glucans	VFA
알팔파 건초	23.0	0.0	40.9	33.0	26.1
건초	17.2	35.4	15.2	49.4	0.0
옥수수 사일리지	45.3	0.0	71.3	0.0	28.7
보리	61.8	9.1	81.7	9.2	0.0
옥수수	71.4	20.0	80.0	0.0	0.0
호미니	59.9	8.9	80.4	10.7	0.0
귀리	42.4	4.4	95.6	0.0	0.0
밀	73.8	8.9	80.2	10.9	0.0
채종박	25.8	11.4	45.6	43.0	0.0
주정박	10.3	0.0	100.0	0.0	0.0
옥수수클루텐퍼드	24.7	3.7	71.2	25.1	0.0
옥수수 배아박	17.3	0.0	69.4	30.6	0.0
대두피	14.1	18.8	18.8	62.4	0.0
대두박, 44%	34.4	25.0	25.0	50.0	0.0
휘트미들링	31.2	10.0	90.0	0.0	0.0

너지원을 공급 받아야 하는 고능력우의 경우 저질조사료를 급여할 때에는 반추미생물의 에너지원인 비구조탄수화물(NSC)을 35~45%로 급여하고, 양질의 조사료와 곡류사료를 급여할 시

에는 비구조탄수화물(NSC)의 함량을 낮추어야 한다.(Table 8) 특히 조사료 내에 45~68% 이상의 높은 수분함량, 구조탄수화물인 고수준의 섬유소 함량은 고능력우에 있어 유량 감소의

원인이 된다.

## 6. 결론

조사료를 급여하여야만 하는 반추가축의 특성상 조사료의 물리 화학적 특성을 잘 이해하고, 특히 반추가축에게 영양생리학적으로 조사료 급여에 의한 생산성에 이익을 얻을 수 있는 사양관리에 대한 이해가 필요하다.

특히, 반추위 내에서 미생물 발효에 의한 조사료의 구조성탄수화물인 섬유소와 비구조성탄수화물(NSC)의 특성을 이해하고 이에 따른 조사료 선택과 급여방법은 다른 영양소의 균형이 이루어진다면 반추가축 생산성 극대화를 위해 중요하다고 할 수 있다.

물론 조사료 수급이 불안정한 우리나라 현실에서 일정한 고품질의 조사료원을 확보하기 힘들고 사료비용 또한 부담으로 작용하는 것이 현실이다.

그러나 반추가축의 소화생리에 맞는 사양관리를 위해서 특히 젖소의 경우 생산성을 최대화하기 위해서는 성장단계, 비유시기, 계절 등에 맞는 조사료의 급여와 현재 급여되고 있는 조사료원의 품질평가에 대한 정확한 정보의 습득에 따른 반추가축 사양관리가 중요하다. (M)

〈필자연락처 : 031-670-3024〉