

발 간 통 록 번 호

11-1390906-000334-13



한국가축사양표준

한 우

2017



농촌진흥청
국립축산과학원

발 간 등 록 번 호

11-1390906-000334-13

한국가축사양표준

한

우

2017



농촌진흥청
국립축산과학원

지난 여름 뜨거웠던 태양은 곡식과 과육을 무르익어지게 하고 마지막 햇살과 바람으로 풍요로운 결실을 주었던 가을을 지나 수확의 보람을 즐기는 11월이 되었습니다. 씨앗을 심고, 기르고, 그리고 거두는 일련의 생명순환과도 같이 한국가축사양표준 역시 지난 5년간 숨가쁘게 달려와 드디어 2017년 3차 개정판 발간이라는 알찬 결실을 거두게 되었습니다.

가축의 영양사양에 있어 사양표준이 중요한 이유는 우리나라 고유 환경에 맞게 가축이 필요로 하는 표준 영양소요구량을 지속적으로 산출, 제시하므로써, 다변화하고 있는 축산물의 맛과 품질에 대한 소비자의 요구를 충족시키고 개량된 특성에 맞추어 가축의 생산능력을 최대한 발휘할 수 있도록 최적화된 영양공급을 유도하는 역할을 하기 때문입니다.

특히 우리나라와 같이 원료사료 대부분을 외국에서 수입하는 여건에서는 보다 정밀한 사양체계와 프로그램 운용을 통해 가축에 과부족 없는 영양소를 급여하므로써 사료의 이용성을 극대화하는 것은 축산경쟁력 향상에 있어 매우 중요한 사안이라고 할 수 있겠습니다.

국가 간 가축 영양사양 기술의 선진화 척도는 가축이 하루에 필요로 하는 영양소의 양을 제시하는 국가 사양표준의 유무와 그 정확도로 평가하고 있고, 미국 등 선진축산국은 이미 40~60년대부터 사양표준을 제정하여 이용하고 있습니다. 우리나라는 2002년 처음으로 한우, 젖소, 돼지, 가금 4개 축종의 한국가축사양표준을 제정하였고 이후 “한국가축사양표준 개정위원회”를 구성하여 개정방향을 설정하고, 각 축종별로 필요한 분야를 연구사업 수행이나 국내외 최신 연구결과 수집 후 국내 축산 환경을 반영하여 매 5년마다 개정판을 작성·공표하고 있습니다. 2007년과 2012년도에 각 각 1차, 2차 개정판을 발간하였고 금년, 2017년에는 4개 축종과 표준사료성분표를 포함한 5개 분야에 대하여, 최근 수행된 국내 연구결과와 국외의 최신 자료를 반영하여 3차 개정판을 발간하게 되었습니다.

세 돌을 맞는 한국가축사양표준은 농부의 관심과 사랑 속에 가축들이 더욱 건강하게 자라듯이, 축산인들의 관심과 활용으로 그 가치를 발휘할 수 있음을 상기하면서 본 책자가 우리 산, 학, 연, 현장에 널리 공유됨으로써 산업 전반에서 활용되기를 기대합니다.

끝으로 이 책의 집필 과정에 참여해주신 관련 산학연 축종별 분과위원 150명 모든 분들의 수고와 열정에 감사를 드리며, 한국가축사양표준 3차 개정판이 향후 5년간 산업과 현장에서 사랑받고 신뢰받는 자료로 여러분과 함께 ‘첨단축산시대’를 열어가는 밑거름이 되기를 기원합니다.

2017년 11월
국립축산과학원장
(직무대리) 최 유 림

한국가축사양표준 개정위원

1. 운영위원회

장문백(중앙대학교)
이성실(경상대학교)
오상집(강원대학교)
이상진(단국대학교)

오성종(국립축산과학원)
이상재(국립축산과학원)
최유림(국립축산과학원)
오영균(국립축산과학원)

2. 한우 분과위원회

곽완섭(건국대학교)
김경훈(서울대학교)
김삼철(경상대학교)
김은중(경북대학교)
김정훈(카길퓨리나사료)
김종남(한국농수산대학)
김의형(국립축산과학원)
권응기(국립축산과학원)
문상호(건국대학교)
문여황(경남과학기술대학교)
박근규(건국대학교)
박병기(농협사료)
박웅렬((주)코니아)
배귀석(중앙대학교)
백명기(서울대학교)
백열창(국립축산과학원)
서국현(전남대학교)
송만강(충북대학교)
송영한(강원대학교)
양승학(국립축산과학원)

오영균(국립축산과학원)
윤석준(동원팜스)
조상범((주)칼스)
이상무(경북대학교)
이상석(순천대학교)
이선복(농협사료)
이주환(천하제일사료)
이현정(국립축산과학원)
이홍구(건국대학교)
장선식(국립축산과학원)
장종수(한국방송통신대학교)
정기용(국립축산과학원)
정 준(농협중앙회)
주종철(천안 연암대학)
조원모(국립축산과학원)
최낙진(전북대학교)
이준엽(국립축산과학원)
최성호(충북대학교)
최창본(영남대학교)
최창원(대구대학교)



목 차



❖ 머 리 말

❖ 약 어

제 1 장 영양소의 단위	1
1.1. 건물	1
1.2. 에너지	2
1.3. 단백질	3
1.3.1. 단백질의 특징과 종류	3
1.3.2. 반추위 미생물체 단백질 합성	5
1.3.3. 질소의 순환	8
1.3.4. 소장내 단백질 대사	10
1.3.5. 단백질의 축적	13
1.4. 광물질	15
1.4.1. 다량 광물질	16
1.4.2. 미량 광물질	20
1.5. 비타민	24
1.5.1. 수용성 비타민	24
1.5.2. 지용성 비타민	25
 제 2 장 영양소 요구량	 28
2.1. 암소 육성에 필요한 영양소 요구량	33
2.2. 성빈우 유지에 필요한 영양소 요구량	35
 제 3 장 영양소 요구량에 영향을 미치는 요인 및 사양관리 시 고려사항	 37
3.1. 체구성과 영양소 요구량	37
3.2. 포유기 사양관리	38
3.3. 한우 송아지 조기이유	44
3.4. 육성기 사양관리	50
3.4.1. 입식기간 사양관리(입식~4주)	51
3.4.2. 입식기간 이후 사양관리(입식 4주 후~12개월령)	52
3.5. 비육기 사양관리	55
3.5.1. 비육전기 사양관리(13~21개월령)	55

3.5.2. 비육후기 사양관리(22~29개월령 출하 시)	57
3.5.3. 비육기간 연장에 따른 사양관리	60
3.5.4. 한우 암소 비육	62
3.6. 번식우 사양관리	65
3.6.1. 번식용 암송아지의 사양관리	66
3.6.2. 임신우 사양관리	69
3.6.3. 포유중인 번식우 사양관리	71
3.6.4. 신체충실지수를 활용한 암소사육기술	74
3.6.5. 한우 번식우 공태기간 단축 및 분만관리기술	75
3.7. 방목 시 영양소 요구량	76
3.7.1. 암송아지의 적정성장을 위한 방목우 관리	76
3.7.2. 풀 섭취량과 방목지 면적	77
3.7.3. 방목조건별 소비에너지 산정	79
3.7.4. 방목우 영양소 요구량 결정	79
3.7.5. 방목사양 시 주의사항	81
3.8. 환경과 영양소 요구량	84
3.8.1. 여름철 영양소 요구량과 사양관리	85
3.8.2. 겨울철 영양소 요구량과 사양관리	86
3.9. 관리방식의 차이가 영양소 요구량에 미치는 영향	87

제 4 장 사료 급여 시 고려해야 할 사항 90

4.1. 급여사료의 형태	90
4.1.1. 조사료	90
4.1.2. 농후사료	91
4.2. 사료 내 섬유소의 중요성과 부산물의 사료 이용	92
4.2.1. 섬유소의 중요성	92
4.2.2. 농식품부산물 사료의 효과적 이용	93
4.3. 에너지 자원의 이용	98
4.3.1. 탄수화물의 이용	98
4.3.2. 일반적 고려사항	99
4.3.3. 육성 및 비육기간 중 에너지 자원의 이용	100
4.3.4. 조사료원과 급여수준 및 급여방법	100
4.3.5. 조사료의 급여수준과 고급육생산 프로그램	101
4.3.6. 지방원의 이용	101
4.4. 사료 내 단백질 종류에 따른 이용효율	102
4.5. 각종 유효 아미노산	103
4.5.1. 반추위 미생물단백질 합성과 단백질원 및 에너지원의 공급 균형	104
4.5.2. 비분해성단백질과 아미노산 균형 조절	104
4.6. 급여사료와 육질간의 상관관계	107

4.6.1. 비육단계	107
4.6.2. 근내지방도	107
4.6.3. 육색과 지방색	109
4.7. 우사 관리	110
4.7.1. 우사 시설	110
4.7.2. 분노 관리	110
4.8. 소화기 질병—대사장애 및 중독증	111
4.8.1. 고창증 (Bloat; Tympanites)	111
4.8.2. 제1 위 부전각화증 (Rumen Parakeratosis)	112
4.8.3. 간농양 (Liver abscess)	112
4.8.4. 요석증 (Urinary calculus, Urolithiasis)	112
4.8.5. 질산염중독 (Nitrate toxicity)	113
4.8.6. 고사리 중독 (Bracken poisoning)	113
4.8.7. 제엽염 (Laminitis; Founder)	114
4.8.8. 곰팡이 독소 중독 (Mycotoxycosis)	114
4.8.9. 마그네슘결핍증 (Grass tetany, hypomagnesemic tetany)	115
4.9. 첨가제	116
4.9.1. 성장촉진제	116
4.9.2. 항생제 (Antibiotics, Ionophores)	116
4.9.3. 효소제 (Enzymes)	117
4.9.4. 완충제 (Buffers)	118
4.9.5. Sarsaponin(SAR)	118
4.9.6. 생균제 (Probiotics)	118
4.9.7. 푸마르산(Fumaric acid)	119
4.9.8. 기타첨가제	119

제 5 장 사료의 안전성 120

5.1. 사료관리	120
5.1.1. 사료원료	120
5.1.2. 사료저장 및 관리	123
5.1.3. 사료첨가제 관리	124
5.1.4. 사료 중 곰팡이 관리	124
5.1.5. 사료 내 곰팡이의 작용	125
5.1.6. 사료급여	126
5.2. 비의도적인 물질	127
5.3. 위생	127

제 6 장 사양표준의 사용법과 주의해야 할 사항 128

제 7 장 영양소 요구량 산정식	129
7.1. 거세한우의 비육에 필요한 영양소량	129
7.1.1. 에너지 요구량	129
7.1.2. 단백질 요구량	129
7.1.3. 칼슘, 인, 비타민 A 및 D의 요구량	129
7.2. 한우 수소의 육성·비육에 필요한 영양소량	130
7.2.1. 에너지 요구량	130
7.2.2. 단백질 요구량	130
7.2.3. 칼슘, 인, 비타민 A 및 D 요구량	130
7.3. 암소 육성에 필요한 영양소량	130
7.3.1. 에너지 요구량	130
7.3.2. 조단백질 요구량	135
7.3.3. 칼슘, 인, 비타민 A 및 D 요구량	137
7.4. 성빈우의 유지에 필요한 요구량	137
7.4.1. 에너지 요구량	137
7.4.2. 단백질 요구량	138
7.4.3. 칼슘, 인 및 비타민 A 요구량	138
7.5. 임신말기에 유지에 첨가할 영양소량	138
7.5.1. 에너지 요구량	138
7.5.2. 조단백질 요구량	138
7.5.3. 칼슘, 인, 비타민 A 및 D의 요구량	139
7.6. 수유 중에 유지에 첨가하는 영양소 요구량	139
7.6.1. 에너지 요구량	139
7.6.2. 조단백질 요구량	139
7.6.3. 칼슘, 인, 비타민 A 및 D 요구량	139
❖ 인용문헌	140
제1장 영양소의 단위	140
제3장 영양소 요구량에 영향을 주는 요인 및 사양관리 시 고려사항	146
제4장 사료 급여 시 고려해야 할 사항	155
제7장 영양소 요구량 산정식	163
❖ 부 록	165
주요 조사료 성분표	165
주요 농후사료 성분표	170
주요 기타사료 성분표	174
한우사양표준 2015 프로그램 사용설명서	175

한우사양표준이 제정된 이후 1차 2007년에 이어 2차 2012년, 그리고 2017년 3차 개정을 하였다. 1차 개정은 한우 거세우의 유지 요구량 산정을 중점으로, 대규모의 성장단계 시험결과에 따른 미세조정 기초자료에 의해 대사에너지(ME)와 대사단백질(MP) 요구량 산정을 하였다.

그러나 한우의 지속적인 개량과 사양관리기술 및 사료품질 등의 개선으로, 2차 개정에서 보완된 주요내용은, 1) 영양소 요구량 측면에서 한우 임신우에 대한 적정에너지 및 단백질 급여수준, 2) 번식우에 대한 계절적 적정 영양관리 수준, 3) 거세우와 암소의 성장단계별 영양소 급여수준에 따른 생산성 측면과 한우 거세우의 영양소 요구량 예측모델을 보완, 4) 사료배합 프로그램은 산출식의 일부를 조정하여 활용성을 대폭 개선시켰다.

3차 개정에서는 각 장에 5개에서 9개의 세부 분야로 나뉘어 한우의 영양소 요구량에 미치는 요인과 환경적인 요소는 물론 사료의 안전성에 관한 사항 등을 아우르고 있다. 또한, 그동안 한우 관련 각종 연구 결과가 포괄적으로 세부적으로 1차 개정 후에 지속적으로 수집하여 적용되었다. 주요 수정 및 보완내용은, 1) 한우 암소육성에서 증체수준별 섭취량 및 대사시험 결과를 적용하여, 에너지 및 단백질 요구량 수정보완, 2) 건물섭취량에 미치는 요인에 관한 내용 심층보완, 3) 한우 암소 육성 및 비육우에 대해 현장시험결과를 근거로 에너지 요구량 등 미세조정 산출근거 제시, 4) 한우 수소에 대한 유지요구량 및 암소 육성과 성빈우에 필요한 에너지 요구량 등 산출근거 제시, 5) 광물질과 비타민의 기능과 적용에 대하여 대폭 보완 및 추가, 6) 체중 및 일당증체 범위 현실화, 7) 영양소단위에 영양소 산정식 연결 기술, 8) 프로그램 사용설명서 신규수정 및 추가 시험자료 연결 등이다.

위와 같은 과정과 내용은 한우사양표준 1, 2차 개정위원님들의 노고를 초석으로 이루어진 것이므로 우선 감사를 드린다. 끝으로, 그동안 3차 개정을 위하여, 무한한 열정으로 개인의 일정을 희생하며 함께 지혜를 나누어주신 한우분과위원회 위원께 깊이 감사드린다. 또한, 이해와 협동심으로 한곳을 바라보며 도움을 주신 양축가를 비롯한 산업계, 연구기관, 학계에 감사드린다.

2017년 11월
한우 분과위원장
농학박사 장 문 백

CP	조단백질(crude protein)
DG	일당증체량(daily gain, kg/일)
DCP	가소화 조단백질(digestible crude protein)
DE	가소화 에너지(digestible energy)
DIP	분해성 단백질섭취량(degradable intake protein)
DMI	건물섭취량(dry matter intake, kg/일)
EP	단백질 변환효율(efficiency of protein)
E(t)	임신 t일째에 태아의 에너지 총 축적량(kcal)
kf	성장, 비육에서 ME 이용효율(NEg/MEg)
MCP	미생물 조단백질(microbial crude protein)
ME	대사에너지(metabolizable energy)
MEg	증체를 위한 대사에너지 요구량(metabolizable energy for gain)
ME _m	유지를 위한 대사에너지 요구량(metabolizable energy for maintenance)
MP	대사단백질(metabolizable protein)
NEg	증체를 위한 정미에너지 요구량(net energy for gain)
NP	정미 단백질 요구량(net protein, g/일)
NPN	비단백태 질소화합물(non-protein nitrogen)
q	사료에너지의 대사율(ME/GE)
RIP	분해성 단백질(rumen intake protein)
RP	단백질 축적량(retained protein, g/일)
SIP	가용성 조단백질(soluble intake protein)
TP(t)	임신 t일째 임신자궁의 단백질 축적량(g)
TDN	가소화 영양소 총량(total digestible nutrient)
UIP	비분해성 단백질 섭취량(undegradable intake protein)
W ^{0.75}	대사체중(kg)

제 1 장 영양소의 단위

1.1. 건물

가축이 섭취하는 사료는 수분함량에 따라 건조사료(수분 13~14%)와 다즙사료(수분 50% 이상)로 나눌 수 있다. 가축이 필요로 하는 영양소는 수분을 제외한 건물 중에 대부분이 함유되어 있으므로 동물이 어떤 사료를 섭취하였을 때, 영양소의 섭취량은 반드시 건물섭취량(DMI)에 근거하여야 한다. 즉, 사료 내 영양소 함량이 적절하다고 하더라도 건물 섭취량이 요구량을 충족시킬 만큼 되지 않거나 지나치게 되면 기대하는 생산성을 달성하기가 어렵다. 영양소 섭취부족은 가축의 생산성 저하와 건강에 악영향을 미칠 수 있고, 과다섭취는 사료비 상승과 영양소의 과다배설로 인한 환경오염이나 독성을 나타내어 가축의 건강에 악영향을 미칠 수도 있다. 따라서 사료 배합은 사료의 가격과 영양수준 및 사료의 양적, 질적 변화에 따른 동물의 생산반응 등과 함께 건물상태의 섭취량이 반드시 고려되어야 한다.

육우의 건물섭취량은 품종, 성별, 체중(연령), 생리적 상태(성장, 임신, 비유 등), 건강상태, 환경조건, 사양형태, 사회적 요인, 과거의 사료 급여체계, 신체조건 및 사료의 형태와 품질 특히, 목초의 종류와 형태 등에 의해 크게 영향을 받는다. 육우의 건물 섭취량은 체중의 약 1.4~3.0% 수준으로, 체중이 증가함에 따라 체중대비 건물 섭취량은 감소하는데, 감소폭이 클수록 육질등급은 낮아지는 경향인 것으로 알려져 있다. 또한, 체지방 축적량이 많을수록 건물 섭취량은 감소한다. 임신말기인 소에서는 태아의 발육속도 증가로 인해 건물섭취량이 떨어지며, 환경온도가 -10~10℃의 범위에서 사료 섭취량이 증가하고, 25℃ 이상에서는 감소한다.

건물섭취량을 추정할 때 사용되는 회귀모델

에서 체중과 급여사료의 에너지 함량이 중요한 기준이 되는데, 그것은 에너지 요구량의 충족 정도와 소화관의 충만 상태 사이에는 일정한 상호관계가 있기 때문이다. NRC(2000)에서는 육우의 사료섭취량을 실증적 실험 결과로부터 설정된 사료의 에너지(특히 유지를 위한 정미에너지, NEm)와 건물섭취량간의 회귀식으로 추정하였다, 즉, 육우의 건물섭취량은 에너지 함량이 낮고, 섬유소 함량 높으며, 소화가 잘 안 되는 사료를 섭취하는 경우에는 소화관의 충만 상태와 내용물의 통과속도 등에 의해 영향을 받는 반면, 에너지 함량이 높고, 섬유소 함량이 낮으며 소화가 잘 되는 사료의 경우는 동물의 에너지 요구량이나 대사적 요인(NRC, 1987)에 의해 조절된다.

대사적 요인은 사료 중 영양소의 균형(반추 위미생물 요구량 포함)과 공급량의 적정성, 그리고 반추위 내 휘발성지방산 함량이 낮을 경우의 채식량 증가, 사료 영양소의 불균형이나 과다공급, 반추위의 팽창, 반추위 내 휘발성지방산 농도의 상승 및 피로감이나 고온 스트레스 등의 상태의 채식량 감소 등이 있다(NRC, 2016). 이밖에도 사료첨가제, 사료의 가공형태 및 수분섭취량 등에 의해서도 영향을 받으며¹⁰¹⁾, 이러한 요인들은 가축의 사양관리시스템을 설정할 때 매우 중요한 정보가 된다.

TMR 사양시스템의 경우, 동일한 원료라고 하더라도 사용 시기나 조건에 따라 수분함량이 다양하므로 사료제조 시에 영양소 농도가 달라질 수 있기 때문에 수분함량에 특별히 신경을 써야 한다. 국내에서 생산되는 TMR의 평균 수분함량은 건식의 경우는 약 12~14%이며, 습식은 약 39~41% 수준(축산기술연구소 1999~2000)이다. 동물의 건물섭취량을 기준으로 하였을 때, 사

료의 적정 수분함량은 25-40%수준으로 습식 TMR의 범위에 치우쳐 있다. TMR의 수분함량은 농가의 사료비 부담에도 영향을 끼칠 수 있으므로 기호성에 문제가 없다면 수분함량이 낮은 사료를 급여하는 것이 바람직하다.

본 한우사양표준에서 나타낸 영양소의 함량과 요구량은 건물(DM)기준으로 나타내었으므로 사료급여량을 결정하고자 할 경우에는 반드시 건물기준으로 보정한 후 사용하여야 한다. 한우암소 육성·비육 시, 증체수준별 건물 요구량은 한우사양표준 제정위원회에서 총 159두의 한우암소를 이용하여 건물섭취량을 수준별로 제한하거나 자유 채식시킨 사양시험을 통하여 도출된 회귀식으로 구하였다.

1.2. 에너지

탄수화물, 지방 그리고 단백질은 에너지원이 되는 영양소이다. 탄수화물과 지방은 필수지방산의 요구량이 충족되는 조건에서 모두 에너지원으로 이용되기 때문에 이들을 구별할 필요가 없다. 대개 사료 내 지방 함량은 2~3%로 존재하기 때문에 한우 사육 시 필수지방산이 부족한 경우가 거의 없다. 본 사양표준에서 에너지 요구량은 각종 에너지원에서 유래되는 모든 에너지를 포함한다.

에너지 요구량의 평가단위로는 여러 가지가 제안되었다. 사료 중 총 에너지(GE)로부터 가소화에너지(DE)가 있는데, 가소화에너지는 분(糞)으로 배설된 양을 뺀 것으로, 가축에 의해서 소화된 에너지를 의미한다. 가소화에너지에서 요 및 메탄으로 손실된 에너지를 뺀 것이 대사에너지(ME)이다. 일반적으로 반추동물의 총 에너지에서 요로 배설되는 에너지는 2~8%, 메탄으로 손실되는 에너지는 5~8%이다. 대사 에너지는 가소화에너지 보다 실제로 흡수이용된 에너지에 더 가깝다. 정미(正味)에너지(NE)는 대사에너지로부터 체열로 발산되는 에너지를 뺀 것이며, 이론적으로 정미에너지는 100% 모두가 유지 및 축산물의 생산에 이용된 것이기 때문에 에너지 평가단위로는 가장 적합하다. 그러나 생산목적에 따라서 그 에너지 값이 다르기 때문에 정미에너지를 이용하여 가축의 요구량과 사료의 에너지 함량을 나타낼 때에는 유지(NEm), 비유(NE_L) 혹은 증체(NEg)로 구분하여 나타낼 필요가 있다. 세계적인 추세

가 정미에너지를 에너지 평가단위로 이용하려는 추세이지만, 각국의 실정에 따라 TDN과 ME를 단독으로 또는 병행하여 이용하기도 한다. 우리나라도 92년도 한국표준가축사료급여기준¹⁰¹⁾과 이번 개정판에서는 TDN과 DE 그리고 ME를 함께 적고 있다.

이번 개정판을 통해서 한우 거세우를 이용한 에너지균형 시험으로부터 대사체중 당 유지를 위한 대사에너지(MEm = kcal W^{0.75})를 구하였고, 비교도체 자료로부터 대사에너지 요구량을 산출하였다¹⁰³⁾. 에너지 요구량은 수소 비육의 경우는 성별 에너지 이용 효율의 차이를 거세우의 계수에 곱하여 구하였다. 한우암소 육성·비육 시, 에너지 요구량은 한우 사양표준 제정위원회에서 한우암소 159두를 이용하여 에너지 섭취량을 제한하거나 자유채식시킨 사양시험을 실시하여 증체수준간의 회귀식을 도출하였으며, 사양시험에서 사용된 사료(배합사료와 볏짚, TMR)의 TDN은 한우암소 4두를 이용한 실측치를 적용하여 산출하였다. 그러나 이 요구량은 TDN 섭취량만으로 도출된 결과이므로 향후, 에너지와 단백질 수준별 요인시험을 통하여 확인할 필요가 있다 또한, 한우 육성암소를 이용한 에너지 출납시험(이, 2013)에서 도출된 결과를 이용하여 유지요구량을 수정, 보완하였다. 에너지 요구량은 실측한 TDN 요구량을 이용했는데, DE는 TDN 1kg = 4.41Mcal DE의 관계식으로 구하고, ME는 DE에서 체내 대사율(0.82)을 곱하여 산출하였다.

1.3. 단백질

1.3.1. 단백질의 특징과 종류

단백질은 탄소, 산소, 수소 질소 및 황으로 구성된 아미노산이 펩티드 결합(그림 1-1)으로 연결된 고분자의 화합물로서 체내에서 소화효소에 의해 가수 분해되면 아미노산이 연결되어 있는 펩티드나 유리형태의 아미노산을 생성한다. 아미노산은 암모니아(NH₃)에서 유래한 염기성의 아민(amine, NH₂)기와 유기산(CH₂RCOOH)이 결합한 형태로서, 잔기 R을 구성하는 화학구조에 따라 각기 다른 아미노산을 이룬다. 단백질을 구성하는 아미노산 약 20종

을 화학적인 구조에 의해 분류하면 monoamino-monocarboxylic amino acid, monoamino-dicarboxylic amino acid, diamino-monocarboxylic amino acid, triamino-monocarboxylic amino acid, sulfurcontaining amino acid, aromatic amino acid, heterocyclic amino acid 등으로 구분할 수 있으며, 이들 아미노산은 체내에서의 중요성에 따라 필수아미노산과 비필수아미노산을 구분할 수 있다. 필수아미노산은 동물의 체내에서 탄소골격이 합성되지 않아 transamination 과정을 통하여 아미노산이 합성되지 않거나, 필요량에 비하여 체내 합성량이 낮아 외부로부터 공급받아야하는 아미노산이다.

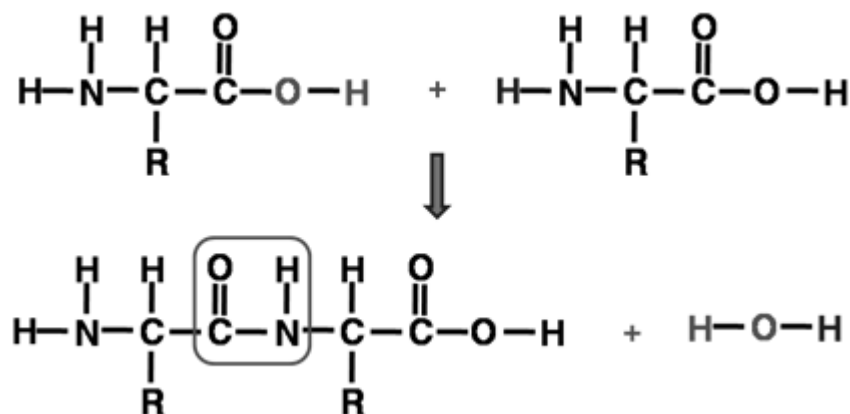


그림 1-1. 아미노산의 펩티드 결합

단백질은 구성하고 있는 아미노산의 조성 및 결합양식, 당, 지질, 인산 등과 같은 아미노산 이외의 성분의 존재여부에 따라 단백질의 분자생물학적 및 물리적 구조와 이화화학적 특성이 다르다. 단백질의 구성하는 성분의 조성에 따라 단백질을 구분하며, 아미노산으로만 구성된 단순단백질, 아미노산과 비단백질성 물질(non-protein moiety)로 구성된 복합단백질(conjugated protein) 및 핵산으로 구분된다. 단순단백질은 다시 섬유성단백질(fibrous protein)과 구형단백질(globular protein)으로 구분되며,

섬유성단백질에는 collagen, elastin, keratine 등과 같이 동물의 체내에서 구조적 기능을 수행하면서 화학적으로 안정적이다. 반면 구형단백질은 albumin, histone, protamine, globulin 등과 같이 polypeptide chain이 구형을 형성하면서 기능성단백질의 주성분이 된다. 혼합단백질은 단백질과 당의 결합체인 glycoprotein, 지방이 결합된 lipoprotein, 인산기가 결합된 phosphoprotein, 색소가 결합한 chromoprotein 등이 있다. 이러한 다양한 종류의 단백질은 동물체내의 모든 조직에서 수분과 지방을 제외한

나머지 성분의 약 80%를 차지하고 있는 생체 내 주요 구성성분일 뿐만 아니라, 근육운동, 효소와 호르몬의 작용, 면역반응 등과 같은 생명유지 및 생산 활동에 있어서 중요한 기능을 수행한다. 또한 특정 생리적 기능을 수행하기 위해서는 그 기능에 적합한 이화학적 특성을 갖게 된다. 예로서 소화효소와 같은 단백질들은 용매에 분산되어 기질과 접할 수 있는 표면적이 넓어야하기 때문에 물에 대한 용해도가 높으며, 반대로 발굽, 뿔, 털 등을 구성하는 단백질은 쉽게 물에 대한 용해도 및 소화효소에 대한 분해도가 낮아야 체조직을 보호할 수 있을 수 있다.

사료의 형태로 공급되는 단백질은 그 다양성으로 인하여 각각의 단백질의 특성에 맞는 분석방법을 적용하여 그 함량을 측정하는 것은 현실적으로 어렵다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 단백질을 구성하는 아미노산 중 질소의 함량을 측정하는 방법을 이용하고 있다. 질소의 함량을 측정하는 가장 전형적인 방법은 단백질을 황산으로 가수분해시킨 후 발생하는 암모니아를 붕산(boric acid, H_3BO_3)에 포집하여 적정하는 켈달(Kjeldahl) 분석법과 질소분석기를 이용하여 시료를 산화시킬 때 발생하는 질소의 양을 측정하는 듀마법(Duma's method)이 있다. 켈달방법은 정확성과 재현성이 높아 전 세계적으로 가장 많이 이용되는 방법이나, 고농도의 황산을 이용하여 고온에서 시료를 가수분해하기 때문에 분석절차상에 위험성이 따르고, 분석에 소요되는 시간이 상대적으로 긴 단점이 있다. 반면에 듀마법은 자동화된 기기를 이용하여 단시간에 시료를 분석할 수 있을 뿐 아니라 분석절차상의 위험성이 없으나, 단백질의 아미노산 조성에 따라 각기 다른 상관계수를 이용하여야 하는 문제가 있다. 켈달법이나 듀마법을 이용한 단백질 분석 방법은 측정된 질소의 함량에 단백질계수를

곱함으로써 단백질의 함량을 구하는 방법으로, 단백질 외에 아미노산이나 요소와 같은 성분도 같이 분석되기 때문에 조단백질(crude protein, CP)이라고 한다. 사료는 단백질 외에도 유리아미노산, 암모니아, 핵산 등과 같은 비단백태질소화합물(Non-Protein Nitrogen, NPN)을 포함하고 있는데, 목초는 총 질소화합물 중에서 약 70%가 단백질이고 나머지 약 30%가 NPN으로 구성되어 있다. 일반적으로 단백질에는 분자량 내에 질소가 약 16%정도 함유되어 있으므로 사료의 질소 함량에 단백질 계수 6.25 (100/16)를 곱하여 단백질의 함량을 구한다. 아미노산의 분자량 분포를 살펴보면, 분자량이 가장 작은 아미노산인 글리신(glycine)의 75Da 부터 분자량이 가장 큰 트립토판(tryptophan)의 204Da까지의 범위이며, 전체 아미노산의 전체 분자량은 137 Da이다. 따라서 단백질을 구성하는 아미노산의 조성에 따라 단백질계수 6.25는 증가 혹은 감소하여 보정되어야 한다.

사료의 형태로 공급된 조단백질은 반추동물의 반추위에서 미생물에 의해 분해되어 미생물단백질의 합성에 이용될 수 있는 반추위분해단백질(Rumen Degradable Protein, RDP)과 미생물에 의해 분해되지 않고 반추위를 통과하여 하부장기로 유입되는 반추위미분해단백질(Rumen Undegradable Protein, RUP)로 구분된다. 반추위분해단백질은 반추위 미생물에 의해 아미노산이나 암모니아의 형태로 분해되어 미생물체 단백질(Microbial Crude Protein, MCP)의 합성에 이용되거나, 암모니아의 형태로 반추위에서 흡수되어 체내에서 요소의 형태로 체내에서 질소의 재활용에 이용된다. 반추위미분해단백질(RUP)은 소장에서 유입되어 소화효소에 의해 아미노산으로 분해되어 흡수될 수 있는 가용성단백질(Digestible Undegradable Protein, DUP)과 소화효소에 의해 분해되지 않고 분으로 배설되는 불용성단백질로 구분된다. 반

추위 미생물에 의해 분해되지 않도록 인위적으로 물리, 화학적으로 처리한 DUP는 반추위 미생물의 공격으로부터 보호된다는 의미로 보호단백질(protected protein)이라고도 불리며, 반추위 미생물 소화를 우회하였다는 의미에서 우회단백질(bypass protein)이라고도 불린다. 포르말린(formaldehyde), 탄닌(tannin) 혹은 열처리 등을 이용하여 반추위 미생물에 의한 단백질의 분해를 억제하고 있다.

반추위 미생물에 의한 분해여부로 단백질의 사료적 가치를 평가할 수 없기 때문에 Sniffen 등(1992)은 단백질을 포함한 질소화합물을 소화장소 및 소화속도에 따라 A, B, C의 분획으로 구분하는 Cornell Net Carbohydrate and Protein System(CNCPS)을 제안하였다. 이 방법에 따르면 단백질분획 A는 반추위에서 빨리 분해되는 NPN, 아미노산, 펩타이드 등으로, BPB(borate phosphate buffer)에 용해되면서 TCA(trichloroacetic acid)에 침전되지 않는다. 단백질분획 B는 반추위 혹은 소장에서 분해되는 순단백질로 단백질분획 B1, B2, B3으로 나뉜다. 단백질분획 B1은 반추위에서 미생물에 의해 암모니아로 신속하게 분해되는 순단백질로, BPB에 용해되면서 TCA에 침전되는 단백질이다. 단백질분획 B2는 반추위에서 암모니아로 천천히 분해되는 순단백질로, BPB에는 용해되지 않으나 중성세제(neutral detergent, ND)에 용해되면서 TCA에 침전되는 단백질이다. 단백질분획 B3는 반추위에서 분해되지 않으나, 소장에서 분해되는 순단백질로, ND에는 용해되지 않으나 산성세제(acid detergent, AD)에는 용해되는 단백질이다. 단백질분획 반추위 및 소장에서 분해되지 않아 분으로 배설되어 사료적 가치가 없는 순단백질로, ND 및 AD에 용해되지 않는다. 단백질의 반추위내 분해정도는 단백질의 화학적 구조, 사료의 반추위 통과 속도 및 유입량, 조사료와 농후사료의 비율,

반추위 pH, 영양소간의 상관관계, 사료의 가공 방법 등과 같은 다양한 요인에 의해 영향을 받는데(NRC, 1985; Bach 등, 2005), 단백질분획 B가 차지하는 비율은 단백질의 분해속도, 반추위 통과속도 등에 따라 달라지며, 반추위 체류시간이 증가할수록 단백질분획 B의 분해율은 증가한다.

1.3.2. 반추위 미생물체 단백질 합성

미생물체 조단백질(Microbial Crude Protein, MCP)은 사료의 형태로 공급되는 반추위 분해 단백질(RUP)을 아미노산 혹은 암모니아로 분해하거나 침의 형태로 반추위에 유입된 재할용질소화합물이 요소를 이용하여 미생물이 세포단백질을 합성한 것이다. 일반적으로 비육우의 사료에서는 아미노산이나 펩타이드의 결핍이 문제가 되지 않으며, 특히 비육말기의 경우 요소와 같은 NPN의 공급만으로도 RDP 요구량을 충족시킬 수 있다. 그러나 비육우의 경우라도 최상의 생산성을 유도하기 위해서는 미생물체 조단백질의 합성효율을 증진시켜야 한다. 또한 반추위 섬유소 미생물의 성장을 위해서는 2-methylbutyrate나 isovalerate와 같은 측쇄지방산이 필요하며, 이러한 측쇄지방산은 루이신(leucine), 이소루이신(isoleucine), 발린(valine)과 같은 측쇄아미노산이 미생물에 의해 탈아미노화반응(deamination)에 의해 생성된다. 따라서 반추위내 섬유소 효율의 향상과 미생물체 단백질의 합성량을 증진시키기 위해서는 RDP의 형태로 공급되는 사료단백질이 필수적으로 공급되어야 한다. 사료의 장관내 통과속도, 반추위 산도 등은 반추위 미생물의 성장에 직접적인 영향을 미치는 요인이기 때문에 사료의 형태로 공급되는 구조성탄수화물과 저장성탄수화물의 조성 및 비율은 미생물 단백질 합성에 중요한 영향요인으로 작용한다. 미생물 단백질의 합성을 위해서는 질소원과 함께 세

포질에서 아미노산의 합성을 위한 탄소골격과 에너지가 필요한데, 이러한 탄소골격과 에너지는 탄수화물의 분해의 분해산물인 포도당과 같은 당당류의 형태로 반추위 미생물의 세포질로 유입된다. 구조성 탄수화물은 저장성탄수화물에 비하여 반추위 미생물의 발효에 의해 당당류로 전환되는 속도가 늦어 미생물의 생육에 필요한 에너지원의 공급속도가 늦은 반면에 반추에 의한 침의 분비량을 증가시켜 반추위 미생물의 생육에 유리한 환경을 제공한다. 녹말과 같은 저장성탄수화물은 구조성탄수화물에 비하여 반추위 미생물에 의한 분해속도가 빠르기 때문에 미생물의 생육에 필요한 에너지의 공급 속도가 빠르나, 미생물의 대사산물인 유기산의 생산속도가 빠르고 반추에 의한 침의 분비량을 감소시켜 반추위 산도를 낮춤으로써 반추위 미생물의 생육에 불리한 환경을 제공한다. 동일한 조사료의 경우 가공처리 방법은 반추위 미생물체 단백질의 합성에 영향을 미친다. 예로서 사일리지는 발효과정 동안 미생물에 의해 에너지가 소모되기 때문에 건초에 비하여 적은 양의 에너지를 반추위발효에 공급하기 때문에 사일리지를 급여할 경우 건초에 비하여 반추위 미생물의 생산성이 낮다.

반추위에서 미생물체 단백질의 합성에는 질소원과 함께 에너지가 공급되어야 하며, 질소원은 사료단백질이 반추위 미생물에 의해 분해됨으로써 공급된다. 비단백태질소화합물을 포함한 반추위분해단백질의 이용성이 최적의 상태이기 위해서는 반추위에 공급되는 에너지와 단백질이 동기화되어야 한다. 반추위에 유입된 기질은 미생물 효소의 분비를 자극하고, 분비된 효소는 탄수화물을 분해하여 미생물체 단백질의 합성에 필요한 에너지원으로 이용하고, 탄소골격은 미생물체 단백질 합성에 필요한 아미노산의 탄소골격으로 이용한다. 사료단

백질은 아미노산과 암모니아로 분해되고, 비단백태질소화합물은 암모니아로 분해되어 미생물체 단백질의 합성에 이용된다. 미생물체 단백질의 합성량이 증가하면 미생물 개체가 합성할 수 있는 섬유소분해효소의 양이 증가하여 섬유소의 분해율의 증가되어 미생물체 단백질의 합성에 필요한 에너지의 공급량이 증가할 뿐 아니라 단백질분해효소의 분비량이 증가하여 사료단백질의 분해율이 증가되어 미생물체 단백질의 합성에 필요한 질소원의 공급량이 증가하게 된다. 즉 에너지와 단백질 공급의 동기화를 이루게 되면 미생물체 단백질의 합성량이 증가하여 사료의 이용효율이 증가할 뿐 아니라 소장에 유입되는 미생물체 단백질의 양이 증가하여 한우의 생산성이 증가하게 된다. 그러나 조사료에 존재하는 단백질은 쉽게 분해되나 에너지로 이용될 NDF는 분해되는데 상대적으로 오랜 시간이 소요되어 미생물의 성장에 필요한 암모니아는 존재하나 미생물의 성장에 필요한 에너지가 부족하게 된다. 반면에 곡류사료의 경우 에너지로 이용될 전분은 쉽게 분해되나 단백질은 분해되는데 상대적으로 오랜 시간이 소요되어 미생물의 성장에 필요한 에너지는 풍부하나 미생물 단백질의 합성에 필요한 질소원이 부족하게 되는 현실적인 문제점이 발생하게 된다. 반추동물은 탄수화물과 단백질의 공급이 동기화되지 않는 현실적인 문제점을 자체적으로 해결하기 위하여 미생물 발효과정에서 발생하였으나 미생물체 단백질의 합성에 이용되지 않는 암모니아를 반추위벽을 통하여 흡수한 후 요소의 형태로 전환하여 침을 통하여 재활용하는 방법을 쓰고 있다. 그러나 질소의 재활용만으로는 에너지와 단백질의 공급불균형을 해결할 수 없기에 이러한 문제점을 해결하기 위해서 고안된 것이 섬유질배합사료(total mixed ration, TMR)이다. 섬유질배합사료는 에너지와

단백질을 혼합하여 급여함으로써 미생물의 성장을 촉진하여 미생물이 분비하는 소화효소의 양을 증진시킴으로써 사료의 소화율을 증진시키고, 미생물체 단백질의 합성량을 증진시키는 효과를 얻을 수 있다.

반추위에 공급되는 질소원은 반추위 미생물의 발효에 의해 암모니아로 분해되어 반추위 벽을 통해 흡수되거나 반추위액에 용해된 상태로 하부장기로 흘러가기 때문에 사료단백질 중 반추위 분해단백질이 미생물체 단백질의 합성에 이용되는 효율은 100% 미만이다. 미국의 NRC 사양표준에서는 반추위 분해단백질이 미생물체 단백질의 합성에 이용되는 비율이 육우와 유우 공히 0.9로 산정하고 있으며, 재활용되는 질소의 양이 없다고 가정할 경우 반추위 분해단백질의 요구량은 미생물체 질소에 1.11을 곱한 값으로 산정하고 있다. 사료의 형태로 공급되는 반추위 분해단백질이 반추위 미생물체 단백질 합성량 추정치의 1.18배 보다 낮으면 반추위 미생물체 단백질의 합성량은 사료의 형태로 공급되는 반추위 분해단백질에 0.85를 곱함으로써 구한다. 그러나 사료단백질의 조성 및 함께 공급되는 에너지사료와 사료의 반추위 통과속도 등 다양한 요인으로 인하여 모든 단백질사료에 이 추정식이 적용될 수 없기 때문에 반추위에서 합성되는 미생물체 단백질의 양을 추정하기 위해서 다양한 연구가 수행되어 왔다. Burrough 등(1974)는 가소화에너지와 미생물체 단백질 합성량과의 상관관계를 $MCP = 0.1305 \times TDN$ 의 식으로 제시하였다. 이를 기본으로 1985년에 개정된 미국의 NRC 사양표준에서는 조사료의 함량이 40% 이하인 경우와 40% 이상인 경우로 나누어 미생물체 조단백질(microbial crude protein, MCP)의 함량을 계산하는 추정식을 제시하였다.

$MCP = 0.13 \times TDN$: 조사료의 함량이 40% 이상

$MCP = 0.13[1 - 0.025(20 - eNDF)]$: 조사료의 함량이 40% 이하

여기서 조사료의 함량이 40% 이하이고, 유효중성세제불용성 섬유소(epNDF)의 함량이 20%인 사료의 경우 물리적 유효중성세제불용성 섬유소(epNDF)의 함량이 1% 감소함에 따라 미생물체 단백질의 합성량은 2.2%씩 감소하는 계산식을 제시하였다.

Galyean과 Tedeschi(2014)는 문헌상에 보고된 내용을 근거로 미생물체 단백질의 합성량과 사료성분과의 상관관계를 분석하여 미생물체 단백질 생성량과 반추위 유기물 진정 소화량(True Ruminant Organic Matter digested, TROMD), 건물섭취량(Dry Matter Intake, DMI), 가소화영양소 총량 섭취량(Total Digestible Nutrient Intake, TDNI), 탈지 가소화영양소 총량 섭취량(Fat-Free Total Digestible Nutrient Intake, FFTDNI) 간에 다음과 같은 상관관계를 구하였다.

$$MCP = 161 + 0.082 \times TROMD \quad (r^2 = 0.84)$$

$$MCP = 47.70 + 0.062 \times DMI \quad (r^2 = 0.88)$$

$$MCP = 42.73 + 0.087 \times TDNI \quad (r^2 = 0.89)$$

$$MCP = 53.33 + 0.096 \times FFTDNI \quad (r^2 = 0.90)$$

위의 회귀식에 의하면 미생물 조단백질의 합성량은 TROMD, DMI, TDNI, 및 FFTDNI의 공급량이 증가함에 따라 증가하나, 지방의 섭취량에는 영향을 받지 않는다. 즉 사료지방은 미생물체 단백질합성에 도움이 되지 않으며, 과도한 수준의 불포화지방은 반추위 미생물의 세포벽을 파괴하기 때문에 미생물 조단백질의 합성량을 감소시킬 수 있다. 위의 식에서 사료내 조지방의 함량이 3.9% 이하인 경우에는 미생물 조단백질의 합성량 추정에 TDNI를 이용하고, 조지방의 함량이 3.9% 이상인 경우에는

FFTDNI를 이용한다. 이러한 결과로 미루어 육우의 MCP 합성량의 추정을 위한 회귀식의 개발에는 사료성분표나 성분분석을 통하여 원료사료의 가소화영양소 총섭취량, 무지가소화영양소총섭취량, 조단백질섭취량 등의 추정이 가능한 자료를 기초로 회귀식이 개발되어 할 것이다. 조단백질의 섭취량, TDNI, FFTDNI 등이 혼합된 복잡한 이차식으로 미생물단백질의 합성량을 추정하여도 정밀도와 정확도에 있어서 크게 개선되지 않기 때문에 TDNI와 FFTDNI의 합량으로 미생물단백질의 합성량을 추정할 수 있는 단순한 계산식이 더 현실적이다. 미생물 합성량을 추정함에 있어서 FFTDNI를 이용한 회귀식이 TDNI를 이용한 것에 비하여 유리하기 때문에 사료내 조지방의 합량을 알 경우 TDN의 값을 수정하는 것이 바람직하다.

1.3.3. 질소의 순환

육성우 및 비육우의 사료로 섭취되는 질소 중 42%가 암모니아형태로 흡수되며, 장간막에서 흡수된 암모니아는 간문맥에 도달한 암모니아 양의 28~53%에 이른다. 흡수된 암모니아는 간에서 대부분 요소로 전환되고, 요소는 뇨의 형태로 배설되거나 침의 형태로 반추위에 유입되거나, 장상피세포를 통해 장관에 이송된다. 소화관에 이송된 요소형태의 질소는 미생물이 분비한 요소분해효소(urease)에 의해 암모니아의 형태로 가수 분해되어 반추위에 공급된 RDP의 부족분을 보충하여 줌으로써 미생물체 단백질 합성에 이용된다. 질소화합물의 농도가 34% 정도인 일반적인 사료조건에서 소화관에 이송된 요소태 질소의 20~50%는 암모니아의 형태로 재 흡수되고, 54% 정도는 물질의 합성에 이용된다. 요소태질소의 합성량은 질소화합물의 섭취량이 증가함에 따라 증가하며, 육성우의 경우 일일 질소화합물의 섭취량이 60~200g 일 경우 질소섭취량의 70%가 요소

의 형태로 전환되었다(Reynolds와 Kristensen, 2008). 과도한양의 질소화합물을 급여할 경우 암모니아의 흡수량, 요소의 합성량 및 배뇨를 통한 요소의 배설량이 증가한다(Reynolds and Kristensen, 2008).

대사에너지 및 중성세제 불용성 섬유소(NDF)의 공급량이 유사한 조건에서 사료의 형태로 공급되는 질소의 비율을 증가시킬 경우 혈액 및 타액의 요소태질소의 농도를 증가시키고 배뇨를 통한 요소의 배설량이 증가한다(Marini and Van Amburgh, 2003). 타액의 형태로 소화기관에 이송되는 요소는 전체 장관에 이송되는 요소의 4~20%에 해당하며, 이송되는 양은 사료의 형태로 공급되는 질소화합물의 양에 비례하면 혈중 요소태질소화합물의 농도가 증가하여 증가하게 된다. 하루에 생산되는 요소태질소량(urea production, g N/d)과 배뇨를 통한 요소태질소의 분비량(g N/d)은 질소화합물의 섭취량(g N/d)에 비례하나 소화관내에서 재활용되는 요소의 양은 사료내 질소화합물 농도에 큰 영향을 받지 않는다. 소화관내에서 재활용되는 요소의 비율은 질소화합물의 섭취량에 반비례하여 질소의 합량이 낮은 사료를 급여할 경우 재활용되는 요소의 비율이 83.3%인 반면 질소의 합량이 높은 사료를 급여할 경우 재활용되는 요소의 비율은 29%로 감소한다(Marini and Van Amburgh, 2003).

Huntington 등(1996)은 열량과 질소화합물의 공급량이 동일한 조건에서 파옥쇄와 요소 혼합물의 급여수준을 25%에서 55%로 증가시키면, 간의 요소 합성량이 증가하여 혈중 요소의 농도가 증가한다고 보고하였다. 반면에 제한사량을 실시하면서 요소를 농후사료의 질소원으로 이용할 경우 반추위 암모니아의 농도는 미생물 단백질 합성에 필요한 암모니아의 농도를 초과한다고 보고하였다. 즉 농후사료의 급여수준을 20% 이하로 제한하고 혈중 요소의

농도가 낮으면 간에서 합성된 요소의 90%가 소화관에서 재활용되나, 재활용되는 요소의 비율은 50%로 감소하고 농후사료의 형태로 공급되는 질소화합물의 90%가 요소로 합성된다. 또한 농후사료의 수준이 20% 이하일 경우 소장이나 대장에 이송되는 요소는 0%이며 농후사료의 수준이 63% 이상일 경우 소장이나 대장에 이송되는 요소가 9%로 증가한다. 이러한 결과를 종합하면 사료내 질소화합물의 함량이 증가하면 오줌의 형태로 배설되는 요소의 양은 혈중 요소의 농도에 비례하여 증가한다.

사료 내 질소화합물의 농도와 농후사료의 농도가 낮을 경우 혈중 요소태질소의 농도가 낮고 간에서 합성된 요소태질소 중 소화관에서 재활용되는 요소의 비율은 증가하나 절대량에는 큰 차이가 없는 것으로 미루어 혈중 요소태질소의 농도는 소화관에 이송되는 질소의 양에 주요 인자는 아니다. 사료의 형태로 공급되는 질소화합물의 양이 감소하여도 요소의 재활용은 증가하지 않기 때문에 동맥 혈류의 요소태질소의 농도가 낮아도 간 문맥에서 요소태질소의 흡수량은 감소하지 않으나 동맥 혈류의 요소태질소의 농도가 감소하면 간 문맥의 요소태질소의 배출량은 증가한다. 질소화합물의 농도가 낮은 사료를 급여할 경우 장관에서의 요소의 투과성이 증가한다.

간에서 합성된 요소태질소는 소화관에서 미생물의 성장을 위한 질소원으로 이용되며 동시에 질소의 절약효과를 나타낸다. 합성되는 요소태질소의 20~90%는 소화관에서 재활용되며 사료의 형태로 공급되는 질소의 양이 적을 경우 합성된 요소태질소의 재활용률이 높아진다. 요소태질소의 재활용은 반추위 암모니아의 농도, 반추위내 유기물의 소화, 혈중 요소태질소의 농도 등에 의해 영향을 받는다(Kennedy and Milligan, 1980). 미국의 NRC 사양표준에서 개발한 추정식은 반추위 암모니아

농도와 혈중 요소태 질소의 농도의 상관관계에 근거하여 재활용되는 요소태질소의 양을 추정하고 있다.

반추동물에 있어서 질소의 기본대사는 요소태질소의 배출량(UUE)과 소화관내 요소태질소의 유입률(GER)의 합인 요소태질소의 유입률(UER)로 나타낼 수 있으며, 요소태질소의 유입률은 간에서 합성되는 요소태 질소의 합성량을 의미한다. 소화관내 요소태질소의 유입률(GER)은 요소회로를 통해 재활용되는 요소태질소(ROC), 분의 형태로 배설되는 요소유래 질소(UFE) 및 물질의 합성에 이용되는 요소태질소(UUA)의 합으로 정의 된다(Lobley 등, 2000).

$$UER = UUE + GER$$

$$GER = ROC + UFE + UUA$$

여기에서 UER(Urea N entry rate, g N/d)은 요소태질소의 유입률로 하루 동안 간에서 합성되는 요소태질소의 합성량을 의미한다. UUE(Urinary urea N excretion, g N/d)는 요소태질소의 배출량이고, GER(Gastrointestinal urea N entry rate, g N/d)은 소화관내 요소태질소의 유입률이며, ROC(Urea N recycled to the ornithine cycle, g N/d)는 요소회로를 통해 재활용되는 요소태질소를 의미한다. UFE(N from urea excreted in the feces, g N/d)은 분의 형태로 배설되는 요소유래 질소이며, UUA(Urea N used for anabolism, g N/d)은 물질의 합성에 이용되는 요소태질소를 의미한다. 이에 의하면 요소태질소 유입률(UER)은 질소섭취량이 증가함에 따라 증가한다. 단백질의 합성에 이용될 수 있는 요소는 UUA와 UER의 비율과 질소섭취량, 혹은 사료 내 조단백질 함량간의 상관관계를 이용하여 추정할 수 있다. UUA와 UER의 비율과 질소섭취량 혹은 사료 내 조단백질 함량간의 상관관계에서 단백질의 합성에 이용되

는 UER의 분획은 질소의 섭취량 혹은 조단백질의 섭취량이 증가할 경우 감소한다. 이 추정치에 의하면 소가 하루에 230g 이상 혹은 조단백질 25% 이상 섭취할 경우 UUA와 UER의 비율이 음의 값으로 계산된다. 비록 이러한 계산치가 실제의 사양조건에서는 발생하지 않고, 또한 계산상으로 음의 값이 발생하지 않도록 하기 위하여 다음과 같은 비선형적 지수법이 적용되었다.

$$UUACP = [-0.1113 + 0.996 \times e^{(-0.0616 \times CP)}] \times [0.745 \times NI - 11.98]$$

여기에서 UUA는 단백질합성에 이용된 요소태 질소, g N/d, e는 자연로그 상수 (2.718), CP는 조단백질 함량(% DM), NI는 질소 섭취량(g N/d)이다.

1.3.4. 소장내 단백질 대사

과거 NRC는 단백질의 요구량을 표기할 때 흡수단백질의 개념을 이용하였다. 대사단백질(metabolizable protein, MP)의 개념은 1989년에 개정된 미국 NRC 유우사양표준에서 처음 도입되었으며, 단백질을 반추위에서 분해되는 사료단백질로서 미생물이 필요한 부분과 소가 필요한 부분으로 구분하고 있다. 반추위 미생물의 성장에 필요한 단백질의 요구량을 충족시킬 경우 숙주에게 공급되는 미생물체 단백질의 합성량을 극대화시킬 수 있으며, 반추위에서 분해된 단백질은 펩타이드, 아미노산 및 암모니아의 형태로 미생물이 대사에 이용한다. 요소와 같은 비단백태질소화합물도 반추위에서 미생물의 대사에 질소를 공급하기에 RDP로 구분된다. 반추위분해단백질의 요구량은 미생물체 단백질 합성의 추정치에 근거해서 결정한다.

최근에 작성되는 사료성분표는 대사단백질

시스템(Metabolizable Protein(MP) system)을 이용하여 RUP를 추정하고 있는데, 대사단백질(MP)이란 소장에서 흡수되어 체내에서 이용되는 미생물 순단백질(Microbial True Protein, MTP)과 반추위 통과단백질(RUP)과 내생질소의 합으로 구성된다. 내인성질소(EN)는 타액의 형태로 분비되어 소장에 도달하는 요소와 같은 질소화합물과 효소의 형태로 분비되거나 탈각된 세포에서 유래한 단백질 등이 포함된 다양한 형태로 소화기관에서 분비되는 질소원이다. 반추위에서는 단백질 및 요소의 형태의 내생질소는 RDP와 함께 미생물체 단백질의 합성에 이용되며, 십이지장에 유입되는 단백질 유래 내인성질소(EN)는 유리된 형태이거나 반추위 미생물에서 유래된 것이다. 미생물조단백질(Microbial Crude Protein, MCP) 중 80%는 미생물 순단백질(MTP)이며, 나머지는 동물체내에서 이용되지 못하는 NPN의 형태로 존재한다.

내생질소는 장관내 분비량 및 흐름을 측정하기 어려운데, 돼지와 같은 단위동물의 경우 내생질소는 기본내생질소(basal EN)와 총내생질소(total EN)로 구분하고 있다. 기본내생질소의 건물섭취량에 의해 분비량이 영향을 받으며, 단백질이 없는 사료를 급여하는 방법 등으로 측정이 가능하다. 총 내생질소는 기본내생질소와 특정의 사료적 요인에 의해 추가적으로 분비된 질소의 함량으로 일반적으로 동위원소를 이용하여 분비량을 측정하며, 반추동물에 있어서 기본내생질소의 분비량은 휘발성지방산을 반추위에 주입한 거세우를 이용하여 반추위에서 진위로 유입되는 비암모니아태질소의 함량을 측정함으로써 산정할 수 있다.(Ørskov 등, 1986). 유우의 경우 십이지장에 유입되는 질소 중 요소에서 유래하지 않은 내생질소는 전체 질소 중 15~20%이며(Ouellet 등, Lapierre 등, 2006), 총 내생질소의 추정치는 건물섭취 kg 당 3.4g에서 6.0g 이었고, 유리 내

생질소는 건물섭취 kg 당 1.4g에서 2.4g 이었다.

Lapiel 등(2008)은 기존에 보고된 65편의 육성우 실험과 42편의 착유우 실험 결과를 이용하여 내생질소의 십이지장 유입량을 추정하고 건물섭취 kg당 2.9g의 유리질소와 5.1g의 미생물유래 질소가 십이지장에 유입되었으며, 내생질소에서 유래된 미생물체 단백질은 건물섭취 kg 당 2.5g이었으며, 요소에서 유래하지 않은 총 내생질소는 건물섭취 kg 당 5.4g이었다. 정미단백질(NP)과 아미노산은 반추위 통과 단백질(RUP)과 RDP 및 요소를 이용하여 합성된 미생물체 조단백질의 형태로 공급되며, 십이지장에 유입되는 내생질소유래 조단백질은 단백질 공급에 영향을 미치지 않는다.

요소에서 유래하지 않은 내생질소는 십이지장에 유입되는 질소의 상당량을 차지하여 건물섭취 kg당 유리 내생질소는 1.4g 에서 2.9g 이 유입되며, 총 내생질소는 3.4g에서 6.0g이 유입된다. 유입된 내생질소의 상당부분이 소장에서 아미노산의 형태로 흡수되나 그 양이 미미하여 전체 대사단백질의 공급량에서 차지하는 비중은 높지 않다. 소장에서 흡수되지 않은 내생질소는 분변의 형태로 배설된다. 따라서 실제 대사단백질의 형태로 공급되는 질소원의 함량을 산정함에 있어서 요소에서 유래하지 않은 내생질소의 양을 차감하지 않을 경우 대사단백질의 공급량을 과다하게 추정하는 결과를 초래한다. 그러나 내생질소는 소장에 공급되는 단백질 중 차지하는 비율이 대사단백질로서 이용성이 미미하다.

대사단백질은 소장에서 분해되어 아미노산의 형태로 간문맥을 통하여 흡수되는 단백질을 의미하며, 위장 및 소장에서 분비된 소화효소에 의하여 장내용물이 아미노산의 형태로 가수 분해되는 정도, 장관 내에서 아미노산이 산화되는 정도 및 장관에서 간 문맥으로 흡수되는 아미노산의 양과 조성에 영향을 받는다.

흡수된 아미노산은 간과 심장을 통하여 체내에 전달되어 체조직, 배아의 성장, 유생산 등에 이용된다. 표 1-1에서는 반추위미생물의 아미노산조성과 한우 등심조직의 아미노산조성을 비교한 것이다. 메티오닌과 시스틴과 같은 함황아미노산은 반추위미생물 단백질내 함유량 및 조성이 충분하여 반추위통과단백질의 형태로 공급되지 않아도 될 것이다. 근육단백질에 비하여 공급량이 부족한 알지닌, 글루타민, 히스티딘, 이소루이신과 같은 아미노산은 Krebs cycle의 대사물이 전환되어 공급될 수 있기 때문에 추가적인 공급이 필요하지 않을 것이다.

대사단백질의 공급량을 산정하기 위해서는 원료사료의 분해특성, 제1위 내 MCP의 합성량, 소장 내 단백질의 소화율 및 흡수된 아미노산의 이용효율에 대한 정확한 정보가 필요하다. 사료단백질이 반추위를 통과하여 소장에 RUP의 형태로 유입되는 정도는 사료단백질 중 분획 B의 조성과 반추위 체류시간에 따라 변화하게 된다. 반추위 체류시간이 감소하면 반추위 미생물에 의한 단백질의 분해율이 감소하기 때문에 소장에 유입되는 단백질 분획 B3의 비율이 증가하게 된다. 동일한 단백질사료의 경우라도 사료의 급여량, 가공방법, 같이 공급되는 조사료의 질과 양 등 다양한 요인에 의하여 반추위 통과단백질의 양은 변화하게 된다.

Bateman 등(2005)은 유우의 실험을 통하여 RDP 추정치와 NRC 성분표에 의한 추정치를 실제 소장으로 유입된 비암모니아성 질소 및 사료유래 질소화합물 실측치와 추정치를 비교한 결과 차이가 발생하였다고 보고하였다. 이들의 결과를 기본으로 하여 Owen 등(2014)은 문헌상에 보고된 118개의 사료를 대상으로 십이지장에 유입되는 총 질소, 미생물태질소, 암모니아태질소, 건물섭취량에 의한 RUP 추정

치, 사료성분, NRC 성분표에 의한 RUP 함량 등과 실제 측정치간의 연계성을 비교한 결과 추정치와 실측치 간에 상당한 차이가 있었다고 보고하였다.

반추위통과단백질(RUP)의 추정값과 실측치에는 정의 상관관계가 있으며, 십이지장에서 유입된 내생질소 등과 같은 요인으로 인하여 실측치는 추정치에 비하여 높았다. 또한 사료 섭취량이 증가할 경우 사료의 반추위 체류시간이 감소하여 사료단백질의 반추위 분해율이 감소하기 때문에 건물섭취 중량당에 따른 RUP의 추정치와 실측치에 차이가 발생한다고 보고하였다. 대사에너지의 공급량을 유지에너지 이상으로 증가시키면 건물섭취량이 증가하여 RUP 추정치의 정확도가 증가하였다.

면실박과 같은 유박류를 저질조사료와 함께

급여할 경우, 실제 면실박의 반추위 통과율(kp) 0.025/h는 추정치인 0.05/h보다 낮고, 그 결과 면실박의 반추위 체류시간이 증가함에 따라 단백질의 분해율이 증가하는 것처럼 반추위분해단백질의 추정치는 같이 급여하는 사료의 종류에 의해 영향을 받는다. 또한 반추위 분해단백질(RDP)의 함량은 섭취량이 동일할 경우 반추위체류시간이 증가함에 따라 증가하고, 사료섭취량이 증가하면 반추위 통과속도가 증가하여 RDP의 추정값이 감소한다. 정확한 RUP의 평가를 위해서는 표준화된 추정방법이 필요하며, 특히 조사료의 RUP 경우 조사료의 반추위 통과속도가 고려된 상태에서 RUP값이 평가되어야 한다. 그러나 표준화된 평가방법도 사료의 급여조건에 따라 RUP는 변화할 수 있으므로 정확한 평가는 어려울 수 있다.

표 1-1. 한우 및 앵거스의 등심조직과 반추위미생물 단백질의 아미노산 조성 비교(%)

아미노산	한우육질등급			앵거스 ^b	반추위 미생물 ^d
	1a	1+b	1++c		
알라닌(Alanine)	6.35	6.37	6.37	6.19	6.40
알지닌(Arginine)	6.05	6.26	6.61	6.10	4.60
아스팔탐산(Aspartic acid)	10.02	10.17	9.74	9.79	11.63
시스틴(Cystein)	1.30	1.17	1.22	1.13	1.94
글루타민(Glutamine)	17.08	16.93	15.86	16.22	13.02
글라이신(Glycine)	4.69	4.64	4.84	4.40	5.37
히스티딘(Histidine)	3.86	4.19	3.61	4.59	1.81
이소루이신(Isoleucine)	9.31	9.27	10.41	9.22	6.04
루이신(Leucine)	4.03	3.85	4.35	4.26	8.02
라이신(Lysine)	9.02	9.44	9.49	9.65	8.15
메티오닌(Methionine)	2.85	2.57	2.76	2.36	2.27
페닐알라닌(Phenylalanine)	3.80	4.02	3.74	4.82	5.59
프롤린(Proline)	4.51	4.19	4.29	4.26	3.70
세린(Serine)	4.33	4.41	4.23	4.21	4.73
트레오닌(Threonine)	4.98	5.08	4.90	4.96	5.47
타이로신(Tyrosine)	3.02	3.13	2.76	3.50	5.26
발린(Valine)	4.80	4.30	4.84	4.35	6.00

(a. 조수현 등, 2013; b. 조수현 등, 2011; c. 조수현 등, 2008; d. Sok 등, 2017)

1.3.5. 단백질의 축적

체내 질소축적량을 측정하는 방법은 도체내 질소성분을 직접 분석하는 직접분석방법과 비교적 단기간 동안에 질소균형실험을 수행하여 질소의 축적량을 측정하는 간접분석방법이 있다. 질소균형실험에서는 질소화합물의 섭취량과 총 질소 손실량을 측정하여 구하며, 육성우의 경우 급여사료, 잔존사료, 뇨 및 분에 함유되어 있는 질소의 함량을 측정하여 섭취량과 배설량의 차이를 이용하여 질소축적량을 구한다. 일반적으로 질소의 섭취량은 과대평가되고, 질소의 손실량은 과소평가되어 질소균형은 과대평가되고 있다. 체내에 축적된 질소는 상피세포, 털, 발굽 등의 형태로 피부에서도 배설되는데, 이러한 형태의 손실은 측정하기 곤란하여 종종 무시되는 경향이 있다. 동물체에서는 공기중의 질소가 고정되거나 체내 질소가 공기 중으로 휘발되어 날아가지 않는다는 가정을 하고 있다. 그러나 Kjeldahl 분석법과 같이 일반적으로 질소의 함량을 측정하는 방법으로는 측정되지 않는 질산염(nitrate)과 아질산염(nitrite) 형태의 질소와 기체형태의 질소는 측정되지 않기 때문에 또다른 손실의 원인이 된다. 미국사양표준에서는 질소 축적의 증가분을 산정할 때 대사단백질(MP)이 정미단백질(NP, net protein)으로 전환되는 효율을 이용하고 있다.

소장에서의 대사단백질이 소화 및 흡수되어 근육, 태아 혹은 우유의 정미단백질을 구성하는 아미노산으로 전환되는 효율에 의해 육우의 대사단백질의 이용성이 결정된다. 육우의 질소요구량은 대사단백질로 산정하지만, 실제로는 미생물체 조단백질, 반추위비분해단백질(RUP) 및 내생단백질의 형태로 공급되는 특정 아미노산의 요구량을 의미한다. 아미노산의 상대적균형에 의해 평가할 경우 단백질의 평균적인 생물학적 가치는 66%이며(Armstrong과

Hutton, 1975; Zinn과 Owens, 1983), 대사단백질이 정미단백질로 전환되는 효율은 성장과 유생산이 각각 0.50과 0.56이다(NRC, 1984). 단백질의 생물학적 가치와 이상적인 아미노산 혼합물을 이용하였을 때의 효율에 근거하여 대사단백질이 정미단백질로 전환되는 효율가가 산정되며, Oldham(1987)은 모든 생리적인 기능을 위한 이상적인 아미노산 혼합물의 이용효율이 0.85라고 제안하였다. 또한 단백질의 생물가는 사료 내 RUP의 원료와 각기 다른 생물학적인 기능에 따라 다르다. 예로서 임신과 비유에 이용되는 단백질의 이용효율은 성장에 이용되는 단백질 이용효율에 비하여 높아서 미국 NRC 사양표준에서는 임신과 비유기간의 단백질이용효율을 $0.65(0.85 \times 0.76: \text{단백질이용효율} \times \text{임신 및 비유의 생물가})$ 로 산정하고 있다.

대사단백질의 이용효율은 체중 및 성장률에 따라 변화하여, 체중이 증가하면 이용효율은 감소하여 대사단백질 농도의 증가에 따라 일당증체량을 결정함으로써 이용효율의 증가분을 산정하여야 한다(INRA; Jarrige, 1988). Ainslie등 (1993)의 계산에 의하면 체중 150kg인 송아지의 대사단백질의 정미단백질로의 전환효율은 66.3%이고 체중이 300kg인 육성단계 거세우는 전환효율이 49.2%이다. 이러한 대사단백질의 전환효율식은 체중이 150kg에서 300kg인 경우에 한정되어 제안되었기 때문에 체중이 300kg을 초과할 경우에는 과거의 NRC 사양표준에서 제시한 단백질요구량을 이용하고 있어 실제요구량보다 낮게 추정되고 있다.

Ainslie 등(1993)이 제시한 대사단백질의 전환효율 계산식에 의하면 체중이 100kg에서 300kg으로 증가할 때 대사단백질의 전환효율이 72%에서 49%로 감소하며, 체중이 300kg을 초과할 경우에는 49%로 일률적으로 적용되어 체중의 감소와 동일한 추정치를 유도하게 된

다. 계산식에 의하면 대사단백질의 모든 아미노산은 전환효율이 동일하다며 체중외에는 어떠한 요인도 전환효율에 영향을 주지 않는 전제하에 산정되었다. 그러나 실제로 성장 및 비유를 위해 반추위 이후에 아미노산이 이용되는 효율은 다양한 요인에 의해 영향을 받으며, 이러한 영향요인에 대한 고려가 이루어져야 한다.

송아지에게 사료단백질의 형태가 RUP가 거의 포함되지 않은 RDP 위주의 대사단백질을 공급함으로써 미생물조단백질이 계속적으로 공급될 수 있는 조건에서 단일의 특정 아미노산만 부족하고 기타의 아미노산, 포도당, 지방 및 휘발성지방산이 풍부하게 공급되는 조건을 유도하여 질소균형을 시험한 결과에 의하면 1일 3g의 메티오닌을 추가로 공급할 경우 에너지의 추가적인 공급 없이 질소의 체내 축적량이 증가하였다(Titgemeyer, 2003). 또한 축우의 메티오닌 이용효율은 에너지의 농도에 영향을 받으며, 예로서, 반추위에 아세트산이나 프로피온산을 주입하거나 진위에 포도당이나 지방을 주입하면 메티오닌의 이용효율이 11%에서 21%로 증가한다. 반면에 루이신의 공급량을 1일 0g 혹은 4g으로 제한한 후 에너지의 공급량을 증가하여도 질소의 축적량이 증가하지 않는 것으로 미루어 루이신의 이용성은 에너지와 연관관계가 그리 크지 않을 것으로 평가된다(Schroeder *et al.*, 2007; Titgemeyer *et al.*, 2012).

근육조직과 마찬가지로 유선조직에서의 아미노산 이용성은 공급되는 에너지에 의해 영향을 받는다(Bequette *et al.*, 2000; Hanigan *et al.*, 2013). 유선조직에 적정수준의 에너지가 공급되면 유선조직이 갖고 있는 능력의 최대치를 발휘하여 우유를 생산하고, 유선조직에서의 아미노산 유출효율도 증가한다. 반면에 유선조직에 에너지가 적절하게 공급되지 않을 경우

에는 유선조직에 공급되는 혈액에서 아미노산을 추출하는 효율과 유선조직에서의 아미노산 유출효율도 감소하게 된다. 근육조직 및 유단백질 생산에 있어서 흡수된 아미노산의 이용효율은 에너지 공급에 영향을 받아 변화한다.

대사단백질이 정미단백질로 전환되는 효율은 최대의 체단백질 축적량에 필요한 아미노산을 초과하는 정도에 의해 영향을 받는다. 질소의 공급량이 과다할 경우 요소의 형태로 아미노산을 분해하여 체외로 배설할 경우 추가적으로 에너지가 소요되며, 아미노산의 공급은 아미노산 분해과정에 영향을 미치게 된다. 측쇄아미노산의 공급이 증가하면 branched keto-acid dehydrogenase와 같이 측쇄 아미노산의 분해속도를 결정하는 효소의 역가가 증가한다(Block, 1989). 측쇄 아미노산의 길항작용에 의해 특정 아미노산이 과도하게 공급될 경우 다른 아미노산의 분해가 유도되어 전체적인 아미노산의 체내 이용성이 감소하게 된다. 문헌에 보고된 실험결과를 종합하면 육우의 성장단계에서 아미노산 이용효율은 26%이며, 류신(leucine)은 26%이었다. 그러나 미국 NRC 사양표준의 추정치는 체중이 132kg과 체중이 228kg인 송아지의 성장 아미노산 이용효율은 57%와 68%이었으며, 유우에 있어서 유지요구량을 제한 후 대사단백질이 유단백질로 전환되는 효율이 0.65로 실측치에 비해 과도하게 높게 계산되었다. 반추위 이후에 카제인을 주입할 경우 유단백질로 전환되는 효율은 평균 22%로 최대 45%까지 전환되었으며(Hanigan 등, 1998), 최대 전환율은 대사단백질 공급량이 증가하거나 유단백질 생산량이 증가할 경우 감소하였다. 따라서 사료섭취량, RUP 공급원, 에너지 및 아미노산의 공급량 등은 몇몇 아미노산의 체단백질 합성효율에 영향을 미치는 것으로 추정된다.

1.4. 광물질

광물질은 가축의 체구성성분일뿐만 아니라 체내에서 각종 생리작용에 관여하며, 육우 체내의 함량과 요구량 정도에 따라 다량 광물질(Macro-minerals)과 미량 광물질(Micro-minerals)로 분류된다. 다량 광물질에는 칼슘(Ca), 인(P), 마그네슘(Mg), 칼륨(K), 나트륨(Na), 염소(Cl) 그리고 황(S) 등이 포함되며, 미량 광물질에는 크롬(Cr), 철(Fe), 구리(Cu), 코발트(Co), 아연(Zn), 망간(Mn), 요오드(I), 몰리브덴(Mo), 셀레늄(Se), 니켈(Ni) 및 불소(F) 등을 포함한다. 그 밖의 광물질은 육우의 생리적 기능과 필요성 등이 구명되지 않았으므로 생략하기로 한다.

일반적으로 육우에 급여하는 사료에 많은 종류의 필수 광물질이 다량 포함되어 있으나 일부 광물질의 경우 별도로 보충시켜주지 않는 한, 육우의 각종 생산 활동에 크게 영향을 줄 수 있다. 반면에 요구량을 초과할 정도의 광물질 첨가는 광물질의 낭비는 물론 환경오

염 문제를 초래할 수 있으므로 적정량을 급여하는 것이 바람직하다. 그 뿐만 아니라 일부 요구되지 않은 광물질은 미량이라 하더라도 오히려 중독증을 일으키기도 한다. NRC(1996)에서 제시한 것으로 칼슘과 인을 제외한 비육우의 광물질 요구량과 최대 한계 농도는 표 1-2에서 보는 바와 같다.

한우의 광물질 요구량은 유지, 성장, 임신, 비육 등 가축의 생리상태, 사료 중의 무기물의 화학적 형태, 혹은 사료 중의 각 무기물 간의 함유율 등 여러 가지 요인에 의하여 변동된다. 또한 비육우에 있어 중독성을 유발할 수 있는 광물질의 최대 한계농도는 표 1-2에서 보는 바와 같은데, NRC(1980)에 의하면 광물질의 최대 한계농도는 일정 기간 동안 소에 급여할 경우 생산 활동을 저해하지 않으면서 생산물 섭취 시 잔류 광물질이 안전한 수준 범위를 넘지 않는 농도라고 정의하였다.

표 1-2. 칼슘과 인을 제외한 비육우의 광물질 요구량과 최대 한계농도

광물질	단위	요구량			최대 한계농도
		육성 및 비육우	임신		
			비육 초기	비유 초기	
크롬(Cr)	mg/kg	-	-	-	1,000.00
코발트(Co)	mg/kg	0.10	0.10	0.10	10.00
구리(Cu)	mg/kg	10.00	10.00	10.00	100.00
요드(I)	mg/kg	0.50	0.50	0.50	50.00
철(Fe)	mg/kg	50.00	50.00	50.00	1,000.00
마그네슘(Mg)	%	0.10	0.12	0.20	0.40
망간(Mn)	mg/kg	20.00	40.00	40.00	1,000.00
몰리브덴(Mo)	mg/kg	-	-	-	5.00
니켈(Ni)	mg/kg	-	-	-	50.00
칼륨(K)	%	0.60	0.60	0.70	3.00
셀레늄(Se)	mg/kg	0.10	0.10	0.10	2.00
나트륨(Na)	%	0.06~0.08	0.06~0.08	0.10	-
황(S)	%	0.15	0.15	0.15	0.40
아연(Zn)	mg/kg	30.00	30.00	30.00	500.00

표 1-3. 소에 해로운 광물질의 최대 한계 농도

광물질	mg/kg	광물질	mg/kg
알루미늄(Al)	1,000.00	불소(F)	40.00~100.00
비소(As)	50.00 유기 형태로는 100.00	납(Pb)	30.00
브롬(Br)	200.00	수은(Hg)	2.00
카드뮴(Cd)	0.05	스트론튬(Sr)	2,000.00

1.4.1. 다량 광물질

칼슘(Ca)

칼슘은 뼈와 치아의 구성 성분으로 광물질 전체의 98%를 차지할 만큼 체내에서 양적으로 가장 많이 존재하는 대표적 광물질이다. 나머지 2%는 체액과 연골 등에 분포되어 있으며 혈액응고, 근육의 수축, 신경신호의 전달, 호르몬의 분비, 효소의 활성화 등에 관여하는 것으로 알려졌다. 칼슘 요구량은 유지, 성장, 임신 및 비유에 필요한 요구량을 합하고 이를 사료 칼슘의 흡수율로 바로잡아 줌으로써 결정한다. 유지요구량의 경우 15.4mg Ca/체중 kg으로 계산되었으며(Hansard 등, 1954; Hansard 등, 1957) 초과된 칼슘량은 100g 단백질 축적 당 7.1g으로 계산되었다(Ellenberger 등, 1950). 유지에 필요한 양을 초과하여 비유에 필요한 칼슘량은 유 생산 kg당 1.23g이며, 태아의 칼슘 함량은 분만 3개월 전에 태아 체중 kg 당 13.7g으로 계산되었다(NRC, 1996). 칼슘의 절대 요구량은 사료 내 칼슘의 순 흡수율을 50%로 가정하여 계산한다. 섭취량이 요구량보다 많을 때 칼슘의 순 흡수율은 감소된다. AFRC(1992)는 소의 칼슘 요구량을 계산하기 위해 68%의 흡수율을 이용하기도 하였다. 소의 연령이 높을수록 흡수율이 낮아지나 대부분의 경우 칼슘 섭취량은 요구량보다 많다(Martz 등, 1990).

칼슘은 대부분 십이지장과 회장에서 능동 흡수(active transport)와 확산에 의해 흡수된다(McDowell, 2000). 그러나 지방 함량이 높은 사료는 염(soap)을 형성하여 칼슘의 흡수를 감소시킬 수 있다(Oltjen, 1975). 칼슘의 능동적 흡수에는 비타민 D가 필요하다(DeLuca, 1979). 흡수되는 칼슘의 양은 칼슘의 화학적 형태와 종류, 영양소와 상호관계, 그리고 동물의 요구량에 의해 영향을 받는다. 칼슘 요구량은 연령, 체중, 생산형태와 단계 등에 의해 영향을 받는다. 천연사료에서 칼슘은 옥살산 또는 피틴산으로 존재한다. 농후사료를 다량 섭취한 비육우의 경우 요구량 이상의 칼슘 섭취가 증체와 사료효율을 개선시켰다는 보고도 있는데(Bock 등, 1991), 그러한 효과는 소화기관의 기능을 조절하는 결과 때문인 것으로 보인다. 칼슘 급여량을 증가시킬 경우 반추위 내 유기물과 전분 소화율이 감소되었으나, 그 이후의 소화기관에서는 오히려 유기물과 전분의 소화율이 증가되었다는 보고도 있다(Goetsh 등, 1985).

뼈는 혈액 내 칼슘 농도를 유지시키는데 이용될 수 있는 다량의 칼슘을 저장하고 있다. 나이가 든 소는 이전에 섭취한 칼슘 섭취량이 충분할 경우 특별한 결핍증상 없이도 일정기간 칼슘이 부족한 사료를 섭취할 수 있다. 그러나 어린 소에서 칼슘이 결핍될 경우 정상적인 골격의 발달이 저해되고, 그 결과 구루병을 일으키며 아울러 성장과 발달을 지연시킨다.

구루병은 칼슘과 인 또는 비타민 D의 결핍에 의해 발생될 수 있는데, 그 결과 쉽게 부서질 정도의 약한 골격이 된다. 골연화증은 큰 동물의 골격에서 광물질이 다량 빠져 나오는 결과 발생하는 것인데, 임신이나 비유기 동안과 같이 칼슘 요구량이 높을 때 골연화증을 초래할 수 있다. 혈액의 칼슘 농도는 칼슘이 항상성에 의해 6~11mg/100ml로 유지되기 때문에 칼슘의 적정 상태를 보여주는 적당한 지표가 아니다.

혈장의 칼슘함량이 낮아지면 부갑상선 호르몬이 분비되고, 그 호르몬은 1,25-dihydroxy cholecalciferol(비타민 D₃)의 생산을 촉진한다. 혈장의 칼슘농도가 증가할 경우 칼시토닌(calcitonin)이 생산되는 대신 부갑상선 호르몬 생산이 중지된다. 따라서 칼슘흡수와 골격의 칼슘 재흡수가 감소된다. 사료 내 높은 칼슘 함량은 인과 마그네슘 그리고 일부 미량광물질 대사에 영향을 줄 수 있으나 그 변화는 미미하다(Alfaro 등, 1988).

옥수수, 보리 등의 곡류와 화본과 식물에는 칼슘 함량이 적으나 목초에서는 콩과식물에 칼슘함량이 많다. 그러므로 곡류를 다량 급여할 때나 화본과 목초나 벧짚을 급여하는 경우에는 칼슘 부족에 주의할 필요가 있다. 첨가제로 이용되는 칼슘 자원으로는 석회석, Ca-carbonate, dicalcium phosphate, defluorinated phosphate, monocalcium phosphate, calcium sulfate 등이 있다.

인(P)

인은 골격 형성에 있어 칼슘과 함께 작용하기 때문에 일반적으로 함께 취급하고 있으나 Ca:P의 비율을 고려하고 있다. 그러나 Ca:P 비율이 반추동물의 생산성에 미치는 효과가 과대평가된 점도 있다(Alfaro 등, 1988). 즉, 인의 섭취량이 충분할 경우 사료 내 칼슘과 인의 비율을 1:1로 하거나 7:1로 해도 생산성의 차이

가 거의 없다는 점이다. 체내에 있는 인의 80% 정도가 골격과 치아에 존재하며 나머지는 연조직에 널리 분포되어 있다. 인은 DNA 및 RNA의 성분으로서 세포의 증식에 필수적이며 특히 산·염기 평형의 유지와 삼투압의 조절에도 중요한 역할을 하며, 반추위 미생물의 성장과 대사 작용에도 관여한다.

칼슘처럼 유지와 성장, 그리고 임신과 비유에 필요한 요구량은 인의 흡수율로 보정된다. 우선, 유지를 위한 인의 요구량은 체중 kg 당 16mg인데, 이러한 값은 요구량이 충족된 농후사료를 섭취한 소에서 관찰한 분의 내인성 손실량과 비슷하다(Challa 등, 1988; Challa 등 1989). 유지 수준 이상으로 급여함으로써 체내에 축적된 인은 체 단백질 100g 당 3.9g이었다(Eck 등, 1988). 유지 수준을 초과하여 비유기 동안의 인 요구량은 우유 kg 당 0.95g이었고, 분만 3개월 전 태아의 인은 태아체중 kg당 7.6g으로 계산되었다(NRC, 2000).

사료에 의한 인의 요구량은 68%의 순 흡수율을 적용함으로써 인의 절대 요구량을 계산할 수 있는데(Challa 등, 1989; Martz 등, 1990), 인의 흡수율은 우유를 섭취하는 어린 송아지에서 현저히 높다. AFRC(AFRC, 1992)는 목초를 포함한 조사료로부터 인 흡수율은 64%, 농후사료에서는 70%에 이른다고 하였다. 어린 송아지(체중 96kg)의 경우 최대 성장을 위해 0.22~0.26% 정도면 충분하며(Wise 등, 1958), 그 이후로도 0.36% 수준으로 증가시킬 경우 충분한 수준이 될 수 있다고 하였다. 암소의 경우 하루에 6~12g 섭취 시 뚜렷한 결핍증상이 보이지 않았으나, 그 이하의 수준에서 결핍증상이 나타났으며, 낮은 수준으로 1년 이상 유지시켰을 때 번식률이 낮아졌다고 하였다. 이러한 경향으로 보아 450kg 헤어포드 암소에서는 하루에 12g의 인을 급여하면 적합하다고 할 수 있다. 방목 사양을 했을 경우 인의 결핍

증상이 자주 나타난다(McDowell, 1992). 인이 결핍될 경우에 성장, 사료효율, 식욕, 번식률 및 유생산량이 감소되고 뼈가 약해진다(Shupe 등, 1988; Underwood, 1981). 혈장의 인 농도가 100ml 당 4.5mg 이하일 경우 결핍증상이 나타난다고 하였다(McDowell, 1992). 인은 소장에서 흡수되나 흡수율은 인의 섭취량에 의해 크게 영향을 받지 않는다(Tcorn, 1991). 소에서 분을 통한 인의 배설이 인을 조절하는 중요한 항상성 조절 기작인데, 분을 통한 인의 내인성 손실은 주로 흡수되지 않은 타액 내 인이다(Challa 등, 1989). 타액 내 인은 혈장 내 인의 농도에 의해 영향을 받는다(Tcorn, 1991). 분을 통한 내인성 인의 손실에 비해 요를 통한 인의 손실량이 적으나 농후사료를 급여할 경우는 증가한다(Reed 등, 1965).

인은 곡류와 박류사료에 많이 포함되어 있으며, 일반동물과 어류에는 상당한 수준의 인이 포함되어 있다. 이용성이 좋은 인 첨가제는 dicalcium phosphate, defluorinated phosphate의 순으로 순위를 정할 수 있으나(Peeler, 1972), defluorinated phosphate와 mono-ammonium phosphate가 이용률에서 dicalcium phosphate와 비슷하다고 하였다(Jackson 등, 1988; Mills 등, 1967). 쌀겨는 인을 많이 함유하고 있어 많이 급여하면 비육우에서 요석증이 발생할 수 있다(Yano 등, 1975). 피틴태 인은 단위동물에서는 이용되기 어렵지만 반추동물에서는 제1위에서 분해되기 때문에 비 피틴태와 마찬가지로 이용된다.

마그네슘(Mg)

마그네슘은 체내에서 300종류 이상의 효소를 활성화하는 것으로 알려져 있다(Wacker, 1980). 마그네슘은 해당 작용이나 세포막 이송, 그리고 cyclic AMP의 형성과 유전자 암호(genetic code)의 전사(transmission)를 포함하

는 모든 합성과정에 있어 Mg-ATP complex로 매우 중요하다(NRC, 1996). 체내에서 마그네슘의 65~70%가 뼈에 존재하고 15%는 근육, 15%는 다른 연결조직, 그리고 1%는 체액에 존재한다(Mayland, 1988).

반추위는 마그네슘 흡수에 있어 중요한 소화기관이다(Grace, 1983). 마그네슘 함량은 우유를 섭취하는 어린 송아지에서 높으며, 연령이 증가함에 따라 낮아진다(Peeler, 1972). 건초와 목초를 섭취하는 성우의 마그네슘 흡수율은 10~37%로 알려져 있으며(ARC, 1980), 농후사료 내 마그네슘의 흡수율이 조사료의 경우보다 더 높은 것으로 보고된 바 있다(Peeler, 1972). 사료 내 칼륨 함량이 높을 때나(Greene 등, 1983) 질소, 유기산, 장쇄 지방산, 칼슘 및 인의 함량이 높을 때에(Fontenot 등, 1989) 마그네슘의 흡수율과 이용율이 낮아질 수 있다. 그러나 마그네슘 흡수율은 가용성 탄수화물이나 ionophore를 섭취함으로써 증가 될 수도 있다(Fontenot 등 1989; Spears 등, 1989). 흡수된 마그네슘이 필요한 양을 초과할 때 우선적으로 뇨를 통하여 배설된다. 뼈의 마그네슘 농도는 높지만 큰소의 경우 뼈로부터 마그네슘을 동원하는 능력이 낮아진다(Rook 등, 1962). 어린 송아지의 경우 마그네슘 결핍 시 뼈의 마그네슘을 최소한 30% 정도는 동원할 수 있다고 하였다(Blaxter 등, 1954). 송아지의 경우, 마그네슘의 결핍증으로는 저 마그네슘 혈증이 있는데 상세한 내용은 4.8절에서 다루기로 한다.

마그네슘 요구량은 연령, 생리적 상태, 이용성 등에 의하여 영향을 받는데 NRC 사양표준(NRC, 1996)에서는 육성 비육우의 마그네슘 요구량을 0.1%, 임신우는 0.12%를, 그리고 비육에서는 0.2%로 권장하고 있다. 마그네슘의 절대 요구량은 내인성 손실량 보충으로 생체중 kg 당 3mg, 성장의 경우 증체 kg 당 0.45g, 비육의 경우 우유 kg당 0.12g, 그리고 임신에서

는 초기, 중기 및 말기에 각각 하루에 0.12, 0.21 및 0.33g으로 추정된 바 있다(Grace, 1983). 일반적으로 마그네슘 중독증은 비육우에 있어 큰 문제가 아니나 최대 한계 수준을 0.4%로 권장하고 있다.

곡류 사료 내 마그네슘은 대개 0.11~0.17% 함유되어 있으며, 식물성 단백질원에는 곡류의 두 배 정도가 함유되어 있다(Underwood, 1981). 목초에서의 마그네슘 농도는 목초의 종류와 성장 단계, 계절과 환경, 온도 및 토양의 마그네슘 함량 등에 의해 영향을 받는다. 두과 목초의 마그네슘 함량이 화본과 목초에 비하여 높다. 첨가제로는 산화마그네슘과 황산마그네슘이 좋은 자원이지만 마그네사이트(magnesite)나 석회의 마그네슘 이용률은 낮은 편이다(Ammernan 등, 1972). 저 마그네슘 혈증이 발생하기 쉬운 조건에서 산화마그네슘과 황산마그네슘의 급여가 효과적이다.

칼륨(K)

칼륨은 동물의 체내에서 세 번째로 많은 광물질이며 중요한 양이온이다. 주로 세포 내액에 많이 존재하는 칼륨은 산염기 평형, 삼투압의 조절, 수분 조절, 신경의 정보전달 및 효소 작용 등에 있어 중요한 작용을 한다. 육용우의 칼륨 요구량은 건물 당 0.65%이지만 고온 시에는 증가한다. 칼륨은 제1위, 제3위 및 소장에서 흡수되고, 주로 오줌으로 배설되며 체내 축적량은 적다(NRC, 1996).

집단 비육장(feedlot)의 비육우나 송아지는 약 0.5~0.6%의 칼륨이 필요한 것으로 알려져 있다(Devlin 등, 1969; Turker 등, 1991). 또한 방목 상태의 육성우는 0.3~0.4%의 칼륨이 요구되며, 임신우의 경우 0.5~0.7%, 그리고 비육 중인 소의 경우에는 임신우보다 좀 더 높은 수준이면 된다고 하였다(Clanton, 1980). 칼륨 섭취량이 부족할 경우 사료 섭취량과 증체가 낮아지며, 털이

거칠어지고 근육이 약화된다(Devlin 등, 1969). 칼륨비료를 많이 준 청초를 섭취하면 마그네슘의 섭취가 저해되어 저마그네슘 혈증이 발생한다. 특히 칼륨 과잉에 의한 심부전도 보고되어 있다. 혈중 칼륨 농도보다 사료 중의 농도가 충족 여부를 판단하는 기준으로 되고 있다.

곡류의 대부분은 칼륨 함량이 적으나(0.5% 이하) 조사료 내에는 많이(1~4%) 존재하며 일본의 경우 오히려 과잉섭취가 문제로 되고 있다(Mayland, 1988). 기름을 추출한 후에 나오는 박류사료는 칼륨의 좋은 자원이 될 수 있으며, 이밖에도 potassium chloride, potassium bicarbonate, potassium sulfate 또는 potassium carbonate 등이 쉽게 이용될 수 있다.

나트륨(Na) 및 염소(Cl)

나트륨은 주요 양이온이지만 염소는 주요 음이온에 속하는 것으로서 두 가지 광물질 모두가 삼투압과 음수량 그리고 산염기 균형을 조절한다. 또한 나트륨은 근육수축과 신경전달 그리고 포도당과 아미노산의 이동에 관여한다. 염소의 경우 소화액 내 염산의 형성과 펩신의 활성화에 필수적이다(NRC, 2000).

비육우의 경우 나트륨 요구량은 0.06~0.08%를 초과하지 않으나 비육 중인 소는 대략 0.1%를 필요로 한다. 따라서 일반적으로 나트륨 요구량은 건물 당 0.1%, 식염으로 0.25%이면 된다. 무더운 여름에는 땀에 의하여 나트륨과 염소가 체외로 배설되므로 식염의 요구량이 많아져서 식염으로 보충해줄 필요가 있다. 장기간 식염 섭취량이 부족할 경우 사료 섭취량 및 체중 감소 등의 증상이 나타난다. 칼륨과 마찬가지로 사료 내의 농도가 충족여부를 판단하는 기준으로 삼고 있다.

염소의 요구량은 잘 알려져 있지 않지만, 나트륨의 보충으로 식염을 급여하면 염소도 충분히 섭취된다(Neathery 등, 1981). 일반적으로

타액 내 나트륨과 칼륨의 비율이 20:1인데, 이 비율로 나트륨의 적정상태를 결정한다. 만약 그 비율이 10:1 이하인 경우 나트륨의 보충이 필요하다(McDowell, 1992). 음수량이 충분한 경우 소는 비교적 다량의 식염 섭취에도 견딜 수 있지만 음수에 포함되어 있는 경우에는 독성이 강하다. 비육우에 있어 곡류 사료와 기름 추출 후의 박류는 나트륨의 좋은 자원이 된다. 식염과 sodium bicarbonate는 쉽게 이용 가능한 자원이다.

황(S)

황은 아미노산(메티오닌, 시스테인 및 시스틴)과 비타민(티아민 및 비오틴) 및 황화 된 점성 다당류의 구성 성분이며 체내에서 부분적으로 독성을 분해하는 작용을 한다. 비오틴과 티아민을 제외한 황을 포함하는 모든 화합물은 메티오닌으로부터 합성될 수 있다(NRC, 1996). 그리고 제1위 내 미생물의 성장과 세포 내 대사에도 필수적이다. 황 공급량이 부족할 경우 반추위 미생물의 성장과 사료 분해율이 감소한다.

반추동물에서는 제1위 내의 미생물이 무기태 황을 조직에 필요한 황 함유성분으로 합성할 수 있기 때문에 단위동물과 달리 무기태의 황으로 요구량을 만족시킬 수 있다.

NRC 사양표준(NRC, 1996)은 비육우 사료에서의 황 함량을 0.15%로 권장하고 있으며, 육성우의 경우 0.11~0.12%면 된다고 하였다. 섭취 허용한계(0.4%) 이상의 황을 섭취하면 신경이 예민해지고, 설사와 식욕저하 그리고 근육경련 등의 증상이 나타나며 장기간 계속되면 죽을 수 있다. 또한 구리(Cu)의 흡수를 저하시킨다는 보고도 있다. 대부분의 사료는 유향을 충분히 함유하고 있지만 질소원으로서는 요소 등의 비단백태 질소(NPN)를 이용하고 있는 경우는 결핍될 우려가 있다. 반추가축 사료에 첨

가할 수 있는 황 자원은 sodium sulfate, magnesium sulfate, potassium sulfate 또는 황 그 자체다.

1.4.2. 미량 광물질

크롬(Cr)

크롬은 인슐린의 작용을 돕는 기능을 가지고 있으며(Mertz, 1992) 스트레스를 받은 소에게 크롬을 급여하면 면역반응과 성장이 좋아진다는 보고도 있다(Chang 등, 1992). 특히 크롬은 사람과 돼지에서 적육량을 증가시키고 지방을 감소시키는 효과를 가지고 있다(Anderson, 1998). 현재까지 요구량을 결정할 만큼의 충분한 정보가 없지만 비육우에 있어서 3가 크롬의 사료 내 허용한계 농도는 사료 kg 당 1,000mg(0.1%)이다.

코발트(Co)

코발트는 비타민 B₁₂의 구성성분이며 프로피온산과 메티오닌의 대사에 관여하는 효소의 필수성분이다. 반추동물에서는 제1위 내 미생물이 사료 코발트로 비타민 B₁₂를 합성할 수 있는데, 반추위 내에서 사료 코발트의 3~13%가 비타민 B₁₂로 전환되는 것으로 알려지고 있다(Smith, 1987). 또한 체조직에서 프로피온산이 succinate로 전환되는 과정에서 필수적인 methylmalonyl CoA mutase와 메티오닌과 tetrahydrofolate를 형성하기 위해 5-methyltetrahydrofolate로부터 homocysteine으로 methyl 그룹의 이동을 촉진하는 5-methyltetrahydrofolate homocysteine methyltransferase (methionine synthase)가 비타민 B₁₂에 의존하게 된다(Smith, 1987). 이러한 반응은 메티오닌의 재이용에 매우 중요하다.

소의 코발트 요구량은 사료 건물 kg당

0.07~0.11%이다(Smith, 1987). 성장속도가 빠른 송아지가 큰 소에 비하여 코발트 결핍에 더 민감하다고 하였으며, 고 수준의 농후사료는 반추위 내에서 비타민 B₁₂의 합성을 감소시키는 대신 유사비타민 B₁₂의 합성을 증가시킨다고 하였다(Halpin 등, 1984). 코발트가 결핍될 경우 식욕 감소와 함께 체중의 감량이 나타나며, 간의 지방 분해 및 피부의 색이 창백해지고 면역기능이 저하된다(MacPherson 등, 1989). 그러나 요구량의 100배 이상을 섭취하지 않는 한 대체로 코발트 중독증을 유발하지 않는 것으로 알려지고 있다(NRC, 1980). 코발트가 결핍된 토양에서 자란 목초에서 소를 방목할 경우 코발트 결핍을 일으킬 수 있다. 두과목초의 코발트 함량이 화본과에 비해 높다. 간의 코발트와 비타민 B₁₂의 함량은 코발트 결핍의 척도로 되어 있다.

구리(Cu)

생체 내에서 구리는 cytochrome oxidase, superoxide dismutase, ceruloplasmin 및 tyrosinase 등의 주요 구성분이다(McDowell, 1992). 구리 요구량은 사료 kg 당 4~15mg으로 그 범위가 넓은 편인데, 주로 사료 내 폴리브텐과 황의 함량에 따라 달라진다. 비육우에서의 구리권장량은 사료 kg당 10mg이다. NRC 사양표준(NRC, 2000)에선 feedlot 비육우의 구리 요구량으로 사료 kg 당 10mg이면 충분하다고 하였다. 사료의 코발트와 유황함량이 증가하면 구리의 요구량도 증가하는데, 이것은 제1위 내에서 Cu, Co 및 S 등이 불용성의 복합체를 만들며, 그렇게 될 경우 구리의 흡수율이 낮아지기 때문이다(Suttle, 1991). 따라서 방목의 경우 목초의 폴리브텐 함량이 3~20mg/kg이기 때문에 방목만으로는 구리를 충분히 공급하기 어렵다고 할 수 있다. 일본에서도 폴리브텐(Mo)의 과잉에 의한 구리의 결핍, 열 피해를 받은 사일리지를

섭취한 소의 구리결핍 등이 보고된 바도 있다. 또한 목초 내 구리의 함량은 목초의 종류 및 토양의 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 철(P hillippo 등, 1987)과 아연(Hambidge 등, 1986)의 과잉공급이 구리요구량을 증가시키며, 황(S)이 구리의 흡수율을 감소시킨다는 보고(Suttle, 1974)도 있다.

구리가 결핍되면 빈혈(anemia), 성장 둔화, 털의 탈색과 모양의 변화 등이 발생되며, 심장기능과 뼈가 약해지며 설사 및 변식장애 현상이 나타날 수 있다(NRC, 1996). 구리 중독증은 Cu 첨가물의 과잉과 Cu에 오염된 사료의 급여로 인하여 일어나는데, 큰 소보다 송아지에서 발생하기 쉽다. 대체로 중독증세가 보이기 전에 간에 다량의 구리가 축적되는데, 간에서 다량의 구리가 방출될 경우 용혈, 메트헤모글로빈 혈증, 혈색소뇨증, 황달 및 괴사 등이 발생할 수 있고 심하면 죽기까지 한다(NRC, 1980).

두과목초의 구리 함량이 화본과목초보다 높으며, 곡류에는 kg 당 4~8mg의 구리가 함유되어 있다. 기름 추출 후의 박류에는 kg 당 15~30mg의 구리가 들어있다. 구리는 sulfate, carbonate, 또는 oxide 형태로 사료에 첨가될 수 있으나 copper oxide는 copper sulfate에 비하여 이용률이 떨어지며(Kegley 등, 1994) copper sulfate는 이용률에 있어 copper carbonate와 비슷하다. 이밖에도 copper propionate나 copper lysine 또는 copper EDTA 등도 이용될 수 있는 것으로 알려져 있다.

요오드(I)

요오드는 에너지대사의 속도를 조절하는 갑상선 호르몬(thyroxine, T₄ 및 triiodothyroxine, T₃) 합성에 필수적인 성분이다. 따라서 요오드가 부족하면 갑상선호르몬의 부족에 의한 증상이 나타난다. 사료 내 요오드의 70~80%가 반추위에서 iodide의 형태로 흡수되며, 상당량

이 제4위에서 다시 방출되고, 방출된 요오드는 소장과 대장에서 다시 흡수된다. 흡수된 iodide는 호르몬 합성을 위해 갑상선에서 이용되지만 그렇지 않을 경우 오줌을 통하여 배설된다(Miller 등, 1988).

육용우의 요오드 요구량은 잘 알려져 있지 않지만, 화이트 클로버 등에 포함되어 있는 호르몬대사 저해물질이 없을 경우 사료 kg 당 0.5mg이면 충분하며, 사료를 통한 요오드의 최대 허용 한계는 사료 kg 당 50mg이다. 요오드 중독증은 식욕감퇴 및 성장불량 등으로 나타난다.

철(Fe)

철은 산소의 수송과 이용에 중요한 작용을 하는 단백질(헤모글로빈, 마이오글로빈)의 필수적인 구성 성분으로서 생체 내 철분의 50% 이상이 헤모글로빈의 형태로 존재하고 있으며, 동시에 일부 효소의 활성화 인자로도 작용하고 있다(McDowell, 1992). 비육우의 철분요구량은 사료 kg 당 50mg이며, 송아지의 경우 40~50mg이면 성장과 빈혈을 방지하는데 충분한 수준이다(Bernier 등, 1984). 비육우사료에는 대부분 요구량을 만족하게 할 만큼 철분이 함유되어 있다. 그러나 우유 내의 철분 함량이 적기 때문에 생후에 적혈구 용적률이 크게 저하되는 포유 송아지에서는 철분이 부족할 가능성이 있다(Kume 등, 1993). 특히 쌍태 송아지에서는 빈혈상태로 태어나는 경우가 많기 때문에 분만직후에 철분을 보충해주어야 한다. 또 송아지의 철분 요구량은 노령의 소보다 높은 것으로 알려지고 있다(Underwood, 1977).

철이 부족하게 되면 빈혈과 무기력증이 발생되고 섭취량과 성장이 감소된다(Bremmer 등, 1973). 철을 지나치게 섭취할 경우 설사와 대사성 산 중독증, 저체온증 및 증체와 섭취량의 감소 등이 나타나지만 최대 허용한계가

1,000mg/사료 kg이기 때문에 (NRC, 1980) 중독 증의 발생은 흔치 않은 것으로 보인다. 중독 한계 이상의 철분섭취는 증체와 사료섭취량에 악영향을 초래하며 구리 결핍증도 일으킨다.

곡류사료 내의 철분함량은 30~60mg/kg이며 박류 단백질 사료의 경우 100~200mg/kg 범위의 철분을 함유하고 있다(Underwood, 1981). 우유와 유제품을 제외하면 동물성사료의 철 함량은 400~500mg/kg으로 매우 높으며, 특히 혈분의 경우 3,000mg/kg 이상의 철분을 함유하고 있다(NRC, 1996). 목초 내의 철 함량은 변화가 크지만(70~500mg/kg) 철분의 이용률이 낮으며, 토양 혹은 음수 중의 철분도 중요한 급여원이라고 한다(Healy, 1972). 철분의 보충을 위한 첨가제로는 ferrous sulfate 및 ferrous carbonate 등이 이용된다.

망간(Mn)

망간은 pyruvate carboxylase, superoxide dismutase 및 arginase 등의 필수 구성성분이며 그 외에 가수분해효소, 인산화효소, 탈탄산효소 등의 활성인자이다(Hurley 등, 1987). NRC 사양표준(NRC, 1996)에서는 성장과 비육을 위한 망간 요구량을 20mg/사료 kg으로 정하고 있으나, 최대성장을 위한 망간 요구량은 골격 발달을 위한 경우에 비해 적다고 할 수 있다. 그러나 번식을 위한 망간 요구량은 성장이나 골격발달 보다 높아 사료 1kg당 40mg이 필요하다. 사료 내 칼슘과 인의 함량이 높으면 망간의 요구량이 증가한다(Lassiter 등, 1972). 일반적으로 육용우의 사료 중에는 요구량을 만족시킬 수 있는 망간이 함유되어 있기 때문에 망간 결핍증이 거의 발생하지 않으나 망간이 부족할 경우 골격이 비정상적으로 발달되고(Hurley 등, 1987) 번식률이 저하된다. 반대로 망간섭취량이 최대 허용한계(1,000mg/kg)를 벗어날 경우 성장과 사료 섭취량을 감소시키

는 것으로 알려져 있다(NRC, 2000).

조사료의 망간 함량은 비교적 충분한 편이고, 곡류 사료에는 5~40mg/kg의 망간이 함유되어 있다(Wacker, 1980). 식물성 단백질 또한 30~50mg/kg의 망간을 함유하고 있으나 동물성 단백질에서의 함량은 낮은(5~15mg/kg) 편이다. 반추가축사료에 망간은 manganese sulfate나 manganese oxide의 형태로, 그리고 다양한 유기형태(manganese methionine, manganese proteinate, manganese polysaccharide complex 또는 manganese amino acid chelate)로 공급될 수 있다(NRC, 1996).

몰리브덴(Mo)

몰리브덴은 여러 가지 효소(xanthine oxidase, sulfite oxidase, aldehyde oxidase)의 필수성분이나 요구량은 아직도 밝혀져 있지 않다. 오히려 과잉섭취로 문제가 발생되기도 하는데, 사료 내 몰리브덴 함량이 20mg/kg 이상일 경우 설사, 식욕감소, 체중손실 및 털색의 변화현상이 발생하는 것으로 알려져 있으며(NRC, 1980; 農林水産省, 2000), 최대 허용한계를 10mg/kg으로 정하고 있다. 몰리브덴은 구리 및 황과 상호작용을 갖고 있는데, 몰리브덴 과잉에 의한 구리의 결핍증이 발생하며 반대로 구리의 투여로 몰리브덴의 과잉섭취를 줄이기도 한다.

니켈(Ni)

니켈은 요소분해 박테리아 내의 urease 구성분으로(Spears, 1984) 비육우에 대한 니켈 요구량이 정해져 있지 않으나 NRC(1980)에서는 최대 허용한계를 50mg/kg으로 정하고 있다.

셀레늄(Se)

셀레늄은 glutathione peroxidase의 구성분으로 비타민 E와 함께 체내의 유해 과산화물을 제거하는 작용을 하며(Hoekstra, 1974; Rotruck 등, 1973)

thyroxine(T_4)을 활성이 더욱 강한 triiodothyroxine(T_3)으로 전환하는 효소인 iodothyronine 5'-deiodinase의 구성분이기도 하다(Athur 등, 1990). 비타민 E와 셀레늄은 상호작용이 있어 비타민 E의 함량이 낮은 사료를 급여할 경우 백근증(white muscle disease)을 방지하기 위해 셀레늄 공급량을 증가해야 한다(Miller 등, 1988). 또한 사료 내 불포화 지방산 함량이 높을 때 셀레늄 요구량이 증가하며 면역력 향상(Stabel 등, 1993) 및 번식장해의 감소 등에도 효과가 있는데, 특히 태반정체 및 난소종양, 유방염의 발생감소와 수태율 향상의 효과 등이 보고되고 있으므로 분만 전·후에 셀레늄의 급여가 중요하다. NRC 사양표준(NRC, 1996)에서는 비육우의 셀레늄 요구량을 사료 kg 당 0.1mg으로 정하고 있으며, 최대 허용한계는 2mg/kg으로 추정하고 있다.

셀레늄이 결핍될 경우 백근증은 물론 골격과 심장 근육의 괴저 현상, 경직 증상, 다리를 저는 증상과 수척증이 나타나며(Underwood, 1981) 폐사율이 높아지고 어린 송아지의 체중이 감소되기도(Spears 등, 1986) 한다. 이와는 반대로 셀레늄 섭취량이 지나치게 높을 경우 식욕 및 활력감소, 발굽이상, 탈모현상 등의 증세가 보이며(Rosenfeld 등, 1964) 호흡곤란, 설사, 운동실조증이 발생되며 심하면 죽기까지 한다(NRC, 1980). 목초의 셀레늄 함량은 주로 토양중의 함량에 의존한다. 또 곡류의 수입원인 미국에서도 동북부, 동남부에 셀레늄 결핍 지대가 널리 분포되어 있는 것으로 알려져 있으므로 수입곡물에 대해서도 주의가 필요하다. 셀레늄 첨가제로는 selenomethionine이나 Na-selenite 또는 Na-selenate 등이 이용된다.

아연(Zn)

아연은 핵산, 단백질 및 탄수화물의 대사에 관여하는 효소의 필수성분이며 면역 등의 생

체방어 시스템에 있어서도 중요한 작용을 한다(Hambidge 등, 1986). NRC 사양표준(NRC, 1996)은 비육우의 아연 요구량을 사료 kg당 30mg으로 정하고 있다. 아연 섭취량이 부족할 경우 성장과 사료섭취량 및 사료효율이 감소하며, 무기력증, 타액의 분비량 증가, 정소 성장 지연, 다리나 목 그리고 머리와 코 부분의 각질화 현상 등이 나타난다(Mills 등, 1967; Mills 등, 1987). 그러나 소와 같은 반추동물에서 아연 중독증은 쉽게 발생하지 않는 것으로 알려져 있다. 화분과에 비하여 두과 목초에 더 많은 양의 아연이 함유되어 있으며, 곡류사료에는 20~30mg/kg, 그리고 식물성 단백질 사료에는 50~70mg/kg 정도가 함유되어 있다(NRC, 1996). 아연 첨가제로는 Zn-sulfate, Zn-oxide 또는 Zn-methionine 등이 이용된다.

불소(F)

불소는 가축에서 유해한 원소로 알려져 있고 중독증이 문제가 된다. 불소의 과잉공급은 치아와 뼈에서 쉽게 나타난다. 중독원인은 음수 중의 불소과잉이나 불소를 제거하지 않은 인(P) 첨가물 급여, 타 산업에 의한 불소 오염 지역의 사양 등이 있다. 일반적으로 불소 중독증 발생에 장기간이 소요되지만 어린 소는 불소의 과잉공급에 민감한 편이고 우유에 대한 이행은 적다.

1.5. 비타민

비타민의 요구량은 극히 소량이지만 체내에서 여러 가지 고유한 역할을 하는 유기물이다. 비타민은 그 자체가 생명활동에 필수이며, 타 영양소의 이용효율을 높이기 위해서도 필요하다. 가축의 성장 단계에 따라 다양한 대사과정이 특정 비타민에 의해 개시되거나 조절되기도 한다. 영양소 균형이 잘 조절된 사료를 섭

취한 어미 소로부터 태어난 송아지라도 출생 시에는 체내 비타민 함량은 소량이다. 어린 송아지는 비타민의 합성 장소인 반추위의 기능이 불완전하고 반추위 미생물의 활성이 낮기 때문에 초유를 통해 필요한 비타민을 공급받아야 한다.

집단 사육 방식에서는 가축의 요구량에 맞는 적절한 양의 비타민을 공급해야 하는 중요성이 더욱 강조되고 있다. 반추가축은 계류식 사육방식이거나 생산성이 높아짐에 따라 비타민에 대한 요구량 수준이 높아지게 되면 비타민 결핍증에 걸리기 쉽다. 그러나 비타민에 관한 영양학은 이제 단순히 결핍 증상을 방지하는 것뿐만이 아니라 가축의 건강과 생산성을 최적화 하는 것에 중점을 두고 있다. 본 사양표준의 비타민 요구량은 NRC 사양표준(1996)(NRC, 1996)과 일본 육용우 사양표준(2000)(農林水産省, 2000)을 참고로 하여 산출한 것이다.

1.5.1. 수용성 비타민

반추위 미생물은 대부분의 수용성 비타민을 합성(비타민 B₁, B₂, B₆, B₁₂와 나이아신, 판토텐산, 엽산, 피리독신) 할 수 있으며, 일반적으로 사료 원료에도 이들 비타민이 고농도로 함유되어 있다. 비타민 C의 경우는 반추가축의 체내에서 합성된다. 정상적인 반추위 기능을 지닌 가축에서 이들 비타민 결핍증은 거의 발생하지 않는다. 반추위가 미발달한 송아지도 우유를 섭취하고 있는 경우에는 수용성 비타민 결핍증 발현은 매우 드물다. 일반적인 사양 조건에서 수용성 비타민의 결핍은 거의 어린 반추가축에만 국한되어 있으며 실제로는 거의 발생하지 않기 때문에 여기에서는 수용성 비타민의 기능과 요구량에 대한 설명은 생략하기로 한다.

1.5.2. 지용성 비타민

비타민 A

비타민 A는 축우 사료에서 가장 중요한 비타민으로 알려져 있다. 비타민 A는 정상적인 시력의 유지에 필수적인 물질이지만 그밖에도 성장, 번식, 상피세포의 유지, 골격 성장 및 면역기능의 유지에도 필요하다. 비타민 A는 동물기원의 비타민으로서 식물체 내에서는 합성되지 않는다. 비타민 A의 전구체들 중 β -카로틴이 가장 생리활성이 강하다. 그러나 소가 β -카로틴을 비타민 A로 전환하는 효율은 타 축종보다 낮아서 1mg의 β -카로틴은 비타민 A 400IU(국제단위; International Unit)로 전환된다(島田, 藤岡, 1970). 또한 β -카로틴은 비타민 A의 전구체로서 뿐 아니라 β -카로틴 그 자체가 번식, 특히 황체기능에 필수적이다. 특히, 산차가 많은 소는 β -카로틴의 흡수효율이 낮으며, β -카로틴을 첨가하면 번식성적이 향상된다고 한다. 황색 옥수수를 제외한 곡류와 곡류 부산물에는 카로틴이 거의 존재하지 않는다. 양질의 청초와 건초에는 상당량의 β -카로틴이 함유되어 있으나 그 함량에 계절적인 변이가 매우 크며 목초가 성숙할수록 감소한다(Park 등, 1983). 또한 카로틴은 특히 고온에서 햇빛에 노출된 경우에는 빠르게 산화된다. 사일리지 제조는 카로틴을 보존하는데 효과적이지만 옥수수 사일리지 내 카로틴의 이용성은 낮은 편이다.

비타민 A의 요구량은 질병과 스트레스의 경중에 따라 변화가 크다. 비육우의 비타민 A 요구량은 건조사료 kg당 2,200 IU이고, 임신우는 2,800 IU, 수유중인 암소나 번식용 수소의 경우 3,900 IU이다(NRC, 1996). 극히 과량의 비타민 A는 중독 증상을 일으킬 수 있으나 일반적인 사양조건에서는 거의 문제가 되지 않는다. 비타민 A의 최대허용량은 사료 kg당 66,000 IU로

추정된다(NRC, 1987). 비타민 A 결핍증은 농후 사료의 급여비율이 높을 때, 직사광선과 고온에 장기간 노출된 건초를 급여 했을 때, 그리고 저질의 건초나 짚 종류를 급여 했을 때 자주 발생한다. 이러한 결핍증은 카로틴이 풍부한 양질의 청초급여로 호전될 수 있으나 비타민 A로의 전환효율이 낮기 때문에 비타민 A 주사가 더 효과적이다. 비타민 A를 경구 투여하면 반추위와 제4위에서 상당량이 파괴되므로 주사제가 바람직하다. 또한 비타민 A 결핍증을 예방하기 위해서는 혈장에 최소 30 IU/dl 이상 혹은 간에서 3 IU/dl 이상 되도록 비타민 A를 공급해야 한다(農林水産省, 2000). 실용적인 관점에서 볼 때, 간 내 저장 비타민 A는 2-4개월 이상 지속되지 않는다고 생각해야 하며, 비타민A가 부족한 사료를 급여할 경우 결핍증상을 주의 깊게 관찰해야 한다(NRC, 1996). 거세한우에서 비타민 A를 비육전기와 후기에 각각 NRC 요구량의 100-100%, 60-30% 및 40-20%로 급여한 결과, 한우 혈청 중 비타민 A 함량은 19~38 μ g/dl이었고 비타민 A 급여 수준이 낮아질수록 혈중함량도 감소하는 경향이었으나 비육능력이나 사료효율에는 차이가 없었다(Ahn 등, 1998).

비타민 D

비타민 D는 동물체에서 구루병의 예방 및 치료에 활성을 갖는 지용성 steroid의 모든 유도체를 이르는 일반 명칭이다. 비타민 D는 모두 여섯 가지 종류가 있으며 비타민 D₂와 D₃가 가장 흔한 형태이다. 비타민 D₂(ergosterol)는 식물체에 존재하는 ergosterol이 전구체이며, 비타민 D₃(cholecalciferol)는 동물체에 존재하는 7-dehydrocholesterol이 전구체이고, 이들 전구체는 각각 식물체와 동물체 내에서 자외선 조사에 의해 생성된다. 비타민 D는 칼슘과 인의 흡수, 정상적인 골격형성 및 골격으로부터

터 칼슘의 동원에 필요하다. 또한 면역세포 기능의 조절 역할도 보고되었다(Reinhardt 등, 1987).

가축의 피부에서 합성되거나 사료에서 유래한 비타민 D는 즉시 간으로 이동하여 저장된다. 여러 비타민 중에서도 비타민 D는 호르몬의 전구체가 된다는 것이 특징이다. 간에서 비타민 D는 4배 정도나 활성이 강한 25-hydroxy 비타민 D로 전환되며, 이것은 다시 신장으로 이동하여 25-hydroxy 비타민 D보다 5배 정도 활성이 강한 호르몬인 1, 25-hydroxy 비타민 D로 전환된다. 비타민 D₂와 D₃ 모두 사료 내 첨가용으로 이용가능하며, 소에서 이들 두 형태의 생물학적 활성은 같다. 비타민 D 요구량은 일률적으로 제시하기가 매우 어려운데, 가축이 충분한 일광에 노출되거나, 햇볕에 잘 건조한 건초의 섭취만으로도 비타민 D 결핍증은 전혀 유발되지 않기 때문이다. 그러나 철저한 축사 내 계류식 사양 방식에서는 결핍증의 발현에 유의해야 하며 비타민 D 첨가를 고려해 볼 필요가 있다. 비육우의 비타민 D 요구량은 건조사료 kg당 275 IU이다. 비타민 D₃ 0.025 μ g이 1 IU이다.

송아지에서 비타민 D 결핍증에서 가장 뚜렷한 증상은 구루병이다. 흔히 수반하는 증상에는 혈액 내 칼슘과 인 감소, 부종과 굳은 관절, 식욕부진, 신경과민, 경련 등이 있다. 성축에서는 골연화증, 골절 및 후구마비로 인한 척추골절로 나타날 수 있다. 태어난 송아지는 허약하거나 기형 또는 아예 사산하기도 한다. 비타민 D의 일반적인 결핍증상은 식욕감퇴, 성장부진, 소화기능 이상, 호흡 이상 및 무력증이다. 비타민 D의 과잉 급여도 다양한 증상을 유발한다. 대개는 혈중 칼슘 농도가 비정상적으로 상승하는데 이는 골격으로부터 칼슘 재흡수와 소장에서의 칼슘 흡수가 증가되기 때문이다. 이는 체내 연조직에 광범위한 칼슘 침착과 골격의 약화를 초래한다. 그 밖의 비타민 D 중독 증상은 사료섭취 거부와 체중 감소이다.

비타민 E

비타민 E는 α -tocopherol의 생물학적 활성을 발현할 수 있는 모든 tocopherol과 tocotrienol에 대한 일반적인 용어이다. 식물의 유지성분에 α -, β -, γ -, δ -tocopherol이 포함되어 있으며, 이 중 α -tocopherol의 생리 활성이 가장 강하고, 또한 사료 중에 함유된 비타민 E의 가장 흔한 형태이기도 하다. 비타민 E 활성은 표현하는 용어는 계속 변화되어 왔는데, 현재 이용되고 있는 기준은 다음과 같다.

1mg all-*rac*- α -tocopheryl acetate= 1 IU

0.74mg RRR- α -tocopherol acetate= 1 IU

0.94mg all-*rac*- α -tocopherol acetate= 1 IU

0.67mg RRR- α -tocopherol acetate= 1 IU

사료 내 비타민 E의 안정성에 영향을 미치는 요인은 열, 산소, 수분, 불포화 지방산, 미량광물질 및 높은 질산염 등과 같이 매우 다양하다. 사료의 가공도 안정성에 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어 자연 건조 시에도 옥수수 내 비타민 E의 15~25%가 손실된다(Pond 등, 1971). 또한 고 수분사료는 저 수 사료에 비해 비타민 E가 더 빠르게 손실된다(Harvey 등, 1988). 따라서 사료 내 비타민 E 함량이 일정하지 않아 적절한 첨가량을 결정하기가 매우 어렵다. 가축의 비타민 E 요구량은 사료 내 항산화제, 함황아미노산 및 셀레늄 함량에 따라 다르므로 결정하기 매우 어렵다. 따라서 비육우에 대한 비타민 E 요구량은 확립되지는 않았으나 어린 송아지의 경우 건조사료 kg당 15~60 IU로 평가하고 있다. 육성우와 비육우의 최적 성장을 위한 비타민 E 요구량은 1일 두당 50~100 IU이다(Hutcheson 등, 1985).

송아지에서 비타민 E와 셀레늄 첨가가 병원균으로부터 감염예방에 효과적이었으며(Reddy 등, 1987), 사료 내 비타민 E 함량이 낮은 사료

를 급여한 송아지에 비해 1일 125 IU의 비타민 E를 투여한 송아지에서 면역 반응이 극대화 된다(Reddy 등, 1987). 균형사료를 급여한 반추가축에서 비타민 E를 첨가했을 때도 체액성 면역을 증강시켰다는 결과(Hutcheson 등, 1985)를 볼 때, 명백한 결핍증이나 성장지연 등의 증상을 근거로 한 비타민 E 요구량은 가축에게 최상의 건강을 보장할 수는 없다. 장기간의 수송과 청초에서 고 농후사료의 비육우용 사료로 전환한 육성우에게 1일 두당 비타민 E(dl- α tocopherol acetate) 450 IU를 첨가급여했을 때 초기 생산성에 긍정적인 효과가 있었다(Lee 등, 1985; Sanders 등, 1997). 비육우에게 266일간 1일 비타민 E 300 IU를 급여했을 때 도축한 쇠고기의 냉장기간 중 근육조직에서 변색 정도가 적었으며, 비타민 E 급여량을 늘린 단기간의 급여(67일간 1일 비타민 E 1,266 IU 또는 30일간 1,317 IU)에서도 유사한 효과가 있었다(Arnold 등, 1992). 이는 비타민 E가 세포막에서 지용성 항산화제 역할을 하기 때문이며, 조직 수준에서 고기 내 색소와 지방을 안정화시키기 때문인 것으로 사료된다.

비타민 E 결핍증은 불포화 지방 섭취에 의해 촉진되거나 악화될 수 있다. 어린 송아지의 전형적인 결핍증상은 백근병으로 주로 근육장

애와 간 괴사를 나타낸다. 비타민 E 과잉증에 대해 반추가축관련 연구결과는 보고된 바가 없다.

비타민 K

비타민 K는 본래 2-methyl-1,4-naphtoquinone 이지만 항 출혈효과를 나타내는 quinone 화합물의 유도체를 일컫는 일반적인 용어이다. 천연에 존재하는 것으로는 식물에서 분리된 비타민 K₁(phylloquinone)과 미생물에 의해 생산되는 비타민 K₂(menaquinone)가 있다. 두 가지 형태 모두 생물학적 활성과 혈액 응고 기능은 유사하다. 반추가축은 반추위 내 미생물에 의해 다량으로 합성되는 비타민 K₂가 주된 비타민 K원이다.

반추위에서 합성되는 비타민 K₂와 조사료에서 기인한 비타민 K₁으로 인하여 반추가축의 비타민 K 결핍은 거의 발생하지 않는다. 비타민 K 결핍의 유일한 증상은 소위 스위트 클로버 질병 증상이다. 곰팡이가 핀 스위트 클로버 건초에서는 dicoumarol이 생성될 수 있으며, 이는 혈액 응고를 지연시키고 출혈과다로 죽음에 이르게 한다. 비타민 K 과잉증은 최소 요구량의 1,000배 이상이므로 문제가 되지 않는다(NRC, 1987).

제 2 장 영양소 요구량

표 2-1(a). 거세우 육성, 비육에 필요한 영양소 요구량

체중	일당 증체	건물량	조단 백질	가소화 영양소 총량	대사 에너지	가소화 에너지	가소화 영양소 총량	대사 단백질	조단 백질	칼슘	인	비타민 A	비타민 D
BW	DG	DMI	CP	TDN	ME	DE	TDN	MP	CP	Ca	P	Vit. A	Vit. D
(kg)	(kg/d)	(kg)	(%)	(%)	(Mcal)	(Mcal)	(kg)	(g)	(g)	(g)	(g)	(1000 IU)	(1000 IU)
150	0.4	3.7	12.0	62	8.39	10.23	2.32	297	397	15	8	6.4	0.9
	0.6	4.2	12.0	64	9.78	11.93	2.71	363	434	21	10	6.4	0.9
	0.8	4.7	12.0	66	11.11	13.55	3.07	432	466	26	12	6.4	0.9
	1.0	5.0	12.0	68	12.38	15.09	3.42	503	496	31	14	6.4	0.9
200	0.4	4.5	12.0	63	10.25	12.50	2.83	327	485	16	10	8.5	1.2
	0.6	5.1	12.0	65	11.91	14.52	3.29	386	530	21	11	8.5	1.2
	0.8	5.6	12.0	67	13.49	16.45	3.73	447	570	26	13	8.5	1.2
	1.0	6.0	12.0	69	14.99	18.28	4.15	511	605	31	15	8.5	1.2
250	0.4	5.2	12.0	64	11.93	14.55	3.30	356	564	17	11	10.6	1.5
	0.6	5.8	12.0	66	13.81	16.84	3.82	374	617	21	13	10.6	1.5
	0.8	6.3	12.0	68	15.59	19.02	4.31	418	664	26	14	10.6	1.5
	1.0	6.8	12.0	70	17.29	21.09	4.78	464	705	31	16	10.6	1.5
300	0.4	5.8	12.0	64	13.46	16.42	3.72	361	647	18	13	12.7	1.8
	0.6	6.5	12.0	66	15.52	18.93	4.29	395	708	22	14	12.7	1.8
	0.8	7.1	12.0	68	17.47	21.31	4.83	432	761	26	15	12.7	1.8
	1.0	7.6	12.0	70	19.33	23.57	5.35	472	808	30	17	12.7	1.8
350	0.6	7.0	12.0	67	17.07	20.82	4.72	417	783	22	15	14.8	2.1
	0.8	7.7	12.0	69	19.16	23.36	5.30	448	842	26	17	14.8	2.1
	1.0	8.2	12.0	71	21.14	25.79	5.85	482	894	30	18	14.8	2.1
	1.2	8.7	12.0	73	23.03	28.09	6.37	519	940	34	19	14.8	2.1
400	0.8	8.1	12.0	71	20.67	25.21	5.72	501	905	26	18	17.0	2.4
	1.0	8.7	12.0	72	22.76	27.75	6.29	534	975	30	19	17.0	2.4
	1.2	9.4	12.0	73	24.74	30.17	6.84	571	1039	34	20	17.0	2.4
	1.4	10.0	12.0	74	26.63	32.48	7.37	610	1098	37	21	17.0	2.4

주) 최소 CP 농도를 12%로 제한하였음

표 2-1(b). 거세우 육성, 비육에 필요한 영양소 요구량

체중	일당 증체	건물량	조단 백질	가소화 영양소 총량	대사 에너지	가소화 에너지	가소화 영양소 총량	대사 단백질	조단 백질	칼슘	인	비타민 A	비타민 D
BW	DG	DMI	CP	TDN	ME	DE	TDN	MP	CP	Ca	P	Vit. A	Vit. D
(kg)	(kg/d)	(kg)	(%)	(%)	(Mcal)	(Mcal)	(kg)	(g)	(g)	(g)	(g)	(1000 IU)	(1000 IU)
450	0.8	8.6	12.0	71	22.03	26.87	6.09	510	988	27	19	19.1	2.7
	1.0	9.3	12.0	72	24.19	29.50	6.69	537	1065	30	20	19.1	2.7
	1.2	9.9	12.0	73	26.24	32.00	7.26	566	1135	33	21	19.1	2.7
	1.4	10.5	12.0	74	28.20	34.39	7.80	599	1200	36	22	19.1	2.7
500	0.8	8.9	12.0	72	23.25	28.36	6.43	523	1055	27	20	21.2	3.0
	1.0	9.5	12.0	74	25.45	31.04	7.04	546	1121	29	21	21.2	3.0
	1.2	10.0	12.0	76	27.55	33.60	7.62	572	1180	32	22	21.2	3.0
	1.4	10.5	12.0	78	29.55	36.04	8.17	601	1232	35	23	21.2	3.0
550	0.6	8.2	12.0	74	22.00	26.82	6.08	537	995	24	21	23.3	3.3
	0.8	8.9	12.0	76	24.34	29.68	6.73	548	1073	27	21	23.3	3.3
	1.0	9.4	12.0	78	26.56	32.39	7.35	563	1143	29	22	23.3	3.3
	1.2	9.9	12.0	80	28.68	34.98	7.93	583	1204	32	23	23.3	3.3
600	0.4	7.6	12.0	75	20.49	24.99	5.67	573	929	23	21	25.4	3.6
	0.6	8.1	12.0	78	22.96	27.99	6.35	572	1007	25	22	25.4	3.6
	0.8	8.6	12.0	81	25.30	30.85	7.00	579	1075	27	22	25.4	3.6
	1.0	9.1	12.0	84	27.52	33.56	7.61	591	1133	29	23	25.4	3.6
650	0.4	7.9	12.0	75	21.38	26.07	5.91	597	986	24	23	27.6	3.9
	0.6	8.4	12.0	78	23.82	29.05	6.59	589	1070	25	23	27.6	3.9
	0.8	8.9	12.0	81	26.14	31.87	7.23	589	1141	27	24	27.6	3.9
	1.0	9.3	12.0	84	28.34	34.56	7.84	594	1203	29	24	27.6	3.9
700	0.4	8.0	12.0	77	22.20	27.07	6.14	632	1015	24	24	29.7	4.2
	0.6	8.6	12.0	79	24.59	29.99	6.80	611	1117	26	24	29.7	4.2
	0.8	9.2	12.0	81	26.87	32.76	7.43	599	1207	27	25	29.7	4.2

주) 최소 CP 농도를 12%로 제한하였음

표 2-2(a). 수소 육성, 비육에 필요한 영양소 요구량

체중	일당 증체	건물량	조단 백질	가소화 영양소 총량	대사 에너지	가소화 에너지	가소화 영양소 총량	대사 단백질	조단 백질	칼슘	인	비타민 A	비타민 D
BW	DG	DMI	CP	TDN	ME	DE	TDN	MP	CP	Ca	P	Vit. A	Vit. D
(kg)	(kg/d)	(kg)	(%)	(%)	(Mcal)	(Mcal)	(kg)	(g)	(g)	(g)	(g)	(1000 IU)	(1000 IU)
150	0.4	3.2	12.0	62	7.26	8.86	2.01	304	390	16	8	6.36	0.9
	0.6	3.5	13.4	64	8.03	9.79	2.22	375	466	21	10	6.36	0.9
	0.8	3.7	14.8	66	8.76	10.68	2.42	448	542	27	12	6.36	0.9
	1.0	3.8	16.1	68	9.45	11.52	2.61	522	617	32	14	6.36	0.9
	1.2	4.0	17.4	70	10.11	12.33	2.79	597	693	38	16	6.36	0.9
200	0.6	4.3	12.0	64	9.96	12.15	2.75	399	516	22	12	8.48	1.2
	0.8	4.6	12.8	66	10.86	13.25	3.00	466	583	27	13	8.48	1.2
	1.0	4.8	13.7	68	11.72	14.30	3.24	535	654	32	15	8.48	1.2
	1.2	5.0	14.7	70	12.54	15.29	3.47	605	726	37	17	8.48	1.2
	1.4	5.1	15.6	72	13.32	16.24	3.68	675	798	43	18	8.48	1.2
250	0.6	5.1	12.0	64	11.78	14.36	3.26	422	611	22	13	10.6	1.5
	0.8	5.4	12.0	66	12.84	15.66	3.55	483	646	27	15	10.6	1.5
	1.0	5.6	12.2	68	13.86	16.90	3.83	546	688	32	16	10.6	1.5
	1.2	5.9	12.9	70	14.83	18.08	4.10	610	755	37	18	10.6	1.5
	1.4	6.0	13.6	72	15.75	19.20	4.35	676	823	42	19	10.6	1.5
300	0.6	5.8	12.0	64	13.50	16.46	3.73	442	700	23	14	12.7	1.8
	0.8	6.2	12.0	66	14.72	17.96	4.07	498	740	28	16	12.7	1.8
	1.0	6.5	12.0	68	15.89	19.38	4.39	555	775	32	17	12.7	1.8
	1.2	6.7	12.0	70	17.00	20.73	4.70	615	806	37	19	12.7	1.8
	1.4	6.9	12.2	72	18.06	22.02	4.99	675	845	41	20	12.7	1.8
350	0.6	6.5	12.0	64	15.16	18.48	4.19	462	786	24	16	14.8	2.1
	0.8	6.9	12.0	66	16.53	20.16	4.57	512	831	28	17	14.8	2.1
	1.0	7.3	12.0	68	17.84	21.75	4.93	564	870	32	18	14.8	2.1
	1.2	7.5	12.0	70	19.08	23.27	5.28	618	905	37	20	14.8	2.1
	1.4	7.8	12.0	72	20.27	24.72	5.60	673	934	41	21	14.8	2.1

주) 최소 CP 농도를 12%로 제한하였음

표 2-2(b). 수소 육성, 비육에 필요한 영양소 요구량

체중	일당 증체	건물 량	조단백 질	가소화 영양소 총량	대사 에너지	가소화 에너지	가소화 영양소 총량	대사 단백질	조단 백질	칼슘	인	비타민 A	비타민 D
BW	DG	DMI	CP	TDN	ME	DE	TDN	MP	CP	Ca	P	Vit. A	Vit. D
(kg)	(kg/d)	(kg)	(%)	(%)	(Mcal)	(Mcal)	(kg)	(g)	(g)	(g)	(g)	(1000 IU)	(1000 IU)
400	0.6	7.2	12.0	64	16.75	20.43	4.63	481	869	24	17	17.0	2.4
	0.8	7.7	12.0	66	18.27	22.28	5.05	525	919	28	18	17.0	2.4
	1.0	8.0	12.0	68	19.72	24.04	5.45	571	962	32	20	17.0	2.4
	1.2	8.3	12.0	70	21.09	25.72	5.83	620	1000	36	21	17.0	2.4
	1.4	8.6	12.0	72	22.40	27.32	6.20	671	1033	40	22	17.0	2.4
450	0.6	7.9	12.0	64	18.30	22.32	5.06	498	949	25	18	19.1	2.7
	0.8	8.4	12.0	66	19.96	24.34	5.52	537	1003	29	20	19.1	2.7
	1.0	8.8	12.0	68	21.54	26.26	5.96	578	1051	32	21	19.1	2.7
	1.2	9.1	12.0	70	23.04	28.10	6.37	622	1092	36	22	19.1	2.7
	1.4	9.4	12.0	72	24.47	29.84	6.77	667	1128	40	23	19.1	2.7
500	0.6	8.6	12.0	64	19.80	24.15	5.48	516	1027	26	20	21.2	3.0
	0.8	9.0	12.0	66	21.60	26.34	5.97	548	1086	29	21	21.2	3.0
	1.0	9.5	12.0	68	23.31	28.42	6.45	584	1137	32	22	21.2	3.0
	1.2	9.8	12.0	70	24.93	30.41	6.89	623	1182	36	23	21.2	3.0
550	0.6	9.2	12.0	64	21.27	25.94	5.88	532	1103	26	21	23.3	3.3
	0.8	9.7	12.0	66	23.20	28.29	6.42	559	1166	29	22	23.3	3.3
	1.0	10.2	12.0	68	25.03	30.53	6.92	590	1222	33	23	23.3	3.3
	1.2	10.6	12.0	70	26.78	32.66	7.41	623	1270	36	24	23.3	3.3
600	0.6	9.8	12.0	64	22.71	27.69	6.28	548	1177	27	22	25.4	3.6
	0.8	10.2	12.0	67	24.76	30.20	6.85	575	1227	30	23	25.4	3.6
	1.0	10.6	12.0	70	26.72	32.59	7.39	604	1267	33	24	25.4	3.6
	1.2	10.8	12.0	73	28.59	34.86	7.91	637	1299	35	25	25.4	3.6

주) 최소 CP 농도를 12%로 제한하였음

표 2-2(c). 수소 육성, 비육에 필요한 영양소 요구량

체중	일당 증체	건물량	조 단백질	가소화 영양소 총량	대사 에너지	가소화 에너지	가소화 영양소 총량	대사 단백질	조단 백질	칼슘	인	비타민 A	비타민 D
BW	DG	DMI	CP	TDN	ME	DE	TDN	MP	CP	Ca	P	Vit. A	Vit. D
(kg)	(kg/d)	(kg)	(%)	(%)	(Mcal)	(Mcal)	(kg)	(g)	(g)	(g)	(g)	(1000 IU)	(1000 IU)
650	0.4	9.4	12.0	64	21.81	26.60	6.03	565	1131	25	23	27.6	3.9
	0.6	10.0	12.0	67	24.11	29.40	6.67	580	1194	28	24	27.6	3.9
	0.8	10.4	12.0	70	26.30	32.07	7.27	601	1247	30	25	27.6	3.9
	1.0	10.7	12.0	73	28.38	34.60	7.85	624	1290	33	25	27.6	3.9
700	0.4	10.0	12.0	64	23.06	28.12	6.38	586	1195	26	24	29.7	4.2
	0.6	10.5	12.0	67	25.49	31.08	7.05	596	1262	28	25	29.7	4.2
	0.8	11.0	12.0	70	27.80	33.90	7.69	611	1318	30	26	29.7	4.2
	1.0	11.4	12.0	73	30.00	36.58	8.30	630	1364	33	27	29.7	4.2
750	0.4	10.5	12.0	64	24.28	29.61	6.71	608	1259	27	26	31.8	4.5
	0.6	10.9	12.0	68	26.84	32.73	7.42	618	1310	29	27	31.8	4.5
	0.8	11.2	12.0	72	29.28	35.70	8.10	633	1349	31	27	31.8	4.5
	1.0	11.5	12.0	76	31.59	38.52	8.74	652	1379	33	28	31.8	4.5
800	0.2	9.8	12.0	64	22.65	27.62	6.26	661	1174	26	27	33.9	4.8
	0.4	10.4	12.0	68	25.48	31.08	7.05	657	1244	28	27	33.9	4.8
	0.6	10.8	12.0	72	28.17	34.36	7.79	660	1298	30	28	33.9	4.8
	0.8	11.2	12.0	76	30.73	37.47	8.50	668	1342	31	28	33.9	4.8

주) 최소 CP 농도를 12%로 제한하였음

2.1. 암소 육성에 필요한 영양소 요구량

한우 암소의 육성에 필요한 영양소량을 표 2-3과 표 2-4에 나타내었다. 요구량 산출에 필요한 공시동물은 북부지역, 중부지역 및 남부 지역으로 나누어 각각 20두, 29두 및 110두를 시험에

이용하였다. 시험방법은 저체중대(150-250kg), 고체중대(350-600kg)으로 나누어 수행하였으며, 공시동물의 체중대별로 사료급여 수준을 4단계로 제한하였다.

북부지역과 중부지역은 배합사료와 볏짚을 이용한 조·농분리 형태로 급여하였으며, 남부 지역은 완전배합사료(TMR)를 사용하였다.

표 2-3. 암소 육성에 필요한 영양소 요구량(a)

체중 BW (kg)	일당 증체 DG (kg/d)	건물량 DMI (kg)	조단 백질 CP (g)	가소화조 단백질 DCP (g)	가소화영 양소총량 TDN (kg)	대사 에너지 ME (Mcal)	가소화에 너지 DE (Mcal)	칼슘 Ca (g)	인 P (g)	비타민 A Vit. A (1000 IU)	비타민 D Vit. D (1000 IU)
150	0.2	2.61	349	230	1.75	6.34	7.74	10	7	7.1	0.9
150	0.4	3.00	389	253	1.99	7.19	8.77	15	8	7.1	0.9
150	0.6	3.39	428	277	2.22	8.04	9.81	20	10	7.1	0.9
150	0.8	3.79	468	301	2.46	8.90	10.85	25	11	7.1	0.9
200	0.2	3.31	449	297	2.20	7.97	9.72	11	8	9.4	1.1
200	0.4	3.70	489	320	2.44	8.82	10.76	15	10	9.4	1.1
200	0.6	4.09	528	344	2.67	9.67	11.79	20	11	9.4	1.1
200	0.8	4.49	568	368	2.91	10.52	12.83	25	13	9.4	1.1
250	0.2	4.01	549	364	2.65	9.60	11.71	12	10	11.8	1.4
250	0.4	4.40	589	387	2.89	10.45	12.74	16	11	11.8	1.4
250	0.6	4.79	628	411	3.12	11.30	13.78	20	12	11.8	1.4
250	0.8	5.19	668	435	3.36	12.15	14.82	24	14	11.8	1.4
300	0.2	4.71	528	328	3.10	11.23	13.69	13	11	14.1	1.7
300	0.4	5.10	569	353	3.34	12.08	14.73	17	12	14.1	1.7
300	0.6	5.49	610	377	3.57	12.93	15.76	20	13	14.1	1.7
300	0.8	5.89	650	402	3.81	13.78	16.80	24	15	14.1	1.7
350	0.2	5.41	608	378	3.55	12.85	15.67	14	13	16.5	2.0
350	0.4	5.80	648	402	3.79	13.70	16.71	17	14	16.5	2.0
350	0.6	6.19	689	427	4.02	14.55	17.75	21	15	16.5	2.0
350	0.8	6.59	730	451	4.26	15.40	18.79	24	16	16.5	2.0
400	0.2	6.11	685	425	4.00	14.48	17.66	15	14	18.8	2.3
400	0.4	6.50	725	450	4.24	15.33	18.70	18	15	18.8	2.3
400	0.6	6.89	766	474	4.47	16.18	19.73	21	16	18.8	2.3
400	0.8	7.29	806	498	4.71	17.03	20.77	24	17	18.8	2.3
450	0.2	6.81	759	470	4.45	16.11	19.64	16	16	21.2	2.6
450	0.4	7.20	800	495	4.69	16.96	20.68	19	16	21.2	2.6
450	0.6	7.59	840	519	4.92	17.81	21.72	21	17	21.2	2.6
450	0.8	7.99	881	544	5.16	18.66	22.75	23	18	21.2	2.6
500	0.2	7.51	831	514	4.90	17.73	21.63	17	17	23.5	2.9
500	0.4	7.90	872	538	5.14	18.59	22.66	19	18	23.5	2.9
500	0.6	8.29	912	563	5.37	19.44	23.70	21	18	23.5	2.9
500	0.8	8.69	953	587	5.61	20.29	24.74	23	19	23.5	2.9
550	0.2	8.21	902	556	5.35	19.36	23.61	18	19	25.9	3.1
550	0.4	8.60	942	580	5.59	20.21	24.65	20	19	25.9	3.1
550	0.6	8.99	983	605	5.82	21.06	25.69	21	20	25.9	3.1
550	0.8	9.39	1024	629	6.06	21.91	26.72	23	20	25.9	3.1
600	0.2	8.91	971	597	5.80	20.99	25.60	20	20	28.2	3.4
600	0.4	9.30	1011	621	6.04	21.84	26.63	21	20	28.2	3.4
600	0.6	9.69	1052	645	6.27	22.69	27.67	22	21	28.2	3.4
600	0.8	10.09	1092	670	6.51	23.54	28.71	23	21	28.2	3.4
650	0.2	9.61	1038	636	6.25	22.62	27.58	21	22	30.6	3.7
650	0.4	10.00	1079	660	6.49	23.47	28.62	21	22	30.6	3.7
650	0.6	10.39	1119	685	6.72	24.32	29.66	22	22	30.6	3.7
650	0.8	10.79	1160	709	6.96	25.17	30.69	22	22	30.6	3.7

표 2-4. 암소 육성에 필요한 영양소 요구량(b)

체중 BW (kg)	일당 증체 DG (kg/d)	건물량 DMI (BW%)	조단 백질 CP (%)	가소화조 단백질 DCP (%)	가소화영 양소총량 TDN (%)	대사 에너지 ME (Mcal/kg)	가소화에 너지 DE (Mcal/kg)	칼슘 Ca (%)	인 P (%)	비타민A Vit. A (1000 IU/kg)	비타민 D Vit. D (1000 IU/kg)
150	0.2	1.7	13.4	8.8	67	2.43	2.97	0.37	0.25	2.7	0.3
150	0.4	2.0	13.0	8.4	66	2.40	2.92	0.49	0.27	2.3	0.3
150	0.6	2.3	12.6	8.2	66	2.37	2.89	0.58	0.29	2.1	0.3
150	0.8	2.5	12.4	7.9	65	2.35	2.86	0.66	0.30	1.9	0.2
200	0.2	1.7	13.6	9.0	67	2.41	2.94	0.33	0.24	2.8	0.3
200	0.4	1.9	13.2	8.7	66	2.38	2.91	0.42	0.26	2.5	0.3
200	0.6	2.0	12.9	8.4	65	2.36	2.88	0.49	0.27	2.3	0.3
200	0.8	2.2	12.7	8.2	65	2.34	2.86	0.55	0.28	2.1	0.3
250	0.2	1.6	13.7	9.1	66	2.40	2.92	0.30	0.24	2.9	0.4
250	0.4	1.8	13.4	8.8	66	2.37	2.90	0.36	0.25	2.7	0.3
250	0.6	1.9	13.1	8.6	65	2.36	2.87	0.42	0.26	2.5	0.3
250	0.8	2.1	12.9	8.4	65	2.34	2.86	0.47	0.26	2.3	0.3
300	0.2	1.6	11.2	7.0	66	2.39	2.91	0.28	0.24	3.0	0.4
300	0.4	1.7	11.2	6.9	65	2.37	2.89	0.33	0.24	2.8	0.3
300	0.6	1.8	11.1	6.9	65	2.35	2.87	0.37	0.25	2.6	0.3
300	0.8	2.0	11.0	6.8	65	2.34	2.85	0.41	0.25	2.4	0.3
350	0.2	1.5	11.2	7.0	66	2.38	2.90	0.26	0.23	3.0	0.4
350	0.4	1.7	11.2	6.9	65	2.36	2.88	0.30	0.24	2.8	0.3
350	0.6	1.8	11.1	6.9	65	2.35	2.87	0.33	0.24	2.7	0.3
350	0.8	1.9	11.1	6.8	65	2.34	2.85	0.36	0.24	2.5	0.3
400	0.2	1.5	11.2	7.0	66	2.37	2.89	0.25	0.23	3.1	0.4
400	0.4	1.6	11.2	6.9	65	2.36	2.88	0.28	0.23	2.9	0.4
400	0.6	1.7	11.1	6.9	65	2.35	2.86	0.30	0.23	2.7	0.3
400	0.8	1.8	11.1	6.8	65	2.34	2.85	0.32	0.23	2.6	0.3
450	0.2	1.5	11.2	6.9	65	2.37	2.89	0.24	0.23	3.1	0.4
450	0.4	1.6	11.1	6.9	65	2.36	2.87	0.26	0.23	2.9	0.4
450	0.6	1.7	11.1	6.8	65	2.34	2.86	0.28	0.23	2.8	0.3
450	0.8	1.8	11.0	6.8	65	2.34	2.85	0.29	0.22	2.6	0.3
500	0.2	1.5	11.1	6.8	65	2.36	2.88	0.23	0.23	3.1	0.4
500	0.4	1.6	11.0	6.8	65	2.35	2.87	0.24	0.22	3.0	0.4
500	0.6	1.7	11.0	6.8	65	2.34	2.86	0.26	0.22	2.8	0.3
500	0.8	1.7	11.0	6.8	65	2.33	2.85	0.27	0.22	2.7	0.3
550	0.2	1.5	11.0	6.8	65	2.36	2.88	0.22	0.23	3.2	0.4
550	0.4	1.6	11.0	6.7	65	2.35	2.87	0.23	0.22	3.0	0.4
550	0.6	1.6	10.9	6.7	65	2.34	2.86	0.24	0.22	2.9	0.3
550	0.8	1.7	10.9	6.7	65	2.33	2.85	0.24	0.21	2.8	0.3
600	0.2	1.5	10.9	6.7	65	2.36	2.87	0.22	0.23	3.2	0.4
600	0.4	1.6	10.9	6.7	65	2.35	2.86	0.22	0.22	3.0	0.4
600	0.6	1.6	10.8	6.7	65	2.34	2.85	0.22	0.21	2.9	0.4
600	0.8	1.7	10.8	6.6	65	2.33	2.85	0.22	0.21	2.8	0.3
650	0.2	1.5	10.8	6.6	65	2.35	2.87	0.21	0.22	3.2	0.4
650	0.4	1.5	10.8	6.6	65	2.35	2.86	0.21	0.22	3.1	0.4
650	0.6	1.6	10.8	6.6	65	2.34	2.85	0.21	0.21	2.9	0.4
650	0.8	1.7	10.8	6.6	65	2.33	2.84	0.21	0.21	2.8	0.3

2.2. 성빈우 유지에 필요한 영양소 요구량

한우 성빈우의 유지에 필요한 영양소량을 표 2-5와 표 2-6에 나타내었다. 유지단백질 요구량을 구하고자 단백질 균형시험(김 등, 2006)을

기초로 하였으며, 국립축산과학원의 가축 대사실에서 수행된 시험성적(이, 2013)을 이용하였다. 유지에너지 요구량은 $42.50 \text{ kcal/BW}^{0.75}$ 였으며, 유지단백질 요구량은 $5.26 \text{ g/BW}^{0.75}$ 로 나타났다.

표 2-5. 성빈우 유지에 필요한 영양소 요구량(a)

체중	일당 증체	건물량	조단백질	가소화조 단백질	가소화 영양소 총량	대사 에너지	가소화 에너지	칼슘	인	비타민A	비타민D
BW	DG	DMI	CP	DCP	TDN	ME	DE	Ca	P	Vit. A (1000 IU)	Vit. D (1000 IU)
(kg)	(kg/d)	(kg)	(g)	(g)	(kg)	(Mcal)	(Mcal)	(g)	(g)		
350	0	4.26	426	252	1.92	6.94	8.46	11	12	16.5	2.0
400	0	4.71	470	279	2.12	7.67	9.35	12	13	18.8	2.3
450	0	5.15	514	305	2.32	8.38	10.21	14	15	21.2	2.6
500	0	5.57	556	330	2.51	9.06	11.05	15	16	23.5	2.9
550	0	5.98	597	354	2.69	9.74	11.87	17	18	25.9	3.1
600	0	6.38	638	378	2.87	10.39	12.67	19	20	28.2	3.4
650	0	6.78	677	401	3.05	11.03	13.46	20	21	30.6	3.7

표 2-6. 성빈우 유지에 필요한 영양소 요구량(b)

체중	일당 증체	건물량	조단백질	가소화조 단백질	가소화 영양소 총량	대사 에너지	가소화 에너지	칼슘	인	비타민A	비타민D
BW	DG	DMI	CP	DCP	TDN	ME	DE	Ca	P	Vit. A (1000 IU/kg)	Vit. D (1000 IU/kg)
(kg)	(kg/d)	(BW%)	(%)	(%)	(%)	(Mcal/kg)	(Mcal/kg)	(%)	(%)		
350	0	1.2	10.0	5.9	45	1.63	1.99	0.25	0.27	3.9	0.5
400	0	1.2	10.0	5.9	45	1.63	1.99	0.26	0.28	4.0	0.5
450	0	1.1	10.0	5.9	45	1.63	1.99	0.27	0.29	4.1	0.5
500	0	1.1	10.0	5.9	45	1.63	1.99	0.28	0.30	4.2	0.5
550	0	1.1	10.0	5.9	45	1.63	1.99	0.28	0.30	4.3	0.5
600	0	1.1	10.0	5.9	45	1.63	1.99	0.29	0.31	4.4	0.5
650	0	1.0	10.0	5.9	45	1.63	1.99	0.30	0.32	4.5	0.5

표 2-7. 임신말기 2개월간에 유지에 더해주어야 할 영양소 요구량

대사 에너지	가소화 에너지	가소화 영양소 총량	조단백질	칼슘	인
ME	DE	TDN	CP	Ca	P
(Mcal)	(Mcal)	(kg)	(g)	(g)	(g)
2.71	3.30	0.75	166	13.7	4.5

표 2-8. 수유중 유지에 더해주어야 할 영양소 요구량(영양소/우유 1kg)

대사 에너지 ME (Mcal)	가소화 에너지 DE (Mcal)	가소화 영양소총량 TDN (kg)	조단백질 CP (g)	칼슘 Ca (g)	인 P (g)
1.31	1.59	0.36	66	2.5	1.1

주) 수유중 암소가 우유 1kg 생산하기 위해 필요한 영양소 요구량

제 3 장 영양소 요구량에 영향을 미치는 요인 및 사양관리 시 고려사항

3.1. 체구성과 영양소 요구량

체조직에 축적된 에너지 함량은 증체를 위한 정미에너지에 해당한다. 따라서 체중에서부터 소화관 내용물을 뺀 공체중(空體重)의 단백질, 지방 비율을 알면 정미 에너지 축적량을 계산할 수 있다. NRC에서는 오래 전부터 축적되어온 시험결과(Fox 등, 1972; Garrett 등, 1959; Lofgreen 등, 1968, Woody 등, 1983)를 분석하여 공체중을 기초로 일당증체량과 에너지함량 간의 상관식을 통하여 증체를 위한 정미에너지(NEg) 요구량을 구하고 있다.

비육우는 성장과 영양소 공급량에 따라 주요 조직의 구성, 그리고 지방과 단백질 함량이 영향을 받는다. 절식체중 200kg 거세우의 1kg 증체량 중 17%가 단백질, 21%가 지방이며, 500kg에서는 1kg 증체할 경우, 단백질 비율은 9%, 지방비율은 57%에 달하고, 증체의 반 이상이 지방이다. 체중 증가와 함께 근육과 지방 조직 증가에 차이가 있기 때문에 증체에서 차지하는 단백질 비율은 감소하고, 지방비율은 증가하게 되는 것이다. 지방 1kg당 에너지 함량은 9.367Mcal, 단백질 1kg당 5.686Mcal 으로 추정되기에 체중 500kg의 경우는 200kg의 송아지에 비교하여 1kg의 증체에 2배 이상의 정미에너지가 필요하다(NRC, 2000).

체형의 크기도 체구성에 영향을 미친다. 일반적으로 체구가 대형인 소는 소형의 소에 비해 성장 중 체중의 증가속도가 빠르다. 그리고 증체에서 차지하는 단백질 비율이 높고 지방의 비율이 낮다. 동일한 체중에서는 대형의 소가 소형의 소보다 공체의 단백질 비율이 높고 지방의 비율이 낮다. 따라서 중형의 소를 기준

으로 하여 1kg 증체의 에너지 함량은 대형의

소가 중형의 소보다 15% 적고, 소형의 소는 중형의 소보다 15% 많다. 따라서 1kg의 증체에 필요한 영양소 요구량은 대형의 소가 더 적다. 체구성에는 성별도 큰 영향을 미친다. 250~300kg까지는 수소, 거세우, 암소의 지육 내 근육, 지방조직, 뼈의 비율에서 거의 차이가 없다. 그러나 이 체중을 초과하면 성별에 의한 체구성의 차이가 크게 나타난다. 즉, 같은 영양수준에서 암소는 지육 중 지방조직의 증가 속도가 가장 빠르고, 수소가 가장 느리다. 반대로 근육의 생산량은 수소가 가장 높고 암소가 가장 낮다. 그리고 공체중 1kg 증체중의 에너지 함량은 암소가 거세우보다 15% 높고, 수소는 거세우보다 15% 낮기 때문에 1kg 증체에 필요한 에너지양도 암소, 거세우, 수소의 순으로 높아진다. 지방 28%에 도달하는 공체중 차이는 유종과 성별에 따라 다르다(NRC, 2000). 앵거스 미경산우가 약 330kg으로 가장 빠르고 다음으로 홀스타인 미경산우, 앵거스 거세우, 홀스타인 거세우, 앵거스 수소 순이며, 홀스타인 수소는 지방축적이 아주 느리다. 한우 거세우는 공체중 400kg에서 지방함량이 약 28%에 도달해 홀스타인 미경산우 보다 빠른 것으로 보인다.

번식용 암소의 경우는 과비가 번식장해의 원인이 된다. 그러므로 body condition score (BCS)를 이용하여 번식암소의 영양상태의 평가가 진행되며, BCS와 송아지의 생시체중, 분만 후 발정회귀일수에 일정한 관계가 나타나고 있다. BCS와 체구성의 관계를 살펴 본 결과, 공체의 수분, 지방, 단백질 및 회분비율과 BCS사이에 직선적인 관계가 확인되었는데, sc

ore의 증가와 함께 수분, 단백질, 회분 비율이 감소하는 경향을 나타냈고 지방비율은 증가하는 경향을 나타냈다.

한우에서는 BCS를 1~5의 5단계로 구분하고 있지만, NRC에서는 비육우의 경우 9단계를 설정하고 있다. NRC는 이상적인 BCS 5에서 요구되는 에너지 및 단백질 요구량을 기준으로 BCS 조절을 위한 요구량 보정 값을 제시하고 있다(NRC, 2000).

3.2. 포유기 사양관리

한우 송아지는 생후 3~4개월(체중 80~120kg)까지 포유 후 이유시켜 고급육 생산을 위한 비육밀소로 이용하거나, 암소 육성우로 육성시켜 번식우로 사용하는 것이 일반적인 사양방법이다. 하지만 송아지 육성률 향상과 어미 소의 번식효율 개선을 위해 이유시기를 조정할 필요가 있다.

포유기 송아지의 성장발육은 유전적인 성장 능력과 성별, 생시체중, 일령, 어미 소의 산유량과 포육능력, 사육방법 그리고 농장 환경 등의 다양한 요인에 의해 결정된다(Butson, 등, 1984). 그 중 사육환경은 농장마다 다양한 요인들로 인해 조절하기가 매우 어렵기 때문에 송아지가 출생 후 초유섭취를 통해 어미 소로부터 받는 수동 면역항체와 포유기 영양소 섭취량에 따라 건강과 적정 성장발육 여부가 좌우된다. 성장률 변화는 영양소의 수급불균형으로 초래될 수 있는데, 특히 송아지는 출생 후 급격한 환경변화에 대한 적응능력이 떨어진다. 또한 스트레스와 각종 병원체 등의 위험인자에 쉽게 노출되어 질병발생으로 인한 성장 발육에 영향을 주기 때문에 사육환경이나 위생 상태가 좋지 않을 경우 병원성 미생물뿐만 아니라 비병원성 요인에 의해서도 질병이 발생

된다(Jain, 1986).

포유기의 영양소 요구량은 성별에 의한 차이는 고려하지 않지만 4개월령까지 수송아지의 발육은 1일 평균 증체량이 0.7kg으로 이유 시 체중이 90~100kg인 암송아지보다 높다(강 등, 1992). 이 결과는 사료 섭취량과 성별에 의한 발육차이인 것으로 생각된다. 그 값은 포유 송아지가 어미 소로부터 공급받는 모유와 보조 사료로 섭취하는 영양소의 합계로 나타나고 있다. 포유기 송아지에 대하여 어미 소의 포육 능력은 송아지 성장에 영향하는 요인 중에서 이유 시 체중의 약 66%를 지배하는 중요한 영양소 원으로 이유 전 송아지의 성장에 중대한 영향을 미친다(Robison 등, 1978). 포유 초기(생후 2개월령 이하)에 송아지 발육의 차이는 80% 이상이 모유 섭취량에 의해 좌우될 수 있고, 4개월령 이후 송아지에서도 모유로부터 유래된 ME, CP 섭취량은 전체 섭취량의 약 50%를 차지한다. 그러나 영양 및 생리적 측면에서 한우송아지의 영양소 요구량은 모유로 충분치 못하기에 어린송아지 사료와 같은 고품질 사료의 보충급여가 필수적이고 특히 이유 전 포유기 반추위 발달에는 고품질 사료의 급여와 더불어 충분한 양의 신선한 급수가 필수적이다(NIAS, 2007).

특히, 포유기의 성장은 고능력 번식우 및 비육우 생산을 위해 중요한 시기로 골격성장이 매우 중요하다. 일본 화우의 경우 그림3-1에 있는 분만 후 송아지의 월간 체고의 성장을 보면 포유기간 중인 생후 3개월령까지 수송아지는 평균 6cm, 암송아지는 7cm에 달한다(農林水産省農林水産技術會議事務局, 2008). 이 시기의 어린송아지에 있어서 분만 후 생후 3개월까지는 모유에 대한 의존도가 매우 높아 포육능력이 우수한 어미 소의 송아지가 성장이 빠름을 알 수 있다.

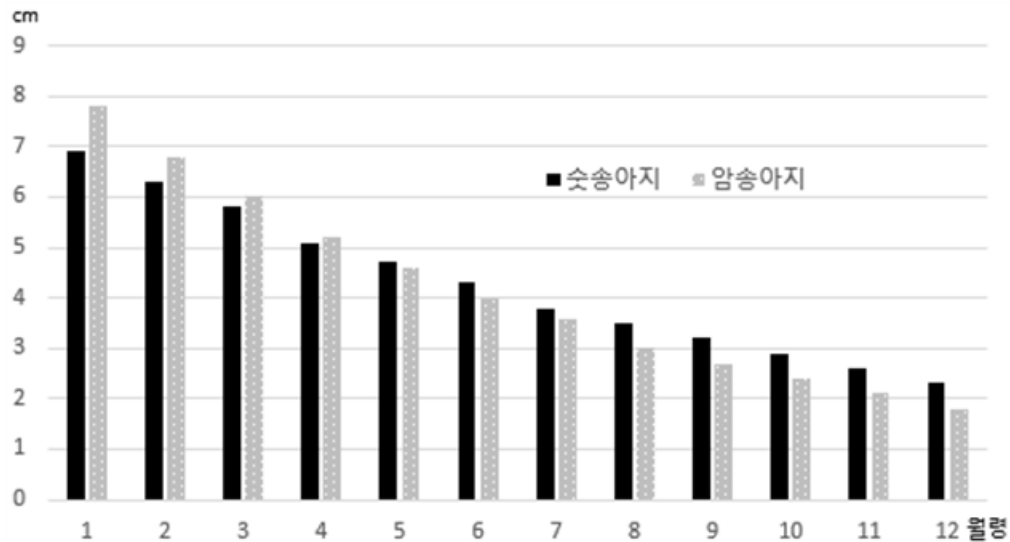


그림 3-1 . 화우송아지의 월별 체고 성장(農林水産省農林水産技術會議事務局, 2008)

우유생산을 주목적으로 하는 유용종의 비유량은 비유 개시 후 2개월에 최고치에 도달한 다음 점차적으로 감소된다. 반면에 육용종인 한우의 경우 개체능력, 산차, 영양상태 등에 의하여 차이가 있겠지만, 특히 한우 암소의 분만 전·후 BUN, triglyceride, NEFA와 같은 영양대사 관련 물질이 영양소 공급 부족이 가중되면서 불균형 섭취로 인해 에너지원으로 이용할 체조직의 분해가 증가된다(김, 1978). 비유 지속성도 짧아 비유량이 분만 후 비유개시 첫

달에 최고치에 도달하였다가 3개월령에 급격히 감소된다. 표 3-1에서와 같이 산차 및 분만계절별로 보면 초산의 경우 2산차 이상보다 비유량이 약 30% 적고, 3산차에서 가장 높으며 봄 분만우가 가을 분만우보다 비유량이 많다. 또한 일본 화우의 산차별 비유곡선을 보면 1산차와 8산차 이후 보다 2~7산차의 유량이 높음을 알 수 있다(島田和宏, 1998). 따라서 지속적인 건강한 송아지 생산을 위해 7산차까지 번식우의 적절한 영양 관리가 필요하다.

표 3-1. 한우의 산차 및 분만계절별 비유량(kg/일)

구 분	분만 후 월령				평 균
	1	2	3	4	
산차					
1	3.55	3.12	2.65	2.26	3.07
2	3.84	3.51	3.25	3.10	3.45
3	4.03	4.21	3.79	3.47	4.12
≥	3.79	3.64	3.15	2.99	3.53
분만계절 ¹⁾					
봄	3.99	3.79	3.63	3.34	3.69
가을	3.62	3.45	2.78	2.57	3.40

¹⁾ 분만계절: 봄(3~5월), 가을(7~9월)

표 3-2는 한우 송아지 모체 효과에 대한 유전능력(육종가)을 보여주는 것으로 이유 시 체중(생후 90일경)으로부터 추정된 모체 포육능력에 따라 포유기 및 이유 후 체중 변화를 나타낸 것이다. 생시~3개월령 체중은 고능력과 저능력 시험구간에 차이가 없었고, 이유 후 6

개월령까지 송아지 체중은 고능력과 저능력 시험구간 통계적인 유의 차이는 없었지만 저능력 시험구에 비해 고능력 시험구에서 증가하는 경향을 보였으며 어미 소의 포육능력에 따라 증체의 차이가 있었다.

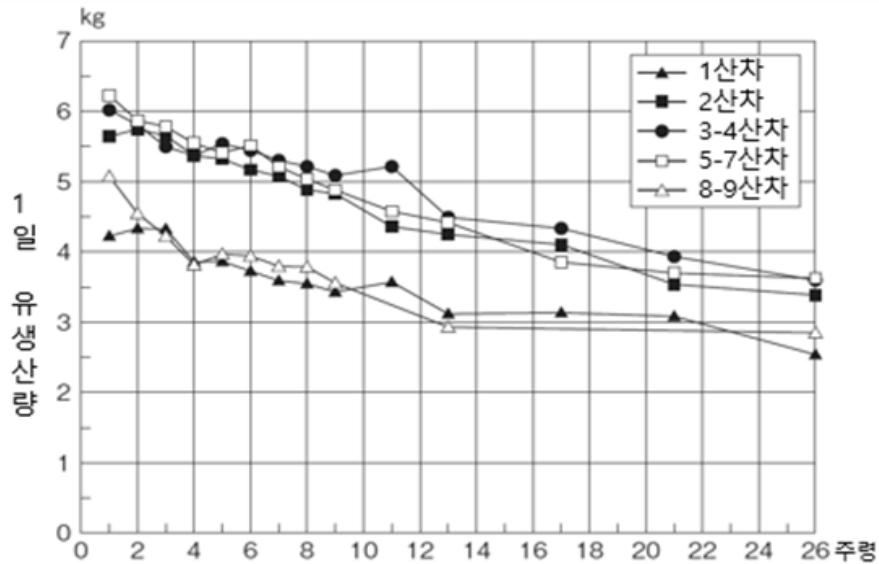


그림 3-2. 일본 화우의 산차별 비유곡선(島田和宏, 1998)

표 3-2. 모체 포육능력별 포유기 및 이유 후 발육 변화(kg/일)(권 등, 2007)

구 분	생후 월령					
	0	1	2	3	4	6
고능력 그룹	23.4 —	39.6 (0.53)1)	58.2 (0.61)	80.7 (0.76)	102.0 (0.69)	144 (0.70)
저능력 그룹	23.8 —	39.3 (0.51)	57.4 (0.59)	79.3 (0.72)	99.8 (0.68)	138 (0.64)

1) 일당증체량

비유능력이 평균수준인 어미 소가 포유하는 송아지는 3주령 내외까지는 정상적인 발육에 필요한 전체의 영양소가 모유만으로도 충분하다. 하지만, 비유량은 오히려 감소되기 때문에 모유로부터 부족한 영양소는 보조 사료로 보충해야 한다. 그 뿐만 아니라 반추위 기능 발달을 촉진할 목적으로도 고품사료의 섭취는

필요하다(강 등, 2001). 특히 양질의 조사료가 확보되지 않는 경우나 모유가 부족하여 초기 발육이 불량한 경우, 또 포유기간 동안의 일당 증체량 목표를 0.6kg 이상으로 할 경우에는 양질의 농후사료로 만들어진 보조 사료를 급여하여 부족한 영양소를 보충해 주어야 한다(강 등, 1988).

한우에서 일일 포유량과 보정산유량의 유전력은 0.39와 0.36으로 차이가 없다. 그러나 송아지의 생시체중, 3개월령 체중 및 포유기 일당증체량에 대한 유전력은 각각 0.28, 0.17 및 0.18로 생시체중 유전력은 약간 큰 편이지만 3개월령 체중과 포유기 일당증체량 간에는 차이가 없는 것으로 알려져 있다. 일일 산유량은 생시체중, 3개월령 체중 및 포유기 일당증체량에 대한 모체효과 등에 대한 유전상관계수가 각각 0.59, 0.79 및 0.68로 산유량이 3개월령 체중이나 포유기 일당증체량의 모체효과 간에 높은 유전상관 관계가 있다(황 등, 2008).

표 3-3는 포유량이 4kg과 5kg일 때, 체중이 50kg이상인 포유 송아지의 일당증체량 목표가 0.6, 0.8 및 1.0kg 일 때, 보조 사료로부터 보충해야 할 영양소를 DM, CP 및 TDN으로 나타내고 있다. 보충이 필요한 영양소량에서 CP 및

TDN은 모유와 조사료로 성장에 필요한 양을 섭취하지 못하기 때문에 일반적으로 보조 사료로서 TDN 72%, DCP 12% 정도의 어린 송아지 사료를 급여한다.

어린 송아지 사료는 펠릿으로 만들어진 것이 취급이나 채식성 면에서 좋지만 급여 초기에는 펠릿을 분쇄하여 급여하거나 대용유 혹은 분유가루를 탑드레싱하여 섭취를 유도함으로써 빠르게 보조사료 섭취에 적응시킬 수 있다. 보조사료 급여량은 비유량이 평균인 경우, TDN의 50%를 보충하는 것을 목표로 하며, 체중 75~125kg에서 체중의 0.9% 상당량을 보조사료로 급여하면 일당증체량 1.0kg 정도 확보할 수 있다(이 등, 1985). 따라서 한우송아지의 포유기간은 생후 약 3개월까지, 일일 농후사료 0.8~1.0kg 및 목건초 0.5~0.7kg 섭취 시 이유할 것을 권장한다(NIAS, 2007).

표 3-3. 포유 송아지의 발육에 필요한 영양소 부족량

체중 kg	포유량 kg	일당증체량 0.6kg			일당증체량 0.8kg			일당증체량 1.0kg		
		DM kg	CP g	TDN kg	DM kg	CP g	TDN kg	DM kg	CP g	TDN kg
40	4.0	0.14	24	0.14	0.27	76	0.29	0.39	128	0.44
	5.0	-	-	-	0.13	35	0.11	0.2	87	0.26
60	3.8	0.47	59	0.41	0.62	115	0.59	0.79	172	0.76
	4.8	0.32	18	0.23	0.47	74	0.41	0.61	131	0.58
80	3.5	0.92	109	0.72	1.14	172	0.94	1.43	236	1.15
	4.5	0.78	68	0.54	1.00	131	0.76	1.29	195	0.97
100	3.0	1.49	149	1.07	1.77	215	1.33	2.09	280	1.58
	4.0	1.35	108	0.89	1.63	174	1.07	1.95	239	1.40
120	2.8	1.98	246	1.35	2.34	327	1.64	2.70	409	1.92
	3.8	1.84	205	1.17	2.20	286	1.46	2.56	368	1.74

주) 모유 성분은 DM 14.2%, CP 4.1%, TDN 18.1%로서 표 3-1에 의해 계산하였음

- 은 요구량에 비하여 모유로부터 공급이 과잉임을 나타냄

봄에 태어난 한우 송아지의 포유기간인 4~8월까지 포유우사 내 일일 평균온도는 10.2~22.7℃로 포유기간이 지날수록 우사 내 온도가 증가했지만 9~10월까지인 가을 분만 시에는 22.2~0.5℃로 감소하여 봄 분만 송아지에 비해 가을 분만 송아지가 상대적으로 저온환경에 대한 노출일수가 많았다(권 등, 2006). 송아지의 육성률과 관련된 여러 환경 요인 중에서 저온환경은 송아지의 이유 시 체중 및 이유 후 증체를 감소시킨다(Grings 등, 2005).

표 3-4에 나타난 바와 같이 한우 송아지 분만계절별 포유기간 동안 송아지 보조사료 섭취량은 생후 1개월 이전에는 주로 어미 소의 모유를 통해 영양소를 섭취한다. 그렇기 때문에 어린송아지사료 및 목건초의 섭취량은 각

각 62.5~66.2g 및 193.8~219.6g으로 분만계절별로 큰 차이 없이 입질을 하면서 소량씩 섭취하다가, 1개월 이후부터 본격적인 사료섭취가 시작된다. 그러나 포유기간이 경과될수록 적정 성장을 위한 포유량 부족으로 보조 사료의 섭취량이 증가하여 봄과 가을에 어린송아지사료의 섭취량 증가폭이 더 크게 나타났다. 분만계절별로는 가을 분만 송아지의 경우 12월~1월 사이인 생후 3~4개월에 동절기 저온 환경의 영향이 심하여 봄 분만 송아지에 비해 보조 사료의 섭취량이 감소한 반면, 생후 1~2개월 사이인 10~11월은 최저 평균 온도가 4.1~6.4℃로 봄 분만 송아지의 5~6월의 1.5~9.4℃ 보다 차이가 적기 때문에 건물섭취량이 증가하였다.

표 3-4. 한우 송아지 분만계절별 영양소 섭취량 및 음수량(권 등, 2006)

구 분		생후 일령			
		≤30	31~60	61~90	91~120
어린송아지 사료(g)	봄	62.5	254.9	1,072.3	2,347.3
	가을	66.2	300.2	965.4	1,800.7
목건초(g)	봄	193.8	265.4	568.1	1,347.5
	가을	219.6	310.6	538.3	709.2
건물섭취량(g)	봄	256.2	520.3	1,640.4	3,694.8
	가을	300.4	611.8	1,503.7	2,509.9
조단백질(g)	봄	28.9	70.8	248.8	553.9
	가을	38.1	87.5	228.8	393.5
가소화영양소총량(g)	봄	148.3	322.5	1,061.6	2,379.8
	가을	173.0	379.3	970.2	1,651.0
음수량/건물(l)	봄	0.95	1.63	1.97	1.94
	가을	1.49	1.64	1.64	1.34

가을분만 송아지의 경우 동절기에 생산 환경 임계온도 범위를 초과하는 일수가 많아짐에 따라 사료섭취량이 감소하였기 때문에,] 추가적인 보온 조치 및 사료섭취 유도 등의 세심한 관리가 필요하다. 음수량도 건물섭취량과 비슷하게 생후 1개월 이전과 1~2개월에는 봄, 가을 분만 송아지 모두 205~403 ml 및

781~1,083ml에 불과하다. 하지만 생후 2개월 이후부터는 보조사료 섭취량 증가와 맞물려 음수량도 증가하여 생후 2~3개월령에 2,451~3,123ml, 생후 3~4개월령에 3,295~7,036 ml로 증가된다(권 등, 2006).

음수 및 영양소의 요구량은 체내의 생리적인 요인, 사양관리 및 기상상태 등에 따라 달

리 나타나고, 사육환경 온도가 증가함에 따라 음수량은 증가하며(권 등, 2006), 사료의 채식량과 밀접한 관계가 있다.

표 3-5에서와 같이 포유기(생시~생후 4개월) 동안 어린송아지 사료와 목건초 간의 상관관

계는 봄과 가을 분만 각각 0.82와 0.75이다. 어린송아지 사료와 건물섭취량간의 상관관계는 봄과 가을 분만 모두가 높았지만, 건물섭취량과 음수량 간 상관관계는 봄 분만 송아지가 0.92로 가을 분만 송아지의 0.83보다 높다.

표 3-5. 한우 송아지 분만계절별 건물섭취량과 음수량 간의 상관관계(권 등, 2006)

구 분		목건초	DMI	음수량
봄	어린송아지사료	0.82	0.97	0.93
	목건초	-	0.92	0.80
	건물섭취량	-	-	0.92
가을	어린송아지사료	0.75	0.98	0.79
	목건초	-	0.85	0.78
	건물섭취량	-	-	0.83

분만계절별 포유기 및 이유 후 체중변화는 표 3-6에서 나타난 바와 같다. 생시~생후 1개월령까지 봄과 가을 분만 송아지의 일당증체량의 차이는 없었다. 그러나 생후 2~4개월령의 봄과 가을 분만 송아지간의 일당증체량이 차

이가 나타나기 시작하여 생후 4개월령 체중은 봄 분만 송아지가 117.8kg로 가을 분만 송아지의 100.9kg보다 많았으며 이로 인해 6개월령 체중도 봄 분만 송아지가 가을 분만 송아지에 비해 증가하였다.

표 3-6. 한우 송아지 분만계절별 발육 변화(권 등, 2006)

(단위 : kg)

구 분		생후 월령					
		0	1	2	3	4	6
분만 계절	봄	26.3	43.2	64.2	89.2	117.8	167.5
		-	(0.54) ¹⁾	(0.68)	(0.84)	(0.98)	(0.83)
	가을	23.6	38.5	57.8	80.0	100.9	140.6
		-	(0.51)	(0.59)	(0.74)	(0.68)	(0.67)

¹⁾ 일당증체량

이와 같은 결과는 송아지의 분만계절은 일당증체량과 직접적인 관계가 있다(Bourdon 등, 1982; Place 등, 1998). 송아지의 적정 생산 환경온도를 기준으로 볼 때 가을 분만 송아지는 동절기 동안 적정 생산 환경 온도를 벗어나는 일수가 많은 반면에 봄 분만 송아지의 경우 안

정적인 사육환경과 사료섭취량 증가는 이와 직접적인 관련이 있다. 따라서 한우 송아지의 유전적인 잠재능력이 최대한 발휘될 수 있도록 건강과 영양관리가 필요하다. 또한, 포유우사의 분만계절별 사육환경 온도는 송아지의 음수량, 보조사료 섭취량 및 성장발육에 영향

을 미치므로 육성률 향상을 위해 포유기 송아지 관리의 차별화가 필요하다.

3.3. 한우 송아지 조기이유

송아지의 이유시기와 관련된 증체와 사료섭취 능력은 육성률 향상과 더불어 어미 소의 번식효율 향상을 위해서도 매우 중요하다(그림 3-2). 송아지 조기이유의 장점은 성장률, 비육기 산육능력, 도체중 및 도체품질을 개선시키고(Makarechian 등, 1988; Myers 등, 1999;

Peterson 등, 1987), 어미 소의 번식효율 개선에도 긍정적인 영향을 미친다는 점이다(Jung, 1983; Myers 등, 1999). 앵거스(Angus)를 이용한 연구결과(Meyer 등, 2005)에서도 조기 이유 송아지가 일반이유 송아지에 비해 일당증체량과 도체중이 높고, 배최장근 단면적도 더 넓게 나타난 것으로 보고되었다. 특히 Wertz 등(2001)은 조기 이유한 송아지를 고에너지(농후) 사료로 사양했을 때, 일반 이유한 송아지에 비해 근내 지방도가 증가하고 등지방 두께가 감소하였다고 보고하였다.

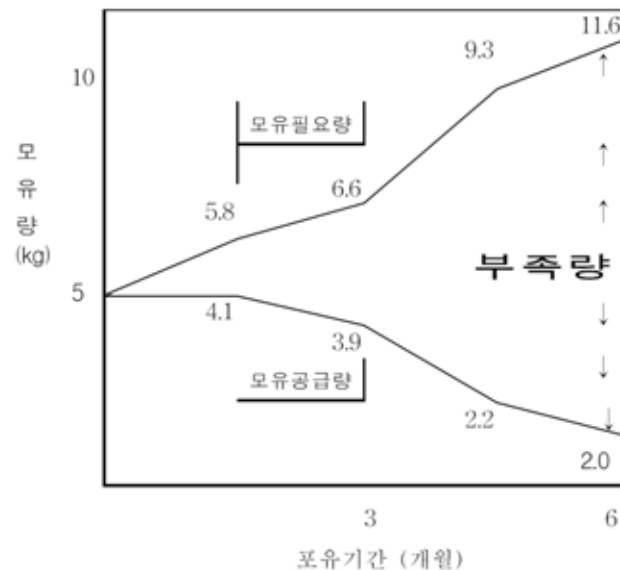


그림 3-3. 한우어미소의 포유능력과 송아지 요구량(“다육성 한우생산을 위한 유량조절 유전인자의 탐색 및 활용에 관한 연구” 최종보고서, 2002)

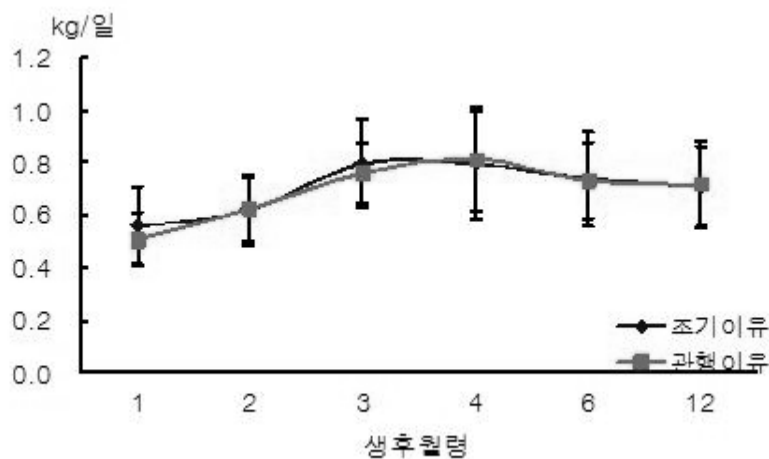


그림 3-4. 한우 송아지의 이유시기별 일당증체량 변화(권 등, 2007)

표 3-7은 한우 송아지 이유시기별 포유기와 이유 후 체중을 나타내었다. 조기 이유(생후 3개월령) 및 관행 이유(생후 4개월령) 송아지의 생시와 3개월령 체중은 각각 24.3과 24.5kg 및 84.5와 81.9kg 이었고, 조기 이유 시 육성기에 해당하는 생후 4, 6개월 및 12개월 체중은 각각 108.9, 153.3 및 267.5kg이었다. 관행 이유 시 육성기에 해당하는 생후 6개월 및 12개월

체중은 각각 150.2 및 270.7kg으로 이유 후 육성기의 체중도 차이가 없었다. 또한 이유시기별 일당증체량 역시 체중과 마찬가지로 조기 이유와 관행 이유 송아지 처리구 간에 큰 차이가 없었는데, 생후 1개월령 일당증체량은 0.51~0.56kg/일에서 생후 4개월령에 0.80~0.81kg/일로 증가하여 생후 12개월령에는 0.71~0.72 kg/일을 유지하였다(그림 3-3).

표 3-7. 한우 송아지의 이유시기별 발육변화(권 등, 2007)

(단위: kg)

생후월령	조기이유 ¹⁾	관행이유 ²⁾
0	24.3	24.5
1	40.9	40.3
2	59.8	59.4
3	84.5	81.9
4	108.9	107.0
6	153.3	150.2
12	267.5	270.7

¹⁾ 조기이유: 생후 90일령 이유, ²⁾ 관행이유: 생후 120일령 이유

표 3-8에서 보는 바와 같이 한우 송아지 이유시기별 사료섭취량의 차이는 없고, 생후 3개월령 성장발육(그림 3-3 및 표 3-7)의 차이도 없기 때문에 생후 3개월령 전후에 이유시키는 것이 유리하다. 또한 송아지의 이유시기가 늦어질수록 육성기~비육기 동안 사료섭취량은 많아지고 사료효율은 낮아지기 때문에 (Arthington 등, 2005; Myers 등, 1999) 비육기 사료이용성 측면에서도 이유시기를 앞당기는 것이 바람직하다.

한편, 송아지의 이유시기 조정이 어미 소의 발정재귀일수에 미치는 영향은 없었으나 분만 간격은 조기이유(3개월령) 송아지 처리구가 370일로 관행이유(4개월령)의 393일보다 23일 정도 단축된다. 따라서 송아지 포유와 관련된

어미 소의 모성 본능(maternal behavior)은 수태당 종부횟수와 분만간격 증가 등 어미 소 번식기능의 회복에 부의 효과를 보여(Hoffman 등, 1996; Williams 등, 1993), 어미 소의 번식능력 향상을 위해서도 조기이유가 바람직하다.

송아지 이유 시기는 반추위 소화 및 흡수 능력이 충분히 발달되어, 고형사료를 섭취해도 정상적인 성장이 이루어질 수 있는 시기로 결정할 수 있는데, Holstein 송아지의 경우, 일일 0.7kg 이상의 농후사료를 3일 연속 섭취할 수 있는 시점을 근거로 한다(NRC, 2001). 이시기는 얼마만큼 빨리 송아지가 농후사료에 적응하느냐에 따라 달라질 수 있지만 빠를 경우 생후 4-5주도 가능하다(NRC, 2001; 여 등, 2011). 한우 송아지 이유 시기는 성장과 영양소 섭취

량을 고려하여 생후 3개월령 전후 체중 80kg 정도(일당증체량 0.7kg 전후)에 입 불이기 사료 0.8~1.0kg/일, 목건초 0.5~0.7kg/일 정도의 섭취량만 충족된다면 성장 및 영양소 섭취수준이 충분하므로 이유가 가능하다(권 등 2007).

송아지 이유시기 결정을 위한 고려사항으로 는 생후월령이나 체중도 중요하지만 무엇보다도 반추위 발달과 이유 후 적정 발육을 위한 고품사료와 양질 조사료의 섭취량이 중요하다. 이 시기에는 한우의 비유생리 특성상 유량이

급격히 감소되기 때문에 영양소 섭취를 위한 포유의 의미는 적어지게 된다. 또한 계절별 농장 사육환경 변화에 따라 체온유지 등을 위한 영양소 요구량이 증가되기 때문에 분만계절별, 성별 이유시기도 고려해야 한다. 일관사육 농장에서 송아지 이유 후 14일까지는 사료변경(어린송아지사료→중송아지) 적응 등 환경 스트레스 경감에 노력해야 하고, 비육필소를 외부(이동거리 30km 내외)에서 구입한 경우에도 동일하게 적용이 가능하다(권 등, 2007).

표 3-8. 한우 송아지 이유시기별 건물섭취량 변화(권 등, 2007)

구 분	생후월령	조기이유	관행이유
입불이기사료(g)	≤ 30	65.9	62.2
	31~60	278.6	283.0
	61~90	1009.3	997.6
	91~120	-	2124.3
목건초(g)	≤ 30	199.4	210.8
	31~60	287.4	295.4
	61~90	545.8	552.0
	91~120	-	1087.2
건물섭취량(g)	≤ 30	271.3	276.9
	31~60	566.8	578.4
	61~90	1555.1	1549.6
	91~120	-	3211.5

표 3-9. 한우의 조기 이유 시 입불이기사료 급여 예

생후 일령	젖먹이는 횟수	어린 송아지사료 급여량 (g/일)	양질건초 급여량
10 ~ 30일	자유포유	10~100g	자유채식
31 ~ 40	3회 (아침 점심 저녁)	100~200g	
41 ~ 50	3회 (아침 점심 저녁)	100~200g	
51 ~ 60	2회 (아침 저녁)	200~500g	
61 ~ 70	2회 (아침 저녁)	500~800g	
71 ~ 80	1회 (아침)	800~1,000g	
81 ~ 90	1회 (아침)	1.0~1.5kg	
합 계		35.5kg	

송아지의 이유를 일찍 하는 경우, 고품사료의 채식량을 파악하고, 순조롭게 육성기에 들어갈 수 있도록 이유시기에 맞추어 영양소 보충이 필요하다. 입 불이기 사료는 반추위 발달이 충분치 못한 갓 태어난 어린송아지에게 급여하는 사료로, 송아지의 소화율을 고려해 유제품이 포함되어 있는 양질의 원료로 구성되어야 하며, 조단백질 함량은 최소 20% 이상이어야 한다. 이유 시 체중이 40kg 정도인 경우, 이유 직후에 발생할 수 있는 발육 저하, 더욱이 이유시기가 빠를수록 이유 후 소화 장애 등에 주의해야 한다.

모유 4kg은 농후사료 약 1kg의 TDN에 상당하고(표 3-11), 특히 우유(액체사료)는 식도구 반사에 의한 완전한 양질의 bypass 사료(1위에서 분해되지 않고 바로 4위로 가서 소화되는 사료)이며 무기물 및 비타민 원으로서도 중요하다. 그러므로 조기 이유 시 보조 사료를 통한 영양소의 충분한 공급과 육성을 향상시킬 수

한 세심한 사육환경 조성이 중요하다.

최근 국내에서는 한우 번식우 농가의 사육 규모가 급속히 커지면서 송아지 발육향상, 번식우 성적개선과 함께 농장운영의 효율성 향상을 위하여, 낙농과 같이 모유에 의존하지 않는 인공포유에 의한 조기이유에 관심이 증가하고 있다. 어린 송아지에 인공포유로 조기이유하고 고에너지 입불이기 사료를 단기간(수개월) 급여하여 대사자극을 통해 도체중과육질이 개선되는 대사각인(Metabolic imprinting) 기술이 개발되었다. 대사각인이란 어린 시기 특정기간 동안 받은 영양자극이 오랜 기간 뒤 영양·생리적인 형질에 영향을 준다는 후성유전학적 생리대사 특성이다. 실제 한우송아지에서도 생후 2~3일간 초유급여에 이어 대용유와 고에너지 입불이기 사료를 10주간 급여했을 때 포유 송아지에 비해 체중에 차이가 없었고 보고되었다(표 3-10, 표 3-11)(Reddy 등).

표 3-10. 한우송아지 인공포유를 통한 조기이유 사양방법

이유기(일)	처리일수	입불이기 사료 ²⁾ (kg)	대용유 ³⁾ (kg)	물 ⁴⁾ (L)	양질조사료(kg)
'1 - 10	10	-	0.3	2.2	
'11 - 20	10	0.0	0.35	2.7	-
'21 - 30	10	0.1	0.4	3.2	
'31 - 40	10	0.1 ~ 0.2	0.5	3.5	
'41 - 50	10	0.2 ~ 0.5	0.5	4.0	
'51 - 60	10	0.5 ~ 0.8	0.4	4.0	자유채식
'61 - 70	10	0.8 ~ 1.0	0.3	4.0	
'71 - 80	10	ad libitum	0.2	3.5	

¹⁾ The imprinting period was divided into 8 phases; each phase has a 10 days interval.

²⁾ Formulated feed has increased in each phase based on the average BW of calves at the start of the weaning phase

³⁾ Milk replacer has increased in each phase based on the average BW of calves at the start of the weaning phase

⁴⁾ Water dilutions were increased in each phase based on the average BW of calves at the start of the weaning phase

표 3-11. 인공포유에 의한 조기이유 송아지와 포유송아지의 체중

항목	처리			
	대조구	T1	T2	T3
체중2,kg				
생후 2 주	38.97±3.79	40.12±2.92	38.43±2.37	41.13±2.21
생후 4 주	49.63±4.02b	40.32±3.02c	40.02±2.37c	50.86±1.92a
생후 6 주	53.56±3.53b	49.24±3.46c	52.12±4.33b	55.96±3.39a
생후 8 주	60.68±3.62a	54.21±3.31c	57.41±3.44b	61.21±2.99a
생후 10 주	68.98±3.82a	61.64±3.16b	63.87±3.80c	69.57±2.58a

1) Different dietary treatment groups: 대조구= mother milk + roughages; T1= milk replacer + concentrate; T2= milk replacer + concentrate + roughages; T3= milk replacer + concentrate + 30% starch.

2) Calves weight at different weaning periods

NA= not applicable

Values are mean with standard errors; a-c within horizontal rows, means with different superscript letters are significantly different ($P < 0.05$)

표 3-10에서 한우 송아지의 포유기간 중 대용유, 전분함유 고에너지 농후사료와 조사료를 급여하고 반추위 용모 발달을 조사한 연구에 따르면(최 등, 2014; Kondreddy 등, 2017), 포유한 송아지보다 대용유와 전분을 포함한 고에너지사료와 조사료를 급여한 처리구에서

반추위의 물리적 성장과 유두의 발달이 개선되었다고 보고하였다(그림 3-5, 표 3-12). 송아지의 건강한 반추위 발달을 위해서는 어린 송아지가 이용하기 쉬운 원료로 구성된 고에너지 입 불이기사료와 소화가 잘되는 양질의 조사료 급여가 필요하다.

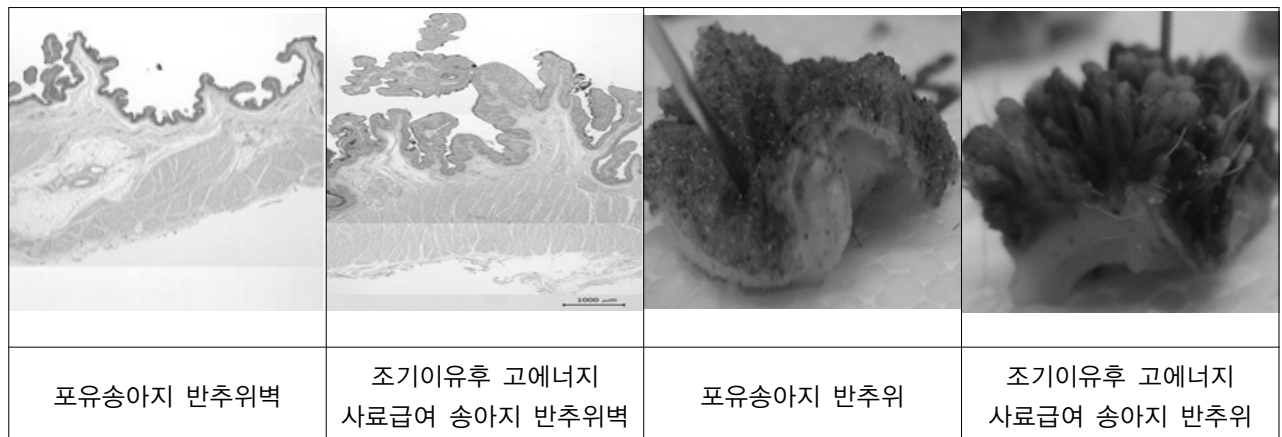


그림 3-5. 한우 송아지 사료급여 특성에 따른 반추위발달(이 등, 2017)

표 3-12. Mean of distinct physical regions of six months calves rumen papillae tissues in control and different metabolic imprinted (T1, T2 and T3) groups

Rumen1 area	Treatment2	Papillae length (μm)	Papillae width (μm)	Mucosa thickness (μm)	Ruminal thickness (μm)
LB	포유처리구	793.17±135.05d	265.65±21.04	1311.19±160.95d	3578.51±254.80
	T1	1942.52±145.60a	350.73±18.26	3924.99±297.32a	6815.86±501.48
	T2	1351.13±211.28b	340.97±23.09	1794.69±254.49b	4414.41±180.02
	T3	981.41± 95.53c	346.70±10.42	1561.43±185.54c	4623.24± 74.94
LC	포유처리구	681.37±118.44d	279.69±23.69	1186.10±107.14d	3790.05±274.72d
	T1	2128.06±196.66a	365.49±18.61	3428.86±164.60b	5566.48±339.28b
	T2	1495.35± 42.11b	356.52±18.36	1734.16± 60.75c	4789.86±266.27c
	T3	1070.46± 40.37c	359.90±14.20	4294.89±199.40a	6973.71±241.66a
LD	포유처리구	1735.91±190.43b	304.42±10.29b	2421.37±223.46c	5402.20± 43.31
	T1	2147.65±275.63a	324.98±25.12b	3488.07±301.45b	6043.09±345.24
	T2	2261.17±137.98a	313.26± 6.18b	3373.55±204.36b	5344.71± 43.29
	T3	1734.77±130.48b	433.73±17.76a	3716.89±181.38a	6617.41±213.43
A	포유처리구	547.33± 61.86d	226.46± 7.26c	1047.49±109.68d	3301.74±134.44c
	T1	1377.72±129.14a	337.03±14.48a	3230.90±160.28b	6581.31±249.79a
	T2	935.55± 73.69c	299.27± 5.85b	1692.83±106.58c	4081.07±181.01b
	T3	1118.72± 22.25b	361.87± 5.62a	4014.20±280.76a	6542.01±220.41a
LE	포유처리구	969.25±186.55c	298.16± 5.02	1738.28±296.59b	3714.08±171.31
	T1	1778.34±175.11a	319.78± 6.36	3066.91±363.97a	6198.75±501.91
	T2	808.25± 23.59c	285.27± 8.15	1503.75± 91.14c	4158.11±117.5
	T3	1127.60± 97.53b	341.73±13.59	2919.24±381.83a	5437.26±480.12
RE	포유처리구	980.76±103.70c	309.04±18.11c	1501.10±148.13c	4711.04±118.83
	T1	2121.90±255.52a	351.77±18.71b	2957.39±292.09a	6223.50±419.17
	T2	1571.37±160.14b	417.78±20.97a	3042.75±200.98a	5978.92±300.52
	T3	1070.07± 59.65c	416.73±25.85a	2723.22±288.91b	6402.19±400.53
RB	포유처리구	836.45± 71.13c	303.79± 6.70	1528.65±108.95c	3574.47±202.21c
	T1	1807.21± 83.52a	341.20± 6.45	3399.51±163.77a	5583.05±144.86a
	T2	1439.37± 93.65b	324.05± 4.21	2276.74±147.12b	5165.37±293.05b
	T3	1524.04±107.59b	386.18±12.32	3299.25±216.63a	5770.03±282.62a
RC	포유처리구	417.65± 18.24c	307.79±16.44	1114.80±52.22c	3506.54±146.41c
	T1	942.84±102.14a	366.51± 4.78	2166.25±235.27a	4655.20±213.14a
	T2	505.68± 44.51b	345.53±15.68	1305.56± 82.32b	4062.25± 55.80b
	T3	428.87± 19.25c	309.93± 3.75	1247.87±126.81b	3520.89±163.40c
RD	포유처리구	947.08±103.93d	269.89± 8.12c	1607.20±204.84d	4559.68±394.26
	T1	1891.67±152.53a	319.37± 5.45b	2265.41±181.79c	5395.82±320.76
	T2	1638.51± 88.54b	282.96±11.33c	2947.93±139.56a	6038.54± 29.53
	T3	1243.29±107.81c	354.49± 3.23a	2762.36±166.53b	6692.931± 15.07

¹⁾ Different rumen physical areas: LB= left side caudal dorsal sac; LC= left side cranial dorsal sac; LD= left side cranial ventral sac; A= caudal portion of the caudal ventral blind sac; LE= left side ventral portion of the caudal ventral blind sac; RE= right side ventral portion of the caudal ventral blind sac; RB= right side caudal dorsal sac; RC= right side cranial dorsal sac; RD= right side cranial ventral sac.

²⁾ Different dietary treatments: control=mother milk+roughages; T1= milk replacer+concentrate; T2= milk replacer+concentrate+roughages; T3= milk replacer+concentrate+ 30% starch.

Values are mean with standard errors; a-d within vertical rows, means with different superscript letters are significantly different ($P < 0.05$).

일본에서는 송아지 설사발생 저감과 어미소의 번식효율을 위해 화우 송아지 사양에 일찍이 조기이유 기술을 도입하여 보편적인 송아지 사육기술로 적용하고 있다. 일본 화우는 우

리 한우와 소의 혈통 및 사육환경이 비슷하여 일본 화우의 대용유 활용 조기이유 시스템에 대하여 표 3-13에서 소개하였다(農林水産省農林水産技術會議事務局, 2008).

표 3-13. 일본 화우의 조기이유(생후 1주령)시 사료급여 예(農林水産省農林水産技術會議事務局, 2008)

생후일 (주) 령	대용유(풍건물) 급여량(g/日)	입붙이기 사료 급여량(g/日)	양질건초 급여량
8~13일	400		
14~17	500		
18~21	500	100	
22~28	500	200	
29~35	500	300	
36~42	500	500	
43~49	250	800	
7~ 8주	(250)	1200(1000)	자유채식
8~ 9	(250)	1400(1200)	
9~10	(250)	1500(1300)	
10~11		1600	
11~12		1700	
12~13		1800	
13~14		1900	
합계	18.7(23.9)kg	90.7(113.1)kg	

3.4. 육성기 사양관리

한우의 육성기는 산육생리 및 발육특성으로 볼 때 생후 3~4개월령에서 12~13개월령까지로 볼 수 있다. 이 기간은 뼈, 내장, 소화기관(제1위)이 왕성하게 발육하고(Yamazaki, 1977), 이

들 기관의 발육 촉진은 물론 장기 비육에 잘 견딜 수 있는 기초체형이 형성되는 시기이므로 어느 비육단계에서 보다 이기간의 사양관리가 중요하다. 특히 이 기간은 입식기간이 포함되므로, 이때 사양관리가 부실하면 그 후 비육기간의 사료섭취가 원활하게 이루어지지 않

으며, 이로 인해 증체가 순조롭지 않게 되거나 여러 가지 질병도 일으키게 된다.

3.4.1. 입식기간 사양관리(입식~4주)

비육밀소로 거래되는 송아지는 거래과정 동안 이동과 이동 중 절식, 절수, 입식 후의 낮은 환경, 예방 접종, 구충 및 거세 등과 같은 각종 처리 행위 등으로부터 많은 스트레스를 받게 된다(Grandin, 1997; Hutcheson 등, 1986; Jung 등, 1996; Loerch 등, 1999). 이와 같이 입식송아지는 많은 스트레스를 받고 있기 때문에 사료섭취량이 감소하는데, 특히 입식 후 첫 1주일 동안의 사료섭취량은 불규칙하고 매우 낮다(Hutcheson 등, 1986). 그러므로 입식송아지의 사양관리는 송아지를 스트레스로부터 빨리 회복시키는 것이 매우 중요하다. 대개 스트레스 회복기간은 3~4주가 걸리고, 입식 후 첫 1~2주간의 스트레스 회복이 입식기간의 적절한 증체와 건강을 유지하는데 매우 중요하며, 급여하는 조사료와 농후사료의 품질이 크게 영향을 미친다.

표 3-14에서 보는 바와 같이 입식 후 첫 2주간의 증체량은 조사료 품질에 의해 뚜렷한 영향을 받으며, 양질 건초를 급여한 것은 0.90~1.00kg의 일당증체량을 나타내었다. 양질 건초는 입식송아지의 건강을 조속히 회복시키고 성장을 촉진하는 효과가 있음을 명확히 보여준 것이다. 이러한 결과를 비추어 볼 때 입식기간 중 조사료는 양질조사료를 반드시 자유채식 시키는 것을 원칙으로 하고, 볏짚을 급여하는 경우도 최소한 입식 후 첫 2주 정도는 건초를 급여한 다음 볏짚으로 대체하는 것이 바람직하다고 볼 수 있다. 입식초기부터 일반

볏짚이나 암모니아처리 볏짚을 단일 조사료원으로 급여하는 것은 바람직하지 않다(정 등, 1996).

한편, 입식용 배합사료도 적절한 단백질과 에너지의 공급과 함께 사료에 첨가된 염화칼륨(KCl)과 생균제 등이 입식송아지의 스트레스를 회복하는데 복합적인 요인으로 작용한다. 그렇기 때문에 조단백질 15~16%, TDN 69~70% 수준으로 기호성이 있고, 송아지의 건강을 유지하거나 스트레스를 회복하는데 유익한 첨가물을 포함하는 사료적 요인이 충분히 고려된 것이라야 한다. 배합사료 급여량은 입식송아지의 건강을 유지하면서 적절한 증체를 얻을 수 있도록 급여 프로그램에 따라 서서히 증가시켜 가는 것이 좋다. 사료를 많이 급여해도 입식송아지는 스트레스로 인하여 정상적으로 섭취하지 않는 경향이 있는데, 특히 입식 후 1~2주간은 잘 섭취하지 않기 때문에 무제한 급여는 좋지 않다. 무제한 급여하면 일부 송아지는 과식하여 소화 장애를 일으키는 경우도 있다. 대체로 체중 비(%)로 볼 때 입식 후 첫 1주간은 0.8%를 기준으로 급여하고 그 다음부터 매주 0.2%씩, 4주째까지 배합사료량을 점진적으로 증가시키는 것이 좋다(細山 등, 1983). 예를 들면, 입식송아지 체중이 140kg 전후일 때 입식 첫 주에는 두 당 1.1kg을 급여하고, 그 후 매주 0.3kg씩 증량하여 4주째에 2.3kg 정도가 적절하다. 이러한 기준량을 1일 2회 동일한 양으로 나누어 양질건초의 자유채식과 함께 급여하면 164kg 정도의 체중에 무난히 도달할 수 있고, 송아지의 과식으로 인한 소화 장애도 예방할 수 있으며, 건강한 비육밀소로 육성시킬 수 있다.

표 3-14. 조사료 종류가 입식송아지의 능력에 미치는 효과

항 목	벧짚	암모니아 처리벧짚	건초	건초+벧짚
두수	14	14	14	14
개시 체중 kg	145.9	145.8	145.9	146.1
14일째체중 kg	155.9	153.6	158.5	160.2
28일째체중 kg	164.8	163.7	171.1	169.7
----- 일당증체량,(kg/일) -----				
0~14일	0.72	0.56	0.90	1.01
14~28일	0.63	0.72	0.90	0.68
0~28일	0.68	0.64	0.90	0.84
----- 사료섭취량,(kg/일) -----				
0~14일	3.16	3.41	3.97	3.61
14~28일	4.36	4.41	4.72	4.51
0~28일	3.76	3.91	4.35	4.06
----- 사료요구율,(kg/kg) -----				
0~14일	4.42	6.13	4.41	3.58
14~28일	6.87	6.12	5.25	6.64
0~28일	5.57	6.12	4.83	4.81

1) 조단백질 함량 : 농후사료-15.5%, 일반벧짚-4.1%, 암모니아처리 벧짚-11.7%, 건초-11.4%

2) 첫 14일간 건초, 다음 14일간 일반벧짚 급여

3.4.2. 입식기간 이후 사양관리(입식 4주 후~12개월 령)

이 기간에 무엇보다 중요한 것은 제1 위 발육을 촉진시켜 튼튼하고 큰 배통(반추위)을 만드는 것이다. 제1 위 발달은 생후 3개월령부터 시작하여 8개월령을 정점으로 12개월령까지 계속 되는 것으로 알려져 있다(Yamazaki, 1977). 이 시기에 배통 만들기를 소홀히 하면 비육후기의 사료섭취량이 저하하여 경제적인 증체에 지장을 초래하며, 제1 위 고창증, 제염염, 요결석과 같은 대사성질환이 발생되기 쉽다. 반면에 배통 만들기가 지나치면, 비육전기 에 보상성장이 일어나 비육마무리가 예정보다 늦게 되고 바람직한 쇠고기 생산을 하지 못하게 된다(정, 1997). 그러므로 이 기간은 배합사료 급여량을 제한하고, 영양가가 높고 기호성

이 좋은 양질의 조사료를 자유채식 시켜 조사료를 최대한 많이 섭취하도록 하는 것이 좋다. 표 3-15의 연구결과에서도 생후 5~10개월에서 전체 섭취 가소화영양소 총량(TDN)에서 조사료 부분에서의 TDN 공급비율을 각 20%, 40%, 60%로 했을 때, 비육전기 구간은 육성기 조사료 TDN공급 비율이 20%의 배합사료 증가구간이 좋았으나, 22개월 이후의 비육말기 및 출하 시 체중은 육성기 때 조사료에서의 TDN 공급비율이 60%구가 높음을 알 수 있다(野田昌伸 등, 2005). 또한 표 3-15의 연구결과에서도 육성기 때 DG 1.0kg 기준 TDN 요구량에서 배합사료를 60%로제한 급여하고 이탈리아라이그라스 건초를 무제한 급여한 시험구가, TDN 요구량에서 배합사료를로 80% 급여하고 나머지를 동일건초로 급여한 구 대비해서, 전

체 비육기간에서 육성기간 중 조사료를 많이 주는 0.03kg 많은 결과를 보았다(橋元大介, 2013). 급여한 시험구가 체중에서는 19kg, 일당증체량

표 3-15. 육성기의 농후사료 급여량이 흑모화종 거세초기비육우의 체중 및 증체량에 미치는 영향 (橋元大介, 2013)

시험구	체중 (kg) (체중증가(kg/일))			전체기간 체중증가 (kg/일)
	시험개시	육성기1) 종료	시험종료	
조사료 다량급여	233.0	411.0 (0.98)	729.4 (0.94)	0.94
조사료 소량급여	235.6	432.2 (1.08)	713.0 (0.83)	0.91

1) 육성기: 생후7~12개월

2) 조사료 다량급여: DG 1.0kg에 필요한 TDN 요구량에서 배합사료로 60% 급여하고, 이탈리아 라이그라스 건초 무제한 급여

3) 조사료 소량급여: DG 1.0kg에 필요한 TDN 요구량에서 배합사료로 80% 급여하고, 이탈리아 라이그라스 건초 무제한 급여

배합사료는 조단백질 함량 15~16%, TDN 69~70% 정도의 것을 체중의 1.5~1.6%로 제한 급여하고, 양질건초는 자유채식 시키며 최소한 배합사료 요구량의 90% 정도를 섭취할 수 있도록 해야 한다. 그러나 배합사료 급여량이 증가하면 건초 섭취량은 감소하므로 건초섭취량을 관찰하면서 배합사료 양을 조절할 필요가 있다. 9~10개월령의 섭취량이 3.5~4.0kg 되게 하여 12개월까지 유지하는 것이 바람직하다(백, 1994). 이 기간의 배합사료와 조사료는 과부족 없도록 균형 있게 급여하는 것이 중요하다. 4~5개월령의 송아지는 약 1개월간의 입식기간을 보낸 다음, 배합사료의 개시 급여량은

두 당 3.0kg 정도에서 매월 약 0.2kg씩 증량하여 12개월령에 5.5kg 정도 되게 하면 12개월령 목표체중이 320kg은 무난히 도달할 것으로 예상된다. 이렇게 하여 육성기간의 일당증체량은 0.8kg 이상 되게 하는 것이 바람직하다.

한우 비육우의 육성기 단계에서 조사료 원으로 볶짚을 급여하여 얻은 결과를 보면(표 3-16), 5.5개월령에서 12.8개월령까지 암모니아 처리 볶짚을 급여한 것이 총 증체량으로 볼 때 16kg 더 증가되었고, 볶짚 섭취량은 암모니아 처리 한 것이 14% 더 섭취한 것으로 나타났다(한 등, 1987).

표 3-16. 벧짚급여가 한우거세우의 육성기 비육능력에 미치는 효과

항 목	암모니아 처리벧짚	일반벧짚
두수	10	10
개시월령	5.5	5.6
육성기 종료 월령	12.8	12.9
비육기간(일)	224	224
개시시 체중, kg	137.7	131.1
224일째 체중, kg	319.4	297.0
총 증체량, kg	181.7	165.9
일당 증체량, kg	0.81	0.74

항 목	암모니아 처리벧짚	일반벧짚
사료 섭취량, kg/두/일		
농후사료	3.41	3.42
암모니아처리 벧짚	2.65	-
일반 벧짚	-	2.32
소 계	6.06	5.74
사료 요구율, kg/kg		
농후사료	4.21	4.61
조사료	3.26	3.14
소 계	7.47	7.75

따라서 육성기에 벧짚을 급여할 경우 암모니아처리 벧짚을 주는 것이 단백질의 추가공급 차원에서 당연히 유리하지만, 12.8개월령시에 도달한 체중이 319.4kg이었던 것으로 보면 효율적인 성장을 하였다고 단정 할 수 없다.

또한 표 3-17의 연구결과에 따르면 육성기 벧짚을 급여했을 때 보다 벧짚에 알팔파를 혼합급여 혹은 알팔파나 옥수수 담근먹이를 급여하였을 때 일당증체가 개선되었으며, 사료요구

율이 좋아졌음을 알 수 있다(축산시험장, 1994).

따라서 육성기의 조사료는 벧짚이나 암모니아처리 벧짚을 단일 조사료로 급여하는 것은 바람직하지 않다. 배합사료를 기준량으로 제한 급여할 때 조사료는 양질 조사료 또는 양질의 건초와 벧짚을 혼용 급여하는 것이 보다 효율적인 성장을 기대할 수 있고, 튼튼한 배통을 가진 비육밀소를 만드는데 더욱 좋을 것으로 기대된다.

표 3-17. 육성기 거세한우의 조사료 종류별 발육 및 사료 이용성(축산시험장, 1994)

구 분	벧 짚	벧짚+알팔과	알팔과	옥수수 담근먹이
개시체중(kg)	147.0	152.2	145.7	141.3
12개월령 체중(kg)	257.7	282.7	288.0	292.6
일당증체량(kg)	0.61	0.72	0.79	0.84
1일사료섭취량(kg)				
- 배합사료	3.1	3.2	3.2	3.3
- 조사료	2.9	3.9	4.3	10.0
조사료섭취량(체중비%)	1.4	1.8	2.0	4.6
조:농비율(TDN)	34:66	45:55	51:49	40:60
사료요구율(배합사료)	5.1	4.5	4.1	3.9

이와 같이 육성기에는 조사료를 많이 먹도록 하여 적절한 증체를 유지시키면서 장기비육에 잘 견딜 수 있는 기초 체형을 갖추도록 해야 하는데, 양질 조사료를 급여하면 양질조사료는 조사료로서의 역할뿐만 아니라 영양소 공급효과도 있어, 제 1위 내 미생물 활동을 왕성하게 하고 발효상태를 일정하게 유지시켜 섭취량과 일당증체량이 증가하게 되며, 비육전후기의 사양관리에 좋은 조건을 제공하게 된다. 그러나 벧짚만 급여하면 영양가가 낮고 기호성도 떨어져 필요한 만큼 충분한 양을 섭취시킬 수 없으며, 적절한 증체도 유지시킬 수 없기 때문에 자연적으로 배합사료의 급여량이 많아지게 된다. 배합사료 급여량이 증가하게 되면 일찍부터 내장주위에 지방이 축적되기 시작하여, 비육이 진행되면서 피하지방과 근간지방의 축적도 높아지게 된다. 결국 비육전기와 후기의 사료섭취가 불량하여 고급육 생산을 목적으로 한 적절한 비육 마무리를 기대할 수 없게 된다.

3.5. 비육기 사양관리

비육기는 산육생리 특성 상 비육전기와 비육후기로 나누며, 비육전기는 대체로 13~21개월령, 비육후기는 22~29개월령까지로 구분한다. 또한 출하월령이 30개월령 이상으로 연장

될 때는 사양관리 측면도 고려하여 별도 체계를 만들 필요가 있는데, 이때는 13~18개월령까지 비육전기, 19~24개월령까지는 비육중기, 25개월령 이후 출하 시 까지를 비육후기로 구분하기도 한다.

3.5.1. 비육전기 사양관리(13~21개월령)

비육전기는 조사료 위주로 육성된 비육밀소가 본격적인 근육 성장을 하면서 체지방도 함께 증가하는 기간으로, 육성기 제한급여에 따른 성장억제가 보상성장으로 이루어져 일당증체량이 급격히 높아지는 시기이다. 또한 적육의 발달을 최대한 촉진시키며, 지육지방과 근내지방(마블링) 축적에 필요한 지방세포의 발달(분화) 시기에 해당되는 만큼 적절한 영양관리가 필요하다(Yamazaki, 1977). 이 시기의 사료를 통한 영양소 섭취량은 증체는 물론 육질에 크게 영향을 미친다. 육질은 품종과 같은 유전적 특성에 영향을 많이 받지만, 산육생리에 기초한 영양, 사양관리 및 급여사료의 영향도 매우 크게 받고 있기 때문이다. 하지만 이 시기에 증체량을 너무 높이 추구하여 과도하게 사료량을 증량하게 되면 피하지방이 두꺼워지고 신장 주위지방(신지방)과 같은 불가식지방이 크게 축적되는 부작용이 있으므로 적

정 수준의 CP와 TDN의 농후사료를 제한 급여하는 것이 중요하다. 비육전기에는 정육 생산이 최고치에 이르면서 근육 내 지방 축적이 시작되는 시기인 만큼 비육후기보다는 높은 CP 함량을 설정하면서 에너지를 과하게 공급하지 않고 단백질 및 에너지 균형에 중점을 둘 필요가 없다. 이에 따라 시판되는 비육전기용 농후사료의 성분은 보통 CP 13~16%, TDN 68~70% 정도로 육성기와 비육후기의 중간정도이다. 한편, 출하시의 체중을 높이기 위하여 육성기와 비육 전기에 농후사료 위주의 사료를 급여하는 경우가 많은데, 이로 인하여 신장 주위지방(신지방)과 근간지방이 크게 축적되지만 근육의 발달이 억제될 가능성이 높다. 또한 육성기에 반추위 용모 및 용적 발달이 늦어지고, 비육 전기에 과산증으로 인해 사료효율 저하 및 반추위 용모 손상 등을 가져올 수 있다. 특히, 근래 한우의 사육목적이 육량보다는 육질의 고급화를 우선하므로 출하월령의 장기화를 위하여 비육 전기에도 농후사료를 다소 제한하여 급여함으로써 빠르게 진행되는 지방축적 속도를 억제할 필요가 있다. 또한 비육 전기부터 농후사료를 다량 급여할 경우 비육후기에 과산증, 과도한 체지방 축적 등으로 인해 사료섭취량이 저하되고, 고창증과 요석증 등의 질병을 유발할 가능성이 높다. 따라서 TDN 수준은 비육후기보다 낮게 설정하고 건초 및 볏짚 등의 조사료를 20%(풍건물 기준) 이상 급여하여 충분한 건물 섭취량을 유지하고 반추위 기능을 최대한 유지할 필요가 있다.

실제로, 육성기 혹은 비육 전기에 조사료를 많이 급여한 소에서는 농후사료를 많이 급여한 소에 비하여 반추위의 용적이 크고 반추위 용모 발달이 증대되었다(Nocek 등, 1980; Beharka 등, 1998), 이로 인하여 비육후기의 사료섭취가 많기 때문에 증체량이 오히려 증가한다. 이 기간에는 전체적으로 농후사료 섭취

량을 증가시키는 것도 중요하지만 특히 섬유소 섭취량이 부족하지 않은 범위에서 농후사료 급여량을 점진적으로 증량할 필요가 있다. 하지만 일반적으로 비육 전기까지 조사료 급여 비율이 30% (풍건물 기준)를 초과하거나 조사료 다급기간을 너무 길게 하면 뼈와 근육의 발육이 억제되어 증체에 좋지 않은 영향을 주는 경우가 있으므로 비육 전기의 사료급여에서는 조사료를 20%(풍건물 기준) 정도 급여하는 동시에 뼈와 근육 등의 발육에 필요한 영양소를 부족하지 않도록 하는 것이 중요하다. 또한 육성기와 비육 전기에 조사료를 많이 급여하여 증체를 억제시키는 반면에 비육후기에 농후사료를 많이 급여할 경우 보상성장이 기대되지만 비육기간도 어느 정도 길어질 수밖에 없다. 또한 조사료의 종류 및 질이 좋지 않을 경우에는 증체 및 육질에 악영향을 주므로 조사료를 급여하는 시기와 질에 주의해야 한다. 특히, 육성기와 비육 전기 동안 농후사료를 지나치게 제한할 경우 비육후기 때 사료 섭취량의 급격한 증가로 보상 성장이 빠르게 이루어질 수 있는데, 이런 경우 피하지방이 두꺼워 지고 수분 함량이 높아질 뿐만 아니라 조직감이 나쁜 지육을 생산할 수 있다는 점을 간과해서는 안 된다(정, 1997).

비육 전기에는 보통 건초 또는 볏짚 급여를 권장하며 되도록 수분이 많은 사일리지의 급여는 피해야 한다. 사일리지는 베타카로틴 성분이 높으며, 이는 비육 전기 근내지방의 분화를 억제하는 혈중 비타민A로 전환되기 때문에 주의가 필요하다. 또한 세절 사일리지의 경우 입자도가 작아 반추위 통과속도가 높으며 이는 반추 작용을 감소시켜 침을 적게 분비하게 하여 반추위 산도조절에 문제를 야기한다. 건초 역시 녹색도가 좋은 양질 조사료의 경우 베타카로틴 성분이 높아 주의해야 하며, 가능하면 라이그라스건초와 같이 녹색도가 낮은 것

을 선택해야 한다. 다만 적극적인 비타민A 결핍 유도사양은 우리나라는 아직 연구결과가 미미하고, 비타민A 결핍에 따른 피해 위험성 때문에 실제로의 적용은 신중히 접근할 필요가 있다. 비타민A는 시력은 물론 소의 발육, 번식과 기타의 기능의 발현을 위해서 중요한 물질이기 때문에 비타민A를 제한하여도 결핍 증상이 발생하지 않는 정도에 한해서 기간을 한정할 필요가 있다.

최근 벧짚의 포장 방법은 거의 대부분 원형 베일에 비닐 랩핑을 하기 때문에 포장 이후 수

분 조절의 기회가 없게 된다. 따라서 벧짚 예취 시 기상 여건(일조량, 강우여부, 강우량 등)에 따라서 벧짚의 수분 함량이 크게 차이가 나게 된다(그림 3-5). 이에 원형베일 벧짚을 이용할 경우 사전에 수분 함량을 분석하여 풍건 기준으로 급여량을 조정해야 한다. 원형베일 벧짚 절단기를 이용하여 사전에 세절하여 바닥에 쌓아두면 일부 자연 건조가 될 뿐만 아니라 급여 시 허실을 줄일 수 있어 고려가 필요한 사양관리 기법이다.

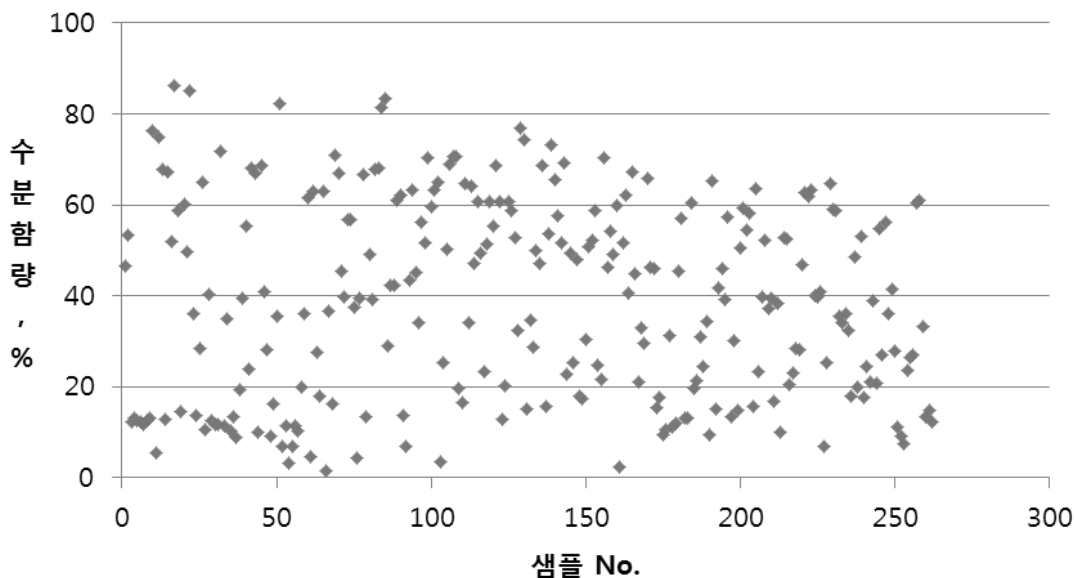


그림 3-5. 벧짚 샘플 간 수분 함량 차이(A 사료회사 중앙실험실 분석 자료)

한편, 이 기간은 개체 간 사료섭취량에서 차이가 나타나 증체와 육질에 나쁜 영향을 주기 때문에 낙오되는 개체가 없도록 사료조의 충분한 길이를 확보하여 사료섭취량에서 개체간의 차이를 최소화해야 한다. 더 나아가서는 사료조에 칸막이를 부착하거나 스탠존을 설치하는 등 개체 급여가 가능하도록 설비를 갖추는 것도 중요하다. 동일한 우방에서 체중 차이가 클 경우 사료섭취량의 차이도 나지만 서열 다툼으로 인한 스트레스로 체중 감소가 야기될

수 있다. 따라서 육성기에서 비육전기로 사료를 교체하는 과정에서 거세우의 발육상태를 점검하고 체중을 측정하여 서로 비슷한 개체끼리 우군을 재편성하는 것을 권장한다.

3.5.2. 비육후기 사양관리(22~29개월령 출하 시)

비육후기는 근내지방의 발달이 매우 빠른 시기이므로(Yamazaki, 1977) 사양관리를 마블링 중심의 육질개선에 중점을 두어야 한다. 특

히, 비육후기의 후반부에는 유지요구량이 증가하기 때문에 농후사료 섭취량이 유지되어도 증체 속도는 서서히 감소한다. 따라서 이 시기에는 농후사료 섭취량의 최고치가 장기간 유지될 수 있도록 관리하는 것이 매우 중요하다. 근내지방도는 도체중 증가에 따라 직선으로 증가하기 때문에(Bruns 등., 2004) 근내지방도를 높이기 위해서는 비육기간 연장이 필수적이며 이에 따라 과거 24개월 출하에서 30개월령 이상으로 꾸준히 증가되어 왔다. 표 3-18은 거세한우를 24~28개월령에 출하 시 사료 급여 방법에 따른 체중변화, 육질 및 육량등급 결과이다. 출하체중 및 냉도체중은 같은 급여수준에서는 출하월령이 길수록 증가하고 1등급 이상 육질등급 역시 출하월령이 길어지면서 증가했다. 반면에, 육량 A등급 출현율은 같은 급여수준에서 출하월령이 증가하면 급격히 낮아

지는 결과를 가져왔다. 즉, 출하 월령 증가 시 도체중 및 근내지방과 같은 형질은 개선되지만 등지방두께와 같은 일부형질은 오히려 불리해짐을 유추해 볼 수 있다. 한편 같은 출하월령에서 급여량의 차이에 의한 형질의 차이도 확인할 수 있는데 소량보다 다량급여구에서 출하체중, 냉도체중 및 1등급 이상 육질등급이 더 증가된 것을 볼 수 있다. 같은 출하월령에서 사료 급여 방법은 육량등급의 출현율에 영향을 미치지 않았다. 건물섭취량이 증가할수록 근내지방이 증가하고 당, 전분, 유기산과 같은 에너지원이 높은 사료 급여 시 근내지방이 높았다는 연구결과도 있다(Williams 등, 1999). 결과적으로 22개월령 이후 비육후기에는 최고치 농후사료 섭취량을 최대한 유지할 필요가 있음을 보여준다.

표 3-18. 사료급여방법 및 출하월령에 따른 육량 및 육질의 변화 (kg, 두, %)

구분	24개월		26개월		28개월	
	소량급여	다량급여	소량급여	다량급여	소량급여	다량급여
출하체중	584.1±31.9	589.6±40.4	626.8±51.8	641.4±55.2	648.2±41.1	661.9±55.3
냉도체중	317.6±21.4	321.6±26.6	355.7±35.8	363.0±34.0	377.1±29.7	391.1±35.8
육량등급	A	12(40.0)	10(33.3)	8(26.7)	9(31.0)	4(13.8)
	B	16(53.3)	17(56.7)	15(50.0)	15(51.7)	21(72.4)
	C	2(6.7)	3(10.0)	7(23.3)	5(17.2)	4(13.8)
육질등급	1+	5(16.7)	4(13.3)	5(16.7)	3(10.3)	8(27.6)
	1	8(36.7)	13(43.3)	13(43.3)	15(51.7)	16(55.2)
	2	17(56.7)	12(40.0)	11(36.7)	10(34.5)	5(17.2)
	3	0(0.0)	1(3.3)	1(3.3)	1(3.4)	0(0.0)

¹⁾ 1일 농후사료 투입량(소량급여) : 7.13(24개월), 7.51(26개월), 7.41(28개월)

²⁾ 1일 조사료 투입량(소량급여) : 2.12(24개월), 2.26(26개월), 2.11(28개월)

³⁾ 1일 농후사료 투입량(다량급여) : 7.43(24개월), 7.67(26개월), 7.73(28개월)

⁴⁾ 1일 조사료 투입량(다량급여) : 2.09(24개월), 2.12(26개월), 2.12(28개월)

비육후기는 비육을 마무리하는 기간으로 근 내지방이 근육 속으로 끌고루 축적되어 육질이 개선되도록 고에너지 사료를 급여해야 한다. 즉, CP 수준을 비육전기보다 낮게 하고 TDN 수준을 높여야 한다. 시판되는 비육후기용 농후사료의 성분은 CP가 12~13%, TDN이 70~74% 정도로 배합·설계되어 있다. 일반적으로 이 시기에 농후사료는 무제한으로 급여하지만 사료의 가공방법과 입자도의 차이에 의해 사료섭취량, 섭취시간 및 제1 위 내의 통과속도가 다르기 때문에 곱게 분쇄 후 재가공한 펠렛 사료 위주의 농후사료를 급여하면 반추위 내 산도 저하가 빠르게 일어나서 사료섭취량의 저하가 신속히 발생 할 수 있다. 따라서 같은 영양소 함량이라도 거친 분쇄 등의 처리를 한 사료원료를 조합하여 이용하는 것이 바람직하다.

한편, 비육후기에는 조사료로 볏짚만을 급여할 수 있지만 급여량을 풍건물 기준 15% 이하로 하는 것이 좋다. 원형베일 볏짚의 경우 수분 함량을 사전에 분석하여 풍건물 기준 급여량 조정이 될 수 있도록 해야 하고 볏짚을 구하기 어려울 경우 녹색도 낮은 건초를 급여해도 된다. 비육후기의 조사료 급여수준을 낮게 설정한 경우에는 육질이 좋아지는데 이것은 농후사료의 비율이 높으면 제1 위 내 프로피온산의 생성 비율이 높아져 지방의 생성 및 축적이 이루어지며, 또 빠른 반추위 통과속도에 의하여 제1 위 내에서의 소화율은 감소하지만 하부소화관에서의 소화율이 높아져 결과적으로 전 소화관 내의 소화율이 향상되어 에너지 효율이 개선되기 때문이다. 그러나 이러한 결과들은 제1 위 기능이 유지될 수 있는 범위 내의 조사료를 급여하는 것을 전제로 하는 것이며, 후기에 조사료 급여량을 결정하는 것은 육성기에 제1 위가 충분히 발달되었는지 여부에 달려있다.

비거세 수소의 비육은 거세우에 비교하여 증체 능력이 크기 때문에, 비육기간을 짧게 해도 출하체중을 높일 수 있으나, 거세우에 비교하여 육질이 저하되고 비육 사양관리상 위험성이 수반되기에 거세우 비육을 권장하고 있다. 이 시기는 이미 비육전기 때 농후사료 섭취량이 자유채식량에 도달한 최대 섭취량을 가능한 오래 지속할 수 있도록 해야 한다. 농후사료 섭취량의 최고치가 높게, 그리고 그 높은 섭취량을 될 수 있는 한 오래 유지하게 균형을 잘 이루도록 관리하는 것이 중요하다.

비육전기 때 사양방법에 문제가 없으면 대개 최대 섭취량은 오래 유지된다. 그러나 육성초기와 비육전기 때 조사료 섭취가 부족했을 경우는 물론 이와 반대로 육성기에 농후사료를 많이 급여했거나 비육전기 때 농후사료의 증량이 너무 많았거나 하면 최대 섭취량에 도달하는 것도, 또는 유지하는 것도 어렵게 된다. 또한 육성기와 비육전기 때 사양관리 잘못(농후사료의 지나친 제한)으로 비육후기에 보상 성장을 한 것은 후기의 사료섭취량 증가로, 피하지방이 두껍고 수분이 많으며 조직감이 나쁜 지육을 생산할 수 있다(정, 1997). 농후사료는 조단백질 함량 11~12%, TDN 72~73% 정도로 자유채식을 기본으로 하되, 사료급여 시에 먼저 급여한 사료가 조금 남는 정도를 기준하여 0.5kg을 증감하면서 자유채식량을 유지시키는 것이 바람직하다.

비육후기의 후반기(24개월령 이후)는 유지요구량이 증가하기 때문에 농후사료 섭취량이 유지되어도 증체는 서서히 감소한다. 그러므로 농후사료 섭취량이 최고치가 지난 후에도 섭취량은 가능한 한 감소하지 않도록 세심한 관리가 필요하다. 출하시기가 되면 농후사료 섭취량은 8kg 정도까지 감소하고 일당 증체량도 0.6kg 정도까지 감소한다. 따라서 극단적인 감소가 없도록 사료 급여횟수를 늘려 주거나 바

다, 급수기 및 환기관리 등에 각별히 주의를 기울여야 한다. 또한 사료 섭취량 감소를 예방하기 위해 비육우의 안정을 유지하는 것이 필요한데 거칠게 소를 다루거나 밀집사양, 잦은 우군 재편성 등은 피해야 한다.

비육후기의 조사료 섭취량은 적절하게 유지되는 것이 바람직하다. 농후사료 섭취량의 증가에 따라 조사료 섭취량은 감소하지만, 농후사료의 최대 섭취량에 이르는 시기에 최저가 된다. 그러나 최저일 때도 풍건물 기준 1.0kg 이상 유지되도록 해야 한다. 벳짚일 경우에도 22~24개월령까지는 1.4~1.5kg을 유지하고, 25개월령 이후에도 1.0kg 이하가 되지 않도록 하는 것이 좋다. 이 시기에 조사료 섭취량이 너무 감소하여 섬유소가 부족하게 되면 제1 위내 미생물 균형의 붕괴로 이상발효를 일으켜 사료섭취를 잘 하지 않게 된다. 또한 비육후기에 조사료 섭취량을 너무 많이 하면 근내지방도와 조직감이 나빠질 수 있으니(井村毅, 1993; 정, 1997), 적정량의 조사료 급여가 매우 중요하다. 이와 같이 비육후기의 사양관리가 순조롭게 이루어지면 29개월령의 출하체중은 725kg내외를 기대할 수 있다.

3.5.3. 비육기간 연장에 따른 사양관리

거세를 통한 한우 비육은 좋은 육질의 쇠고기를 생산하는 것인 바, 고급육 형질이 충분히 나타나는 월령에서 출하하지 않으면 기대하는 고급육을 생산할 수 없다. 한우의 출하월령은 일반적으로 사육농가의 비육기술, 사료가격 및 쇠고기 시장거래 가격 등을 종합적으로 고려하여 결정하여야 하는데, 한우를 거세하여 좋은 육질의 쇠고기를 생산하고자 할 경우에는 근내지방이 축적될 수 있는 일정기간의 비육기간을 필요로 한다. 도체중이 200kg에서

400kg로 증가할 때 근내지방도는 직선으로 증가하기 때문에(Bruns et al., 2004) 근내지방도를 높이기 위해서는 비육기간 연장이 필수적이다. 일반적으로 비육기간이 연장되면 배최장근단면적, 근내지방도, 육질등급, 도체성숙도 등의 도체특성(Dolezal 등, 1982; Duckette 등, 1993; Morrison 등, 1979; Van 등, 1995; 정 등, 1996) 및 연도, 다즙성, 풍미 등의 관능적 특성(Dolezal 등, 1982; May 등, 1992)이 개선되는 것으로 알려져 있다. 그러나 필요 이상의 기간 연장은 연장되는 만큼 효율적인 도체형질의 개선효과를 기대하기 어려울 수 있으며, 등지방두께와 같은 일부 형질은 오히려 불리해질 수도 있다. 따라서 비육기간 연장에 의한 효과를 얻기 위해서는 유전적 도체형질의 최대 발현시기를 파악하는 것이 매우 중요하다. 이와 같은 육질형질의 발현 정도는 유전적 자질을 가진 개체라도 급여사료(특히 조사료)의 질, 육성기 및 비육기의 비육단계별 사양 방법 등에 따라 달라질 수 있다. 결국, 출하월령(체중)에 따라 육량과 육질이 달라지고 이에 따라 농가의 수익이 달라지므로 고품질의 한우 육질등급과 사료비 절감을 최대화하여 농가이익을 증대시키기 위해서는 적정 출하시기를 선택하는 것이 반드시 필요하다.

한우를 육성기와 비육전기에 양질의 조사료 위주로 사육하여 26개월령부터 31개월령 사이에 도축한 결과를 월령별로 비교한 결과를 보면(표 3-19), 비육기간을 생후 31개월령으로 연장하여 출하 체중도 750kg 이상으로 높일 경우 배최장근단면적이 넓어지고 근내지방도가 높아졌다. 사료의 이용효율에 있어서는 거세우의 경우 생후 18개월령, 생체중 550kg 정도까지가 높다고 보고되었지만 육질의 등급은 주로 근내지방도에 의해 결정되므로 근내지방도의 향상을 목적으로 비육기간이 길어진다. 그러나 32개월령 이상으로 비육기간을 연장하면

도체형질의 추가적인 개선효과를 기대하지 못할 수 있으며 내장지방 및 피하지방 등의 불가식 지방함량이 높아져 비육효율이 저하되고 등지방두께와 같은 일부형질은 오히려 불리해질 수 있기 때문에 주의해야 한다. 일반적으로

등심의 조지방 함량(근내지방)을 5% 증가시키기 위해서는 약 20kg의 도체 지방량을 증가시킬 필요가 있는데, 그 결과로 피하지방이 두꺼워지고 이로 인해 사료효율이 현저하게 저하되는 부작용이 있다.

표 3-19. 출하월령의 차이가 거세한우의 도체특성에 미치는 영향

구 분	출하월령					
	26	27	28	29	30	31
도체중(kg)	384.13	397.07	453.67	460.33	478.87	497.80
배최장근단면적(cm ²)	87.27	87.47	91.33	96.73	100.60	108.73
등지방두께(mm)	8.20	8.80	12.60	11.20	13.33	15.07
육량지수(%)	69.22	68.90	67.30	68.27	67.62	67.50
육량등급(A:B:C), 두	8:7:0	8:7:0	3:9:3	5:8:2	4:8:3	4:9:2
근내지방도	5.91	5.67	5.37	6.43	6.68	6.74
육질등급(1+1:2:3), 두	10:4:1:0	9:4:2:0	6:6:3:0	13:2:0:0	13:2:0:0	14:1:0:0

근내지방도를 높이기 위해서 비육기간을 연장하고자 하면 29개월령에서 31개월령 전후까지 비육하는 것을 권장한다. 이 때 CP 12-13%, TDN 73-74%의 비육후기 사료를 이용하여 자유채식시켜 최대한 섭취량을 많게 하여 체중을 늘리되 조사료는 반추위의 기능이 유지되는 최소량(전체 사료량의 풍건기준 10% 또는 일일 두당 1kg)만 제한적으로 급여한다. 조사료의 급여수준과 육질과의 관계를 보면 이 기간의 조사료 급여수준을 낮게 설정한 경우에 육질이 좋아지기 때문이나 조사료 부족으로 인한 대사성 질병(반추위 산독증, 고창증 등)이 발생하지 않도록 세심한 관찰과 주의가 필요하다. 또한 배합사료 섭취량 증가에 따른 거세우의 대표적인 대사성 질병인 요결석이 나타날 우려가 있으므로 충분한 급수와 세심한 관찰로 예방하는 것이 매우 중요하다. 이 기간에 배합사료의 자유채식이 불가피하지만 배합사료를 많이 섭취하는 경우에는 반추위내 pH가

낮아져 젖산의 축적이 일어나는 경우가 자주 발생하며 심할 경우 사료 섭취량의 저하와 반추위 산독증을 초래하여 증체량과 사료 이용률을 떨어뜨리게 된다.

소가 농후사료를 섭취하게 되면 유입된 사료의 반추위 발효에 의해 발생한 산성 물질(휘발성 지방산, 젖산 등)로 인해 반추위 pH는 낮아지지만 시간이 경과함에 따라 위액과 침의 중화작용에 의해 서서히 회복되어 정상치를 유지하는 것을 반복한다(Cooper 등, 1998). 비육우의 사료급여 방법으로 일반적으로 이용되는 분리급여방법에서는 반추위 내 pH 1일 변화폭이 클 수 밖에 없다. 이 때 반추위 pH가 반추위 미생물의 성장과 증식에 적당 수준을 벗어나게 되면 미생물 활력이 감소하게 되고 이에 따라 생산성이 나빠지게 된다. 그러나 사료 급여회수를 많게 하면 평균 반추위 pH를 높여주고(Robinson과 McQueen, 1994) 하루 중 반추위 내 pH 변화가 적어진다(Shabi 등,

1999). 또한 반추위 미생물에게 지속적으로 좋은 환경을 제공하게 되어 미생물의 활력의 증가로 인한 최대의 반추위 발효를 가져와 꾸준한 사료섭취량을 유지할 수 있게 되고 이로 인해 생산성 증대가 이루어지게 된다. 반추위 내 pH의 항상성을 유지하고, 섭취 영양소의 효율적인 흡수를 위해 섬유질배합사료 급여를 통해 농후사료와 조사료를 같이 섭취시키게 하는 것도 효과적인 방법이다.

최근 브랜드 단체가 많이 생기면서 브랜드 한우고기 생산과 관련하여 비육기간을 연장하고자 하는 농가가 늘어나고 있다. 하지만, 등지방두께의 증가와 육량 C등급 발생을 미연에 방지하고 소득을 안정적으로 확보하기 위해서는 브랜드업체별로 독자적인 사료 급여체계를 확보하는 것이 바람직하다. 또한 출하 시기는 사료섭취량의 변화(급격한 저하) 여부와 초음파 육질측정 장비를 이용한 초음파 성적을 통해 등지방두께와 근내지방도를 판단하여 결정하는 것도 고려할 필요가 있다.

3.5.4. 한우 암소 비육

한우 암소의 도축 비율은 2005년 37%였던 것이 2012년 48%까지 육박했다가 2017년 상반기에는 45%에 이를 정도로 꾸준히 높은 추세이다. 하지만 육질등급을 높여 고부가가치를 추구해 온 거세우와는 달리 암소는 번식능력의 상실에 따른 도태가 대부분이고, 비육개시 후 농후사료의 과다급여로 피하지방의 급격한 축적과 단기비육으로 인한 피하지방의 근육내로의 숙성(마블링)시간이 충분치 못하여 1등급 이상 출현율이 낮은 편이다. 지금까지 한우 브랜드가 거세우 위주로 발달해 왔으나 소비자의 선택 범위 확대 및 다양화에 부응하고 저능력 암소의 조기비육 도태를 위해서는 암소 고기의 브랜드화도 필요할 것으로 판단된다.

한우 암소의 비육 결정은 번식우로서의 능력이 상실됐을 때 주로 이루어졌다. 따라서 나이가 많은 경산우가 도축되는 경우가 많았고, 육질등급 판정에서 높은 성숙도 판정을 받음으로서 성숙도에 의한 육질등급 하락 가능성이 높다. 육질등급 판정에서 성숙도 8, 9단계 판정을 받으면 근내지방도 점수에 의한 1차 등급판정으로부터 2단계(1⁺⁺등급일 경우) 또는 1단계(1⁺ 이하 등급일 경우) 강등을 가져오게 된다. 암소의 나이 5세 때 도축할 경우 육질등급 강등 비율이 20% 내외인 것이 6세 도축 시 50% 내외, 7세 도축 시 90% 이상으로 증가하게 된다. 표 3-20과 같이 암소의 연령이 증가할수록 성숙도 판정값이 급격히 증가하는 것을 알 수 있다. 따라서 성숙도 증가에 의한 육질등급의 강등을 감안하여 암소의 비육 개시 시기를 결정해야 하는데, 일반적으로 연령이 낮을수록 육질이 우수하기 때문에 가급적 6세 이전에 출하될 수 있도록 비육을 시작하는 것이 바람직하다.

한우 경산우의 육질등급이 높지 않게 나오게 된 배경에는 성숙도에 의한 등급 강등뿐만 아니라 충분치 못한 비육기간도 문제가 된다. 암소의 산차 및 비육 개시체중을 고려하지 않고 송아지 분만으로 감소한 체중을 회복시키는데 급급한 단기 비육 방법으로는 높은 육질등급을 기대하기 어렵다. 한우 경산우의 비육 개시 체중을 450kg 미만 그룹과 450kg 이상 그룹으로 나누어 각각 6, 8, 10개월간 비육한 결과(표3-22)를 보면, 개시체중이 450kg 미만 그룹에서 10개월간 비육했을 때 근내지방도가 4.75로 증가하면서 가장 좋은 성적을 가져왔고, 450kg 이상 그룹에서는 6~8개월간 비육했을 때 근내지방도가 4.57~4.71로 증가하면서 가장 좋은 성적을 보였다. 따라서 경산우의 적정 비육기간은 비육개시 체중에 따라 결정하는 것이 바람직하다.

표 3-20. 한우 암소 연령별 도체특성

구 분	연 령			전체
	5세 이하	6-8세	9세 이상	
도체중(kg)	355.0±62.8	374.7±35.5	357.3±33.2	366.1±48.1
등지방두께(mm)	11.7±6.5	14.0±5.4	19.0±5.3	13.4±6.0
등심단면적(cm ²)	86.1±9.6	87.9±7.9	91.0±5.2	87.4±8.5
육량지수(%)	66.8±4.7	65.1±3.9	62.7±4.1	65.6±4.3
육량등급(A:B:C, %)	48:33:19	27:50:23	0:67:33	33:45:22
근내지방도	4.6±1.9	4.6±1.9	4.3±2.1	4.6±1.9
육색	5.1±0.7	5.1±0.7	5.3±0.6	5.1±0.7
지방색	3.3±0.6	3.8±0.5	4.0±0.0	3.6±0.6
조직감	1.6±0.5	1.6±0.5	1.7±0.6	1.6±0.5
성숙도	5.4±1.5	7.2±1.0	8.3±1.2	6.6±1.6
육질등급(1 ⁺⁺ :1 ⁺ :1:2:3, %)	10:33:19:33:5	3:30:23:34:10	0:0:67:0:33	6:30:24:31:9

표 3-21. 한우 경산우의 비육기간이 도체성적에 미치는 영향

구 분	비육기간		
	6개월	8개월	10개월
450kg 미만			
평균연령	4.8±1.5	4.1±1.1	4.7±2.3
도체중(kg)	313.1±31.7	345.5±34.0	338.5±22.5
등지방두께(mm)	6.86±3.48	8.33±1.63	13.75±4.43
육량등급(A:B:C, %)	57:43:0	84:16:0	25:75:0
근내지방도	3.00±2.38	3.33±0.82	4.75±0.96
육질등급(1 ⁺⁺ :1 ⁺ :1:2:3, %)	14:0:0:72:14	0:0:50:33:17	0:25:50:25:0
450kg 이상			
평균연령	7.9±5.0	6.0±3.3	7.4±4.6
도체중(kg)	360.6±33.0	377.9±25.5	385.2±31.5
등지방두께(mm)	11.29±3.99	10.57±3.95	14.80±6.11
육량등급(A:B:C, %)	29:57:14	43:57:0	22:77:11
근내지방도	4.71±1.89	4.57±1.72	3.60±1.51
육질등급(1 ⁺⁺ :1 ⁺ :1:2:3, %)	0:29:0:57:14	0:14:43:29:14	0:10:40:30:20

한우 암소 비육 시 단기간 내에 출하체중을 높이고자 보통 배합사료를 자유채식시키는데, 이는 육량등급 및 육질등급에서 결코 좋은 등

급을 기대하기 어렵다. 경산우를 8개월간 비육함에 있어서 배합사료를 1일 8kg/두 이내로 제한해서 전기간 급여하는 것과 제한 기간을 4

개월, 6개월로 했을 때 나타난 발육, 사료섭취량 및 도체성적 결과(표3-23)에 의하면 제한 4개월+자유 4개월 그룹에서 가장 좋은 근내지방도 및 육질등급 출현율을 보였다. 따라서 비육 초기 4개월간은 배합사료를 체중의 1.7%로 제한해서 급여하고 후기 4개월간은 자유채식시키는 것이 바람직하다. 한편 비육기간동안 발정 발현에 따른 승가행위와 스트레스로 인한 사고발생 및 사료섭취량이 급감될 수 있으니 주의 깊은 사양관리가 요구된다. 발정 발현은 사료 섭취량 감소로도 이어지는데 증체량

감소 및 보상성장에 따른 피하지방 축적 등 부작용이 많다. 따라서 급여횟수 증가, 발정억제제 급여 등 세밀한 사양관리가 필요하다. 비육기간이 지남에 따라 과비가 되면서 미약발정으로 바뀌면서 그 부작용은 줄어드나 이를 위해 비육 개시부터 과도하게 사료를 급여해서는 안된다. 또한 비육후기로 갈수록 과체중으로 인해 기립이 어려운 개체가 발생할 수 있는데, 이 경우 급성 고창증 발생빈도가 증가하므로 주의 깊게 관찰하여야 한다.

표 3-22. 암소 비육 시 배합사료 급여방법이 발육, 사료섭취량 및 도체성적에 주는 영향

항 목	제한급여 8개월	제한4+자유4개월	제한6+자유2개월
개시체중(kg)	479.8±24.9	479.3±35.9	463.9±25.6
종료체중(kg)	631.1±24.1	652.2±35.6	642.8±26.6
일당증체량	0.63±0.06	0.72±0.05	0.75±0.04
사료섭취량			
배합사료(kg)	7.92±0.00	8.36±0.19	7.91±0.21
벧짚(kg)	3.49±0.05a	2.78±0.09b	2.78±0.15b
건물섭취량(kg)	10.05±0.05	9.80±0.22	9.41±0.31
사료요구율	17.44±1.93a	14.27±1.08ab	12.86±0.64b
도체중(kg)	373.9±15.93	385.5±22.38	373.9±15.99
등지방두께(mm)	11.90±2.60	12.90±1.57	8.11±1.34
등심단면적(cm ²)	88.10±3.75	89.80±4.41	95.89±5.28
육량지수	66.73±1.85ab	65.74±1.23b	70.38±1.34a
육량등급 (A:B:C, %)	60:20:20	30:40:20	68:22:0
근내지방도	3.30±0.26	3.80±0.44	3.56±0.65
육색	5.60±0.16	5.50±0.17	5.56±0.18
지방색	3.30±0.21	3.70±0.26	3.22±0.22
조직감	2.00±0.00	1.90±0.10	1.89±0.11
성숙도	6.80±0.70	6.60±0.70	6.56±0.65
육질등급(1 ⁺⁺ :1 ⁺ :1:2:3, %)	0:0:50:50:0	0:10:40:50:0	11:0:22:67:0

한편, 미경산 암소를 비육할 경우는 비육단계를 육성기(생후 14개월령까지), 비육전기(15~23개월령) 및 비육후기(24개월령~출하시까지)로 구분할 수 있다. 농후사료는 거세우 비

육사료를 이용하되 육성기에는 체중의 1.6%, 비육전기는 1.7% 정도로 제한급여하고 비육후기에는 농후사료를 과다 급여 시 간농양 등의 발생이 증가할 수 있으므로 1일 8.5kg/두 이하

로 급여한다. 조사료는 거세우와 마찬가지로 육성기부터 비육전기 초기까지는 건초 등 양질조사료를 충분히 급여하고 이후 출하 시까지 볏짚을 급여하되 1일 2.0kg/두 정도 섭취할 수 있도록 사양관리를 하여야 한다. 증체 및 육질을 감안하여 비육은 최소한 32개월령까지 하여 출하하는 것이 바람직한데, 너무 지나친 장기간의 비육은 비육기간의 연장에 비해 그 효과가 크지 않을 수 있다. 현행 등급 판정 체계 하에서 미경산 암소 비육은 사료비 공제수익 면에서 좋은 결과를 가져올 수 없다. 다만 서두에서 언급한 것과 같이 소비자의 선택 범위 확대 및 다양화에 부응하고 육종가에 따른 저능력 암송아지의 조기비육 도태를 위해서라도 미경산 암소고기의 브랜드화도 필요할 것으로 판단된다.

3.6. 번식우 사양관리

번식암소는 일반적으로 첫 송아지를 분만한 소를 말하며, 번식우가 지녀야 할 기본적인 능력인 번식 및 포육능력이 최대한으로 발휘될 수 있는 사양관리가 요구된다. 번식능력은 초산월령과 분만간격 및 이것을 바탕으로 한 연속 생산성과 일생동안의 송아지 생산 능력을 말하고, 포육능력은 비육능력(비육량)과 송아지의 포육을 매개로 한 모성효과(포육성)를 가리킨다. 어느 것이든 개체의 영양관리를 기본으로 한 사육기술에 의해 뒷받침되기 때문에 각 개체별 번식단계에 맞는 사양관리가 필요하다. 번식단계를 생리적조건에 따라 분만 후의 생리적 공태기(분만 후 80일 이내), 인위적 공태기(분만 후 80일 이상의 공태), 임신 유지기(수태로부터 분만 전 2~3개월까지의 임신 초기 및 중기), 임신말기(분만 전 2개월부터 분만), 그리고 포육기(분만에서 이유 시) 등으로 나눌 수 있다. 본 사양표준에서는 번식우의 유

지에 필요한 영양소량, 임신말기 2개월간의 지 요구량에 추가해야 할 영양소량 및 포육중의 유지요구량에 추가해야 할 영양소량 등으로 여상의 지침을 나타내고 있다. 유지에 필요한 영양소는 모체의 크기에 따라 다르기 때문에 체중별로 나타내었다. 이것은 모체의 성장과 산차를 고려할 필요가 있다는 것을 의미하고 있기 때문에 초산우의 영양소 요구량은 암소 육성에 필요한 영양소 기준량을 참고하여야 한다.

초산 및 2~3산의 어미 소는 아직도 성장 중이므로 이때의 사양관리 조건이 그 후의 번식 효율, 즉 분만 후의 번식기능 회복, 분만간격 및 일생동안의 송아지 생산성 등에 크게 영향을 줄 수 있기 때문에 급여하는 영양소의 과부족에 유의할 필요가 있다. 특히 발정재귀의 지연에 의한 인위적 공태기간 동안 영양소 과잉 급여는 수태율 저하 등 번식장해의 원인이 될 수 있다. 번식 단계별로 보면 임신말기와 포육기의 영양소 요구량이 특히 높고, 임신말기 2개월간 사료급여량을 증가시키는 이유는 태아의 발육이 이 시기에 집중적으로 이루어져 태아와 태반 및 태막 등의 증대·성장을 촉진하기 위한 것이다. 그러나 태아 발육에 필요한 영양소는 비유에 필요한 영양소 요구량보다 적고, 모체로부터 우선적으로 섭취되어 초산우에서 임신에 의한 태아 발육의 지연은 거의 없다고 한다(久馬 등, 1979).

이유 전 송아지의 성장발육에 영향을 미치는 잠재적 요인으로 품종, 성별, 연령 및 어미소의 산유량과 포육능력 등이 있다(Butson 등, 1984; Butson 등, 1980). 그러나 암송아지를 번식우로 공여 할 때까지 적정수준이상 고영양으로 사육하여 성장발육을 과다하게 촉진시키면 비유 및 번식기관에 지방이 축적되어 산유능력이 저하되고(Arije 등, 1971; Short 등, 1971) 번식우로서 경제수명이 단축(Pinney 등, 1971).

2; Swanson, 1960)되는 반면, 지나치게 저영양으로 사육해도 초발정 및 초임시기가 지연되며(Clanton 등, 1970; Earley 등, 1977; Short 등, 1971), 분만 시 난산율이 증가하거나 분만된 송아지의 이유 시 체중이 저하된다(Anderson 등, 1978; Swanson, 1967; Wiltbank 등, 1985). 또한 이유 후 초임 전 송아지의 성장발육 및 번식성적은 품종에 따른 차이도 크지만 그보다는 이 기간 동안에 급여된 사료의 양과 질에 의해 결정되며, 이 시기에 결정된 생산능력은 암소의 전 생애를 통해 지속적으로 영향을 미치므로 이 시기의 사양관리에 특히 유의해야 한다. 성성숙은 암소의 전 생애를 통한 생산능력과 관련성이 매우 큰 중요한 경제형질이므로 초임이 지연될 경우 생산효율이 그만큼 낮아진다(Lesmeister 등, 1973). 그러므로 암송아지가 번식우로서 생산능력을 최대로 발휘할 수 있도록 적정성장을 유도해야 하고, 적정성장은 성장단계에 따라 요구되는 영양소를 과부족 없이 급여하여야 얻을 수 있다.

3.6.1. 번식용 암송아지의 사양관리

육성기는 이유부터 성성숙을 거쳐 수정단계까지 가리키는 경우도 있지만 본 사양표준은 초산 분만까지의 기간을 육성기로 구분하였다. 이 시기는 골격, 근육 및 번식기관의 발달이 왕성하고, 특히 내장기관이나 번식기관 등의 발달이 최대성장을 이루는 기간일 뿐 아니라, 급여하는 사료의 종류, % 및 품질에 의해 손쉽게 성장속도를 조절할 수 있는 특징이 있다. 또한 그 후의 번식 및 포유능력 등 일생의 생산성에 큰 영향을 미치기도 한다. 이 시기에 결정된 기초체형, 포유능력 및 번식특성이 일생동안의 생산성에 크게 영향을 미치므로 이 기간의 사양관리가 매우 중요하다. 그리고 급여하는 사료의 종류나 급여량 등 사양관리에 따라 쉽게 성장속도를 조절할 수 있는 특징이 있다.

육성기의 성장속도는 첫 번째 발정과 밀접한 연관이 있는데, 이것은 초발정이 연령보다는 신체조건(체중)에 의한 의존성이 더 강하기 때문이다. 번식우에서 육성기 사양관리의 타당성은 장기적인 송아지 생산성을 고려하여 평가하여야 한다. 암송아지를 비유량이 높고, 번식성적이 우수한 개체로 육성하기 위해서는 성성숙(性成熟) 이후의 사양관리도 중요하지만 초발정(생후 8~10개월령)이 오는 초기발동기 이전의 사양관리에 각별히 유의하는 것이 중요하다. 암송아지의 성성숙은 번식우로서의 생산능력과 관련성이 매우 큰 중요한 경제형질로서 차기 생산성을 판가름 할 수 있는 매우 중요한 지표로 활용되고 있으며, 체중과 나이(월령) 모두와 밀접한 관련이 있지만, 나이 보다는 체중에 의한 의존성이 더 강하기 때문에 육성기의 성장률을 높이는 경향이 있다.

2세 미만 연령대에서 조기에 분만한 소의 일생동안 생산 두수는 2~3세에 분만한 송아지보다 적다는 보고가 있다(岡野 등, 1984). 또한 7.5~18개월령까지 조사료 위주의 사료급여 혹은 방목으로 육성한 암소에서는 농후사료와 조사료로 육성한 암소에 비하여 초산월령이 지연되었으나 3~6산분만시의 월령은 같게 연장되었다는 연구결과도 있다(鈴木 등, 1985; 林健 등, 1977). 이러한 결과들로 볼 때, 암소의 육성기사양은 양질 조사료 위주의 사료급여에 의하여 비교적 안정하게 송아지를 성장시키는 것이 일생동안 송아지 생산성을 향상시키는 측면에서 중요하다고 사료된다. 그러나 동시에 초산시의 발육이 불완전한 암송아지에서는 분만 후의 영양보급 및 제한 포유 혹은 조기이유에 의하여 영양상태의 회복을 시도할 필요도 있다.

이유 전 송아지의 성장발육에 영향을 미치는 잠재적 요인으로 품종, 성별, 연령 및 어미의 산유 및 포유능력을 들지만, 이유 후 번식

우로 공여할 때까지는 이 기간 동안의 영양소 급여수준에 따라 생산성이 크게 좌우되어 육성기간동안 고영양으로 사육하면 저 영양으로 사육할 때보다 성성숙에 도달하는 일령이 현저히 빠를 뿐 아니라 체중도 무거워진다. 그러나 암송아지를 적정수준 이상의 고영양으로 사육함으로써 성장발육을 과다하게 촉진시키면 비유 및 번식기관에 지방이 축적되어 유선세포의 발육부진을 초래하여 산유능력이 저하되고, 결국 번식우로서 경제수명을 단축하게 된다. 반면에 육성기간 동안 지나치게 저영양 수준으로 사육하는 경우에도 발육부진에 따라 초발정 및 초임시기가 지연되고, 분만 시 난산율이 증가하거나 분만된 송아지의 이유 시 체중이 저하되는 등, 제반 번식능력이 저하된다. 따라서 암송아지가 번식우로서의 생산능력을 최대한 발휘할 수 있도록 성장단계에 따라 요구되는 영양소를 과부족 없이 급여하여 적정 성장을 유도해야 하지만, 가축의 영양소 요구량은 축종 및 생리적 상태 등 가축에서 유래되는 요인과 사료종류 및 가공형태 등 사료에서 오는 요인, 기타 사양관리 및 기상요인 등에 따라 상당한 차이가 있다.

또한 같은 크기, 동일한 체구성의 가축이라도 생리적 상태에 따라 영양소요구량이 일정하지 않아 유지와 생산을 위해 소요되는량을 정확히 구분하지 못하고 형식적으로 분할할 수밖에 없다. 그리고 가축은 단기간에 있어 적정영양소가 공급되지 않을 경우에도 유지, 임신 또는 우유생산 등 영양소의 배분 요구도가 높은 부분으로 소요량을 체조직에서 동원할 수 있다. 따라서 성장과 발육, 임신 및 유생산 등, 각 성장단계에 대하여 획일적으로 계획을 지어 영양소 요구량으로 결정지을 수 없으므로 가축의 요구조건에 맞는 적정 요구량을 급여하는 것이 그리 쉬운 일만은 아니다. 특히 육성기 송아지의 성장발육 및 번식성적은 품

종에 따른 차이도 크지만, 이 기간 동안에 급여된 사료의 양과 질에 의해 결정된다. 이 시기에 결정된 생산능력은 암소의 전 생애를 통해 계속적으로 영향을 미치므로 가능한 한 품종, 성장단계 및 사육환경이 유사한 상태에서 도출된 결과들로부터 특정가축의 영양소 요구량이나 생산성 등을 구명하고, 그에 맞는 최적의 사료급여 수준을 도출하여야 한다.

암송아지를 번식우로 활용하여 매년 우량송아지를 생산하려면 이유 후 초산까지 과비가 되지 않도록 적정량의 사료를 급여하고, 충분히 운동할 수 있도록 방사(放飼)시키되, 하루에 적어도 4시간 이상을 햇볕을 받을 수 있도록 하여야 한다. 대체로 춘기발동기(春期發動期; puberty) 이전에는 일당증체량의 목표치를 500g 정도로 하고, 양질의 조사료를 최대한으로 많이 급여하도록 한다. 배합사료는 조사료에서 부족한 영양소를 보충하는 수준으로 활용하는 것이 바람직하며, 볏짚과 같은 저질조사료만을 급여할 때는 성성숙(性成熟; sexual maturation)이 저해될 수 있으므로 비타민제, 광물질체제를 추가로 사료에 첨가하여 급여하여야 한다.

또한 육성우의 근육과 골격 등 몸의 성장발육과 생식선이나 부생식기관의 발달 및 번식기능에 필요한 영양분을 보충 받을 수 있도록 TDN, CP, Ca과 P, 비타민 A, D 등이 충분히 함유된 배합사료를 체중의 1.4%정도 급여토록 한다. 이와 같이 적정한 사양관리를 하여도 개체에 따라서 사료 먹는 속도, 사료효율, 유전적 자질 등에 의해 축군(畜群)에서 성장이 떨어지는 소는 시간이 경과할수록 그 차이가 점점 벌어지게 됨으로 적어도 3~6개월에 한 번씩 체중을 기준으로 성장이 빠른 집단, 중간정도 집단, 성장이 뒤떨어지는 집단으로 분류하여 우군을 재배치하고, 특히 성장이 뒤떨어지는 집단은 농후사료를 20~40% 증량(1~2kg/일)

하여 보상성장이 이루어지도록 한다.

육성기에는 운동장에서 충분히 운동시켜 튼튼한 번식우로 자라게 해야 하며, 일당증체량은 품종 및 계통도 염두에 둘 필요가 있으므로 일률적으로 나타내기는 어렵지만, 생후 6개월령까지 0.8kg이하, 생후 6~12개월령까지 0.5~0.7kg, 그리고 12~24개월령까지 0.4~0.6kg 정도 증체할 수 있도록 급여사료를 조절한다(농촌진흥청, 2000). 육성기간 중 조사료 원으로는 청초, 사일리지, 건초 등 양질의 조사료를 급여함으로써 소화기능의 발달과 튼튼한 소를 만들 수 있다. 또한 육성기 이후 2~3살까지는 다소 성장속도가 둔화되지만, 계속해서 성장함으로 필요한 영양소를 공급해야 하며, 특히 방사식 우사에서 군사로 사육할 경우에는 문제되지 않으나 계류식 사양일 경우에는 1일 1시간이상의 운동이 필요하다.

육성우의 사양관리 포인트는 바로 충분한 운동과 함께 양질조사료를 무제한 급여함으로써 춘기발동기 이전에 일당증체량을 500g 수준으로 유지하고, 12~15개월 령에 성성숙이 도달될 수 있도록 관리하는 것이 중요하다. 기본적으로 봄 송아지는 4~5월에 분만하여 이유 후 양질의 사일리지를 중심으로 한 사양체계를 유지하고, 가을 송아지는 방목시기와 이유시기가 일치하도록 10~11월에 분만되도록 번식시기를 조절하여야 한다.

한우 암송아지의 성성숙과 관련된 나이와 체중과의 관계에 대한 연구결과, 초발정 월령 및 체중은 각각 12.9~17.1개월령과 185.9~237.5kg, 초임월령과 체중은 각각 18.1~22.1개월령과 260.1~272.3kg에 이루어진다고 하였다. 한우 암송아지가 체중 225kg에 도달되는 시기는 14.1~16.1개월령(평균 15.1개월령), 그리고 체중 250kg에 도달되는 시기는 16.4~19.0개월령(평균 17.6개월령)으로 사사기의 배합사료 급여수준이 체중대비 0.5%씩 증가함에 따라 초임시

기가 약 0.9개월씩 단축되었으며, 첫 종부는 평균 19.5개월령, 272.2kg에서 실시되었고, 임신율은 52.8%였지만, 사사기 농후사료 급여수준이 1.5%이상일 때는 임신율이 66.6%로 증가한다고 한다. 그러나 최근 사사위주로 사육하여 과다한 사료급여로 초발정은 8~9개월령, 초임월령은 12개월령 전후로 당겨지고 있어 차기번식효율에 지장을 초래할 가능성이 있다.

그리고 가을에 태어난 한우 암송아지를 축사에서 벗짚위주로 사육할 때의 농후사료 급여수준은 체중의 1.8%, 개량초지에서 방목위주로 사육할 때에는 체중의 1.5%가 적정수준이라고 하였다. 따라서 최근과 같이 24개월령에 초산이 이루어지도록 사육하려면, 전 기간의 일당증체량이 0.55kg 정도가 되어야 한다.

육성기에 양질조사료를 다량으로 급여하면 소화기관이 잘 발달된 번식용 밀소를 만들 수 있는데, ① 조사료의 거침과 부피에 의하여 제 1 위와 소화기 전체를 충분히 발달시키고, ② 골격을 잘 발달시켜 상시체중이 큰 번식우를 만들기 위한 기초체형을 만들며, ③ 육성기부터 내장이나 근육과 근육사이에 지방이 부착되는 것을 막아 비유기관의 지방침착 억제와 번식장애를 예방한다. ④ 그 밖에 많은 반추작용에 의한 침의 다량분비 촉진으로 제 1위의 발효상태를 양호하게 하는 역할을 해주기 때문이다.

그 밖에 육성우에 대한 사료급여수준 결정을 위하여 우선적으로 고려해야 할 것은 성성숙 이전 초발정(初發情)이 오는 춘기발동기 이전의 사양관리에 유의하여 초발정이 빨리 오도록 하고, 표 11에서와 같이 성성숙 이전에는 1일 증체량을 0.55kg 정도가 되도록 사육해야 한다. 성성숙기는 13~18개월령으로 체중 250~350kg일 때다. 번식적령기 이전에 조기번식을 시키는 것은 오히려 번식효율을 감소시킴으로 주의를 요한다. 이 시기에 저영양 상태로 사육하면 성성숙이 2~3개월 지연되고 나중

에 공태기간(空胎期間)을 증가시키지만 고영양 상태로 사육 시에도 수태 당 수정횟수가 증가하고 임신이 되었더라도 조산이나 유·사산의 가능성이 높아지게 되며 유선발달이 억제되어 비유량도 감소한다.

암송아지를 인위적으로 산유량이 많은 어미소로 육성하려면 육성기에 최적의 성장발육을 유도하여 유선세포의 발육을 촉진시켜야 한다. 암송아지는 이유 후 첫 수정 시까지 약 150kg 정도의 증체가 요구되고, 이 기간 동안 조사료 중심으로 사육하되 15개월령에 260kg 전후로 체중을 조절하며, 육성기 동안의 일당증체량을 0.5kg 정도로 유지토록 한다. 번식우가 성숙일 경우에도 임신기 마지막 90일간의 일당증체량도 0.5kg으로 유지하여야 한다.

한우 암소의 초발정은 12.9~15.5개월령(강 등, 1988; 이 등, 1991) 및 185.9~236.5kg (강 등, 1988; 이 등, 1991)에 오고, 초임시의 월령과 체중은 각각 17.6~22.1개월령 및 260.1~272.3kg으로(강 등, 1996) 육성기의 영양소 급여수준에 크게 영향을 받는다. 따라서 6개월령 이후 일당증체량 0.5kg 정도의 발육속도를 나타내는 암소에서는 13개월령 전·후에 성성숙에 도달하지만, 0.4kg이하의 발육속도에서는 17개월령 전후로 약 3~4개월이 지연된다(강 등, 1996; 강 등, 1988). 또 성성숙에 도달한 후에도 저영양 사양에 의한 발정정지는 발정징후를 둔화시킨다.

초임시의 체격조건은 사양조건에 의해 다소 차이가 있지만 체중 270kg, 체고 120cm 및 체

장 132cm 이상 되도록 사육하는 것이 바람직하다.(강 등, 2003; 강 등, 1996). 한우의 초산 분만월령이 1996년에는 27개월령 전후였으며 최근에는 25개월령 전·후로 안정되고 있다. 따라서 첫 종부시기는 14개월령 전후를 목표로 한다.

3.6.2. 임신우 사양관리

한우 번식우의 임신 경과에 따른 체중 증가 추이를 고려한 영양소 급여체계가 갖추어지지 않으면, 농후사료와 볏짚 위주의 번식우 사양 체계로 인하여 농후사료 과다 급여에 의한 신체충실지수의 증가와 비만에 의한 송아지 생산성 저하가 우려된다.

임신우의 일당증체 목표량은 미경산 초임우의 경우에는 전 기간 0.4kg 수준이지만 경산우일 경우, 후기에만 0.4kg이다. 임신우의 영양상태가 불량할 경우는 표준량보다 10%정도 증량해주고 비만 시에는 10%정도를 감량하여 급여한다(농촌진흥청, 2000).

특히 임신초기는 임신우 자체의 건강유지뿐만 아니라, 태아의 골격형성 등 송아지의 정상 발육이 시작되는 단계이므로 무기물과 비타민이 많이 요구된다. 따라서 이와 같은 영양소가 많이 함유되어 있는 청초를 충분히 공급해 주고 특히 볏짚위주 사양 시는 비타민A 복합제를 적정량 첨가 급여해야 한다. 그 외에 수정 후 3~4개월까지는 유산에 주의해야 하는데, 가능하다면 외부의 충격을 피하도록 한다(강 등, 1995; 농촌진흥청, 2000).

표 3-23. 한우 임신우의 산차별 임신기간에 따른 체중변화

구분	수정시	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1산	262.4	270.3	270.4	267.2	273.0	276.4	283.5	281.5	308.1	315.1	329.1	318.7
2산	381.0	392.6	393.4	390.6	400.0	403.0	412.6	409.9	416.7	428.6	433.9	404.6
3산	438.2	445.1	442.5	443.6	455.8	471.8	476.8	483.9	480.4	497.8	501.0	457.2
4산이상	480.6	482.3	476.1	473.6	481.3	490.5	502.7	506.5	514.1	517.3	531.2	498.5

(국립축산과학원, 2016)

한우 번식우 사육 시 산차별 임신 개월령별 체중을 고려하여 각 체중별로 사양표준에 제시된 영양소 요구량에 따라 사료 급여수준을 설정하여야 한다. 또한 초임우의 경우 임신말기 3개월령 전부터 한우사양표준에 제시된 추가된 영양소 요구량을 급여하여야 한다.

임신우에 대한 주요관리로서 임신초기의 개체관리와, 임신기간 중의 운동 그리고 분만직전의 조치사항 등을 들 수 있다. 수정시킨 암소가 수태가 되었다고 판단되면 우선 외부로부터 과격한 충격을 주어 놀라지 않도록 하여야 한다. 특히 임신초기인 수정 후 3~4개월간의 급격한 외부충격 등은 유산의 위험성이 크다. 임신우에 대한 과도한 운동은 좋지 않지만, 최소한 하루 3~4시간 이상의 운동을 시켜 어미 소의 건강유지와 각 조직의 탄력성 증대 및 조직발달을 도모함으로써 분만 시 난산이 되지 않도록 관리를 잘 해주어야 한다. 임신우에 대한 운동은 적정 사양 못지않게 중요한데, 분만 후 산후회복과 발정재귀(發情再歸)에도 큰 영향을 미치기 때문이다. 운동시킬 공간이 부족하다면 임신우끼리 우사의 공간을 넓게 배치한다.

초임우(初妊牛)의 경우 분만 약 2주 전에는 유선을 발달시켜 비유량(泌乳量)을 늘리기 위해 분만직전까지 농후사료를 점증하여 급여하는 것이 좋다. 베타카로틴(β -carotene)이 다량 함유된 녹엽사료, 건초류 및 황색옥수수 등을 급여하여 분만 후 조기에 자궁회복을 유도하고, 지용성비타민(비타민 AD3E) 제제나 셀레늄(Selenium)을 투여함으로써 어미의 후산정체 및 유사산 등을 예방할 수 있다.

임신 중에도 약 3~5% 정도가 발정이 오는데, 대개 임신초기 3개월 안에 나타난다. 이 때 교배(交配)를 하게 되면 중복임신이 되어 쌍자를 생산할 수도 있으나, 조기에 배 사망 또는 유산할 수 있는 가능성이 더 높다. 따라서 이 시

기의 발정을 파악할 수 있어야 하는데, 발정우(發情牛)는 승가행위가 거의 없고 승가를 하더라도 약 10~15%만 해당되므로 세심한 관찰이 필요하다.

그 밖에 초임우에 대해 분만 4주전과 2주전에 1, 2차의 백신접종(로타 및 코로나 바이러스 백신)을 2회 투여하고, 그 이후 임신 시 1회 투여함으로써 어미의 면역물질이 초유를 통해 송아지에게 전달되고, 그 결과 자동면역에 의해 송아지의 설사가 예방될 수 있도록 한다. 분만예정 2~3일 전에는 어미를 분만실이나 분만 예정 장소로 이동시켜 안정감을 갖도록 하는 것도 주요관리 중의 하나이다. 어미를 이동시키기 전에는 분만장소를 청결하게 하고 마른 깔짚 등을 넣어 주어 송아지가 안전하게 분만되고 산후 상처를 입은 외음부로의 세균오염이 되지 않도록 해줘야 한다.

임신말기의 농후사료 과잉급여는 모체의 체지방 축적을 초래할 뿐만 아니라, 과잉 급여기간이 길수록 모체의 과비를 가져와 난산이나 수태율의 저하, 송아지 생시체중의 감소, 비유량의 감소, 송아지 폐사율의 증가를 유발하는 원인이 되기도 한다(Woody 등, 1983). 임신우의 영양소 요구량은 품종, 연령, 성, 성숙도, 증체량 및 사료종류에 따라 다르고 개체 및 환경변이에 따라 일정하지 않기 때문에 임신말기 약 90일 동안은 영양소를 충족시키기 위해 에너지와 단백질 수준을 평상보다 10% 정도 추가하여 급여하는 것이 바람직하다(강 등, 1988). 특히 개량초지에서 방목하거나 목건초 등 양질 조사료를 자유채식토록 할 경우에도 개체 및 환경요인을 충분히 고려해 에너지 함량이 높은 사료를 체중의 1.0% 정도 추가 급여하는 것이 좋다(강 등, 1988). 또한 임신 6~7개월 이후부터는 태아의 발육이 급속도로 빨라지고 송아지 생시체중의 80%가 성장하는 단계이므로 단백질, 비타민 및 무기물 등을 추가로

공급해주어야 하며, 분만예정 1~2주일 전부터는 급여 사료량을 점차 감량해주면서 분만 당일에는 1/3~1/2로 감량 급여해 난산 및 후산정체 등의 위험을 미리 예방해야 한다(農林水産省, 2000).

임신말기에 저영양 급여수준에 따른 영향은 산차나 저영양의 사양기간, 영양소 요구량 등에 대한 충족률에 따라 다르지만, 초산우는 경산우에 비해 저영양의 영향을 받기 쉽다(Arije 등, 1971; 鈴木修 등, 1984). 기본적으로는 저영양 사양을 해도 송아지의 크기에는 별 영향이 없으나, 태아발육에 필요한 영양소를 모체로부터 우선하여 섭취하기 때문에 분만 후 어미 소의 생리 상태와 비유량 및 차기 번식능력 등에 영향을 준다(Hight, 1968; 久馬 등, 1979). 특히 분만 전·후 저영양 수준으로 사양한 경우에 이와 같은 경향이 더욱 현저하게 나타나는 것으로 보고되고 있다(Gauthier 등, 1983). 또한 영양소 요구량에 대한 충족률이 50% 수준이면 저영양 조건이 심해지며 그 기간이 길수록 태아 성장에 영향을 미치고, 미약진통, 난산증가, 비유량 감소, 신생송아지의 성장감소, 분만사고, 생시체중의 저하 및 분만 후 장기적인 번식기능 정지 등을 초래할 수 있다(鈴木 등, 1984).

일반적으로 가축의 영양소 요구량은 축종 및 가축의 생리적 상태 등 가축 자체에서 오는 요인, 사료종류 및 가공 상태 등 사료에서 오는 요인, 기타 사양관리 및 환경요인에서 오는 요인 등으로 대별할 수 있고 또한 동일 크기나 동일체구성의 가축이라도 생리적 상태에 따라 일정하지 않기 때문에 유지와 생산을 위해 소요되는 영양소 요구량을 정확히 파악하여 공급해 줄 필요가 있다(강 등, 1992). 물론, 적정량의 영양소가 공급되지 않더라도 번식우는 유생산이나 임신을 위해서 소요되는 양을 체조직으로부터 동원할 수 있기 때문에 성장과

발육, 임신 및 유생산 등 각 단계에서 요구되는 영양소량을 확실적으로 결정하기는 매우 어렵다(강 등, 1992). 따라서 번식우는 각각의 성장단계에 맞는 사양표준을 기본으로 하여 공급해주는 것이 바람직하다.

송아지의 생시체중은 어미 소의 영양 상태와 밀접한 관계가 있지만 중간정도의 신체충실지수 (BCS; Body Condition Score)에서는 송아지 개체들 간에 큰 차이가 없는 것으로 나타나 넓은 범위의 영양 상태에서는 송아지 생시체중에 큰 영향을 미치지 않지만 영양소의 지나친 과잉이나 부족 시에는 영향을 줄 수 있다. 더욱이 이와 같은 경우에는 송아지의 생시체중 감소보다 더 심각한 문제를 초래하여 어미 소의 번식 전반에 걸쳐 악영향을 미치게 된다.

3.6.3. 포유중인 번식우 사양관리

한우 암소를 대상으로 포유기와 성장기의 영양수준을 고수준과 저수준으로 달리한 시험결과, 일당증체량, 사료효율 및 초 발정일령은 저영양구보다 고영양구에서 훨씬 유리하였으나, 분만 후의 비유량 및 송아지 발육에서는 큰 차이가 없는 것으로 보고되고 있다(강 등, 1996). 또한 한우 암송아지 40두를 이용하여 육성기(6~12개월령), 임신전기(13~18개월령), 임신후기(19~24개월령)로 나누어 에너지수준을 달리한 시험에서 육성기에 조사료만 급여하고, 임신 전·후기에 농후사료 급여량을 체중의 1% 수준으로 한 시험구와 전 기간 농후사료 급여량을 체중의 1% 수준으로 한 시험구에서 초 발정일령, 초임일령, 분만일령, 송아지의 생시체중 및 90일령의 체중 등에서는 차이가 없었으나 수태 당 수정횟수는 각각, 1.3회 및 2.4회로 나타나 번식효율 면에서는 육성기에 조사료위주로 사양한 시험구에서 우수한 것으로 나타났다(강 등, 1996). 그리고 기존의 관행대로는 임신말기에 사료급여량을 증가하는 것이

송아지의 크기나 비유량 등에 좋은 결과를 가져온다고 인식하고 있었으나, 분만 전·후의 영양수준과 번식기능에 관한 연구결과(Bellows 등, 1978; 近畿中國農業試驗研究, 1992)에 따르면 임신말기에 고영양으로 사양을 하여도 송아지의 생시체중, 분만 후의 비유량 그리고 번식 기능 회복에 대해서 큰 효과는 없었다. 오히려 비유량과 번식기능 회복 측면에서는 역효과가 나타났다(Arije 등, 1971; 高橋 등, 1984).

한편, 월동기에 있어서 번식우에 대한 보충사료의 급여수준이 증가할수록 체중감소는 적으나 과비 된 임신우는 태아발육을 제한시키기 때문에 송아지의 생시체중이 감소한다. 특히 월동기간 중 육성빈우의 예상증체량을 달성하기 위한 적정사료급여 수준은 축사 내 사육 시 NRC 사양표준의 107%이고, 야외사육의 경우에는 120% 수준이면 충분한 것으로 나타났다. 그러나 월동기 야외사육 시 NRC의 100%수준으로 급여해도 송아지의 생시체중과 이유체중 및 송아지 분만율과 육성율 등은 사육장소나 영양수준에 따라 큰 차이는 없었다(강 등, 1988).

포유기는 임신말기에 비해 영양소 요구량이 높기 때문에 포유기 사양 관리에 각별한 주의와 고려가 필요한 시기라 할 수 있다. 포유기 관리에서는 송아지의 발육과 어미 소의 번식기능회복이 중심이 되므로 비유와 체중회복을 위해서 영양소 급여량을 증가시켜 주면서 비유량과 체중의 변화를 파악하는 것이 바람직하다. 그러나 실제로 비유량의 정확한 파악이 어렵기 때문에 송아지의 발육과 어미 소의 체중변화를 조사한다. 또한 비유량은 개체차이가 크기 때문에 실체중이나 영양상태의 변화를 감안하면서 영양소를 증감해주는 것이 중요하다.

분만 후 포유기는 생리적으로 대사가 항진하고 있는 시기이므로 영양소 요구량보다 다

소 많이 급여하는 것이 번식기능 및 비유에 좋은 영향을 미친다(Arthinton 등, 2005; 久馬 등, 1979). 단, 단백질의 과잉급여는 수태율의 저하를 초래하기 때문에 급여조절에 주의가 요구되며(Jordan 등, 1979), 또한 젖먹이 어미 소의 사양관리에서는 어미 소 자체의 건강과 기능유지, 송아지의 포유, 자궁회복 및 분만 후 발정재귀 등을 위해 영양관리가 매우 중요하다.

사료급여량은 임신시기에 비해 20~30% 증가시킬 필요가 있으며 1일 3~5kg의 우유를 생산하기 때문에 이에 필요한 영양소를 충분히 공급해야 한다. 만일 저영양 상태로 사양관리 할 경우에는 어미 소의 산후회복지연, 발정재귀 지연, 수태율 저하, 송아지의 성장발육 및 육성율의 저하, 번식장애 발생 등을 초래할 우려가 높다. 특히 어미 소의 일당증체량을 기대하기가 어렵기 때문에 어미 소의 산후회복과 발정재귀 촉진에 중점을 두고 사양관리를 해야 하고, 외음부의 상처로 세균감염이 우려됨으로 축사를 청결하게 하여 깔짚을 자주 갈아주도록 한다. 그리고 분만 후 1주일부터는 어미 소를 운동장에 내놓아 번식기능의 회복을 촉진시키고 운동과 일광욕을 할 수 있게 해준다. 또한 겨울철에는 보온과 환기 그리고 여름철 고온기에는 축사안의 방습과 방서 등에 각별한 주의를 기울여야 하며, 특히 그늘막을 설치하여 번식우의 고온 스트레스를 최소화시켜주는 것이 필요하다. 이상과 같이 번식우의 사양관리에서는 번식 단계별 이외에 개체의 산차와 영양 상태를 고려하는 것이 번식생리 측면에서 중요하기 때문에 각 개체의 영양 상태를 미리 파악해 둘 필요가 있다. 또한 체지방의 축적정도로부터 개체의 영양 상태를 파악하는 신체충실지수(BCS)(Nelsen 등, 1985; 鈴木, 1989)를 활용해 개체의 영양 상태를 판정하고 각 번식단계에서 요구되는 급여량을 조

절해주는 방법이 있다. BCS와 송아지의 생시 체중, 분만 후 발정재귀일수 등과는 일정한 관계가 있기 때문에 BCS를 활용하는 방법은 현재 영양상태의 과부족으로 인해 발생하는 번식장애 및 번식관리상의 문제점을 미연에 방지하는 기술로서 높게 평가되고 있다. 또한 저영양 수준이든 고영양 수준이든 간에 그 상태의 사양기간이 번식생리상의 문제로 대두되기 때문에 많은 두수를 집단으로 사양하는 경우에는 영양관리를 하는데 있어서 개체의 영양관리가 매우 중요하며 또한 이것은 경영의 성공여부에도 직결되는 부분이다.

한우 번식우 사양관리시 가장 중요한 시기는 송아지를 포유하고 발정재귀를 준비하는 시기이다. 분만 후 어미에 대한 주요관리로서 분만직후의 위생관리, 건강한 송아지를 이유시키기 위한 비유량 증진 및 발정 재귀일수를 단축시키는 일 등이다. 임신우가 송아지를 분만하면 어미 소 자체가 몹시 허약한 상태이지만 송아지에게 먹일 우유를 지속적으로 생산하여야 하기 때문에 어미 소 자체의 일당증체량을 무시해도 사료급여량은 젖 생산을 감안하여 분만 전 2~3개월간의 임신우보다 10~15% 더 증량해야 하며, 특히 어린 송아지의 골격형성과 발육을 위한 젖 생산을 위해 칼슘과 인 등이 부족하지 않도록 해야 한다. 그러나 젖먹이 어미 소라도 송아지를 분만한 직후부터 수일간은 바로 증량시켜 주지 말고 산후의 피로와 식욕감퇴 등을 감안하여 분만 1주일 경부터 서서히 증량시켜 주는 것이 바람직하다. 분만 후 고영양으로 사육하면 발정재귀가 빨라지고 인공수정에 의한 수태율도 높아진다. 임신말기 및 포유기는 초산우일지라도 체중이 350kg 이상(분만전후 3개월)이 되어야 한다. 이때는 조사료를 자유채식 시키면서 번식우 전용사료(CP 13%, TDN 68~70%)를 체중의1.5~1.8% 정도로 급여하여야 한다.

송아지를 분만한 어미는 몹시 피로한 상태이고 분만으로 인하여 상처가 난 외음부를 통하여 세균으로 오염되기 쉬우니 깔짚은 자주 바뀌 줄 것이며, 태반 등 후산은 어미에게 먹이지 말고 버리는 것이 좋다. 미처 발견하기 전에 섭취해도 본능적으로 섭취하는 것이므로 큰 걱정을 할 필요는 없다. 분만 후 2~3주간은 외음부로부터 나오는 분비물의 상태를 잘 관찰한다. 분만 후 며칠간은 피가 섞인 붉은 점액이 나오지만 10일 경부터는 점액이 맑아지면서 나오는 분량도 적어지는데, 만약 분비물이 고름과 같이 색이 질거나 악취가 날 때는 질이나 자궁염 등의 우려가 있으므로 수의사와 상담 후 필요한 조치를 하여주어야 한다.

어미 소는 대체적으로 분만 후 30~90일경이면 발정이 오는데, 발정재귀 상태를 주의 깊게 관찰하여야 한다. 분만 30일 이전에 발정이 왔을 때는 수정을 시키지 말고 다음번 발정 때 수정을 시키는 것이 안전하다. 왜냐하면 분만 후 자궁회복기간이 30일 내외이면 수태율도 낮기 때문이다. 그 밖에 운동은 어미의 식욕증진과 신진대사 촉진효과가 있으며 일광욕과 병행할 때에는 비타민 D의 형성과 혈액순환으로 어미의 건강유지와 함께 산후 자궁회복과 발정재귀일수의 단축효과가 현저한 바, 분만 후 1주일 경부터 충분한 운동과 일광욕을 시키면서 개체관리를 잘 해주도록 한다.

포유중인 어미는 전 기간 동안 분만직전과 비슷한 수준으로 사료를 충분히 급여하도록 한다. 이는 자궁회복을 빠르게 하고 송아지에게 먹일 우유를 생산하기 위해 소요되는 영양소를 충족시키기 위한 것이다. 그러나 송아지가 너무 오랫동안 젖을 빨면, 어미가 다음 새끼를 갖기 위한 발정이 늦어질 우려가 있으므로 송아지가 1일 약 500g 이상의 인공유를 섭취하면 가급적 조기에 이유하는 것이 좋다.

한우사양표준(2002)에서는 표 3-24에서 보는

바와 같이 우유 1kg을 생산하는데 조단백질 및 가소화영양소 총량이 각각 66g 및 0.36kg이 소요된다고 하였다. 한우의 비유량이 송아지의 성별, 분만계절, 어미의 산차, 어미의 연령, 어미의 분만직후 체중 및 송아지의 생시체중 등 환경요인에 따라 다소 상이하지만, 분만 후의 월수에 따라 1, 2, 3, 4, 5 및 6개월째에 각각 4.7, 4.3, 3.7, 3.2, 2.7 및 2.2kg으로 1비유기(泌乳期) 180일 동안 1일평균 3.49kg으로 총 627.5 kg이 생산됨으로 월평균 약 3.49kg의 우유생산에 필요한 영양소 요구량(CP 215g, TDN 1.17 kg)을 추가하여야 하며, 배합사료로 환산하면 약 1.9kg 정도가 추가로 가산되어야 한다.

그리고 분만 후 수유기(授乳期)는 생리적으로 대사가 항진(亢進)하여 있는 시기이기 때문에 영양소 요구량보다 많이 급여하는 것이 번식기능 및 비유에 좋은 영향을 미친다. 그러나 단백질의 과잉 급여는 수태율(受胎率)의 저하를 일으키므로 주의를 요한다.

이상은 자연포유를 전제로 하는 기존의 사양관리 방식의 결과이지만, 최근에는 영양관리의 단일화와 분만간격의 단축을 목적으로 분만 후 모자분리(母子分離)에 의한 인공 포육방식이 개발되고, 다두화 사양관리 시스템이 활용되고 있다.

표 3-24. 수유 중 유지에 더해주어야 할 영양소 요구량(영양소/우유 1kg)

대사에너지 (ME, Mcal)	가소화에너지 (DE, Mcal)	가소화영양소 총량 (TDN, kg)	조단백질 (CP, g)	칼슘 (Ca, g)	인 (P, g)
1.31	1.59	0.36	66	2.5	1.0

(국립축산과학원)

3.6.4. 신체충실지수를 활용한 암소사육기술

분만을 향상을 위한 어미 소의 적정 신체충실지수(body condition score, BCS)의 관리가 필요하다(그림 3-6). 한우의 경우 송아지 분만 시 어미 소의 BCS수준이 높을수록 분만의 난

이도가 높아짐으로 번식우 분만 시 BCS 수준은 4~6 수준이 적당하다. 즉 한우 분만 시 어미 소의 BCS수준이 높을수록 송아지 생시 체중과 분만난이도가 높아진다.

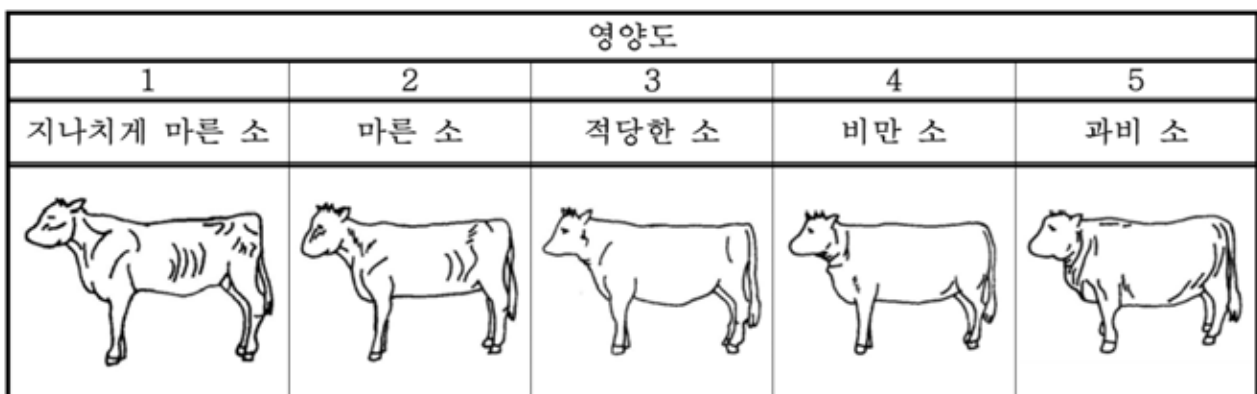


그림 3-6. 한우 번식우 BCS판정법(출처: 한우 번식우 백신 및 사양관리 카렌더)

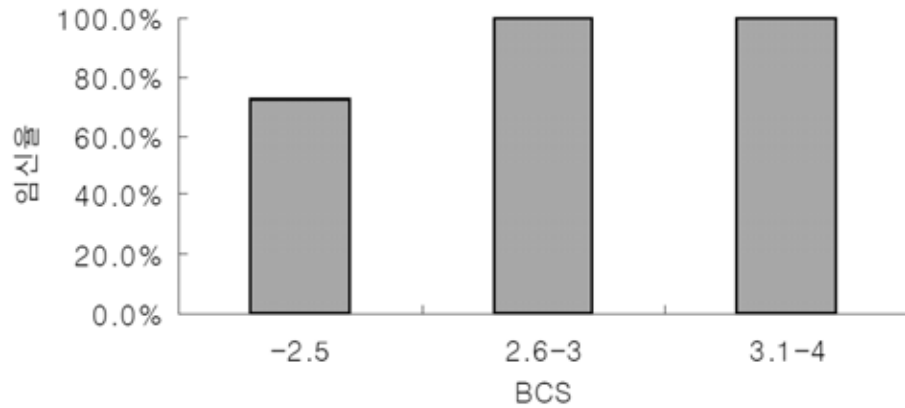


그림 3-7. 경산우의 BCS가 임신에 미치는 효과

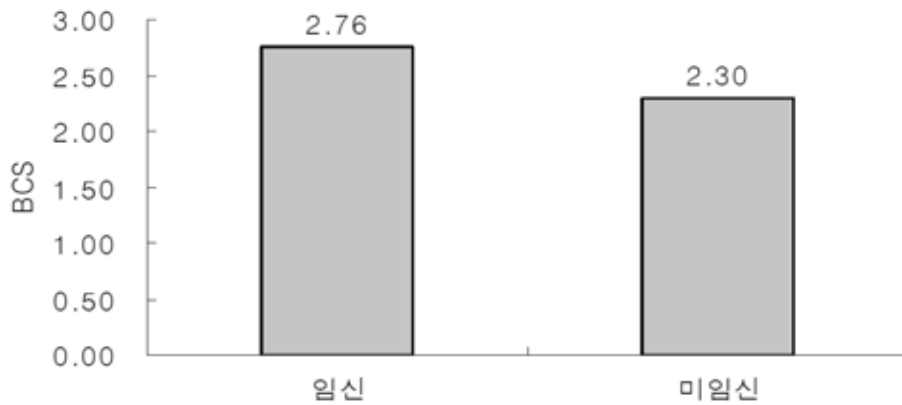


그림 3-8. BCS와 임신의 연관성(국립축산과학원, 2016)

또한 한우 송아지의 이유까지 증체량 및 체중도 어미 소의 BCS 수준이 증가 될수록 증가 된다. 한우 번식우의 BCS 판정방법을 활용하여 번식우의 BCS판정 및 관리가 요구된다.

인공수정 시 BCS가 2.6~3 및 3.1~4는 임신율이 100%였으나 BCS 2.5 미만은 73.4%였다. 또한 한우 번식우 100두를 이용한 실험에서 임신우와 비임신우를 BCS기준으로 분류하였을 때, 임신한 번식우는 BCS가 평균 2.76 이상이었으나 임신하지 못한 번식우의 경우 BCS가 평균 2.30 이었다.

3.6.5. 한우 번식우 공태기간 단축 및 분만관리기술

그동안 한우 번식우 포유우를 위한 적정 농후사료 급여량이 제시되지 않고, 한우 분만 후 난소 및 자궁의 회복기간 고려 없이 첫 발정 발현 시 수정을 수행하였다. 분만 후 조기 수정은 수태율이 낮지만 3회 이상의 수정가능성이 증가되고 있는 현실이다.

한우 포유우 뱃짚 위주의 사육 시 농후사료는 체중의 1.8% 정도 급여가 번식 효율제고에 유리하다. 또한 한우 분만 후 31~60일 수정으로 반복 수정을 방지하고 공태기간을 단축 할 수 있다.

표 한우 3-25. 번식우의 수정일, 평균 수정횟수 및 평균 공태일 수 -> 표 한우 3-25. 번식우의 수정일, 평균 수정횟수 및 평균 공태일수

구 분	30일 이전 수정	31~61일 수정	61~90일 수정
두 수	25	213	51
평균 수정횟수	2.0	1.4	1.2
평균 공태일	52.1	50.7	71.9

(국립축산과학원, 2016)

분만 후 약 50일 까지 첫 발정 징후가 없으면 번식장애 검진으로 문제점 확인 후 치료하여야 하며, 수정 50일 전후 임신을 감정하여야 한다. 임신우가 낫 시간에도 분만이 되도록 유도하는 단기적인 방법은 분만 1개월 전부터 조사료 및 농후사료를 아침에 급여하지 않고 저녁에 모아서 한 번에 급여하는 것이 좋다. 낫 시간 분만유도의 방법은 아침과 저녁 1일 2회 조사료, 농후사료를 모두 급여하되, 아침은 7시경, 저녁은 오후 8시경에 급여하거나, 아침 7시경 사료급여 시 조사료만 급여하고, 저녁에는 오후 5시경에 조사료 급여 후, 농후사료를 1일 급여량 모두 급여하는 것이 좋다. 이렇게 할 경우 낫 시간 즉 오전 10시부터 오후 4시까지의 분만율이 약 52.8~64%로 증가되었다(국립축산과학원, 2016)

3.7. 방목 시 영양소 요구량

3.7.1. 암송아지의 적정성장을 위한 방목우 관리

우리나라는 전 국토면적의 65%가 산림이다 보니, 초지개발 가능면적이 총 임야 면적(6,433천ha)의 26.6%(1,711천 ha)로 기존 초지면적의 34배에 달한다. 따라서 언제라도 초지면적의 확대가능성이 상존하므로 초지를 이용한 방목 이용기술이 실용화되어야 한다. 그러나 기존초지를 활용하고 있는 농가에서도 방목 개시 월령을 고려하지 않은 무계획적인 방목과 성장

단계에 맞는 적정 사양관리 미 실시로 방목우에 대한 생산성이 낮다. 따라서 방목을 통한 건강한 소화기관 육성과 방목 종료 후 생산성 향상방안 모색을 위해 방목기간 뿐만 아니라 방목 전·후의 사사관리에 필요한 사양관리 방법의 제시가 요구된다.

암송아지의 육성기 성장발육과 관련된 연구에서 이유 전 송아지의 성장발육에 영향을 미치는 잠재적 요인으로 품종, 성별, 연령 및 어미 소의 산유량과 포육능력 등이 있다. 하지만 암송아지가 이유 후 육성기를 지나 번식우로 활용될 때까지 고영양으로 사육되어 성장발육이 과다하게 촉진되면 비유 및 번식기관에 지방이 축적되어 산유 및 번식능력이 저하되고(4,56), 결국 번식우로서의 경제수명이 단축된다. 반면에 지나치게 저영양 수준으로 사육해도 초발정 및 초임시기가 지연되고, 분만 시 난산율이 증가하거나 분만된 송아지의 이유 시 체중이 저하되므로 적정수준으로 사육하여야 한다. 이와 같이 이유 후 초임 전 송아지의 성장발육 및 제반 번식성적은 품종에 따른 차이도 크지만, 그보다는 이 기간 동안 급여된 사료의 양과 질에 의해 결정되며, 이 시기에 결정된 생산능력은 암소의 전 생애를 통해 계속적으로 영향을 미치므로 이 시기의 사양관리에 특히 유의해야 한다.

암송아지가 성장하여 생산능력을 최대로 발휘하기 위해서는 적정성장이 이루어져야 하는데, 적정성장은 성장단계에 따라 요구되는 영

양소를 과부족 없이 급여하여야 얻을 수 있다. 그러나 방목기 180일 동안 동일한 월령의 암송아지를 동일한 사료급여기준으로 개량초지에서 전일방목을 실시하였을 때에도 방목 전 사양관리 형태에 따라 방목 중의 일당증체량이 0.30~0.48kg으로 변화하였다는 보고와 같이 영양소 요구량은 생리적 상태 등 가축에서 유래된 요인과 사료종류 및 가공상태 등 사료에서 오는 요인 그리고 기타 사양관리 및 기상요인 등에 따라 상당한 차이가 있다. 더욱이 가축의 영양소 요구량은 동일한 크기와 체구성의 가축들이라도 생리적 상태에 따라 영양소 요구량이 일정하지 않아 유지와 생산을 위해 소요되는량을 정확히 구분하지 못하고 형식적으로 분할할 수밖에 없는³⁹⁾ 실정이므로 가축이 방목과 같이 다양한 기상환경에서 사육될 때는 특히 요구조건에 맞는 적정 요구량을 급여하는 것이 세심한 노력이 필요한 까다로운 일이다.

3.7.2. 풀 섭취량과 방목지 면적

방목우의 풀 섭취량은 사양관리를 위하여 매우 중요한 정보지만, 가축 및 초지 등 다양한 요인에 의해 영향을 받기 때문에 정확한 추정 어렵다. 추정법으로는 예취에 의한 수확량 차이법, 체중 차이법, 지수(표지, index), 기기를 이용한 전기적 혹은 물리적 비파괴측정법 등이 있다. 비파괴측정법은 측정 정밀도나 노동력의 장·단점이 있으므로, 조건에 따라 단일로 하거나 혹은 여러 가지를 병용하여 사용할 수 있다.

방목우의 채식량은 소의 측면에서는 성별, 성장단계 및 생리상태 등에 의해, 초지 측면에서는 풀 생산량과 질에 의해, 관리방식에서는 방목강도, 방목일수, 보조사료 유무 등에 의해 영향을 받는다. 그 밖에 기온과 습도에 의해 영향을 받지만 그 중에서도 풀 생산량과 밀접

한 관계가 있어 풀 생산량이 증가하면 채식량도 증가하지만 잔초량도 많아진다. 반면에 생산량이 적으면 과방목되는 경향으로 잔초량이 적어지지만 그렇다고 전 초생량을 모두 뜯기는 불가능하다. 따라서 과방목을 할 경우 방목우의 영양소 섭취량이 부족하게 되므로 다른 보조사료를 급여하여야 한다.

방목우의 채식량(건물기준)은 체중의 약 1.5~3.5%에 상당하지만, 성숙체중에 근접할수록 그 비율이 감소하는 경향을 나타내고, 풀의 질과도 관계가 깊다. 그리고 건물소화율이 높고 낮음에 따라 체중 대비 0.3~0.5% 정도의 차이가 있어, 풀 생산량이 건물로 150g/m² 이하가 되면 섭취량이 감소하게 된다. 방목중인 암소의 풀 섭취량은 표 3-26과 같이, 건물소화율이 60%인 초지에서 체중대비 섭취량은 체중 100kg일 때의 2.4%로부터 체중 500kg일 때의 1.56%로 비례적으로 감소하게 설정되었다. 그리고 건물 소화율이 10%씩 증감할 때마다 체중 100kg일 때는 체중대비 0.5%씩 증감시키고, 체중 500kg일 때의 증감비율 0.3%까지 직선적으로 감소시켰으며 비유 시에는 국내외 문헌에 근거하여 체중대비 1.86%로 설정하였다. 한우를 방목기 동안 개량초지에서 전일방목토록 하였을 때, 생초 섭취량은 환경요인에 따라 달라질 수 있지만 일반적으로 체중의 8~10% 정도이고, 방목기간 중에 배합사료 등 보조사료를 급여하지 않았을 때는 1일 0.3~0.4kg 정도가 증체된다. 따라서 방목되는 소가 성숙으로 임신초기 또는 공태(空胎) 중인 경우는 별도의 사료급여가 필요하지 않지만 그 보다 많은 증체가 필요한 육성기, 임신말기 및 포유기 때에는 배합사료를 체중의 1.0~1.5%수준으로 급여하는 것이 바람직하다. 그러나 거세우와 같이 방목기간에도 증체량을 0.7~0.8kg/일 정도로 유지하고자 할 때는 배합사료를 체중의 1.8% 정도 급여하여야 한다.

표 3-26. 방목중인 암소의 목초섭취량

체 중 (kg)	목초의 건물 소화율 (%)							
	50		60		70		80	
	건물 (kg)	ME (Mcal)	건물 (kg)	ME (Mcal)	건물 (kg)	ME (Mcal)	건물 (kg)	ME (Mcal)
100	1.9	3.3	2.4	4.9	2.9	6.9	3.4	9.1
150	2.7	4.7	3.4	7.1	4.1	9.9	4.8	13.8
200	3.4	6.1	4.3	9.0	5.2	12.5	6.1	16.6
250	4.1	7.2	5.1	10.7	6.2	14.9	7.3	19.8
300	4.7	8.3	5.9	12.3	7.1	17.0	8.3	22.5
350	5.2	9.2	6.5	13.6	7.8	18.8	9.1	24.8
400	6.4	10.0	7.0	14.7	8.4	20.2	9.8	26.7
450	6.0	10.6	7.4	15.6	8.9	21.4	10.4	28.2
500	6.3	11.1	7.8	15.2	9.3	22.3	10.8	29.3
500 ¹⁾	7.8	13.9	9.3	19.4	10.8	25.9	12.3	33.4

1) 한우 성빈우의 비유량 : 3.5kg/일97)

티모시가 우점된 상급초지에서 체중이 300kg인 육성우 1두를 1일 방목시킬 경우 채식량은 30kg, 훼손 및 방목 후 남은 초지량이 15kg 임을 고려할 때 총 45kg의 생물이 소요되는데, 방목지 1㎡ 당 키가 20cm인 목초의 생물 수량이 1.5kg 정도이므로 1두당 1일 방목지 소요면적은 30㎡가 된다. 따라서 육성우 1두를 180일간 방목시킬 경우 1두당 5,400㎡가 소요되므로 개량초지에서 연간 5~6회 방목시킬 경우 1ha 당 육성우 10두 내외를 방목시킬 수 있으며, 체중 500kg인 성축에서는 1일 1두 방목시 채식량은 50kg이고, 훼손 및 방목 후 남은 풀량을 15kg으로 하면 총 65kg의 생물이 소요

되며 역시 이것을 초지면적으로 환산하면, 1두당 1일 43㎡ 정도가 된다. 따라서 성축 1두를 180일간 방목시킬 경우 두당 7,740㎡가 소요됨으로 개량초지에서 연간 5~6회 방목시킬 경우 1ha당 7두 내외 방목이 가능하다¹⁰⁰⁾. 방목기간 중 방목두수, 체목일수 및 소한 마리당 소요면적은 초지 생산성과 소의 채식량을 고려하여야 하는데 방목두수는 (단위면적당 초생량×채식률×면적)÷(1일 1두당 채식량×방목일수), 방목일수는 (단위면적당 초생량×채식률×면적)÷(1일 1두당 채식량×방목두수), 1두당 소요면적은 (1일 1두당 채식량×방목일수)÷(단위면적당 초생량×채식률)의 식으로 계산한다.

표3-27. 방목중인 거세우의 목초섭취량⁶⁸⁾

체 중 (kg)	거세우의 목초섭취량과 TDN 섭취량									
	55(54)		60(58)		65(62)		70(67)		75(71)	
	DM (kg)	TDN (kg)	DM (kg)	TDN (kg)	DM (kg)	TDN (kg)	DM (kg)	TDN (kg)	DM (kg)	TDN (kg)
150	4.1	2.2	4.4	2.5	4.7	2.9	5.0	3.3	5.2	3.7
200	5.1	2.7	5.5	3.2	5.8	3.6	6.2	4.1	6.5	4.6
250	6.0	3.2	6.5	3.7	6.9	4.3	7.3	4.8	7.7	5.5
300	6.9	3.7	7.4	4.3	7.9	4.9	8.3	5.6	8.8	6.3
350	7.8	4.2	8.3	4.8	8.8	5.5	9.4	6.2	9.9	7.0

체중 (kg)	거세우의 목초섭취량과 TDN 섭취량									
	55(54)		60(58)		65(62)		70(67)		75(71)	
	DM (kg)	TDN (kg)	DM (kg)	TDN (kg)	DM (kg)	TDN (kg)	DM (kg)	TDN (kg)	DM (kg)	TDN (kg)
400	8.6	4.6	9.2	5.3	9.8	6.1	10.3	6.9	10.9	7.8
450	9.4	5.0	10.0	5.8	10.7	6.6	11.3	7.5	11.9	8.5
500	10.1	5.4	10.8	6.3	11.5	7.2	12.2	8.1	12.9	9.2
550	10.9	5.8	11.6	6.7	12.4	7.7	13.1	8.8	13.9	9.9
600	11.6	6.2	12.4	7.2	13.2	8.2	14.0	9.3	14.8	10.5
650	12.3	6.0	13.2	7.6	14.0	8.7	14.9	9.9	15.7	11.2

3.7.3. 방목조건별 소비에너지 산정

방목사육 시 우사 내 사육에 비해 채식 및 보행등에 의한 에너지 소모량이 증가하므로 요구량을 증가할 필요가 있다. 그러나 채식에 필요한 에너지는 체중 1kg 당 0.5kcal/시간이 소요되어 단위시간당 우사 사육과 방목 시에 큰 차이가 없지만⁴⁸⁾, 우사 사육시의 채식시간이 1일 2~4시간임에 비하여 방목 시는 양호한 초지에서 6시간 정도, 초량이 건물로 150g/m² 이하인 불량초지에서는 특히 채식시간이 길어진다. 방목 시에는 건물 1kg 섭취에 필요한 에너지가 우사에서 사육할 때보다 몇 배 많이 요구될 뿐 아니라, 보행 및 서있는데 필요한 에너지도 증가한다. 우사 사육시의 보행거리는 보통 1일당 1km 이하이지만 방목 시는 보통 2~6km이고, 조건에 따라서 그 이상 보행할 수도 있으며, 보행시의 에너지 소비량은 수평방향으로 1m 이동할 때는 체중 1kg당 0.5kcal/시간이고, 내려가는 것은 수평이동의 2/3, 수직방향으로는 7kcal가 필요하다^{13, 48)}. 기복이 많은 지형이나 혹은 음수장이 먼 경우, 풀 생산량이 적은 경우 등에서는 에너지 요구량이 높다.

따라서 유지에너지 요구량은 일반적으로 우사 내에서 사육할 때보다 15~50% 증가하지만, 방목개시 또는 기타 심각한 환경조건하에서 특히 증가폭이 크다. 그러나 방목개시시의 에너지 소비량이 일시적으로 증가하고 무더위 및 한랭도 채식량과 영양소 요구량에 큰 영향

을 미치며, 파리와 모기 등 외부기생충을 쫓아내는 행동도 에너지 소비량의 증가와 채식량의 저하를 일으키지만 정량적으로 파악되어 있지는 않다. 그 밖에 거세우를 평탄지에서 집약방목 시킬 경우에도 에너지섭취량은 축사 내에서 사육할 때보다 요구량보다 약 15% 증가되며, 경사도가 15도 이상의 지역은 비육우나 방목초년우의 경우 방목이 부적합한 것으로 알려지고 있지만 방목경험이 많은 번식우의 경우에는 35~40도의 경사초지에서도 생산성을 높일 수 있고 이런 지형에 익숙한 번식우의 경우 특히 번식률이 높은 것이 특징이다⁷⁸⁾.

3.7.4. 방목우 영양소 요구량 결정

육성우를 중급수준 초지에서 방목위주로 사육할 때 에너지 요구량은 표 3-27에 나타난 바와 같은데, 이때의 요구량은 우사 사육 시의 에너지 요구량에 비해 30%가 증가된 것이다. 방목중인 육성우의 일당증체량이 적을수록 총 ME 요구량에 대해 유지에 필요한 ME량(MEm) 비율이 증가하기 때문에 에너지 요구량은 방목에 의한 MEm의 증가가 크게 반영된 것이다. 육성우는 방목지 목초의 질이 좋으면 필요 영양소량 모두를 초지에서 섭취할 수 있지만 부족한 경우에는 적정 일당증체량을 확보하기 위하여 곡류를 위주로 한 보조사료를 급여할 필요가 있다. 그리고 무기물의 과부족 및 평형에도 주의해야 한다.

표 3-27. 방목우의 에너지 요구량⁷³⁾

체중 (kg)	암 소			거세우		
	DG (kg)	TDN (kg)	ME (Mcal)	DG (kg)	TDN (kg)	ME (Mcal)
200	0.4	3.0	10.9	0.6	3.9	14.1
	0.6	3.4	12.4	0.8	4.3	15.5
	0.8	3.8	13.7	1.0	4.6	16.8
250	0.4	3.6	12.9	0.6	4.5	16.4
	0.6	4.1	14.7	0.8	5.0	18.0
	0.8	4.5	16.2	1.0	5.4	19.4
300	0.2	3.5	12.6	0.6	5.1	18.5
	0.4	4.1	14.8	0.8	5.6	20.2
	0.6	4.7	16.8	1.0	6.0	21.8
350	0.2	3.9	14.1	0.6	5.6	20.4
	0.4	4.6	16.7	0.8	6.1	22.2
	0.6	5.2	18.9	1.0	6.6	23.9
400	0.2	4.3	15.6	0.6	6.1	22.1
	0.4	5.1	18.4	0.6	6.6	24.0
	0.6	5.8	20.9	1.0	7.1	25.8

1) 성별 우사 사육 값은 유지요구량의 30%를 합산하여 산정.

2) 거세우는 조사료 비율이 35% 이상인 것을 사용.

체중이 500kg인 공태 중인 성빈우의 유지에 필요한 TDN량은 3.76kg이지만, 표 3-28에서 보는 바와 같이 약간 불량한 상태의 방목에 의한 증가분을 30%로 할 때 4.25kg이 된다. 채식량은 건물 소화율 60%의 초지에서는 약 8kg이고, TDN 4.5kg에 상당하므로 중급수준 방목지에서의 채식량으로 성빈우의 유지요구량 수준을 충족시키지만, 방목지 상태가 양호한 경우에는 오히려 과비의 가능성이 있다. 그러나 체중 500kg인 포유모우가 송아지를 포유시킬 경우에는 추가로 비유량 1kg당 0.36kg의 TDN이 필요하므로, 건물소화율이 60%인 초지에서 필요한 건물량은 유지를 위해 7.2kg, 3.5kg의 비유를 위해 2.2kg, 합계 9.4kg이 된다⁷³⁾. 따라서

정상적인 초지에서 표준 채식량은 거의 모든 포유모우의 에너지 요구량을 만족시키지만, 특히 비유량이 많거나 혹은 풀의 소화율이 낮은 조건에서는 보조사료가 필요하다. 그 밖에 성빈우를 개량초지에 방목시킬 경우 단백질이 과잉으로 섭취되는 경향이 있지만 단백질요구량이 높은 육성우의 경우에는 야초 및 말라죽은 풀의 비율이 높은 초지에 방목하였을 때 부족할 수가 있다. 그리고 목초의 무기물 함량은 토양과 시비관리에 의해 크게 영향 받기 때문에 무기물 섭취량이 부족하거나 혹은 과잉이 될 수 있으므로 목초의 성분함량에 주의하고, 부족 시에는 적정량을 보조 사료로 보충해줄 필요가 있다.

표 3-28. 방목 중인 성빈우의 유지에너지 요구량⁶⁸⁾

체중	방 목 조 건					
	양 호		약 간 불 량		불 량	
	TDN (kg)	ME (Mcal)	TDN (kg)	ME (Mcal)	TDN (kg)	ME (Mcal)
400kg	3.18	11.51	3.59	13.01	4.15	15.01
450kg	3.47	12.57	3.93	14.21	4.53	16.40
500kg	3.76	13.61	4.25	15.38	4.90	17.75
임신말기	4.30	15.58	4.76	17.22	5.36	19.41
비유중 (5kg)	5.27	19.17	5.73	20.81	6.33	23.00

¹⁾ 방목조건이 좋은 곳에서는 우사사육시보다 유지요구량의 15%, 약간 불량한 곳은 30%, 불량한 곳에서는 50%를 합하여 산정.

3.7.5. 방목사양 시 주의사항

축사에서 사육했던 소를 방목시키면 급격한 환경변화나 목초의 과식 등으로 고창증, 폐렴 및 설사 등의 질병이 발생할 수 있으며, 특히 방목개시 시는 낮과 밤의 온도차이가 20℃를 넘는 날이 많기 때문에 호흡기 질환에 유의해야 한다. 방목 대상 축은 하루 2~3시간부터 종일 방목까지 최소한 1주일 정도의 훈련이 필요하다. 이 기간 동안에는 낮에만 방목시키되, 밤에는 예취한 목초를 급여하여 목초 섭취량이 부족하지 않도록 함으로서 제 1위내 목초 섬유소원을 분해하는 미생물의 신속한 증식을 유도하며, 항상 깨끗한 물을 마실 수 있도록 해주어야 한다. 방목우의 1일 행동과정은 표 3-29에서 보는 바와 같이 계절에 따라 다소 차이가 있는데 행동습성에 맞추어 방목두수, 건강상태와 발정유무 등을 확인하도록 한다.

방목우는 군집으로 행동하는데 군집에서 떨어져 있는 개체는 통증이 있거나 어떤 사고가

있는 것으로 보아도 좋다. 우군의 교배체계가 주로 여름철에 행하여지므로 번식우들의 임신여부를 정기적으로 검사할 필요가 있는데, 공태우는 서로 승가하는 것을 보고 발정을 발견하며 적기에 종부토록 한다. 발정이 관찰된 개체는 발정일지를 기록하고 21일 후에 재발정 유무를 관찰하여 수태여부를 확인하며, 진드기, 쇠가죽파리 등과 같은 외부기생충의 구제, 방목지 내 급수원 고갈 등에 따른 대책도 수립해야 한다. 그 밖에 목책의 파손여부, 급수장, 소금상자 등을 살펴보고 이상 유무를 확인토록 한다. 초지의 생육이 양호한 방목지에서라도 하고기 동안 청초생산량이 부족하거나 한발기간이 길어지면 때때로 송아지의 포유를 위해 또는 어미소의 번식성적을 높이기 위해 어느 정도 보충사료급여가 요구된다. 필요한 영양소를 초지에서 섭취할 수 없을 경우는 보조사료를 급여하여야 하는데, 방목 시는 단백질보다 에너지가 쉽게 부족하기 때문에, 주로 곡류사료 급여가 요구된다.

표 3-29. 계절별 방목우의 1일 행동

구 분	방목우의 계절별 활동시간		
	봄	여름	가을
채식	9시간	6시간	10시간
반추	6	8	6
휴식	6	7	6
이동 및 기타	3	3	2
주요 특징	○주간에 2회정도 채식 ○야간에는 거의 채식하지 않음 ○채식시간이 상당히 김	○야간에 주로 채식 ○주간에는 거의 채식하지 않음 ○채식시간 짧고 반추시간이 김(초생 양호)	○주간에 2회정도 채식 ○야간에도 잘 함 ○채식시간이 최고로 김 (초생 불량)

육성우의 경우, 방목 시에도 성별에 따라 체중의 1.0~1.8% 정도의 곡류사료를 급여하는데, 고에너지 사료의 급여효과가 특히 높으므로 육성우 만을 위한 사료 급이시설을 설치하는 것이 효과적이다. 성빈우의 경우에도 임신말기 또는 포유기에는 영양소부족이 있을 수 있으므로 특히 주의해야 한다.

방목기간동안 번식우의 증체량은 생산되는 목초의 양과 영양 가치를 포함한 여러 요인들, 방목지에 입식될 때의 번식우의 조건, 포유송아지의 연령, 송아지 따로 먹이기 시설 유무 등에 따라 달라지지만 번식우 들은 대부분 방목지에 입식되기 전에 송아지를 분만하게 되고, 분만과 송아지 포유기간을 거쳐 보통 체중이 50~60kg정도 감소하지만 감소된 체중의 1/2 이상이 방목초기에 거의 회복되며 나머지는 송아지가 이유된 후 가을 또는 초겨울에 들어설 때 회복된다.

간혹 번식우는 여름철 중반기, 즉 하고기의 목초생산량 부족과 포유송아지의 영양소 요구량이 증가함에 따라 체중이 감소하므로 여름철 방목지에서 송아지 따로 먹이기 시설의 설치가 요구된다. 그 외에 젊거나 늙은 어미 소의 경우에는 송아지를 조기 이유시켜 여름철

하고기 동안 어미 소의 스트레스를 감소시킬 필요가 있다. 어미 소가 송아지를 생산하기에 가장 좋은 곳은 청결한 분만우사 또는 방목지가 될 것이다.

방목지의 질병감염에 대한 위험도는 우사나 사육장에서 보다 상당히 적은 편이다. 방목지가 사육장으로부터 멀리 떨어져 있다면 우사 근처에 분만을 위한 적은 면적의 방목지가 요구되고 그곳에서 분만이 임박한 번식우를 사육하되 산태지가 출몰하는 지역의 방목지에 분만예정우를 입목 시키는 것은 바람직하지 않다.

방목 시 적절한 미네랄(무기질)과 비타민 영양은 강력한 면역 체계, 생식 기능, 그리고 증체에 기여한다. 미네랄의 급여는 사료와 미네랄 보충제의 정확한 농도를 고려하여 급여해야 하며, 미네랄 비율이 불균형한 사료는 낮은 생산성을 유발한다. 미네랄 요구량은 동물의 나이, 생산 단계에 따라 결정되지만 단순히 동물의 요구량을 아는 것은 동물의 미네랄 상태를 평가하는 한 가지 요소일 뿐이며, 미네랄 요구량은 지역적인 특이성과 토양의 유형, 수정률, 강우, 다른 기타 요인 등을 고려해야 한다. 미네랄 요구량에 대한 이해는 미네랄을 얻

하나, 어떻게 사료를 통해 먹일지 결정하는 것에서 필요하며, 주요 관점은 방목우에서 가장 문제가 되고 있는 미네랄 결핍이다.

Calcium 칼슘- 방목 시 주로 관찰되는 칼슘 결핍은 임신 혹은 수유중인 소가 곡물, brome, 혹은 fescue 같은 목초를 추운 기간에 섭취하는 경우이다. 이러한 추운 기간의 목초는 성장이 덜 된 기간이어서, 인이 높고 칼슘이 적다. 임신 후기와 수유 초기에 소가 이런 종류의 사료를 먹으면 목초 강직증(grass tetany)이 자주 관찰된다. 원래 이러한 문제는 전적으로 마그네슘 결핍의 결과라고만 추측되었으나 최근의 연구에 따르면 목초 강직증은 칼슘 결핍과 마그네슘 결핍으로 인한 것으로 나타났다. 두 미네랄의 결핍으로 인한 목초 강직증 증상은 혈액 검사 없이는 구별 할 수 없으며, 두 가지 미네랄을 공급하는 글루콘산 칼슘과 마그네슘 정맥 주사로 치료가 이루어진다. 소는 최대 7 : 1의 칼슘 대 인의 비율을 견딜 수 있으며, 그러나 과량의 칼슘은 인과 많은 필수 미량 무기질의 흡수를 감소시키는 것으로 나타났다. 따라서 생산자는 3 : 1 미만 및 1.5 : 1 이상의 Ca : P 비율을 유지하도록 노력해야 한다.

Potassium 칼륨- 칼륨(K)은 체내에서 세 번째로 풍부한 광물이며, 염기 균형, 삼투압 및 수분 균형, 근육 수축, 신경자극 및 특정 효소 반응 조절에 중요한 역할을 한다. 미성숙한 사료 내 농도가 높으며 일반적으로 요구량을 초과한다. 그러나 칼륨은 식물 조직에 용해되며, 건초에서 급격히 감소한다. 또한 미국 Nebraska 연구에 따르면 11월에서 3월까지의 생초의 K 농도가 약 76 % 감소한 것을 보여준다. 겨울철 방목 시 칼륨의 보충이 필요하며, 대두박과 면실은 모두 1.5%이상의 칼륨을 함유하고 있기 때문에 급여량을 늘리면 칼륨 요구량이 충족된다.

Magnesium 마그네슘- 마그네슘은 신체의 기

능과 분포에서 칼슘과 인과 밀접한 관련이 있다. 이 미네랄은 적어도 300개의 다른 효소를 활성화하는 것으로 알려져 있다. 마그네슘은 에너지 대사, 유전 신호 전달, 신경 신호 전달에 필수적이다. 마그네슘은 여러 가지 일반적인 형태로 제공되며 가장 흔한 것은 산화마그네슘과 황산마그네슘이다.

마그네슘 부족 징후는 흥분성 (과민성), 거식증, 충혈, 경련과 근육 경련, 입에 거품, 다량의 타액, 연조직 석회화, 목초강직증이 있으며, 목초강직증은 전형적으로 초기 수유기동안 암소에서 자주 발생하며 나이가 많은 암소에서 더 많이 발생한다. 나이가 많은 암소는 젊은 암소에 비해 뼈에서 마그네슘 저장 결집 능력이 떨어지기 때문이다. 목초강직증은 가축이 미성숙 목초 또는 작은 곡물 목초에 방목될 때 빈번하게 발생하며, 흐린 날씨에 더 자주 발생한다. 증상에는 운동저하, 타액 분비, 흥분, 마지막 단계에는 테타니, 경련 및 폐사에 이를 수 있다. 또한 칼륨 함량이 높으면 마그네슘의 흡수가 감소될 수 있으며, 미성숙 조사료는 칼륨 함량이 높아 목초강직증은 종종 칼륨이 상당히 많은 토양에서 발생한다.

높은 수준의 질소 시비는 또한 tetany의 발병률을 증가시키는 것으로 나타났는데 아마도 마그네슘-암모늄-인산염의 불용성 침전물이 소화관에서 형성되어 동물에 의해 배설되기 때문일 수 있다. 질소가 많은 함유된 초지를 먹이는 방목우에 비단백질 질소를 고농도로 함유한 사료 보충제는 목초강직증의 위험을 증가시킨다. tetany 발생이 의심될 때, 소는 매일 6~30%의 마그네슘을 함유한 미네랄 보충제를 섭취해야 하며 하루에 28g(NRC) 미네랄 섭취량을 제공해야 한다. grass tetany의 위험을 최소화하기 위해 공식화 된 대부분의 상업용 제품에는 마그네슘이 6 ~ 15 % 함유되어 있다. 고마그네슘 보충제의 적절한 섭취가 될 수 있

도록 tetany 위험 기간보다 적어도 한 달 전부터 급여하는 것이 좋다. 또한 인 section에서 논의 된 것처럼 칼슘이 낮을 때 tetany가 발생할 수 있기 때문에 칼슘 보충도 포함되어야 한다.

Sulfur 황- 황은 B 함유 비타민, 티아민, 비오틴뿐만 아니라 황아미노산인 메티오닌과 시스틴의 합성에 필요하다. 황은 정상적인 성장과 신진 대사를 위해 반추위 미생물에서 요구되며, 실제로, 반추위 미생물은 무기 황으로부터 동물에 의해 요구되는 모든 유기 황 함유 화합물을 합성할 수 있다. 근소한 결핍은 반추위 미생물 증식 및 대사 감소로 인해 사료 섭취량이 감소하고, 소화율이 감소한다. 방목 시 추가적인 황의 보충은 비단백태 질소화합물을 추가로 급여 할 때 아닌 이상은 불필요하다. 소는 물과 사료를 통한 과도한 황 섭취에 매우 민감하다. 사료안의 유황의 최대 허용 농도는 0.4% 이며, 음용수 중 황산 유황은 500 mg/L을 초과해서는 안된다. 유황이 많이 함유 된 사료와 물은 회백뇌연화증(polioencephalomalacia, PEM)을 일으킬 수 있으며, PEM의 징후에는 불안, 설사, 근육 경련, 호흡 곤란, 실명, 장기간의 경우 사망으로 이어진다. 생산자는 대두박, DDGS, 옥수수 글루텐 사료 및 보리 같은 일부 사료경우 0.4~1 %의 황을 함유할 수 있음을 인지하는 것이 중요하며, 황 함량이 높은 사료가 동물의 일일 건물 섭취량의 높은 비율을 차지한다면 PEM이 발병할 수 있다. 또한 0.35 % 이상의 황과 높은 황 농도를 함유한 물이 포함된 먹이는 소의 구리 결핍을 유발하는 것으로 밝혀졌고, 황산암모늄 또는 유황이 많이 함유된 다른 비료 요소가 사용될 때 사료 유황의 함량이 높아진다.

일반적으로 사료, 물 및 기타 사료 공급원의 황 농도가 낮으면 고유황 함유 보충제를 체중의 1%까지 섭취해도 문제가 발생하지 않으나, 만약 사료 공급원의 황 농도에 대한 우려나 의

문이 있는 경우 유황 분석을 위해 사료 샘플을 공용 사료 실험실에 제출하면 함량을 분석할 수 있다.

3.8. 환경과 영양소 요구량

소의 생리적 기능은 기온, 습도, 풍속, 복사열 등의 환경 요인과 연령, 품종, 피모, 순응기간, 사료 등의 다양한 요인들에 의하여 영향을 받는다. 소 사육의 최적온도는 15~25℃이지만, 4~26℃ 이내에서 증체나 사료이용성에 큰 영향은 없는 것으로 보고된 바 있다(Anderson 등, 1978). 일반적으로 소의 체내에서 발생하는 열은 섭취한 영양소의 대사과정 및 반추위 내 사료 발효과정에서 기인하며, 체온의 열원으로 이용됨과 동시에 항상성 유지를 위하여 체표면 밖으로 방열된다. 소 체내 심부체온은 체내에서 생산되는 열과 체외로 방출되는 열의 평형에 의해 거의 일정하게 유지된다. 반면에 이러한 체열생산과 발산의 평형은 한랭, 서열의 환경조건의 영향을 크게 받는다. 따라서 사계절이 뚜렷한 우리나라는 환경조건의 영향을 받으며, 특히 여름철과 겨울철에는 더욱 크다.

혹서, 한랭의 영향을 받지 않고, 체내에서의 열 생산량이 가장 낮은 환경조건을 열적 중성권이라 하며, 저온 측의 온도를 하한 임계온도, 고온 측을 상한 임계온도라고 한다. 체열은 복사, 대류, 전도, 피부 및 호흡기로부터의 수분증발 등의 경로를 통하여 발산되며 복사, 대류 및 전도를 통한 열 발산량은 체온과 체표주위의 외기온도와 온도차에 비례하기 때문에, 환경온도가 낮을수록 증가하고, 한랭의 영향을 강하게 받는다. 혹서 환경조건은 복사, 전도 및 대류를 통한 열 발산량이 감소하지만, 발한과 호흡수 및 흡기량이 증가함에 따라 피부 및 호흡기를 통한 발산량도 증가한다. 발한과 호흡수의 증가는 체표에로의 혈액량의 증가 및

형격막을 비롯한 호흡근 운동의 증가를 동반하기 때문에 체내에서의 열 생산량도 증가하게 된다.

유지수준의 사양조건에서 외국 품종의 열적 중성권은 4~26℃(상대습도 75% 이하)로서, 증체와 생산효율에 큰 영향이 없는 온도 범위로 되고 있다(Arije 등, 1971). 쾌적온도의 범위는 15~25℃로 소 사육에 있어서 환경조건의 영향이 가장 적은 온도 범위라고 할 수 있다(Bellows 등, 1978). 기상변화를 보면 수원 지역이 30℃ 이상 되는 일수가 17일, 대구 지역이 38일이며 26℃ 이상은 수원 지역이 90일, 대구 지역이 118일이나 되기 때문에 산간 일부 지역을 제외한 전국이 여름철에 고온에 노출이 되고 있다. 한우에 있어서 열적 중성권에 관한 상세한 연구는 없지만, 외국 품종과 거의 같은 범위라고 추측된다. 추울 때의 소의 임계온도는 품종, 피모상태 및 사양관리 조건에 따라 달라지는데 유지사양시에는 7℃이고, 1일 0.5 kg 증체 시에는 0℃, 1kg 증체 시에는 -7℃로 알려지고 있다. 또 눈이나 비로 몸이 젖어 있거나 바람이 부는 날에는 임계온도는 더 높아지게 된다. 특히 임계온도 이하의 환경에서 대사와 채식량이 증가하게 되는데, 이때 발생한 열은 체온유지에 거의 이용되며 생산을 위해서는 이용되지 않는다. 특히 송아지는 큰 소에 비하여 임계온도가 높고 추위에 대한 스트레스에 민감하기 때문에 영양소섭취를 증가시켜 주고, 직접적인 바람과 비에 대한 노출을 피하도록 관리해야 한다. 한편, 소가 고온스트레스를 받으면 호흡수가 증가하고 체온이 상승함과 동시에 제1 위 운동 저하, 사료의 소화관내 체류시간 증가로 섭취량이 감소되기 때문에 증체량이 감소한다.

3.8.1. 여름철 영양소 요구량과 사양관리

육용우의 상한 임계온도는 26~30℃이지만(高川 등, 1985; 橋弧 등, 1966), 다양한 기상요인의 영향을 받는다. 고온 환경에서 습도의 상승과(橋弧 등, 1966; 鈴木 등, 1985) 방사열의 증가는(富樫 등, 1979; 田中 등, 1979) 열 스트레스를 증가시키기 때문에, 상한임계온도를 저온측으로 이동시킨다. 그리고 바람과 비는 고온스트레스를 경감시키기 때문에(富樫 등, 1981; 寺田 등, 1985), 상한임계온도를 고온측으로 이동시킨다. 고온 환경에서 생리적으로 말초혈액량의 증가, 호흡수의 증가 등, 열발산량을 증가시키는 경향이 있기 때문에 에너지 소비량이 증가한다. 그리고 체온 상승에 따른 대사량의 증가에서도 에너지 소비량은 증가한다.

이러한 증가량은 유지요구량의 약 10%를 차지하기 때문에(栗原 등, 1991) 상한임계온도 이상의 고온 환경조건에서는 유지에 필요한 에너지 요구량을 110%로 할 필요가 있다. 일반적으로 고온 환경조건에서는 상당히 심각한 경제적 손실을 가져온다. 고온의 사육환경에서 소들은 체내의 과도한 열축적으로 인한 스트레스가 있는데 이로 인하여 영양대사 변화를 일으켜 채식량(건물섭취량) 감소를 초래한다(Hahn, 1997; Mader 등, 2002). 채식량 감소는 영양소 요구량을 충족시키지 못하여 소의 성장감소를 동반하게 된다.

NRC(1981)에 따르면 비육우의 증체는 기후조건에 따라 변화하는 건물섭취량에 의하여 영향을 크게 받는다고 보고한 바 있다. 그리고 고온 환경조건에서 체온의 상승, 제1 위 운동 저하, 그리고 제1 위 내 사료의 체류시간 증가(Christopherson, 1985)에 의하여 채식량이 감소되기 때문에 고에너지 사료로 교체하고 사료의 이용효율을 고려해야 한다. 고온에 의한

채식량의 감소는 흑모화종을 포함한 외국종이 모두 29~30℃부터 나타나는데(Morrison 등, 1979; 橋弧 등, 1966), 사료의 종류에 따라 영향을 받는 정도가 다르다. 건초섭취가 가장 크게 영향을 받고, 사일리지, 농후사료의 순으로 영향을 적게 받는다(McDowell, 1972). 그리고 조사료의 채식량은 급여회수의 증가, 절단 길이의 단축, 야간급여에 따라 증가한다(Fuquay, 1981). 그러나 섬유소 함량이 많은 저질의 조사료는 제1 위 내에서의 발효열이 높고, 고온 스트레스를 더 받게 하므로 흑서기의 급여량은 되도록 억제하는 것이 바람직하다. 따라서 여름철에는 급여사료 중에 섬유소의 질과 양에 관한 권장 기준을 가능한 한 만족시켜 주어야 하고, 에너지 함량이 높은 농후사료를 최대한으로 급여할 필요가 있다.

고온 환경 하에서는 요로 배설하는 질소의 양이 증가하기 때문에, 단백질의 요구량은 저온 환경과 비하여 증가하는 경향이 있다. 그리고 단백질은 탄수화물과 지방과 비교하여 체내에서 이용되는 경우에 발생하는 열량이 크며, 고온 환경에서 단백질의 과잉급여는 육용우의 고온 스트레스를 증가시킨다. 이런 경우에 제1 위 내에서 암모니아가 과잉 발생하고, 그것의 배설을 위하여 여분의 에너지를 필요로 하므로 생산성이 저하된다. 한편, 고온 환경에서의 비분해성 단백질의 증가는 질소축적과 일당증체량을 증가시킨다(Buntings 등, 1992; White 등, 1992). 따라서 여름철 육용우의 채식량이 감소하는 경우에도 단백질 요구량에 대한 과부족이 크게 되지 않게 급여사료의 단백질 함량을 결정함과 동시에, 사료 중 단백질의 분해율에 있어서도 주의할 필요가 있다. 고온 환경에서는 채식량이 감소됨에 따라 무기물 섭취량이 감소하고, 소화관으로부터 광물질 흡수량도 감소한다(Kume, 1989; Kume 등, 1986a, 1986b). 아울러 발한, 침이 흐르고,

탈모에 의한 광물질의 배설량이 증가하기 때문에(ARC, 1980) 고온 환경의 광물질의 요구량은 증가한다. 27℃ 이상에서는 유지에 필요한 광물질 요구량이 약 10% 증가하기 때문에(Kume 등, 1986; Kume, 1989), 하계에 사료 내 광물질 함량은 요구량을 10% 높이는 것이 바람직하다.

3.8.2. 겨울철 영양소 요구량과 사양관리

육용우의 하한임계온도는 품종, 탈모상태, 환경 및 사양조건에 따라 다르지만, 유지 사양 조건에서는 5℃ 전후가 된다(Hahn, 1981; 橋弧 등, 1966). 그러나 털이 길어지고 일당증체량이 증가할수록 하한임계온도는 저온 측으로 이동한다(Blaxter 등, 1961; SCA, 1990). 그리고 한랭 환경에서의 바람과 비는 한랭스트레스를 가중시키기 때문에 하한임계온도는 고온 측으로 이동한다(SCA, 1990; 高川 등, 1985).

한랭한 환경은 전도, 대류 및 복사로 인한 열 발산이 증가하기 때문에 체온의 항상성을 유지하기 위하여 혈관수축 등에 의한 열 발산의 억제반응과, 열 생산을 촉진하기 위한 대사활동이 높아진다. 열 생산을 위한 주요한 에너지원은 지방이지만 탄수화물과 단백질도 이용되고, 이러한 영양소원들은 대사과정에 밀접히 연관되어 있는 다양한 호르몬과 신경작용에 의하여 조절되고 있다. 한랭 환경에서 항진하는 내분비 기능 중 갑상선 기능은 체내대사를 활발하게 하여 소화관 운동을 향상시키지만, 이것에 의한 소화관 내용물의 통과속도가 빨라지고, 사료의 소화율이 낮아진다(Clanton 등, 1970; NRC, 1981). 따라서 한랭 환경에서는 사료에너지의 이용효율이 저하되고, 영양소 요구량이 증가한다.

한랭 환경에서 유지에너지 요구량은 외국종

의 경우 10, 0, -10 및 -20℃에서 적은일 때와 비교하여 각각 9, 18, 27, 36% 증가한다(NRC, 1981). 그리고 흑모화우 큰 암소에서 5℃ 전후로부터 대사량의 증가가 확인되고(橋弧 등, 1966), 열 생산량은 18~25℃의 값에 비하여 5~0℃에서 약 30~40%, -5~-10℃에서는 약 50~70% 증가한다. 한랭 환경의 영양관리 대책은 하한임계온도가 낮은 비육소보다 하한임계온도가 높은 송아지 및 육성우에서 더욱 중요하다. -4℃의 한랭 환경에서 어린 송아지의 유지에너지 요구량은 적온환경보다 32% 증가하는 것으로 나타났다(Scibilia 등, 1986). 그리고 한랭 환경에서 육성우의 채식량이 제한되면 근육조직에 의한 단백질의 합성기능이 저하된다는 것이 조사되었다(Scott 등, 1993). 따라서 한랭 환경조건에서 소에게 요구되는 에너지 증가분을 유지할 위한 에너지 요구량에 추가하여 급여할 필요가 있다. 한편, 채식량이 증가하면 일반적으로 소화율이 낮아지는 경향이 있기 때문에 급여사료는 기호성과 품질이 좋은 조사료 및 영양소 함량이 높은 농후사료의 급여비율을 높이는 것도 중요하다.

송아지는 한랭 스트레스에 약하기 때문에 정상적인 성장을 유지하기 위하여서는 사료급여량을 증가시키는 것이 중요하며, 비육우는 하한임계온도가 낮은 것을 고려하여 월 평균 기온이 5℃ 이하의 한랭 시에 유지를 위한 에너지 요구량의 10~30%를 증가하고, 바람이 있는 지역의 방목 사양에서는 사료 급여량을 보다 더 증가해야 한다.

3.9. 관리방식의 차이가 영양소 요구량에 미치는 영향

3.9.1. 군집사육과 영양소 요구량

한우의 사양관리 방식에는 군집사육, 단방사육, 계류사육 및 방목 등의 형태가 있다. 단방

사육과 계류사육은 개체관리를 중요시하는 사양방식으로 사육두수가 소규모인 사양에 적합하지만 분뇨제거 등 관리 작업의 기계화가 어려울 뿐만 아니라 깔짚의 사용량도 많다. 그리고 단방사육에서는 두당 필요한 우방의 면적이 넓어지기 때문에, 근래에 들어 대규모의 한우 사양에서는 거의 군집사육에 의한 경영이 진행되고 있다. 그러나 군집사육에서는 개체관리가 충분히 이루어지지 않고, 각 개체간의 발육이 서로 다를 수 있기에 우군의 균일성이 떨어질 수 있다. 그러므로 군집사육을 할 때에는 이런 점들을 보완할 필요가 있다. 군집사육의 경우에 영양소 요구량에 영향을 미치는 요인으로 운동, 채식량 경쟁 등을 들 수 있다. 우군의 규모가 클수록 채식시 급여사료의 손실도 발생할 확률이 크다. 번식우를 군집사육 할 경우는 임신말기의 TDN 요구량을 기준으로 하여 약 110~120%가 필요하다(中西, 1980; 中西 등, 1981).

비육우의 경우도 군집사육에서는 개별사육에 비하여 영양소 요구량이 증가한다. 다만 군집사육 하는 경우에는 적당한 운동량, 경쟁에 의한 채식량의 증가가 나타나지만 사료 요구량 측면에서 볼 때 개별사양 제한급여가 가장 효율적이다.

앞에서 서술한 바와 같이 군집사육 시의 사료급여에 있어서 각 개체 간에 채식량의 차이가 발생하기 쉽고, 발육의 균일성이 떨어질 수 있으므로 모든 개체가 충분히 사료를 섭취할 수 있도록 신경을 써야 한다(片山 등, 1980).

따라서 단시간에 사료섭취가 끝나지 않게 하고 어느 정도의 채식시간이 확보될 수 있는 용적의 사료 조합이 필요하다. 그리고 조사료와 농후사료를 분리 급여하면 소의 기호성과 개체의 강약에 따라 사료를 골라 먹을 수 있으므로 이를 예방하기 위해서는 섬유질가공사료(TMR)를 이용하는 것도 효과적인 방법이라 할

수 있다. 그리고 사료조의 크기는 각 개체가 여유를 가지고 채식할 수 있고 사료가 흘러서 낭비되지 않도록 충분한 용적의 사료조가 바람직하다.

군집사육과 방목에서 어느 정도의 개체관리를 하고자 할 때에는 스탠천을 이용할 수 있는데, 스탠천을 이용하면 인공수정 등의 번식관리와 개체의 생리, 영양상태에 맞게 첨가제를 급여하는 등의 영양관리를 손쉽게 할 수 있다. 특히 개체별 영양관리를 철저히 하고자 할 때에는 개별 자동 급이장치를 이용할 수 있는데, 개별 자동 급이장치를 이용하면 개체별로 사료섭취량을 파악할 수 있다.

제각의 목적은 소의 성질을 온화하게 하고, 군집사육에서 나타나는 뿔에 의한 싸움과 채식경쟁에 의해 생기는 발육의 불완전 및 불균일성 등 생산성의 저하를 방지함과 동시에 우군 관리자의 위험방지에도 도움이 된다. 특히 번식암소에서는 개체 간에 뿔이 난 순서에 의해 사회적 지위의 우열이 생겨 영양관리상에서 문제가 될 수 있으며, 번식성적에도 큰 장애를 줄 수도 있다(高田 등, 1977; 宋原 등, 1977).

제각은 비육우에서 경쟁을 감소시켜 채식시간을 증가시키고, 우군 전체의 발육의 균일성을 높이며, 증체량 및 출하체중을 증대시켜 사료효율을 개선함과 아울러 지육의 등심단면적

지방도가 높은 고급육을 생산하기 위한 사료 급여방법은 육성기와 비육전기에 체중 대비 각각 1.5%와 1.7~1.8% 내외로 배합사료를 제한급여하고 양질의 조사료를 충분히 섭취할 수 있도록 하여야 한다. 이는 근육 속에 지방이 많이 축적되기 위해서는 배합사료 위주의 속성비육에 비하여 장기간의 비육기간이 필요하기 때문이다.

우리나라에서 섬유질배합사료의 이용은 한우보다 낙농분야에서 먼저 시작되어 지금은

및 근내지방도를 향상시켰다는 보고도 있다(山田 등, 1996; 前原 등, 1990). 번식우에 있어서도 우군 전체의 채식시간 증가와 체중의 균일성이 높아졌다는 보고가 있다(玉城 등, 1990; 前原 등, 1993).

3.9.2. 사료 급여방법과 영양소 요구량

한우의 사료급여 방법에는 조사료와 농후사료를 각각 급여하는 분리급여 방법과 조사료와 농후사료를 혼합한 사료(섬유질 가공사료)를 급여하는 방법이 있다. 그리고 사료 급여횟수나 양에 따라 급여량을 제한하지 않고 항상 채식할 수 있도록 하는 무제한 급여방법과 급여 횟수와 급여량을 조절하는 제한 급여방식이 있다. 이것은 사료급여의 대상축이 번식우, 비육우, 육성우로 구분해서 사용해야 한다. 그리고 소의 사양관리 방법(군집사육, 단방사육, 방목, 계류사육)에 따라서도 서로 다른 사료급여방법을 사용한다. 번식우에서는 과잉 비만을 방지하기 위하여 제한급여를 하는 경우가 많고, 비육용 육성우에서는 과잉비만을 방지하고 또 소화기의 발달을 촉진하기 위하여 농후사료를 제한급여하면서 조사료는 무제한급여하는 것이 일반적이다. 그리고 군집사육을 하는 비육우의 경우 비육후기에는 각 개체가 충분히 사료를 섭취할 수 있도록 조사료와 농후사료를 무제한 급여토록 한다.

소 도체 육질등급의 판정기준이 되는 근내 보편화된 추세이며 한우에서도 완숙단계라고 할 수 있다. 단, 섬유질배합사료의 유효성에 대한 충분한 이해가 필요하며 섬유질배합사료 제조를 위한 절단기 및 혼합기 등의 설비투자가 필요하다. 군집사육에서 사료를 분리 급여할 경우 각 개체별 조사료와 농후사료의 섭취 비율을 파악하기 어렵고, 균일한 비육우 생산을 어렵게 하는 원인이 된다. 한편 비육우에 있어서 사료섭취량, 조사료와 농후사료의 섭취 비율, 사료 내의 에너지 및 조단백질과 비타민

함량 등이 산육성에 미치는 것으로 알려지는데, 본 사양표준을 위주로 하는 여러 가지의 활용은 소가 섭취하는 사료전체를 파악하는 것을 전제로 하기 때문에 적절한 영양관리를 위해서도 섬유질배합사료의 활용이 바람직하다.

또한 섬유질배합사료 급여는 분리급여와 비교하여 제1 위의 pH의 평형이 유지되고, 사료의 이용효율을 높임과 동시에 섬유질배합사료를 이용하는 것으로 영양적으로 균형이 잡힌 사료구성을 확보할 수 있어 고르게 채식할 수 있기 때문에 반추위 과산증, 고창증 및 간농양 등의 대사성 질환의 예방에도 도움이 될 수 있다. 특히 거세된 비육우의 경우 육성기, 비육전·중·후기 등 비육단계별로 급여사료의 변경이 요구되는데, 섬유질배합사료를 이용할 경우는 이런 사료관리를 용이하게 할 수 있으며,

대규모의 비육경영에서 섬유질배합사료의 이용은 우군의 영양관리를 쉽게 하고, 발육의 일치성을 시도함과 동시에 사료급여에 필요한 노동력을 절감할 수 있다.

섬유질배합사료를 조제할 때에는 무엇보다도 조사료와 농후사료가 균일하게 혼합되도록 주의해야 한다. 그러기 위해서 조사료는 가급적 잘게 절단해야 하는데, 벼짚의 경우는 2~3cm 정도가 바람직하다. 그리고 섬유질배합사료에 물을 첨가하거나, 수분함량이 높은 원료사료를 첨가할 경우에는 농후사료 또는 조사료에 대한 소의 선택 섭취를 줄일 수 있어 섬유질배합사료의 균일성이 증가하기 때문에 좋지만, 사료조에 장시간 방치할 경우 계절에 따라 사료품질이 변할 수 있으므로 주의가 필요하다.

제 4 장 사료 급여 시 고려해야 할 사항

4.1. 급여사료의 형태

4.1.1. 조사료

배합사료와 수입 조사료에 의존하는 한우 사양관리에서 양질의 조사료 공급은 아주 중요하다. 일반적으로 조사료는 부피가 크고 가소화영양소 함량이 적은 특성을 가지고 있어, 양질 조사료보다 볏짚 등의 저질 조사료에 대한 의존도가 크다. 따라서 조사료의 이용도를 높일 수 있는 적절한 조사료의 급여형태 개선은 반드시 필요하다.

조사료는 구조형태상 세포막이 소화효소의 작용을 방해하는 역할로 인하여 사료적 가치가 낮으므로 이를 증진시키기 위하여 세절과 분쇄, 건조처리 (건초), 펠렛과 큐브의 가공, 사일리지 제조 등의 물리적 처리와 주로 암모니아를 이용한 화학적 처리 방법을 사용하고 있다. 볏짚을 포함한 조사료를 4~5cm 크기로 세절하여 급여하면 다른 사료와 혼합이 잘 되고 손실량이 감소하며 섭취량이 증가되는 효과가 있다(Church, 1991). 반면에, 세절 크기가 너무 작으면 반추위 통과속도가 빨라지고 미생물에 의한 소화작용도 감소하고(Fabry, 1992), 반추위 벽을 물리적으로 자극하는 기능도 저하되며 대사 장애가 발생되므로 주의하여야 한다(고 등, 1996).

건조처리란 청초를 수분함량 15% 이하로 처리한 건초제조를 말한다. 건초는 생초의 공급이 어려운 겨울에 에너지 및 필수 영양소를 공급하여 주는 것이 가장 큰 장점이며 그밖에 저장작용에 의한 설사방지, 운반과 취급의 용이, 간편한 제조 등을 들 수 있으나 기상의 영향을 많이 받으며 화재의 위험 등이 단점으로 거론된다. 건초의 품질에 영향을 미치는 요인으로

는 예취시기, 잎의 비율, 예취횟수, 건조방법, 초종 등을 들 수 있다. 펠렛과 큐브형태의 가공은 압축에 의하여 용적이 감소되고 제 1위 내 축적량이 많아지기 때문에(고 등, 1996) 섭취량이 증가하고 증체량을 높여 사료효율을 개선하는 효과가 있으나(Church, 1991) 가공에 의한 비용 상승으로 경제성도 함께 고려하여야 한다.

사일리지는 유산균을 이용하여 재료중의 수분을 그대로 보존하면서 월동용 조사료로 저장하는 방법을 말한다. 사일리지의 장점으로서는 제조 시 날씨에 구애를 받지 않으며, 기호성이 좋은 다즙사료의 공급, 저장 공간의 절약, 허실량 감소 등을 들 수 있으나 시설비가 많이 든다는 것이 대표적인 단점이다.

조사료의 가치증진 방법으로 최근 가장 많은 주목을 받고 있고 보편화 된 방법으로 곤포 사일리지 제조를 들 수 있다. 곤포작업은 무엇보다 수확 후 2일 이내에 수집 작업을 마치는 게 가장 중요하다. 그래야 볏짚의 양분손실을 줄이고 수분함량이 65% 내외로 혐기성 미생물인 유산균 발효가 잘되어 사료가치가 높아지기 때문이다. 곤포작업은 단기보관 시 4겹, 장기보관 시 6겹 이상 감아야 외부의 공기나 빗물이 들어가지 않는다. 이렇게 제조된 사일리지는 45일이면 사료로 활용할 수 있다. 장기보관 할 때는 새나 쥐 피해를 받지 않도록 주의하고 구멍이 나면 접착테이프로 철저히 밀봉해야 한다. 곤포 사일리지는 개당 무게가 5백여 kg으로 단독 취급이 어렵고, 제조기계와 비닐구입 비용이 많이 드는 것이 단점이나 수거와 저장, 운반이 편리하여 농촌 인력난을 해소할 수 있으며 사료적 가치도 증진되고, 일정규모 이상일 때는 생산비 절감도 가능하므로 전국적으로 보급이 확산하고 있다.

4.1.2. 농후사료

조사료의 영양 가치와 상반되는 개념을 가지고 있는 농후사료는 국내에서는 사실상 배합사료로 대표되는데 1960년도 초기 국내에서 최초로 배합사료가 생산된 이래 2011년도에는 약 1,700여만톤, 이중 한우사료는 500여만 톤이 생산되었다. 최근에는 사료 값을 절감하기 위하여 일부 농가에서는 옥수수, 밀 등의 곡류 및 채종박, 팜박 등의 박류를 이용한 자가 배합사료를 제조하여 좋은 성과를 올리고 있다.

농후사료의 가공 급여형태로는 가루(mesh), 펠렛(pellet), 후레이크(flake), 익스트루전(extrusion) 등을 들 수 있다. 일반적으로 배합사료를 가공하기 전에는 원료를 반드시 분쇄, 가압, 가열, 증기 및 팽화처리가 이루어지는데 이는 원료를 통째로 급여하게 되면 저작능력이 떨어지고 소화율도 저하되므로 적당한 입자로 분쇄처리 해야 하기 때문이다. 분쇄는 종실을 둘러싸고 있는 외피를 파괴하여 미생물의 접근을 빠르고 용이하게 할 뿐 아니라(Church, 1991) 곡류의 입자도를 작게 하여 공격면적을 증대시켜 소화력을 높이는 효과가 있다. 그러나 입자도가 너무 작으면 비용의 증가와 함께 섭취량의 감소는 물론 반추위 내에서 염증발생, 융모형태 이상으로 소화장애를 일으키기 쉽다. 가루사료는 특별한 가공과정을 거치지 않고 원료분쇄 후 단순 배합하는 과정을 거치게 된다. 주로 비육우에서는 육성기, 번식우에서는 전 단계에서 급여를 권장하며 가공과정을 거치지 않아 가공사료에 비하여 상대적으로 가격이 저렴한 것이 장점이다.

펠렛사료의 정의는 가루상태의 배합사료 또는 단미사료를 가수, 가압, 압착하고 성형기(die)를 통과하여 환제로 만들어 사용이 편리하게 만든 것이라 할 수 있다. 장점으로는 섭취량 증가에 의한 증체량 향상, 고온처리에 의한 사료의 위생적 처리, 소화율 향상에 의한

영양가치의 개선, 사료의 허실량 감소, 분리현상의 방지, 저장 및 운반능력의 향상 등이 있으며 사료의 밀도가 높음으로 인한 음수량의 증가, 제조경비의 증가, 비타민 등 열에 약한 영양소의 파괴 등이 단점으로 지적된다. 주로 어린송아지 및 비육전기 단계에 권장한다.

후레이크 처리는 챔버(chamber)에서 가압을 하거나 또는 대기압 상태에서 증기처리를 한 후 롤러 밀을 이용하여 박편처리를 하는 공정으로서 옥수수, 수수, 보리 등 TDN 함량이 높은 곡류처리에 효과적인 것으로 알려져 있다. 후레이크 처리 효과중의 하나는 전분 소화율이 개선된다는 것인데(Cole 등, 1976; Guiryo 등, 2000) 이는 입자도의 감소와 전분입자의 구조변화 및 호화도 향상으로 미생물에 의한 발효가 잘 이루어지기 때문이다(Satter 등, 1975). 아울러 후레이크 처리 곡류는 반추위 내에서 미생물 단백질 합성에 보다 효율적으로 이용되며(Pitt 등, 1996), 섭취량과 증체량의 증가에도 효과를 나타낸다. 그러나 이러한 조사결과는 곡류의 종류, 처리온도, 수분함량, 롤러의 크기와 압력, 가공속도 등 가공방법에 따라 차이가 있으며 가급적 두께를 얇게 처리하는 것이 효과가 좋다(Macgregor 등, 1976). 후레이크 사료는 곡류사료의 높은 TDN 함량을 효율적으로 이용하는 것이 주목적이므로 주로 마블링이 침착되는 비육후기단계에서 권장하고 있다.

익스트루전은 가압된 상태에서 익스트루전관을 통하여 분쇄한 원료사료를 압출시키는 과정에서 팽창이 되도록 하는 것으로 이 과정에서 열처리 효과와 함께 소화율이 향상된다는 효과가 있다. 그러나 옥수수의 경우 후레이크 처리에 비하여 처리효과가 다소 낮았다는 연구보고가 있는 반면(Cole 등, 1976) 유사하였다는 조사결과도 있다(Matsushima 등 1969). 익스트루전 또는 가열 처리된 대두박은 반추

위 내에서 용해도가 낮아지고 가용성 단백질의 하부장기로의 이동량도 감소되어(Chen 등, 1987) 미생물에 의한 이용이 적어지는 반면 소장 등 하부장기로 도달되는 사료단백질(미분해

또는 보호단백질, bypass protein)의 양이 증가된다. 표 4-1에는 상기 기술한 국내 한우용 배합사료의 주요 가공형태별 생산량과 비율이 나타나 있다.

표 4-1. 한우용 배합사료의 가공형태 별 생산량(농협사료, 2011)

가공형태	생산량 (톤)	비율(%)
가루	412,003	20.5
펠릿	235,605	11.7
후레이크	1,364,220	67.8
합계	2,011,828	100

4.2. 사료 내 섬유소의 중요성과 부산물의 사료 이용

4.2.1. 섬유소의 중요성

반추동물의 소화생리상 농후사료 과잉 급여는 생산성 저하와 더불어 각종 대사성 질병을 유발시킬 수 있으므로 예방차원에서 섬유소의 최소 필요량을 제시하는 것이 매우 중요하다. 최소 섬유소 함량은 비육우의 경우 조섬유(CF) 9% 이상, ADF 12% 이상, 조사료 급여량 15% 이상 권장한다(김 등, 2007). 18개월령 이후 비육우의 단기비육 시 CF 7%, 조사료 급여량 10% 이상 권장하며, 비육 이외 유우의 경우에는 CF 15%, ADF 18%, 조사료 30% 이상으로 권장한다(김 등, 2007). 일본의 경우 질병 예방을 위한 최소 섬유소 함량(건물 기준)은 CF 7%, ADF 10%, NDF 16% 수준을 각각 제시하고 있다(Isakov, 1961). 반면, 사료 내 섬유소 함량의 과도한 증가는 사료 소화율을 저하시키고, 소화관 정체시간을 증가시켜 섭취량을 감소시킬 수 있으므로 주의할 해야한다. 소의 품종과 비육단계에 따라 다르지만 최대 섭취량을 보이는 섬유소 함량은 일반적으로 NDF

30% 내외이다(Allen, 1996). 소의 생리적 특성과 질병 발생의 가능성 등을 고려할 때 사육 전 기간을 통하여 저섬유소, 고에너지 사료를 급여하는 것은 바람직하지 않다. 따라서 사료 내 섬유소 함량은 NDF 수준으로 비육 전기에 30%, 중기에 25%, 그리고 후기에 20% 이상을 유지하도록 해야 한다(McLaren 등, 1971; Miyakoshi 등, 1999). 과거 우리나라 사양표준은 섬유소의 최소 권장량만을 제시하고, 섬유소의 물리적 유효성은 고려하지 않았다. NRC 사양표준(Naruse 등, 1996)에서는 사료 물리성 척도로 유효섬유소(effective NDF; eNDF)를 이용하고 있다. 이것은 1.18mm 이상의 사료 분획은 제1 위 내에 체류하여 반추행동을 자극한다는 가설에 기초한다. NRC 사양표준에서는 새로이 배합 설계된 사료를 평가 할 때 유효섬유소의 일일 요구량과 공급량을 가장 우선적으로 고려하여 계상하고 있다.

사료 내 유효 섬유소는 반추 활동과 타액 분비를 자극하여 반추위 pH를 증가시키고, 결과적으로 미생물단백질을 증가 시킨다(Naruse 등, 1996). 타액의 분비는 저작 및 반추시간과 높은 상관관계가 있는데, 저작 및 반추 시간은 사료의 입자도와 조사료의 질, 그리고 절단 길

이에 의해 영향을 받기 때문이다(Ensminger 등, 1991). 반추위 pH는 미생물단백질 합성량과 정비례하며(Matsushima 등, 1967), 유효 섬유소가 사료 건물의 20% 이하로 떨어질 때 영향을 받는다(Naruse 등, 1996). 그러므로 유효 섬유소는 반추위 pH의 정확한 척도로 이용될 수 있다(Oltjen 등, 1977). 즉 바람직한 미생물 단백질 합성과 섬유소 소화율을 위해서는 반추위 pH가 6.2 이상을 유지하여야 한다(Naruse 등, 1996). 고농후사료 급여 시의 최소 유효 섬유소는 20%수준(건물 기준)이며, 적정량은 25%수준이다. 그리고 ionophore 급여 시에는 5~8% 수준으로 낮출 수 있다. 그러나 유효 섬유소 함량이 너무 낮으면, 사료 통과 속도가 높아져 정미에너지가 감소될 것으로 예상된다(Naruse 등, 1996). 또한 물리적 유효 섬유소(peNDF1.18)도 지표로 이용된다. 반추위 적정 pH 수준인 6.0이상으로 유지하기 위한 건물(DM)섭취량 대비 peNDF1.18 섭취량비율은 Mertens(1997)은 22%, Zebeli 등(2006)은 19%라고 보고하였다. 이때 입자도는 Kononoff 등(2003)의 방법에 따라 Penn State Particle Separator (PSPS)를 이용하여 측정 가능하다. PSPS는 3종류의 체(1.18mm, 8mm, 19mm)로 구성되어 사료를 입자도에 따라 4종류로 분류할 수 있다. Kononoff 등(2003)의 방법에 따라 1.18mm 이상의 입자도 비율을 물리적 유효 계수(physical effectiveness factor, pef1.18)로 산출 후 그 pef1.18값에 사료의 NDF%를 곱하여 peNDF1.18를 산출한다.

반추동물의 에너지는 반추위에서 생성되는 휘발성 지방산 중 주로 초산 형태로 공급되지만, 프로피온산이 초산이나 낙산보다 에너지 효율 또는 사료효율 측면에서 우수하므로, 비육우의 에너지 공급은 반추위에서 프로피온산이 많이 생성되도록 유도하고 있다. 따라서 조사료보다는 농후사료 급여 시 프로피온산의

생성이 더 효율적임을 의미한다. 그러나 농후사료를 지나치게 과잉 급여할 경우 급성 증상으로 가축의 채식 정지, 설사, 반추위염, 반추위 점막상피의 탈락 및 체액성 acidosis 등을, 그리고 만성적으로는 섬유소 부족으로 인해 반추위 부전각화증, 간농양, 제염염 등을 유발시킨다(Brent, 1976; Herman 등, 1995; Nolan, 1975).

4.2.2. 농식품부산물 사료의 효과적 이용

사료비 절감 목적 및 필요성과 한우용 사료자가 배합 및 섬유질배합사료 제조에 대한 정책적 지원은 각종 값싼 부산물 사료들의 광범위한 이용을 촉진하고 있다. 일반적으로 부산물 사료는 지역별, 계절별 성분 변이도가 큰 편이기 때문에 혼합사료 제조 시 이용하는 부산물 사료의 정확한 영양적 가치에 대한 자료 확보 노력은 과학적 사양과 생산효과의 극대화를 위해 필수적으로 요구된다. 부산물 사료라 하면 그 범위가 너무 광범위하기 때문에 TMR 원료로 용이하게 지속적으로 확보 가능한 주요 부산물 위주로 한정하여 기술하고자 한다.

버섯재배부산물(spent mushroom substrate, 일명 버섯폐배지 또는 버섯재배잔사)은 최근에 버섯 재배량의 급증과 함께 많은 양이 배출된다. 버섯재배부산물의 우리나라 연간 발생량은 최소한 167만 M/T 정도인 것으로 예측되며, 사료로 이용가능성이 상대적으로 높은 새송이버섯, 팽이버섯, 느타리버섯 재배부산물(전체 발생량의 58.2%인 97만 M/T 정도가 발생되며, 이중 재배방식별로는 병재배에 의해 67%, 균상재배에 의해 20%, 봉지재배에 의해 13%가 발생된다(김 등, 2007)). 버섯재배부산물은 버섯의 재배방식별로 크게 톱밥 주원료와 옥공이 주원료 부산물로 분류되며, 여기에 농장 여건

에 따라서 다양한 부원료(면실피, 면실박, 비트 펄프, 미강, 밀기울 등)가 첨가된다.

느타리, 새송이 및 팽이 버섯의 톱밥 또는 옥공이 주원료의 버섯부산물은 사료 영양적으로 고섬유소(NDF 64~78%), 저단백질(CP 7~11%) 조사료원에 속한다(JFSBC, 2000; 농림부, 2001). 따라서 사료자원이 부족한 우리나라에서는 잠재적인 반추가축사료 원으로 적극 고려된다. 버섯재배부산물은 병원성미생물, 독성중금속과 잔류농약의 오염이 거의 없고, 곰팡이가 핀 부산물의 아플라톡신 수준도 매우 낮아 위생적으로 안전하다(김 등, 2007). 그러나 그 자체의 높은 함수율로 인해 부패가 빠르게 진행되기 때문에 저장 1~3일 내에 이용하여야 하며, 곰팡이 핀 버섯재배부산물의 가축 사료화는 피하여야 한다(Kwak 등, 2008). 균상재배 느타리버섯재배부산물(폐면 100%)에 유산균, 효모 그리고 당밀을 첨가하여 혐기발효 한 결과 발효물의 pH와 유산 생성량이 증가하고, 유산균과 효모수가 증가하는 등 발효성상을 좋게 하여 저장성이 향상되고 영양적 가치를 개선하는 것으로 나타났으며(Kwak 등, 2009), 이를 반추동물에게 급여 시 볏짚의 76% 수준의 에너지가를 보였다(김 등, 2010).

톱밥 또는 폐면 주원료의 느타리버섯재배부산물을 장기 저장하고자 할 때 유산균(0.5%)과 당밀(5%)을 첨가하여 혐기발효하면 저장성과 한우 기호성이 좋아지고 결과적으로 값싼 한우조사료 원으로 이용될 수 있다(Kwak 등, 2009; Kim 등, 2016). 미생물 처리하여 혐기 발효한 느타리버섯재배부산물을 육성-비육 거세한우에게 볏짚을 부분 대체하여 급여하였을 때 건물섭취량, 증체율 및 도체 특성(특히 등심단면적)이 개선되었다(Kim *et al.*, 2012). 버섯재배부산물 주원료(50%)의 발효조사료로 볏짚을 대체하여 육성기 및 비육초기에 걸쳐서 거세한우에게 급여하였을 때 사료비를 절감하면

서 육질등급과 소득이 향상되었다(Kim 등, 2015). TMR 사료원료 성분표(농진청, 2013)에 제시된 느타리버섯재배부산물과 팽이버섯재배부산물의 TDN은 각각 46.2%, 61.6% 이었으며, 특히 팽이버섯 재배부산물의 TDN이 다소 과대평가된 면이 있었으나, 최근에 재 실험하여 발표한 연구에서 48.5%로 하향 보고하였다(백 등, 2014).

임자박(perilla meal)은 들깨 즉 임자의 종실로부터 채유하고 남은 부산물이다. 1990년도 국내 임자박 총사용량은 22,000 톤이었으며 전량이 국산이었으나, 근래에 와서 사료용 생산량은 극히 일부인 것으로 나타났다(한국표준조사료성분표, 2007) 하지만 자가 섬유질배합사료를 생산하는 농가에서 단백질원으로 많이 사용되고 있는 편이다. 임자박의 영양성분은 조단백질 함량이 채종박과 비슷하며(35~40%), 아미노산의 함량도 채종박과 유사하고 라이신의 함량은 약간 부족하다. 임자박은 특히 대두박에 비해 메티오닌과 아르기닌이 풍부하며 다른 박류에 비해 기호성이 양호한 편이다. 임자박의 UIP 함량은 69.1% 이었으며, 소장에서 아미노산 소화율이 면실박과 채종박보다 높아 우수한 식물성 단백질 공급원에 속하였다(Oh 등, 2015).

호마박(sesame meal)은 참깨 즉, 호마로부터 종실을 채유하고 남은 부산물을 말하며, 임자박과 같이 현재는 국산 박류 총생산량에 비해 극히 일부만 사용되나, 자가 섬유질배합사료를 생산하는 농가에서 주요 단백질 공급원으로 사용되고 있다. 호마박의 TDN 함량은 75%이며, 조단백질 함량(49%)은 채종박이나 임자박보다 높으나(Ensminger 등, 1991), 기호성이 불량하고 아미노산의 함량이나 이용률이 낮은 편이다. 호마박은 필수아미노산 중 메티오닌과 트립토판이 높은 반면 라이신 함량이 낮기 때문에 대두박이나 효모단백질과 함께 사용하면

상보작용을 나타내지만 단용으로 쓸 경우에는 지극히 불량한 결과를 가져온다(한 등, 2011).

맥주박(brewer's grain)은 함수율이 약 80% 정도이며, 섬유질배합사료의 원료사료로 널리 이용하고 있다. 조단백질과 조지방의 함량 및 소화율에 있어서는 비지와 비슷한 특성을 보이지만, 섬유소 소화율은 비지보다 훨씬 낮아서 총 가소화영양소(TDN) 함량은 67~71% 정도이다(안 등, 1984). 에너지가는 보리의 80% 수준이다. 맥주박은 일부 사료섬유소원으로서 이용되기도 하며, 아미노산 균형이 양호한 우회 단백질원으로도 이용된다. 배출량이 특히 많은 여름철에는 건물 섭취량을 떨어뜨리지 않으면서 전체사료의 15~30% 수준에서 급여할 수 있다.

맥아근(barley sprout)은 맥주 제조 공정에서 맥주박, 맥아피와 함께 생산된다. 쓴맛으로 인하여 기호성이 떨어져 다른 사료와 혼합하여 급여하며, 그 수준은 15% 이하가 무난하다. 맥아근에는 미지성장인자가 들어있다고 알려져 있으며, 고 단백질 사료(조단백질 30% 이상)에 속하고, 아미노산 조성은 대두박과 비슷하다. TDN은 71% 이다(Ensminger 등, 1991). 비육우 사료로의 최대 이용량은 15% 수준이다(Boucque *et al.* 1988). 맥아피는 저 지방, 저단백질, 고섬유소 특성을 가진다.

주정박(distiller's grain)은 곡류로 주정을 생산하고 나오는 부산물로서 DDGS는 에너지(TDN 84%)와 단백질(CP 29.5%) 함량이 높으며, by-pass 단백질(60% 정도)원이며, 농후사료의 25%까지 이용할 수 있다(Ensminger 등, 1991).

비지(soybean curd meal, 일명 두부박)는 두부 또는 두유 공장에서 배출되며, 대두로부터 수용성 물질이 상당히 빠져나간 상태이다. 에너지, 지방, 단백질, 섬유소 함량이 높고, 원료나 제조 공정에 따라 성분 변이도는 큰 편이다. 비지의 조단백질함량은 18~27% 수준이며, TDN함량은 90% 정도이고, UIP함량은 50% 수

준이었다(아베, 2001). 아미노산 조성은 유사물인 대두박과 비슷하였으나, 라이신(lysine) 성분비는 상대적으로 낮은 반면 히스티딘(histidine)과 트레오닌(threonine) 성분비는 높은 편이었다. 비지 내의 풍부한 양질의 섬유소 성분은 동물의 변비예방에 도움이 될 수 있다. 비지에 옥분, 당밀, 균제를 혼합한 발효사료를 전체사료의 40% 수준에서 거세한우 비육우에게 급여할 때 증체성적은 양호한 편이었다(고 등, 1999).

제과·제빵 부산물(bakery and bread by-product)은 고에너지 사료에 속하며 염분 함량이 높고, 지방함량의 변이도가 높으며, 소 사료의 30%까지는 기호성에 문제없이 급여할 수 있다(Ensminger 등, 1990). 제빵부산물 급여 시 증체율과 도체, 육질 특성에 뚜렷한 차이 없이 거세 비육우 사료의 옥수수알곡 75%, 대두박 65%를 대체할 수 있다(Guiroy 등, 2000). 옥수수 알곡을 대체하면서 사료 건물의 30%까지 건조 제과부산물을 급여할 때 건물과 유기물 섭취량, 장쇄 지방산과 섬유소 소화율은 감소한다. 증체율과 사료효율은 유사하며, 등지방 두께는 증가하는 것으로 조사된 연구결과를 근거로 적정급여량은 30% 이하의 수준으로인 것으로 제시하였다(Milton 등, 1994). 제빵부산물로 육성비육우사료에 이용되는 옥수수알곡의 75%를 대체하였을 때 육질과 비육우 생산성에 영향을 미치지 않았다(Guiroy 등, 2000).

재활용 양계갈래(recycled poultry beds, 일명 육계분)는 육계농장에서 배출되며, 우리나라에서의 연간 생산량은 약 48만 톤에 이른다(곽, 2000). 육계분은 깔개(주로 왕겨), 생분, 일부 흩어진 사료, 깃털 등으로 구성되며, 다른 축분과 비교해서 영양적 가치가 높고, 함수율이 낮아 취급이 용이하며, 다른 물질을 혼합할 필요가 없고, 언제 어디서고 쉽게 구할 수 있기 때문에 실용성이 높다고 하겠다(곽, 2000). 육계분은 급여 전에 잔존 가능한 병원성미생물

의 완전 사멸을 위해서 반드시 가공 처리되어야 한다. 가공처리(제조) 방법 중에서 퇴적발효법이 가장 널리 이용되고 있는데, 발효 중 발생하는 고열(50~70℃)로 인해 병원성미생물이 완전 사멸되게 된다(CAST, 1978). 제조된 육계분 사료는 사료관리법상 식물성 섬유질류 발효사료로 등록되어져 있으며 한육우의 값싼 육성기 사료로 이용할 수 있으나, 소비자 인식상 번식우용 사료로 한정하여 이용할 수 있다.

영양적 특성상 고단백질(조단백질 16~24%), 고광물질(조회분 30% 이하) 조사료원(NDF 36~55%)에 속하며, 단백질 중 용해성단백질 성분이 높아서 요소와 대두박의 중간 정도에 속하는 사료단백질 특성을 보여준다(Kwak 등, 1998). 육계분은 좋은 광물질원으로서 Ca 2%, P 1.5% 그리고 풍부한 필수 미량광물질을 함유한다(McCaskey 등, 1989; Flachowsky and Hennig, 1990). 퇴적발효 처리한 육계분에 고에너지사료와 긴 입자의 조사료를 혼합하면 훌륭한 완전사료(TMR)가 될 수 있다(Rankins 등, 2002).

과실류 가공부산물(fruit processing by-products)의 생산량은 지역성 및 계절성의 영향을 받는다.

사과박(apple pomace)은 사과주스 제조 시 약 25% 정도가 찌꺼기로 배출된다(Mirabella 등, 2014). 신선한 상태로는 고에너지(TDN 7.4%), 저단백질(CP 5.6%) 부산물사료로서(Grant, 1997; 배 등, 2006, 안 등, 1984), 단백질 이용성이 극히 낮다(Robertson 등, 1965; Rumsey 등, 1982). 기호성이 매우 좋아서(NRC, 1983) 신선한 원물 그대로 급여되기도 하나, 장기간 저장을 위하여 혐기발효(NRC, 1983)하여서 주로 고수분 TMR 사료원료로 이용하기에 적합하다(Fang 등, 2016). 사료로 이용 시 농약 잔류문제가 야기될 수도 있다. 비육우에게 적정 급여량은 15~20% 수준이다(Boucque 등, 1988). 그러나 번식우는 더 많은 양을 급여할 수 있는데,

특히 임신우에 있어서 단백질원으로 면실박이 보충된 사과박 급여는 사료적 가치에 있어서 옥수수사일리지와 유사하다(Bovard 등, 1977; Fontenot 등, 1977). 그러나 비단백태질소화합물이 혼합된 사과박을 임신우에게 급여할 때 송아지 사산, 난산 또는 기형 등의 발생율이 증가한다 (Bovard 등, 1977; Fontenot 등, 1977).

감귤박(citrus pulp)은 감귤로 주스를 만들고 나오는 부산물로서 제주도에서 겨울철에 수십만 톤이 집중적으로 배출되며, 이중 상당량이 TMR 사료원료 중 고수분 에너지사료로 이용하고 있다. 사과박과 비슷한 영양적 성분을 보이며, 섬유질가공사료 제조 시 유산발효 기질로 이용되며, 섬유소의 소화율은 50% 전후로 높지 않으나, 에너지가(TDN)는 높은 편이다(안 등, 1984). 또한 비타민 C가 풍부하며, 반추동물은 이를 체내에서 생합성할 수 있으나, 스트레스가 심한 경우에는 여분의 비타민 C 급여가 도움이 될 수 있다(Crawshaw, 2001). pH가 낮아 부패가 되지 않아 저장이 매우 용이하다. 사료영양적 가치에 있어서 TDN 82.9%, CP 8.5% 정도이다(한국표준사료성분표, 2007). 감귤박은 고에너지 사료로서 고전분 곡류사료보다는 반추위발효에 부작용이 덜하다(Millen 등, 2009). 감귤박은 전분이 적고, 펙틴 함량이 많아 반추위에서 유산을 발생하지는 않는다(Kim 등, 2007). 그러나 필요 이상으로 과다하게 급여하면 낮은 pH로 인해 반추위 과산증을 유발할 수 있기 때문에 주의가 요구된다. 대부분 그대로(건물 17%) 또는 압착(건물 30%)하여 습식형태로 급여된다(Gabert 등, 1995). 젖소 사료에의 적정 급여량(건물 기준)이 15% 수준인 것으로 보아(Mowrey 등, 1999) 비육우도 이 수준 내외에서 이용될 수 있다.

포도박(grape pomace)은 포도즙이나 포도주를 제조하는 과정에서 배출된다. 사과박보다 건물, 단백질, 섬유소 함량이 높지만 비섬유소

탄수화물 함량은 상당히 낮아 TDN 함량이 27~32% 정도로 매우 낮은 편이며, CP 함량은 13.5% 정도이다(Ensminger 등, 1991). 낮은 소화율은 자체 높은 함량의 polyphenol과 tannin 성분 때문이며, 이는 항산화제로서 좋은 효과가 있기도 하다(Ishida 등, 2015). 적포도박이 백포도박보다 사료영양적 가치가 우수한 편이다(Basalan 등, 2011). 대부분 신선한 그대로 급여되나 인공 건조되기도 한다(Mowrey 등, 1999). 비육우에게 최대 급여량은 15~20% 수준이다(Boucque 등, 1988). 포도박에서 분리되는 포도씨는 불포화지방산(특히 linolenic acid)함량이 높은 기름이 많이 함유되어 있다(Naziri 등, 2014).

토마토박(tomato by-product)은 등외품 토마토와 주스 등 가공하고 남은 토마토박에 따라 영양성분이 다르다. 함수율이 너무 높아 취급이 곤란하나, 옥수수작물과 혼합하여 혐기발효시키는 것도 하나의 효율적 방법이며, 이의 영양적 가치는 옥수수 사일리지에 필적한다(Weiss 등, 1997). 토마토박은 TDN 66%, CP 21.5% 정도이며, 축우사료의 15%까지 사용이 가능하다(Ensminger 등, 1991).

당근박(carrot by-product)은 함수율이 매우 높으며, TMR 습식사료의 고에너지 원료로 이용될 수 있다. 당근박 사일리지는 TDN이 78~84% 정도로 옥수수 사일리지(68%)보다도 높고, 단백질 함량은 10.0% 정도이며, carotene 함량이 옥수수보다 17배 높은 특징이 있으며, 옥수수-당근박 사일리지는 사일리지의 pH와 낙산 함량을 낮추어 품질을 개선하는 효과가 있다(Ensminger 등, 1991; 신 등, 2001). 성우에는 1일 15kg 정도의 당근박을 급여할 수 있다(Ensminger 등, 1991).

파인애플박(pineapple bran)은 주로 통조림용 파인애플을 수입하여 식용하고 남은 부산물을 말한다. 파인애플박은 식품잔재물로 분류되어

전문수거업자들이 주로 처리하면서 사료화 시설로 운송하고 있다. 한 통조림공장에서 월 200톤 정도 나오며, 맥주박과 같이 배출의 계절성이 있어 여름철에 많이 나오고, 겨울철에 적게 나온다. 함수율은 감귤박 같이 85% 내외로 높고, 비타민이 풍부하고 기호성 향상에 좋은 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 일반성분은 TDN 66.1%, 조단백질 10.9%, 조지방 2.3%, 가용무질소물 61.3%, 조섬유소 19.2%, 조회분 6.4%, Ca 0.44%, P 0.41%로 구성되며(한국표준사료성분표, 2007), 미국의 연구결과에 따르면(Ensminger 등, 1991) TDN 73%, CP 4.6%로 변이 차가 심함에 유의하여야 한다. 물리적 형상은 배출 당시에는 파인애플 껍질이 딱딱하나 하루나 이틀이 지나면 눅눅해져서 혼합이 용이하다. 사료화 현장에서는 차당으로나, 비닐톤백에 넣어 유통되고 있다.

배박(pear pomace)은 사과박과 유사한 화학적 성분을 보이며 기호성이 매우 좋고 신선한 그대로 급여되며, 에너지가(TDN)는 60% 정도로 사과박 사료적 가치의 89% 수준이다(NRC, 1996).

미강(rice bran)은 현미를 도정하고 공정에서 분리한 것을 말한다. 미강은 사료적 가치나 생산량은 도정률에 따라 다르며 다른 종류에 비해 지방함유량이 많고 특히 불포화지방산의 함량이 높기 때문에 산패 위험성이 있어 저장이 어렵다. 미강은 크게 유기용제로 탈지시킨 미강을 탈지미강 또는 탈지강이라 하며 저장성이 높고 가축에 대한 기호성이 좋다. 하지만 우리나라는 탈지강보다 생미강의 사용빈도가 높아, 변패에 주의를 해야 한다. 생미강의 영양소 함량은 화학성분은 TDN 77.7%, 조단백질 12.5%, 조지방 17.2%, 가용무질소물 39.1%, 조섬유소 10.2%, 조회분 9.4%, Ca 0.02%, P 1.64%로 구성되며(한국표준사료성분표, 2007), TDN가를 다소 낮게 제시하였으나 일본에서는

92%(아베, 2001), 미국에서는 83%(NRC, 2016)로 높게 제시하였다. 미강의 UIP함량도 각각 62%, 45%로서 높은 것으로 보고하였다. 아미노산 조성은 라이신, 메티오닌 함량이 매우 적은 편이다. 광물질 중에서는 칼슘함량이 매우 낮고, 인함량은 상대적으로 높아서, 다량 급여 시 요석증이 발생될 확률이 높다. 적정 급여 수준은 Ca과 P의 비율을 고려해야겠지만 일반적으로 전체사료의 10% 이내로 급여하는 것이 안전하다.

대두피(soy hulls)는 대두의 탈피과정에서 약 12% 정도가 생산된다. 단백질 함량이 약 12% 정도이고, 섬유소 함량(NDF 67%, ADF 49%)이 매우 높다. 리그닌 함량은 2% 정도로 낮으며 소화율(TDN 77%)도 높아서(Belyea *et al.*, 1989; Ensminger *et al.*, 1991), 반추동물의 에너지원 또는 조사료원으로써 이용되고 있다. 일반적으로 대두피의 에너지가는 농후사료 중 귀리 알곡이나 옥수수 가루(옥분)에 필적한다. 더욱이 충분한 양의 긴 입자도인 조사료와 함께 급여되는 소량의 대두피는 영양적 가치에 있어서 옥수수 알곡에 필적한다(Anderson *et al.*, 1988). 비육우 사료에 있어서 옥수수알곡을 대두피로 대체하면 건물섭취량이 늘어나고, 증체율과 사료효율은 낮아지며, 이의 사료적 가치는 옥수수알곡의 74~80% 수준이다(Ludden *et al.*, 1995). 그러므로 대두피는 ‘부피가 큰 농후사료’라고 일컫기도 한다. 그러나 비육말기에는 이용성이 떨어진다고(Ensminger *et al.*, 1991).

일반적으로 반추위 pH의 급감 등 고에너지 농후사료의 부정적 효과는 대두피 대체 시 완화시키는 작용도 한다. 대두피의 조사료적 효과에 있어서, 대두피 섬유소의 in vitro 소화율과 in situ 반추위 분해율은 매우 높는데, 이는 낮은 리그닌 함량 때문이며, 그러나 실제 in vivo 소화율은 일반 조사료보다 낮게 조사되었

는데, 이는 대두피의 낮은 입자도와 높은 비중으로 인한 빠른 반추위 통과속도 때문이다. 이는 섬유소 소화율을 저해하는 요인이 되기도 한다(Hsu *et al.*, 1987; Macgregor *et al.*, 1976; Weidner *et al.*, 1994). 대두피의 유효섬유소(eNDF)는 20~30% 수준으로 매우 낮은 편이다. 조사료 급여량이 낮은 상태에서 대두피를 급여하면 반추활동이 감소되어, 반추위 pH가 떨어지는 현상이 나타날 수 있다(Wallace *et al.*, 1994). 반면 긴 입자도의 건초와 함께 급여하면 더 나은 효과를 기대할 수 있다. 일반적으로 대두피를 조사료원으로 이용하고자 할 때는 유효섬유소(eNDF)의 매우 낮은 수준을 충분히 고려하면 부정적 상관효과를 사전 예방할 수 있다.

4.3. 에너지 자원의 이용

4.3.1. 탄수화물의 이용

반추동물이 가장 많이 섭취하는 사료 중 콩과식물은 단백질 함량이 높지만 비 콩과식물에서 조사료(짚과 건초)와 농후사료(곡류)는 건물기준으로 약 66%가 탄수화물이다. 곡류의 대부분인 탄수화물은 수용성인 전분이나 fructosan과 같은 저장에너지 형태로 단순당과 같은 합성 중간산물로 세포내에 존재한다. 이는 대부분의 동물 소화관에 존재하는 효소(amylase)에 의하여 쉽게 가수분해 된다. 한편 전분 분해균은 발효율도 높고, 세균의 수가 2배로 되며, 시간도 0.25~4시간으로 짧고, 최적 pH는 5.5~6.6으로 낮다. 이는 반추동물이 농후사료를 섭취하였을 때 제1 위 내 pH가 낮아짐을 의미한다. 조사료 탄수화물은 대부분 비수용성이고 세포의 구조기능을 가진 펙틴을 제외하면 대부분 식물 세포벽에 존재한다. 식물 세포벽은 hemicellulose matrix에 묻혀 있는 섬유소로 구성되어 있는데, 가수 분해되기 어려

우며 미생물이나 식물에만 존재하는 효소(cellulase)를 필요로 한다. 섬유소 분해세균은 대사율이 낮아 섬유소의 발효가 느리며 최적 pH는 6.2~6.8이다. 탄수화물이 발효되면 주요 대사산물로서 휘발성 지방산(초산, 프로피온산, 낙산)이 생성되는데 이들은 반추동물의 주된 에너지원이 된다. 이들 휘발성 지방산들은 사료에 따라 생성 비율이 달라지는데 조사료를 급여할 경우 평균적으로 초산 70%, 프로피온산 20%, 낙산 10%이고 농후사료를 급여할 경우 초산의 비율이 낮아지고 프로피온산의 비율이 높아진다.

농후사료를 한꺼번에 과량 급여하면 유기산의 과다한 생성으로 반추위 pH가 감소(제1위 과산증)되고 이로 인해 정상적인 반추위미생물의 활동이 감소 혹은 사멸됨과 동시에 gram양성구균(*Streptococci bovis*, *Lactobacilli*)의 수도 증가하고, 제1 위의 운동이 약화된다. 또한 식욕감퇴, 타액분비 감소 및 완충염의 분비가 감소되고 제1 위 내 삼투압이 증가(600~800 mOsm/L)되어 조직의 탈수 초래와 더불어 설사를 유발하기도 한다. 이러한 부작용을 예방하기 위하여 농후사료의 급여비율은 점진적으로 증가시키고 조사료를 일정한 수준(15% 정도 이상)으로 유지하며, 필요 시 NaHCO_3 , CaCO_3 와 같은 완충제를 사료와 함께 투여(사료의 5% 이내)하기도 한다.

따라서, 소화가 가능한 섬유소로 구분하고 지표자료로 이용할 때 사료섭취량과 밀접한 관계가 있는 NDF(중성세제불용성섬유소)와 소화율과 관계가 있는 ADF(산성세제 불용성섬유소)를 분석하여 이용한다. 일부 ADF 성분은 반추위 내에서 체제 시간이 장기화되거나 특정부분의 가수분해 등으로 소화 이용되기도 한다. 또한 pectin과 가용성 탄수화물원은 반추위 내 미생물의 성장에 필요한 에너지를 충분히 공급하여 발효를 원활하게 하므로, 생성

된 암모니아(NH_3)를 미생물체단백질로 합성하여 하부장관으로의 더 많은 대사단백질(metabolizable protein)을 공급할 수 있다(Kunkle 등, 1999; NRC, 1996; 이 등, 2004).

4.3.2. 일반적 고려사항

미국 NRC, 영국 ARC의 사양표준에서는 동물의 유지 수준에서 급여한 사료의 섭취량을 기준으로 한 소화율에 근거하여 TDN, DE 등의 영양소 요구량을 제시하고 있다. 그러나 유지 목적이 아닌 성장 등의 생산 목적의 경우에는 제시된 영양소 요구량이 부족할 수 있는데, 이는 사료섭취량이 증가하면 사료가 소화기관을 통과하는 속도가 높아져 소화율이 떨어지는 경향이 있기 때문이며, 특히 전분과 섬유소의 소화율이 감소하기 때문이다. 일반적으로 한우 육성비육 시 단계별로 사료 단백질 수준(%)은 비육단계가 진행될수록 낮아지고, 에너지요구량은 증가한다. 또한 농후사료는 비육단계가 진행될수록 점차적으로 증가 급여하고 있고, 청초와 사일리지는 육성기와 비육전기까지는 급여하다가 비육말기에는 급여하지 않는다. 이는 근육 내에 지방이 축적되기 시작하는 450kg 이후의 비육말기에 청초나 사일리지 등의 사료를 많이 급여하면 청예사료 중의 carotene이 지방에 축적되어 지방이 황색으로 되는 문제가 있기 때문이다. 일당증체율은 한우는 400kg 이후부터 감소하고, 비육이 진행될수록 질소 축적률은 감소하는 경향이 있다(橋端 등; 강 등, 1984).

한우 체중 160kg부터 500kg까지 농후사료는 전 육성 비육기간 동안 권장량보다 과량급여하지 않도록 하며, 조사료는 육성기에는 다소 증가시키는 것이 바람직하고, 볏짚 단일급여보다는 볏짚과 함께 양질 조사료(알팔파 큐브 등)를 함께 급여하는 것이 좋다. 그리고 여름

철 기온이 27℃ 이상으로 상승하거나 겨울철 기온이 4℃ 이하로 내려갈 때에는 사료섭취량과 증체량에 영향을 미치므로 환기와 보온에 유의하여야 한다(이 등, 2002; 정 등, 1994).

4.3.3. 육성 및 비육기간 중 에너지 자원의 이용

동일 종류의 사료작물이라 하더라도 재배조건이나 이용하는 가축과 가공이용 방법에 따라 그 사료적 가치가 달라지기 때문에 정확하게 평가하고 이용하여야 한다. 사료원 중 호맥 사일리지, 혼합목건초, 밀기울의 경우 DCP와 TDN의 변이도가 높고, 청예연맥 및 옥수수피의 지속적 사료가치 평가가 필요하다. 또한 종실제거 옥수수대와 옥수수알곡의 건물소화율과 밀기울의 조섬유 소화율이 낮은 예가 있었으므로 유의하여 사료이용에 적용하여야 한다(강 등, 1995).

조사료의 종류(벼짚, 건초, 옥수수사일리지) 및 급여비율(100, 60, 40 및 20%)에 따른 한우 수소의 건물섭취량과 일일증체량은 옥수수사일리지 및 조사료 20% 급여 시에 가장 높으며, 건초 혹은 옥수수 사일리지만 전량 급여할 경우에도 전 기간 동안 증체가 계속 유지될 수 있지만 벼짚급여의 경우에는 체중 350kg대 이후부터 체중이 감소하였다(이 등, 1988). 거세우의 농후사료 급여수준에 따른 벼짚섭취량은 농후사료 제한급여 시에는 무제한 급여에 비하여 육성기에는 2~3배로, 비육전기에는 2배로 증가되나, 비육 후기에는 차이가 없었다(신 등, 1988).

한우 수소(평균 체중 270kg)의 경우 농후사료를 체중대비 2%와 함께 암모니아처리 벼짚을 급여할 경우, 처리하지 않은 벼짚을 급여할 경우보다 일당증체량이 증가할 수 있으며, 1.5%로 농후사료 급여 비율을 낮추어도 차이가 없다는 보고가 있다. 또한 도체율도 암모니

아처리 벼짚의 이용에서 향상될 수 있다(신 등, 2001). 거세한우 사양시험에서 생산성 및 도체성적 결과를 근거로 비육전기에는 총체보리사 일리지를 급여하고 비육후기에는 벼짚과 혼용급여가 바람직하다는 보고가 있다(조 등, 1997).

4.3.4. 조사료원과 급여수준 및 급여 방법

농후사료와 조사료의 적정 급여수준은 한우 큰소비육 시 조사료를 자유채식 시켰을 경우 농후사료의 적정급여량은 체중의 1.5~2.0%(송 등, 1994), 평균 체중 200kg의 한우 육성우에게 농후사료를 체중의 1.4%로 급여하였을 경우 벼짚과 목초를 급여하는 것이 벼짚만을 급여하는 것보다 일당증체량과 사료효율이 좋았고(안 등, 2000; 한 등, 1996), 450kg 까지 육성비육 시에도 혼합목초가 일당증체량이 높다는 결과가 있다(이 등, 2001). 그리고 알팔파는 급여효과가 높지만, 급여비율이 증가하면 건물소화율, 증체량, 사료효율 및 도체의 지방함량 등의 육 생산을 낮출 수 있으므로 주의하여야 한다. 비육 전 기간 조사료 급여수준을 20%로 하는 것이 조사료 급여수준을 변화시켜 급여하는 것에 비해 사료이용성과 일당증체량에 있어 좋은 결과를 나타낼 수 있다. 그러나 농후사료의 단백질 함량이 높아서 조사료 단백질의 질과 양이 문제가 되지 않을 경우 알팔파를 벼짚으로 1/2 정도 대체한 것은 건물섭취량과 사료이용성에는 효과가 없는 것으로 나타날 수 있다(조 등, 2000). 또한 6개월령에 방목 후 비육기에 목건초로 급여하는 것이 발육, 사료이용성 및 육질 향상에 좋다는 보고가 있다(조 등, 2006).

4.3.5. 조사료의 급여수준과 고급육 생산 프로그램

일당증체량은 육성기 때부터 비육단계별(육성기 200~300kg, 비육전기 300~450kg, 비육후기 450~600kg)로 조사료를 40~11% 및 45~13%를 급여할 경우에는 차이가 없으나, 50~15%를 급여한 경우에는 낮으며, 조사료의 급여 수준 간에 배최장근단면적, 근내지방도, 등지방두께, 육색 및 지방색은 차이가 없을 수 있다는 보고가 있다. 육질등급은 조사료의 급여수준이 높아지면 좋아지는 경향이 있으며, 경제성은 육성기 때부터 조사료 45~13% 수준으로 섭취한 소에서 높았다(이 등, 2001).

고급육생산을 위한 근내지방도를 높이기 위해서는 비육기에 고영양 사료에 의한 장기비육이 요구되나, 한우 수소 육성비육 시에는 24개월령까지 농후사료 위주로 사육할 때 일당증체율은 13개월령 전후까지 증가하다가 그 후 비육월령이 경과함에 따라 감소하는 경향이 있으며, 비육우를 농후사료 위주로 장기간 비육하면 비육후기 대사성질환의 다발로 증체량이 급격히 둔화되어 조기에 출하할 수밖에 없으므로 농후사료 위주의 장기간 비육으로는 고급육 생산이 어렵게 된다(강 등, 1993).

고급육 생산프로그램에 관련한 최근 연구결과에 의하면, 가을송아지 거세한우를 이듬해 봄에서 가을까지 개량초지에서 방목 육성 후 24개월령까지 우사 내에서 사육하되, 농후사료는 방목 전·후에는 자유채식, 방목 시에는 체중의 1.5% 수준 급여가 바람직하며, 방목 육성 후 비육 시에는 26개월령까지 비육하여 출하하는 것이 바람직하다고 하였다(배 등, 2006).

4.3.6. 지방원의 이용

비육우에 있어서 지방질 사료(tallow, lard, mutton, corn oil, soybean oil, rapeseed oil 등)

의 최대사용량은 총 건물섭취량의 2~5%까지이며, 효과로는 사료중의 에너지 가와 기호성을 높이고 여름철 열 스트레스를 줄인다. 지방은 증체를 높일 수 있는 에너지를 공급하나, 비용 증가의 단점과 여름철의 사료변질, 그리고 겨울철 취급의 어려움 등이 있다. 다량 급여(5% 이상, 7~10%) 할 경우에는 소화율이 떨어지고 설사가 발생하기도 하며 섭취량 조절에도 주의를 기울여야 한다. 또한 동시에 옥수수 같은 다른 영양소원과의 효율적인 이용면도 고려하여야만 한다. 지방원의 효율은 단백질 혹은 에너지 보충원을 1일 1kg 이하로 급여할 경우 보다는 체중의 1~2%로 곡류섭취량을 유지할 경우에 높다(Kunkle 등, 1999). 사료로 이용되는 동물성 지방은 반드시 항산화제를 첨가해야만 사료에 첨가했을 때 산패로부터 오는 독성과 사료에 함유되어 있는 지용성 비타민의 역가 저하를 막을 수 있다(맹, 1989).

거세 비육우에 대한 지방첨가사료의 근내지방도 개선과 종실에 의한 지방첨가와 체지방 조성과의 관계 등으로 보아 사료 내 yellow grease의 첨가로 비거세 한우의 경우 사육기간이 길어짐에 따라 도체율, 등지방층 두께 및 배최장근단면적이 증가하고 정육률이 개선되었다는 보고가 있다. 그러나 비거세 한우의 육질은 뚜렷한 증체가 수반되지 않은 사료급여방법과 지방첨가 보다는 사육기간의 연장에 의한 증체에 의해서 개선될 수도 있다(신 등, 2002).

식물성 및 동물성 사료원에는 불포화지방산으로 palmitoleic (C16:1), oleic (C18:1 n-9), linoleic (C18:2 n-6) 및 α -linolenic (C18:3 n-3) acid가 주로 함유되어 있다. 이들 불포화지방산은 반추위미생물에 의한 수소첨가과정(biohydrogenation)으로 포화지방산으로 전환된다. 따라서 섭취된 사료원으로부터 지방산 이용도 중요한데, 일반적으로 낙농사료에 에너지 보충원으로 이용되는 식물성 지방사료원으로 보호전지면

실 (protected whole cotton seed, 약 23% 유지 함량)은 다른 종실에 비해 2~3배 이상의 linoleic acid(C18:2 n-6)를 포함하고 있다. 이를 비육 말기 근내지방 증가시기에 급여하면 근내지방 함량을 효율적으로 증가시킬 수 있다(메르크 수의편람, 1996). 이는 체내에 흡수된 linoleic acid가 arachidonic acid(C20:4 n-6)로 전환되고, 이 지방산은 인슐린 민감도(sensitivity)를 증가시켜 근내지방 합성을 보다 효율적으로 증가시킬 수 있음을 보여 준다(Campbell, 1996; Williams 등, 1999).

4.4. 사료 내 단백질 종류에 따른 이용효율

한우가 섭취한 사료의 단백질의 많은 부분은 소화관에서 그대로 흡수되어 이용되는 것이 아니라 반추위 내에서 미생물에 의해서 미생물단백질로 재합성이 되기 때문에 한우와 같은 반추동물의 단백질 이용성은 반추위에서 생성되는 미생물 단백질 합성량이 매우 중요하다. 이러한 반추위미생물의 합성량을 높이기 위해서는 급여하는 사료의 단백질뿐 아니라 미생물의 성장에 필요한 에너지와 광물질 등 다른 영양소 공급도 단백질 이용성에 많은 영향을 미치게 된다.

따라서 한우와 같은 반추동물은 반추위 내에 서식하는 반추위 미생물의 활동에 의하여 단위동물이 이용할 수 없는 암모니아와 같은 비단백태질소화합물(NPN)을 이용하여 필요한 단백질을 생산할 수 있다(Virtanen, 1966). 실제로 반추동물은 유지와 성장을 위하여 필요한 단백질을 반추위 내에서 생성된 미생물단백질과 반추위 미생물에 의하여 분해되지 않고 소장에 도달하여 분해 흡수된 단백질로부터 공급 받는다(Chalupa, 1975; Satter 등, 1975; Wallace 등, 2002). 따라서 사료단백질의 이용

성을 높이기 위해서는 적절한 반추위 분해율의 조절과 소장의 이용성 증진이 최대의 관건이라고 할 수 있다.

대부분의 반추위미생물은 암모니아를 주 질소원으로 이용하고 있지만(Anderson 등, 1988; Bryant, 1973), 실제로 미생물이 이용하는 양보다 많은 양의 단백질이 암모니아로 분해됨으로 인하여 사료단백질의 25% 이상이 반추위 내에서 암모니아로 손실되고 있다. 또한 암모니아가 반추위에서 흡수되어 요소로 바뀌는 과정에서도 많은 양의 에너지 손실을 초래한다(Nolan, 1975). 더욱이 비육우 사료와 같이 조사료보다 농후사료의 급여량이 많은 사양조건 하에서 반추위 내에서 미생물 중 우점하는 전분분해 박테리아의 경우 체단백질 합성을 위하여 단백질원의 65% 이상을 암모니아가 아닌 펩타이드나 아미노산을 이용하기 때문에(Russell 등, 1983) 반추위에서의 반추위 분해율은 단백질의 이용성에 중요한 요소로 작용한다.

반추동물이 섭취하는 사료단백질은 여러 종류의 질소화합물로 구성되어 있다. 단백질의 주된 기능은 미생물 단백질의 질소원을 공급하는데 있으며, 그 중 순단백질의 함량은 총조단백질의 60~80%를 차지하고, 나머지는 가용성 비단백태 질소화합물, 핵산, 펩타이드, 아미노산 및 질산으로 구성되어 있다. 반추동물은 반추위 내에서 미생물에 의해 합성된 단백질 자체만으로는 최대성장을 위해 필요한 아미노산을 충분히 공급받지 못한다. 단백질의 이용효율은 반추위 내에서 미생물작용에 의한 분해를 최소화하고, 미분해 단백질의 형태로 소장 내에 유입되어 아미노산으로 분해되어 흡수되는 양이 증가할수록 높아진다.

하지만 일반적으로 반추위 분해율이 낮은 단백질사료(옥수수글루텐밀 등)가 반추위 내에서 분해가 적게 되어 암모니아로의 손실이 적

으며 소장에서의 이용효율이 높아 반추동물에게는 우수한 단백질원이다. 하지만 가격이 비싼 사료원료이기 때문에 반추위 분해율이 높은 단백질사료의 반추위 분해율을 인위적으로 감소시켜 다량의 단백질이 소장으로 넘어가서(우회단백질, bypass protein) 아미노산으로 흡수시키기 위하여 가열 압착 처리, 익스트루딩 처리, 탄닌(tannin) 처리 등 여러 가지 방법을 이용하고 있다. 하지만 과도한 열처리는 단백질의 변성으로 인하여 소장에서 단백질 소화율을 저하시키기 때문에 적절한 가공처리가 필요하다.

한편, 값싼 비단백태질소화합물을 반추동물에게 급여하여 사료비를 절감할 수 있는데 반추동물이 이용하는 비단백태 질소원으로는 유기태 및 무기태 암모늄염, 요소, 뷰렛(biuret), dicyanodiamide, 암모니아처리 사료 등을 들 수 있다. 그 중 요소가 주요 비단백태질소화합물로 이용되고 있는데, 이러한 비단백태질소화합물을 가축에게 급여할 경우 약 3주 전부터 서서히 사료를 바꾸어 주도록 하며, 급여사료 중 단백질함량이 과잉되지 않도록 해야 한다.

요소를 반추동물에게 급여하면 그것은 미생물의 유레아제(urease) 효소에 의해 반추위 내에서 빠른 속도로 암모니아와 이산화탄소로 분해된다. 여기에서 생성된 암모니아는 다시 두 가지 경로를 통하여 이용되는데 첫째로 미생물 단백질 합성에 이용되고, 둘째로 반추위 벽을 통해 흡수된 후 간으로 전달된다. 이와 같이 과도한 비단백태질소화합물의 급여로 반추위 내에 과도한 암모니아가 생성(>60mg/dl) 되고 혈액으로 이송되어 혈중 암모니아 농도를 높인다. 번식기능에 관련되는 호르몬 분비에 이상을 초래하여 수태율이 저하되거나 호흡중추 기능에 장애를 주어 때로는 가축이 폐사되기도 한다. 따라서 요소의 급여량은 사료 건물의 1% 또는 사료 질소의 1/3 이상을 넘지

않도록 권장하고 있다. 우리나라의 사료공정 규격에서도 반추위 미생물이 충분히 발달된 6개월 이상의 축우용 농후사료에 한하여 1% 이내로 요소 사용을 제한하고 있다.

또한 요소 등과 같은 비단백태질소화합물을 급여하는 경우에는 반추위에서 생성된 암모니아를 빠르게 반추위미생물로 합성시키기 위해서 전분과 같이 쉽게 발효되는 탄수화물을 같이 급여하고 동시에 유황(S) 등의 무기물이 부족하지 않도록 해야 한다.

4.5. 각종 유효 아미노산

반추가축이 섭취하는 사료 중 조단백질(CP)의 대부분은 반추위 내 미생물에 의해 분해되어 미생물단백질(MCP)의 합성에 이용된다. 분해되지 않은 비분해성단백질(UIP)과 MCP는 제 4 위와 소장에서 단백질분해효소(protease)와 peptidase에 의해 분해되어 소장에서 흡수되고, 일부 결합단백질(ADIP) 등 흡수되지 못한 부분은 분으로 배출되게 된다. 따라서 한우의 체내에 흡수되는 단백질의 아미노산 조성은 섭취한 사료 중 아미노산의 조성과의 매우 큰 차이를 나타내며, 대사단백질(metabolizable protein, MP)의 공급량은 급여사료의 용해도, 반추위 통과속도, 반추위 에너지 공급량, 비분해성 단백질의 아미노산 조성, 단백질 흡수효율 등 여러 가지 요인에 의해 영향을 받게 된다.

흔히 사용되는 단백질원으로서 반추위 내 분해율과 분해속도가 다른 대두박, 면실박을 비교해 보면, 대두박은 반추위에서 평균 65%가 분해되고 35%가 소장으로 이전되는 데 비하여 면실박은 각각 55%와 45%이다. 반추위에서의 분해속도는 대두박이 1시간당 6%이고 면실박은 4%로 단백질 공급원에 따라 크게 차이가 있다. 사료곡물 중의 단백질 분해율은 귀리(98%), 밀(95%), 보리(91%), 옥수수(70%), 수수

(57%)의 순으로 이용된다. 또한 소장 내 아미산 조성은 단백질원에 따라 달라질 수 있다. 농후사료를 많이 급여할 경우에 라이신, 아르지닌, 메치오닌 및 히스티딘의 소장 내 함량이 높고 반면에 조사료를 많이 급여하면 발린, 루신 및 이소루신과 페닐알라닌이 많다. 옥수수 단백질의 첨가량을 증가시킬 경우에는 라이신과 트레오닌, 발린, 및 아르지닌 함량이 소장 내에서 증가한다.

4.5.1. 반추위 미생물단백질 합성과 단백질원 및 에너지원의 공급 균형

소장으로 유입되는 MCP는 한우가 필요로 하는 총 대사단백질(MP)의 약 50~90%를 공급할 수 있으므로 최근의 사료배합기술은 반추위 환경을 최적화하여 MCP의 합성량을 최대

화하는 것에 초점이 맞추어져 있다.

MCP의 합성량을 최대화하기 위해서는 반추위에 공급되는 단백질과 에너지원의 적절한 공급과 그 균형이 중요하다. 먼저 전체사료 중 CP 함량은 한우의 성장 단계별로 약간 차이는 있으나 일반적으로 전체 사료 건물 중 11~13%가 적절한데, 반추위가 잘 발달된 6개월령 이상 한우에게는 요소나 뷰렛 등의 NPN 원료를 급여사료 건물의 1% 이내에서 사용할 수 있다.

이러한 질소원(NPN 또는 true protein)의 적절한 공급뿐만 아니라 MCP를 최대화하기 위해서는 반추위 내 에너지의 공급이 균형을 이루어야 하는데, 곡류사료 중의 전분과 같이 빨리 분해되는 에너지원(비섬유성 탄수화물; NFC)과 조사료 중의 섬유소와 같이 천천히 분해되는 에너지원(NDF 또는 ADF)의 비율을 적절히 조절하여 반추위 발효의 동기화를 유도할 필요가 있다.

표 4-1. 사료 중 대사단백질(MP)에 영향을 미치는 요인

구 분	요 인
분해성단백질(DIP)	용해도(분해속도) 반추위 통과속도 사료섭취량
미생물단백질(MCP)	반추위 에너지 공급량 반추위 단백질 공급량
비분해성단백질(UIP)	반추위 분해율 비용해성 질소 함량(리그닌 결합 질소) 우회단백질의 아미노산 조성
아미노산 이용	단백질 흡수 효율 조직 내 단백질 이용 효율

4.5.2. 비분해성단백질과 아미노산 균형 조절

앞에서 이미 언급했듯이 MCP에 의한 대사단백질 공급만으로도 한우의 단백질 요구량을 상당량 충족시킬 수 있으나, 성장률이 빠르고 근육의 성장이 이루어지는 비육중기까지는

UIP에 의한 대사단백질의 추가 공급이 필수적이다. UIP에 의한 대사단백질의 공급량을 계산하기 위해서는 먼저, 다양한 분석을 통한 각 사료원료의 정확한 평가가 이루어져야 한다. 최근에는 각 사료 중 단백질을 DIP(RIP), SIP, UIP, ADIP 등의 분획을 나누어 분석이 이루어

지고 있으며, NRC에서 제시한 사료 중 단백질의 분획별 함량은 표 4-2와 같다. 또한 최근 비교적 널리 이용되고 있는 CNCPS(Cornell Net Carbohydrates and Protein System)는 원

료사료의 단백질을 5개의 단백질 분획으로 구분하고 있으며 국내에서 주로 사용 중인 5종의 단백질 사료원의 분획별 함량은 표 4-3과 같다.

표 4-2(a). 각 사료별 단백질 분획의 함량 (조단백질 중 %)

사료명	분해성단백질 (DIP)		용해성단백질 (SIP)	비분해성단백질 (UIP)	결합성단백질 (ADIP)
	평 균	범 위	평 균	평 균	평 균
화분과건초(출수전)	80	80~85	25	20	-
〃 (출수후)	70	55~80	25	30	12
〃 (인공건조)	65	30~70	-	35	-
알팔파 건초	70	60~80	35	30	10
〃 (인공건조)	40	30~50	-	60	-
클로버 건초	70	50~75	30	60	10
벼사일리지(출수전)	85	-	50	15	-
〃 (출수후)	75	65~85	45	25	9
알팔파사일리지	75	65~85	45	25	10
옥수수사일리지	70	65~75	40	30	10
알팔파큐브	65	55~75	30	35	10
알팔파분말	55	-	-	4	-
알팔파펠렛	40	30~50	25	60	10
벧짚	60	-	20	40	40
옥수수	40	25~60	15	60	4
수수	40	25~60	10	60	15
밀	75	70~80	30	25	1
보리	75	60~90	20	25	5
호밀	80	75~85	50	20	4
연맥·귀리	80	75~85	50	20	4
현미	35	25~45	20	65	9
대두(가열)	50	45~60	10	50	4
대두박	70	50~90	25	30	2
대두박(가열)	50	20~70	-	50	-
면실박	55	40~80	20	45	6
유채씨박	70	60~90	25	30	6
땅콩박	70	60~80	45	30	1
아마박	70	65~75	45	30	4
야자박	40	35~45	15	60	3
해바라기박	75	70~85	35	25	4
팜핵박	35	-	10	65	10
쌀겨(탈지)	50	30~70	25	50	4
밀기울	75	70~80	35	25	3
옥수수글루텐피드	75	65~85	60	25	1

표 4-2(b). 각 사료별 단백질 분획의 함량 (조단백질 중 %)

사료 명	분해성단백질 (DIP)		용해성단백질 (SIP)	비분해성단백질 (UIP)	결합성단백질 (ADIP)
	평 균	범 위	평 균	평 균	평 균
옥수수글루텐밀	35	20~50	6	65	3
옥수수 배아박	40	30~50	-	60	-
장유박	50	40~50	35	50	25
맥주박	50	30~70	15	50	12
와인박	50	30~60	10	50	25
두부박	50	20~70	25	50	2
굴박	65	60~70	30	35	10
어분	35	15~70	25	65	3
육분	35	20~50	-	65	-
육골분	50	30~60	15	50	4
혈분	30	10~50	3	70	3
우모분	30	-	10	70	30
대두피	55	-	18	45	15
면실	70	50~85	30	30	9

국내여건과 같은 곡류중심의 비육환경에서는 조사료의 여건이 열악하므로 곡류를 이용하는 단미사료의 DIP의 비율이 중요하며 가급적 DIP와 가소화영양소 총량 간의 단백질에너지 비율을 지켜 급여하는 것이 좋다. 또한 각 사료단백질 중 UIP의 아미노산 조성은 전체 대사단백질로 공급되는 아미노산의 조성에 큰 영향을 미치게 되며, 특정 필수아미노산의 공급이 한우의 성장에 필요한 아미노산의 요구량에 미달될 경우 그 아미노산은 제한아미노산으로 작용하게 된다.

일반적으로 UIP 중 옥수수에서 유래하는 사료원료의 비중이 높을 때는 라이신(lysine)이, 대두에서 유래하는 사료원료의 비중이 높을 때는 메치오닌(methionine)이 제한아미노산(limiting amino acids)으로 작용할 가능성이 높다. 그러나 아직 한우의 성장단계별 아미노산 요구량이 정확하게 밝혀져 있지 않고, 설사 요

구량에 맞게 부족한 제한아미노산의 공급을 위해 추가로 다른 단백질원을 급여하더라도 또 다른 아미노산의 균형이 깨어지게 되므로 현실적으로 완벽한 균형의 아미노산을 공급하는 것은 상당히 제한적이다. 반면에 최근 반추위 보호기술의 발달로 라이신과 메치오닌 같은 아미노산이 반추위에서의 분해로부터 보호된 형태로 공급되기 시작했으므로 머지않아 이러한 보호아미노산의 공급에 의해 보다 효율적인 급여프로그램을 설정할 수 있을 것으로 기대된다.

단백질의 이용성을 높이기 위해 소장에서 이용되는 보호 아미노산의 효과는 한우보다는 젖소에서 유량과 유단백질 함량을 증가시키는 더욱더 효율적인 것으로 알려져 있다. 특히 메티오닌을 급여한 것보다 보호 라이신을 급여시 효과가 더 높았으며, 메티오닌과 라이신을 같이 급여할 때 보다 효과적이다.

표 4-3. 5종의 주요 단백질사료의 CNCPS에 의한 분획의 함량 (조단백질 중 %)

사료명	대두박	콩글루텐	면실박	카폭박	임자박
A	10.2	0.6	10.2	14.6	10.7
B1	8.3	4.2	4.8	4.4	0.8
B2	74.2	51.3	73.7	60.7	31.8
B3	6.2	1.5	4.7	6.1	40.1
C	1.2	42.5	6.5	14.2	16.8

4.6. 급여사료와 육질간의 상관관계

4.6.1. 비육단계

도체등급 평가는 육량등급과 육질등급으로 크게 나누며, 육질등급은 근내지방도, 육색, 지방색, 조직감, 성숙도 등에 의하여 평가된다. 육질은 품종 및 계통의 유전적 특성의 영향을 많이 받지만, 산육생리에 기초한 영양·사양관리 및 급여사료의 영향도 매우 중요하다.

비육 단계를 육성기, 비육전기(비육기) 및 후기(마무리기)로 구분하는 경우, 육성기에는 장기, 골격을 형성하는데 중점을 둘 필요가 있다. 출하기의 육질상태도 이 시기의 성공여부에 따라 크게 영향을 받기 때문에 사료급여에 특히 주의하여야 한다. 즉, 조기에 반추위를 비롯한 소화기 발달을 돕기 위해서는 소가 선호하는 조사료를 충분히 급여해야 한다. 육성기에 빠른 증체를 위해 농후사료의 급여량을 높이거나 자유채식 시키는 경우가 있는데, 이 시기에 농후사료를 자유채식 시키면 조사료 섭취량이 감소하여 충분한 소화기 발달을 기대하기 어렵기 때문에 제한급여가 바람직하다(하 등, 1999). 일찍부터 농후사료를 다량급여하면 비육말기에 채식중지, 고창증과 요석증 등의 질병을 유발할 가능성이 높아 오히려 체중 및 도체중량이 감소하는 경향이 있다. 정육생산이 최고치에 이르면서 근육 내 지방 축적

이 시작되는 시기인 비육전기의 CP 함량은 후기보다도 높게 설정하면서 단백질 및 에너지 균형에 중점을 두는 것이 중요하다. 시판되는 전기용 농후사료의 성분은 CP가 13~16%, TDN이 68~70% 정도 된다.

현재까지 비육성적으로 보면 CP 함량은 12~13% 정도가 지방축적에도 효율적이다. 등심면적을 크게 하면서, 근내지방 축적을 돕기 위해서는 TDN은 그다지 높지 않은 수준으로 하는 경향이 있다. 비육후기는 지방의 합성과 축적에 중점을 두어 육질개선을 해야 한다. 이에 따라 CP 수준을 전기보다 낮게 하고, TDN 수준이 높은 사료를 급여하는 것이 일반적이다. 시판되는 비육후기용 농후사료의 성분은 CP가 12~13%, TDN이 70~74% 정도로 설계되어 있다. 일반적으로 농후사료는 무제한급여이지만 사료의 가공방법과 입자도의 차이에 의해 채식량, 채식시간 및 제1 위 내의 통과속도가 다르다는 것에 주의할 필요가 있다. 조사료의 급여수준과 육질과의 관계를 보면 비육후기의 조사료 급여수준을 낮게 설정한 경우에는 육질이 좋아진다고 한다. 그러나 제1 위 내 기능이 유지되는 범위 내에서 조사료 급여량을 설정하여야 한다.

4.6.2. 근내지방도

근육 내 지방축적은 품종 및 계통 등의 유전적 요인의 영향을 크게 받는다. 일본 화우의 경

우, 근내지방은 12개월령부터 시작하여 20~24개월령까지 비례적으로 증가한다고 알려져 있다(Grasser 등, 1995; 山崎, 1981). 한우의 경우, 고급육 생산을 위해서는 현재 24개월령 이상의 장기 비육이 일반화되어 있지만 아직 일본 화우의 산육생리 자료를 기초로 하고 있다.

영양수준의 차이는 근육 내 지방축적량에도 영향을 준다. 비육 시 영양수준을 높게 설정하면 지육내의 지방축적은 높아지고, 특히 성장시기에 지방의 축적 개시시기도 빨라진다. 건물섭취량과 근내지방도 사이에는 정(+)의 상관관계가 있다. 또한 당, 전분, 유기산의 함량이 50% 이하의 사료를 급여한 소의 근내지방도는 낮게 조사되었다(Williams 등, 1999). 생육단계별로 한우의 산육생리를 최대한 발휘시킬 수 있는 영양수준의 조절 방법에 대한 연구가 필요하다.

사료급여법과 산육성적과의 관계를 보면, 급여사료의 질과 양은 서서히 변경하여 진행할 필요가 있다. 제1 위 내에는 다수의 세균과 프로토조아가 서식하고 있고, 미생물이 새로운 사료에 적응하기까지는 20일 이상을 필요로 한다. 비육우의 사료급여 방법으로 일반적으로 진행되고 있는 분리급여에서는 제1 위 내 pH의 1일 변화폭이 심하다. 그 뿐만 아니라 제1 위 내 pH의 항상성을 유지하고, 섭취영양소의 효율적인 흡수를 시도하기 위해서는 섬유질배합사료 급여에 의한 사양관리법을 확립할 필요가 있다. 섬유질배합사료 급여에 의하여 우군의 증체성적이 균일화되면 다두사육 경영의 안정을 시도하는데도 의의가 있다. 농후사료의 다량급여는 다량의 프로피온산을 효율적으로 생성시켜 지방축적에 있어서는 좋지만, 제1 위 내 pH가 산성을 띈다. 그 결과, 제1 위 내 세균과 프로토조아의 활력이 저하되고, 에너지생산량이 감소하여 증체성적이 저하된다. 따라서 제1 위 기능이 정상적인 범위 내로 유지될 수 있도록 농후사료 급여량을 적절히 조절하

는 것이 좋다.

비육밀소에게 육성단계에서 일찍부터 농후사료를 다량 급여하는 바람직하지 않은 육성법이 여전히 계속되고 예가 있다. 과비 된 송아지는 비육전기의 증체는 좋지만 후기에 증체가 느리고, 출하체중 및 도체중량이 감소하는 경우가 많다. 특히 근간지방과 피하지방이 많아져서 육질도 저하된다. 기본적인 골격, 근육조직, 소화기 및 내장 등의 발육이 거의 끝나는 13~15개월령의 사양관리는 육질의 좋고 나쁨을 좌우하는 중요한 시기라는 것을 재인식할 필요가 있다.

근육 내 지방축적의 증가는 도체 지방량의 증가와 깊은 관계가 있지만 근내지방도 증가를 기대하여 비육기간을 지나치게 연장하는 것은 피해야 한다. 일반적으로 등심의 조지방함량을 5% 증가하기 위해서는 약 20kg의 도체 지방량을 증가시킬 필요가 있는데, 그 결과 피하지방이 두껍고, 사료효율이 현저하게 저하되게 된다. 최근에는 초음파 육질측정 장비 등이 보급되어 있어, 이런 장비를 이용하여 경시적으로 지방의 두께 및 근내지방도를 측정하면서 개체 관리를 할 수 있게 되었다. 근내지방의 축적은 근육의 종류와 부위, 운동량 등에 의해서 변화하지만 월령이 경과함에 따라 근내지방도가 함께 증가하는 경향을 보인다.

소의 방목사양에서는 조사료 다량급여와 운동량이 증가하게 된다. 이 같은 사양형태는 제1 위에서의 프로피온산 생성이 감소하고 혈당치를 저하시켜, 성장호르몬의 분비를 촉진한다. 성장호르몬은 미약하기는 하지만 지방분해작용이 있으며 또 항 인슐린 작용을 갖고 있기에 조직으로 지방흡입이 방해되어 근내지방형성이 억제된다. 근내지방 축적을 촉진시키기 위해서는 운동을 제한하는 관리가 필요하다. 비육이 진행된 소의 경우, 특히 안정을 유지하는 것이 필요한데, 거칠게 소를 다루거나 밀집

사양, 사료의 급변 및 우군의 구성변화 등은 피해야 한다. 소는 스트레스를 받으면 아드레날린의 분비가 촉진되어 그때까지 축적되어 왔던 지방 및 글리코젠이 분해되어 결과적으로 근내지방의 축적을 감소시킨다. 신경질적인 소는 살찌기 어렵고, 육색이 좋지 않은 것은 이상의 원인 때문이다. 스트레스가 적은 환경에서 사양되고 있는 소는 안정적으로 편안히 누워서 반추를 한다.

최근에는 비육우의 경영형태가 대형화되고, 저비용 생산으로 인하여 사육밀도가 높은 예가 많이 나타나고 있는데, 소 한 마리 당 면적은 적어도 우사 내의 전체 소가 편안히 휴식할 수 있는 공간이 필요하다. 군사식 사육의 경우에는 제각을 실시하는 것도 산육성적의 향상에 있어서 효과적이다. 제각하면 개체 간에 경쟁이 감소하고, 사료섭취량 및 발육 등의 균일화를 시도할 수가 있다. 이처럼 산육성적을 향상시키기 위해서는 소에게 쾌적한 환경을 만들어 주는 것이 중요하다.

일본의 육용우 사양표준에서는 비타민 A의 억제에 의한 지방교잡도 개선방법이 일반화되어 있기 때문에 자세히 소개하고 있지만, 우리나라에서는 아직 연구결과가 미비하고, 비타민 A 결핍에 따른 피해 위험성 때문에 실제로 한우농가에서의 적용은 매우 신중히 접근할 필요가 있다. 비타민 A는 시력은 물론 소의 발육, 번식과 기타의 기능의 발현을 위해서 없어서는 안 될 물질이기 때문에 비타민 A를 제한하여도 결핍증상이 나타나지 않는 정도에 한해서 기간을 한정할 필요가 있다. 이것은 품종 및 혈통에 따라서 다르며 30~40 IU/dl 이상을 유지하는 양이라고 일본사양표준은 제시하고 있다. 비타민 A가 결핍된 사료를 장기간 급여하면, 당연히 혈액과 간장중의 비타민 A 농도가 저하되지만, 알부민, 알부민/글로불린의 비율, 총 지질, 철과 콜레스테롤 등도 저하된다

(甫立, 1999). 또한 야맹증, 식욕부진, 거친 피모와 설사 등이 나타나 비육우의 건강과 경제적 손실을 초래할 수 있다. 이밖에도 비타민 A의 결핍에 의해 쇠고기의 맛이 을 저하될 가능성도 있다.

4.6.3. 육색과 지방색

육색은 비타민 A 및 E, 조사료, 단백질, 전분, 지방산 등에 의해 영향을 받는다고 알려져 있다. 비타민 A가 결핍된 상태에서 사양한 소는 육색도가 낮다. 비타민 A의 결핍에 의해 빈혈상태로 되는 것이 육색도가 낮은 원인중의 하나로 여겨진다(Roodenburg 등, 1994). 사일리지와 같은 조사료의 비율이 높으면 다량의 β -카로틴 혹은 고비율의 조사료로 에너지 섭취량이 저하되어 육색이 짙어진다. 이것은 저영양으로 사육된 소는 고영양으로 사육된 소보다 적색 근섬유의 비율이 높은 것과 관계가 있다. 조사료의 다량급여로 비육한 경우, 완성까지의 기간이 길어지는 것도 육색이 짙은 원인의 하나로 된다.

일본에서는 비육후기에 일반적으로 옥수수나 보리가 많이 급여되고 있는데 옥수수를 급여한 소의 육색이 짙다는 보고가 있다(瀧澤 등, 1998). 이것은 옥수수의 전분함량이 보리보다 많고, 옥수수의 카로틴이 지방의 황색도를 증가시키기 때문으로 보인다. 단백질이 부족하면 육색은 옅어진다는 보고가 있는 반면에 단백질 수준이 상승하면 육색도가 점차적으로 저하되기 때문에 저단백질사료는 육색을 짙게 한다는 보고도 있어 단백질과 육색의 관계에 대한 견해는 일치하지 않는다. 그러나 비육우 사료에 비타민 E를 하루 2,500mg씩 첨가하여 4주간 급여하였을 때 급여하지 않은 소의 쇠고기보다 메토미오글로빈의 증가가 지체되어 양호한 빛깔이 유지되었으며 이와 같은 결과는 하루 5,000mg씩 1주일간 급여한 실험에서도

마찬가지였다. 쇠고기는 시간이 경과함에 따라 빛깔이 선홍색에서 다갈색으로 변색되면서 산화하여 냄새가 발생하는데 이는 고기색소인 미오글로빈이 산화되어 다갈색인 메트미오글로빈으로 변화되기 때문이다. 따라서 고기 지방질의 산화를 막는 비타민 E는 고기 빛깔의 변화를 억제할 뿐 아니라 선도를 유지하는 효과가 있다는 것이 확인되었다(農林水産省, 2000).

지방의 색소는 사료로부터 이행한 카로틴이 주성분이며 지방색은 급여사료에 의해 영향을 받는다. 밀 등의 카로틴 함량이 적은 사료를 급여한 경우는 백색지방이 되고 옥수수를 급여하면 황색으로 변한다. 지방의 대부분은 글리세롤에 지방산이 3개 있는 중성지방(triglycerol)으로 구성되어 있다. 이 3개의 지방산에 함유된 불포화지방산의 수에 의해 각각의 중성지방 성질이 결정된다. 소의 지방은 3개의 지방산이 포화지방산과 같은 포화 중성지방이 너무 많으면 융점이 높은 볼록볼록한 형태의 지방으로 된다. 중성지방의 구성 비율은 지방산조성과 관련이 있어, 불포화지방산 비율이 55~60% 정도일 때에 양호한 지방성상이 된다.

4.7. 우사 관리

4.7.1. 우사 시설

한우 사육시설은 벽이 없는 개방형의 군사식 우사가 대부분을 차지하고 있으며, 계류식 우사도 일부 이용되고 있다. 개방형의 군사식 우사는 다두사육에 따른 분뇨처리를 저비용 생력화하기 위하여 우사바닥에 톱밥이나, 왕겨를 깔아 처리하는 깔짚형 우사가 대부분을 차지한다(강 등, 1995). 우사 건축은 가변형 축사 표준설계도를 이용하여 건축하며, 배열방법에 따라 단식과 복식형의 2종류가 있고, 내부 구

조물 재질은 주로 H형 강관 또는 백강관을 쓰고 있다. 분뇨의 신속한 건조로 깔짚의 활용도를 높이고 자연채광 및 환기를 원활하게 하고자 하는 지붕 개폐식방식이 광범위하게 이용되고 있다.

지붕재는 경제성과 내구성을 고려하여 FRP나 PET를 주로 사용한다. 개방형 군사식 우사는 우방당 4~5두 사육되는 우사의 크기가 일반적이고, 마리당 사육면적은 한우 번식우가 10.0㎡ 이상, 비육우는 7.0㎡ 이상이어야 쾌적한 사육환경을 유지할 수 있다. 마리당 사육밀도가 낮으면 개체 간 우열 경쟁이 심화되고, 면적이 넓으면 불필요한 우사 면적을 확보해야 하는 경제적 불리함이 있으며 불필요한 에너지가 소비될 수 있다.

사양관리 방식 면에서 개체사육과 집단사육시 증체량과 사료 이용성을 비교하면 비거세우는 차이가 없었으나 거세우는 집단사육이 개체사육보다 좋았다(Isakov, 1961). 옥외 집단사육과 우사 내 개체사육 간에는 증체차이가 없었으나 사료이용 효율 면에서 옥외 집단사육이 유리하다는 연구 결과가 발표되었다.

4.7.2. 분뇨 관리

한우의 분뇨배설량은 송아지 8.5 l, 암소 18.2 l, 비육우 17.8 l 으로 체중대비 송아지는 4.9%, 암소는 6.0%, 비육우(거세수소)는 4.3%가 배설되며(권 등, 2009), 이러한 분뇨배설량을 기준으로 할 때, 표준체중 350kg인 한우의 분뇨배설량은 13.7 l /두/일(분 8.0 l, 요 5.7 l)이다. 깔짚 우사를 이용하여 한우를 사육할 경우, 바닥의 깔짚 두께는 5cm가 좋다. 따라서 깔짚 우사에서 배설되는 분뇨를 적정하게 처리하기 위해서는 우사면적 100㎡ 당 15m³의 퇴비사가 반드시 확보되어야 한다(환경부, 1999).

표 4-4. 한우의 분뇨배설량

구 분	체 중 (kg)	분뇨배설량(1/두)			분/뇨	배설물/체중 (%)
		분	뇨	계		
송아지	172	5.2	3.3	8.5	1.6:1	4.9
암 소	303	10.9	7.3	18.2	1.5:1	6.0
비육우(거세수소)	413	10.2	7.6	17.8	1.3:1	4.3
표준체중 환산	350	8.0	5.7	13.7	1.4:1	3.9

깔짚 우사의 분뇨처리는 대체로 톱밥, 왕겨 등과 같은 깔짚을 이용하며 톱밥을 이용할 때 두께는 한우의 경우 5cm로 하며, 왕겨를 톱밥 대신 이용하거나 발효 건조된 퇴비를 재이용하기도 한다. 이 경우 유해가스인 암모니아는 4ppm 내외로 허용한계인 25ppm 미만이며, 분진은 40ppm으로 사육환경에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다(강 등, 1995). 깔짚 우사에서 배출된 분뇨는 반드시 퇴비사에서 일정기간 동안 발효시킨 후 농경지에 사용해야 한다.

4.8. 소화기 질병—대사장애 및 중독증

4.8.1. 고창증 (Bloat; Tympanites)

고창증은 반추위에 축적된 과다한 발효가스를 제거하는 능력이 떨어질 때 발생한다. 고창증은 발생 원인에 따라 사료에 기인하여 포말을 형성하는 포말성 고창증과 트림 장애에 의한 단순성(유리 가스성) 고창증으로 구분된다. 포말성 고창증은 청초나 콩과식물에 많이 함유된 포말형성 가용성 엽단백질의 섭취, 조사료의 급여 부족에 의한 타액분비 부족, 농후사료의 과다급여, 특히 곱게 분쇄된 사료의 급여로 인해 반추위 내 점액을 생성하는 박테리아를 증가시키는데 이때 점액과 같은 물질은 발효가스를 고이게 하여 고창증을 야기시킨다. 가스만 차는 단순성 고창증은 일반적으로 식

도폐색 등의 물리적 장애와 소화기 질환에 의한 트림 장애에 의한다. 대퇴골 전면부 좌측위의 팽창이 첫 번째로 관찰된다. 기립과 횡화를 반복하며, 우측면의 팽창, 항문의 돌출, 호흡의 증가 및 불규칙, 혀의 청색증, 몸부림증 등이 나타나며 심한 경우 30분 이내로 폐사하는 경우도 있다.

중증일 경우에는 걸음걸이와 움직임을 관찰하여 포말성 고창증의 경우에는 옥수수기름이나 땅콩기름, 대두유를 500cc정도 투여하거나, 고창증 치료제(Poloxalene)를 20~40mg/kg 체중/일 수준으로 투여한다. 그러나 Poloxalene은 사사 또는 곡물에 기인한 포말성 고창증에는 효과가 낮으며 일차적인 치료에는 penicillin이 효과가 있다. 심하지 않은 경우에는 막대기를 이용하여 입에 재갈을 물려주면 다량의 침이 생성되어 제1 위 내 포말을 파괴하는데 도움이 된다. 또는 cresol 30ml, turpentine 30~60ml, formaldehyde solution 15~30ml, 암모니아수(ammonia water) 30~50ml를 투여한다. 약물을 먹일 때에는 기관지로 약물이 들어가지 않도록 주의하여 먹인다(Poland 등, 1999).

고창증을 예방하기 위한 올바른 사양관리는 1) 육성기에 충분한 조사료 급여로 반추위를 잘 발달시킴과 동시에 비육기에도 볏짚 등 건초 1kg 정도는 급여하며 비육시키도록 하고, 2) 사료변경은 최소한 15일 정도 이상의 적응기간을 갖도록 한다. 또한 3) 사료가 부족할 경우, 갑자기 과식하는 일이 없도록 하며 배합

사료보다 볏짚을 먼저 공급하고, 4) 변질되거나 곰팡이가 발생한 배합사료를 급여하지 않으며, 변패된 사일리지나 볏짚을 급여하지 않고, 5) 출하 2개월 전까지는 비육우에게 볏짚 등 건초를 1kg 이상 급여하도록 한다. 아울러 6) 비육기에도 배합사료를 과다하게 60일 이상 계속적으로 급여하지 않도록 하고, 7) 고창증 초기 증세가 보이면 즉시 배합사료를 중단하고 조사료만 공급하며, 8) 만성 고창증의 소는 조기 도태하는 등의 방법이 있다(고 등, 1996).

4.8.2. 제1 위 부전각화증 (Rumen Parakeratosis)

조사료 급여의 부족(최소한 10% 이상을 급여)과 함께 입자도가 낮은 농후사료를 장기간 급여함에 따라 발생된다. 즉, 입자도가 낮은 농후사료는 용모 상피세포를 마모시켜 각화를 유도하는 작용이 약하므로 과다한 편평 상피세포층이 6~8주 이상 축적된다. 여기에 세균 집락, 식물섬유, 우모, 사료편 등이 용모 사이에 응집되어 소화, 흡수기능이 감퇴하게 된다. 제1 위 부전각화증이나 위 내 손상이 있을 경우 제1 위 내에 상주하는 혐기성 균(*Spherophorus necrophorus*) 등이 간이나 문맥으로부터 들어가 간농양을 형성한다.

모든 종류, 성별, 연령에 걸쳐 발생하며 특히 6개월령 내지 2년생에서 많이 발생한다. 뚜렷한 증상 없이 식욕 감퇴, 사료 효율 및 증체 저하 등을 나타내고 만성 고창증과 제 1위염, 간농양 등이 다발되는 경향이 있다. 조사료 급여를 충분히 하고, 사료변경, 농후사료 다급 등의 시기에 특히 유의하여야 한다(Brent, 1976; 고 등, 1996).

4.8.3. 간농양 (Liver abscess)

부제병을 일으키는 균과 동일한 푸조박테리

움 네크로포럼(*Fusobacterium necrophorum*)이 간농양의 주원인이다. 조사료 비율이 낮고 농후사료 비율이 높은 사료를 출하 전에 장기간 급여하는 비육우 사육농장에서 발생빈도가 높다. 농후사료를 과다하게 지속적으로 급여 시 만성 제1 위 과산증을 일으키게 되고 제1 위벽이 손상됨에 따라 손상부위로 균이 들어가게 되어 간농양을 일으킨다. 증상으로는 사료섭취량 감소 및 증체량 감소가 나타난다. 예방을 위해서는 조사료로부터 농후사료로 변경할 경우 2~3 주간에 걸쳐 서서히 변경하고, 75% 이하의 농후사료로 비육한다. 또한 제1 위 내의 pH 저하를 막기 위하여 비육초기에 중탄산소다를 첨가하여 사육하면 좋다(정, 1999). Chlortetracycline 또는 Bacitracin Methylene, Oxytetra-cycline을 두당 70~75mg/일 사용하거나, 타이로신(Tylosin, 60~90mg), 버지니아마이신(Virginiamycin, 85~240mg) 등의 항생제를 급여 한다(Poland 등, 1999; 박, 1999).

4.8.4. 요석증 (Urinary calculus, Urolithiasis)

오줌 속에 녹아 있는 무기염류가 신장 또는 방광에서 요석을 형성해 배뇨관이나 요도를 막아버림으로 배뇨장애를 일으키는 질병이다. 요관 내에 광물질이 농축되어 형성된 덩어리를 요석이라고 하는데, 이로 인하여 요도폐쇄가 일어나면 요의 완전한 정체, 배뇨불능, 방광확장, 요도천공 또는 요도파열 등의 후유증을 수반하게 되고 이에 따른 임상증상을 나타낸다. 대부분 수컷에서, 특히 거세우에서 많이 발생하며 방목우 보다는 사사우에서 많이 발생한다. 농후사료를 많이 급여하거나 조사료와 음수가 부족할 경우 발생률이 높아진다. 주된 발병 요인으로는 사료 내 칼슘과 인의 비율불균형(인의 과다급여), 조기 거세에 의한 요도형

성과 발유부진, 규산염(silicate), 수산염(oxalate), 인산염(phosphate) 또는 탄산염(carbonate) 함량이 높은 조사료(벚짚, 건초, 청초 등) 또는 물의 급여, 비타민 A 결핍 등으로 요도 상피세포의 탈락 증가 등이다.

증상으로 배뇨회수가 잦아지며 생식기 주변의 털에는 백색의 이슬모양의 조그만 결석이 붙어있다. 환우는 불안해하며, 식욕부진, 통증과 배뇨시도를 위해 힘을 주는 것을 볼 수 있으며, 때때로 아랫배를 걷어차는 등 산통증상을 나타내고 가끔 땀이나 호흡이 빨라짐을 볼 수 있다. 악화되면 요도나 방광이 파열되어 요독 증세와 더불어 죽게 된다.

한우 비육 후기에서 많이 발생하는 요석은 거의 대부분이 인산마그네슘염이며, 농후사료를 다급하는 한우 수소의 비육말기 겨울철에 많이 생긴다. 이를 예방하기 위해서는 1) 거세를 너무 조기에 하지 말고 거세의 시기를 요도가 충분히 발달성장한 뒤로 미루고, 2) 사료 내 칼슘과 인의 함유비율을 2~2.5 : 1이 되게 조정하며, 3) 비타민 A를 충분히 급여하여 요도상피세포의 탈락을 방지한다. 또한 4) 수소의 경우 염화암모늄(ammonium chloride) 또는 황산암모늄(ammonium sulfate)을 체중 400~500kg 기준으로 1일 20g(또는 50~75g/일)씩 4일을 투여한 후 1개월 간격으로 출하 시까지 4일간 사료에 혼합하여 급여한다. 이때 주의 할 사항으로는 염화암모늄은 출하 3개월 전에는 꼭 휴약을 한다. 5) 일광욕을 실시하고, 깨끗하고 신선한 물을 충분히 급여하도록 하며, 특히 겨울철에 음수가 얼지 않도록 유의한다. 사료 내 소금함량을 높이면 음수 섭취량이 증가하므로 예방에 도움이 된다(고 등, 1996; 정, 1999).

4.8.5. 질산염중독 (Nitrate toxicity)

질산 또는 아질산의 기를 함유한 여러 화합물 또는 화학비료, 질산염 또는 아질산염을 함

유한 고기저장용 가미액, 그리고 질산염의 함량이 높은 물 또는 여러 종류의 사료식물 등이 질산염중독의 원인물질이 된다. 질산염 자체는 비교적 무독성이나 질산염이 아질산염으로 환원되었을 때 중독을 일으키게 된다. 일조량이 부족하고 기후가 급변하거나 제초제가 많이 살포된 지역에서 생산된 풀 사료, 특히 귀리건초(그루터기), 밀, 호밀, 옥수수대, 미성숙 수수와 보리, 수단그라스, 명아주 (풀), 조, 서리로 덮인 무의 꼭대기와 잎, 엉겅퀴 등은 중독량 정도의 질산염을 함유하고 있다. 또한 장기간 가뭄 뒤에 급격히 자란 풀 사료나 고온 다습한 기후로 인하여 빠르게 성장한 풀 사료도 질산염 함량이 높아져 위험하다. 무기질산염에 의한 중독은 보통 질산염비료에 기인될 때가 많으며, 사료식물에 의한 중독은 귀리건초에 기인할 때가 많다.

아질산염은 소화관에서 쉽게 흡수되어 혈액소와 결합하여 methemoglobin을 형성한다. 이와 같이 되면 혈액은 산소운반능력이 저하되므로 동물체는 저산소증이 되어 청산중독과 같은 유사한 증상을 일으키게 된다. 증상으로서는 청색증, 비틀거림, 근진전, 복통 등이 나타나며 고창증, 침흘림, 호흡곤란, 동공산대, 다뇨 등도 나타난다. 체중 250kg의 소에 대해서 methylene blue 2g을 수용액으로 만들어 정맥 주사하거나, 평균 2% methylene blue 생리식염수액 100~120ml를 정맥 주사한다.

4.8.6. 고사리 중독 (Bracken poisoning)

고사리 중독은 야생 고사리를 소가 섭취하여 발생하는 질병으로 미주 및 유럽지역에서 많이 발생되고 있으며, 국내에서도 고사리 집 단서식지인 울릉도나 제주도에서 발생되고 있다. 특히 대단위 방목하는 농장에서 계절에 따

라 집단적으로 발생되기도 한다. 사사우의 경우 300~1,200g/일 범위 내에서 지속적으로 섭취할 경우 만성중독이 발생한다. 우리나라에서는 5월 초 방목 초기에 풀을 탐식할 때 주로 일어난다.

고사리는 소에게 기호성이 낮으나, 조사료 부족으로 인해 섭취할 경우 발생할 수 있다. 고사리는 쫓고사리가 가장 독성이 강하며 특히 고사리의 땅속줄기는 잎보다 매우 높은 독성을 가지고 있다. 독성분은 fillics와 filmaron이며, 비타민 B1을 분해하는 neurinase(thiaminase)가 들어있으며, 내열성인 비타민 B1 분해 인자가 공존한다. 반추동물에서 고사리 중독은 주로 조혈기관에 작용하여 그 기능을 억제시킴으로써 혈구 감소증을 유발하여 반상출혈과 빈혈을 일으키며, 이차적으로 조직 내 세균감염을 유발한다. 초기에는 식욕이 없어지고 영양불량, 쇠약, 피부의 건조, 탄력소실, 40℃ 이상의 고열, 심한 설사, 흑색의 출혈반, 비출혈, 안출혈, 질출혈 및 심한 침흘림 등이 돌발하며, 호흡증가가 보이고 심한 경우 심기능 장애로 혈액순환이 잘 안 되고 호흡곤란이 온다. 조기발견 치료가 효과적이며, 방목시 목초의 양이 충분한지를 확인하고, 목야지에 고사리를 제거하고 고사리가 섞여 있는 건초의 급여를 피한다. 아급성인 경우에는 치료가 가능하며 1% 생리식염수 중 DL-Batyl alcohol 2% solution 25ml/일을 정맥 주사한다. 이때에는 항생제를 필히 주사하고, 강심제·이뇨제·비타민 B1을 주사한다(고 등, 1996).

4.8.7. 제엽염 (Laminitis; Founder)

제엽염은 곡류 과식으로 인한 소화관 내의 이상 때문에 생기는 세균독소의 중독으로 발생하거나 과산증, 자궁염, 유방염, 후산정체 등과 병발되어 오는 경우가 대부분이다. 특히, 탄수화물 함량이 많은 사료의 계속적인 섭취

와 농후사료의 과다섭취로 제1 위 과산증이 생기고 그로 인해 생성된 유산과 히스타민 성분이 발굽조직에 침투하여 발굽에 울혈과 염증을 유발함으로써 무균성 염증을 유발하는 질병이다.

증상으로는 급성인 경우 네발에 심한 통증이 있는데 특히 앞발이 심하다. 통증의 발현과 함께 불안해하며 땀을 흘리고, 사지근육의 떨림 증상을 보이며, 운동을 기피하고 설사를 하며, 체온의 상승은 심하지 않으나 맥박과 호흡이 빨라진다. 소는 네발을 정상보다 앞쪽으로 하고 머리를 아래로 한 채 등을 구부리는 특징적인 자세를 취한다. 병세가 악화되면 기립이 곤란하여 누워있게 된다. 발굽은 열감이 있고 발굽의 양쪽 끝을 누르면 통증을 나타낸다. 치료는 항히스타민제와 부신피질호르몬제를 주사하고 필요에 따라 항생제도 주사하여 준다. 이를 예방하기 위해서는, 1) 농후사료 급여 시 3~4주간에 걸쳐 서서히 농후사료의 양을 증가시키고, 2) 급격한 농후사료의 과잉섭취를 막고, 조사료의 급여를 증가시키며, 3) 발굽을 2~3일간 냉습포 해주며 수일간을 건초와 물만 급여하여 사양하고 이후 서서히 농후사료를 급여한다, 그리고 4) 중조를 하루 100~150 g 정도 사료에 첨가하여 급여하여 제1 위의 과산증을 억제한다.

4.8.8. 곰팡이 독소 중독 (Mycotoxicosis)

사료 중에 증식한 곰팡이에 의해 생성된 유독성물질 즉, 곰팡이독소의 섭취에 기인한 중독현상을 통칭하며, 곰팡이의 종류에 따라 여러 가지 성질의 독소생성으로 그 증상도 다양하다. 곰팡이는 기질로서 탄수화물, 저장소의 습도가 70% 이상, 곡류수분이 8~18% 이상, 적당한 온도(아스퍼질러스는 12~47℃, 푸사리움은 0℃ 정도), 적당량의 산소가 있으면 급속도로 발생하게 된다. 사료에 기인한 주요 유해

곰팡이는 호밀에 주로 기생하는 맥각균(*Claviceps purpurea*)을 포함하여 아스퍼질러스(*Aspergillus*), 페니실리움(*Penicillium*) 및 푸사리움(*Fusarium*) 균류에 의해서 생성되는 독소들이다.

곰팡이 독소에 의한 중독의 특징은 1) 원인 규명이 어렵고, 2) 전염성이 없으며, 3) 항생물질이나 기타 약물에 의해서 치료효과가 거의 없다. 또한 4) 계절 및 기후조건과 깊은 관계가 있고, 5) 사료에 의해서 발병된다. 증상은 다양하며 급성보다는 정도의 식욕감퇴와 사료 효율 저하를 일으키는 만성적 예가 대부분이다. 신경증상과 체중감소, 식욕부진, 빈혈, 유산, 피부염, 산발적 급사 등을 나타낸다.

아플라톡신(Aflatoxin)은 주로 아스퍼질러스플래버스(*Aspergillus flavus*)에서 생성되는 독소이며, 독소종류는 B1, B2, G1, G2, M1, M2 등이 있으며 이중 아플라톡신 B1 중독증이 가장 독성이 크다. 아플라톡신을 분비하는 곰팡이는 대부분의 식물체나 동물체조직에서 자랄 수 있으나 특히 중요한 것은 옥수수, 땅콩, 면실박을 들 수 있는데, 사료분야에서 가장 많이 쓰이는 옥수수가 경제적인 측면에서는 문제시 되는 곡물이다. 근래에는 항곰팡이 제품을 사용하여 곰팡이 성장을 억제하기도 한다. 맥각(Ergot) 중독은 밀, 보리에 생기는 맥각체가 클라비셉스 퍼플라(*Claviceps purpurea*)와 클라비셉스 파스팔리(*C. paspali*)라는 곰팡이에 의해 생기는데 이 맥각체에는 에르고타민(Ergotamine), 에르고톡신(Ergotoxin) 및 에르고메트린(Ergometrine) 등 강력한 약리작용을 나타내는 12종의 알칼로이드가 함유되어 있다. 오크라톡신(Ochratoxin) A 중독은 아스퍼질러스 오크라투스(*Aspergillus ochraceus*)에 의해서 생성되며 다뇨증, 다갈증이 있으며 단백뇨가 나타난다. 간장에 있어서는 간세포의 변성과 괴사가 나타난다.

곰팡이 독소중독은 일단 발생하면 특이요법이 없고, 한번 사료 내에 오염된 독소는 거의 파괴가 되지 않으므로 사전예방조치만이 유효하다. 환축에 대해서는 소화가 잘 되는 저지방 사료를 먹이고 콜린(choline), 이노시톨(inositol) 같은 지방친화성 인자를 첨가해 주면 좋다.

4.8.9. 마그네슘결핍증 (Grass tetany, hypomagnesemic tetany)

마그네슘결핍증은 혈액 내 마그네슘의 결핍(저마그네슘 혈증)으로 인하여 흥분경련 등의 신경증상을 나타내며, 특정 지역의 토양과 밀접한 관계가 있다. 또한 마그네슘 함량이 적은 토양에서 발생하는 일종의 토양병이며, 질소를 많이 함유한 조사료를 섭취시도 대항작용에 의한 마그네슘의 이용이 저하되어 발생할 수 있다. 증상은 사지·등·목과 귀에서 뚜렷한 경련이나 경직을 볼 수 있으며 간헐적으로 전신경련이 일어난다. 소는 극도로 과민한 상태가 되어 조그만 자극에도 아주 민감해진다. 걸음걸이는 비틀거리며 다리의 심한 강직으로 인해서 넘어지기도 하며 넘어진 직후 간대성 경련이 있다. 심장박동이 강하고 빠르며 흥분하여 머리를 높이 쳐들고 있기도 한다.

이른 봄 목초가 잘 자란 목야지로 방목 개시 후 2~3주간 이내에 많이 발생한다. 또한 기온이 낮으면 토양의 온도도 내려가 목초의 마그네슘의 흡수가 방해되어 결핍증이 발생하기도 한다. 이를 위해 초지의 토양시비 문제를 조정한다.

주로 방목우에서 많이 발생을 하나 우사 내에서 사육하는 소에서도 총 에너지 섭취가 적을 때 발생할 수 있다. 예방법으로는 한우 성우에게 1두당 1일 40g의 산화마그네슘(MgO)을 사료에 첨가하여 급여하고, 송아지는 1일 7g의 산화마그네슘을 사료에 첨가하여 급여한다. 마

그네슘이 다량 함유되어있는 콩과식물의 건초를 급여하고, 방목초지에 magnesium limestone, magnesium oxide 등을 비료로 살포한다. 치료로는 마그네슘 및 캄슘제를 서서히 정맥 주사하고(20% magnesium sulfate, 23% calcium borogluconate) 강심제를 투여한다. 송아지는 비타민 D 7,000 I.U.를 주사한다(고 등, 1996).

4.9. 첨가제

4.9.1. 성장촉진제

비육성장촉진제와 안전성에 관하여 소비자의 고품질 안전 축산식품에 대한 요구가 증대되고 있다. 가축의 생산성 향상, 질병예방 및 치료에 이용되는 동물용 의약품의 잔류방지 대책이 절실하다. 동물용 의약품은 가축질병의 예방과 치료 또는 체내의 생리적인 기능을 조절하여 생산성을 증진시킬 목적으로 비육우나 착유우 등에 사용되는 물질로서 비육촉진제도 여기에 포함된다. 동물의 성장을 조절하여 육량의 증가를 꾀하고, 체 조성을 개선시키기 위한 제제로 β -adrenergic agents의 섭취, somatotropin의 주사, immunization과 gene insertion 등의 기술이 있다.

생산촉진 호르몬제는 합성 프로그스테론인 Melengestrol acetate(MGA, 0.25~0.50mg/두/일)가 미경산우의 발정을 억제하여 성장률을 높여준다고 보고되어 있다. 비육촉진제는 지용성 화합물이고 분자량이 작아 소화관 벽에 흡수가 잘되며, 느리게 분해되기 때문에 체지방 등에 축적 및 잔류될 가능성이 있다. 제라놀(Zeranol)의 경우 알팔파, 클로버, 옥수수의 뿌리나 줄기에서 추출되는 천연 식물 화합물이며 출하 전 65일간의 휴약기간과 함께 고기내 2ppb의 잔류허용기준이 설정되어 있다. 90일 간격으로 4회(36mg/회)를 주입할 경우, 비육전기에 사료효율이 개선될 수 있다는 보고가

있다. 그러나 비육후기에는 투여 효과가 일정하지 않다(Stock 등, 1997; 강 등, 1989).

육우 비육 시 사용되는 호르몬제는 단백질 동화 호르몬이라고도 불리는데, 체단백질의 합성을 촉진시키는 작용을 한다. 적당한 양의 지방이 축적된 좋은 육질의 살코기를 만들어주기 때문에 증체가 빠르고, 사료효율도 향상시키는 작용을 한다. 소 성장호르몬(bST)의 주사 효과는 미경산우와 거세우에 있어서 적정수준을 주사하였을 때 일당증체량과 사료요구율이 각각 1~24%, 2~12% 개선되었다는 보고가 있지만, 사료섭취량에 미치는 효과는 일정하지가 않다. 비거세우에 있어서는 최근 비육말기에 bST를 근육주사 하였을 때 일당증체량과 사료요구율이 각각 12~32%와 11~23% 개선되었고 사료섭취량은 변화가 없다는 보고가 있다(Fabry, 1992). bST는 단백질계 호르몬으로 인간과 비교하여 아미노산의 배열이 35%정도 다르고, 인간에게는 bST가 흡수될 수 있는 수용체가 없는 종 특이성이 있고, 경구섭취 시 소화효소에 의해 생물학적인 활성도를 상실하기 때문에 인간이 섭취할 경우 유해성은 없다.

4.9.2. 항생제 (Antibiotics, Ionophores)

가축질병의 치료, 예방, 성장촉진 등을 위하여 사용하는 항병원성 약제는 미생물의 발육 억제 또는 살균작용을 하는 물질로서, 세균이나 곰팡이 같은 미생물 배양에서 얻어진 물질로 만든 항생물질(항생제)과 화학적으로 인공 합성하여 만든 화학요법제 그리고 이들의 중간 형태인 반합성 항균제로 크게 분류한다. 그중 Chlortetracycline(CTC, 혹은 Aureomycin) 및 Sulfamethazine(350mg/일/28일간)은 증체율 및 호흡기질병, Oxytetracycline (OTC, 혹은 Terramycin, 75mg/두/일 혹은 1.0~10.0mg/kg 체중/일)은 증체율, 고창증, 간종양, 호흡기질병에 유효하다. Bacitracin Zinc(35~70mg/두/일)는 증체율

에 유효하다. Tylosin(8~10g/ton 혹은 60~90mg/두/일)은 간농양 예방 및 치료에 쓰인다. Ionophores (Monensin, Lasalocid, Salinomycin) 중 Monensin(Rumensin, 22~33g/ton)은 성장촉진과 사료효율 개선효과가 있으며, 부차적으로 lactic acidosis, 고창증 등이 예방 또는 완화된다는 보고가 있다. 완전배합사료(complete feed)에는 5~30g/ton을 사용하며 1일 두당 360mg 이상 급여하지 않도록 한다. Lasalocid sodium(Bovatec, 30~50g/ton)도 사료효율을 개선하는 효과는 유사하며 Tylosin과 병용할 수 있고, 완전배합사료(complete feed)에는 10~30g/ton을 사용하며 1일 두당 360mg 이상 급여하지 않도록 한다.

Salinomycin(11~22ppm)은 사료섭취량이 감소되고 사료요구율이 개선되는 효과가 있다. 또한 Laidlomycin propionate(Cattlyst)도 효과적인데 완전배합사료에는 5~10g/ton을 사용하며 일일두당 150mg 이상 급여하지 않도록 한다. 또한 Bambermycins(혹은 Gain Pro) 및 Virginiamycin(혹은 Vmax)을 1일 두당 35~70mg 또는 70~340mg으로 급여하여 이용할 수도 있다. Avoparcin도 반추위 내 발효에 영향을 주어 성장촉진과 사료효율을 개선하는 효과가 있다고 보고되고 있다. 이와 같은 효과는 제1 위 내 propionic acid가 증가하고, 제1 위 내 유기물의 소화율 증가, 전소화관 내 유기물과 질소소화율의 증가 및 소장에서 아미노태 질소의 흡수율의 증가로 이루어진다. 그러나 유럽연합(EU)에서는 Avoparcin에 의한 당 펩타이드 사용으로 인한 내성발현을 예방하기 위하여 1997년에 사용허가가 취소되었다(FAC, 1998; Herman 등, 1995; Preston, 1997; 배 등, 1994).

4.9.3. 효소제 (Enzymes)

효소는 생체세포나 미생물이 생산하는 단백질성 고분자 유기 촉매물질을 말한다. 그 성상은 특이적 기질에 작용하여 생체반응을 촉진

내지 완성하는 성질을 갖고 있으며, 온도, 습도, 산소, 광선 및 pH 등의 영향을 받아 활성을 잃기 쉽고 특히 온도에 예민하다. 동물체내에는 각종 소화효소가 단백질, 지방, 탄수화물 등 영양소를 소화하는데 중요한 역할을 수행하고 있고, 체내의 여러 가지 화학반응에 관계하는 많은 효소는 그 반응을 활성화 및 촉진하는데 중요한 역할을 하고 있다. 이들 효소 중에 사료첨가제로서 소화율을 향상시켜 사료 이용성을 개선하는데 이용할 수 있는 것은 소화효소이다.

전분분해효소인 아밀라아제의 경우, 사료원료로 가장 많이 쓰이는 옥수수는 전분이 70% 정도 차지하고 있는데, 열처리 가공 중에 전분의 알파화가 쉽게 발생한다. 옥수수 품종과 재배환경에 따라 전분의 결정구조인 아밀로스와 아밀로펙틴의 비율이 다르고, 취급과 가공조건에 의해 베타화의 정도가 영향을 받으므로 전분의 소화율에 차이가 나게 되며, 사료품질의 편차가 커진다. 또한 새로 수확한 곡물을 사일로에 저장할 경우, 여름철 사일로 내 온도가 60℃를 넘었다가 다시 식게 되는 현상으로 인해 발생하기도 한다.

전분의 소화속도는 전분의 결정구조, 건조 및 기타 가공처리 공정과 알파화 된 전분이 소화되기 어려운 구조로 바뀌는 성질(베타화) 등에 의해 좌우된다. 여기에 전분을 둘러싸고 있는 단백질이 많을수록 소화효소에 의한 분해가 어려워지게 된다. 옥수수와 밀을 포함한 대다수의 곡물의 경우 전분과 당류가 약 70%, 단백질과 식이섬유가 각각 약 10%를 차지하고 있어, 전분을 분해하여 가축의 체내 흡수 이용성을 높이기 위해서는 아밀레이스 등의 전분분해효소가 하는 역할과 이용을 고려할 필요가 있다(환경부, 1999). 또한 EFE(Exogenous Fibrolytic Enzymes)로서 cellulase나 xylanase를 육우사료에 이용하여 사료건물과 NDF 소화율

을 높일 수 있는 가능성이 있다(Grasszyme 1.6 5 ml/kg 조사료 건물, 효소역가 (enzyme activities): cellulase 23,300 units(hydroxyethyl cellulase/ml), xylanase 5,800 IU/ml, cellobiase 55 IU/ml, glucose oxidase 83 IU/ml). 그러나 섭취량에는 효과가 없을 수 있다.

처리방법(spraying EFE)은 조사료원에 이용할 경우에는 사료급여 0~24시간 전에, 보리를 이용할 경우에는 사료급여 전에 사료원에 처리한다(Lewis 등, 1996; Wang 등, 2002). 또한 반추위 곰팡이를 이용한 첨가제(Rufunzyme, Neocallimastix frontalis)가 *in vitro*상에서 사용 중인 첨가제(Amaferm, Microferm, Western Tank) 보다 섬유소 분해효과가 우수하여 실제 *in vivo* 사양시험에서 이용성을 검토 중이다(한 등, 1996).

4.9.4. 완충제 (Buffers)

반추위 내에서 신속히 발효하는 농후사료는 반추위 내 pH를 떨어뜨리는 반면에 되새김질이 줄어들고 반추시간과 타액 분비를 감소시킨다. 이러한 반추위 내 환경의 산성화는 반추위 섬유소 소화율을 낮추고, 사료섭취량과 위의 운동성을 감소시킬 수 있고, 사료채식 빈도를 낮출 수도 있다. Sodium Bicarbonate(사료 건물 중 0.75~1.5%), 석회석(사료 건물 중 약 1%, 사료 중 0.5~0.7% Ca 함유), MgO(사료 건물 중 0.5~0.75%), Sodium Bentonite(사료 건물 중 1~2%) 등의 완충제를 첨가할 때 다음과 같은 요인들을 고려해야 한다. 즉, 1) 버퍼제의 화학적 조성, 2) 조사료와 농후사료의 비율, 3) 총 사료에 대한 섬유소 비율, 4) 조사료 입자의 길이 5) 사료의 산도 6) 온도 7) 사양 시스템 및 8) 첨가제의 비용과 급여 수준이다(Stock 등, 1997).

4.9.5. Sarsaponin(SAR)

북미 남서부 사막 및 중미 사막지대에서 자생하는 *Yucca schidigera* (Liliaceae과)나 *Quillaja saponaria*의 천연추출물의 활성성분인 스테로이드성 사포닌(saponin)이 주성분으로, 스테로이드 사포닌의 활성과 효능으로는 1) 배설물의 암모니아수준과 악취감소 2) 사료효율(0~4%) 및 증체율(0~4%) 개선 효과 3) 항 박테리아(antibacteria) 및 항 프로토조아(antiprotozoa) 효과가 있다(Wallace 등, 1994; Wallace 등, 2002). 또한 이와 같은 효능은 Bovatec이나 Monensin을 병용(sarsaponin-ionophore)함으로써 증체량과 사료효율을 개선시킬 수 있다는 보고가 있다. 최근 연구결과에 의하면, YE(*Yucca Extract*)의 첨가(반추위 내 효율적 농도 1,000~10,000 mg/L, 급여수준 0.5g/두/일, 사료첨가량 60~250mg/kg 사료)는 반추위 액의 pH를 증가시키고 혈청 요소(serum urea)와 NH₃-N을 감소시키며 건물 분해율을 감소시키는 효과가 있다고 하였다. 이는 YE는 직·간접적으로 반추위 미생물 수와 조성에 영향을 주고 이에 따라 반추위 발효과정도 영향을 받음을 시사한다. 또한 Saponin은 최근 건강증진 기능성 물질로 CLA(conjugated linoleic acids)의 합성에 중요한 반추위 미생물인 *Butyrivibrio fibrisolvens*를 억제하는 기능을 가지고 있어 사료원으로부터 이전 양에 유의할 필요가 있다(Cheeke, 1999; Newbold 등, 2001; Stock 등, 1997).

4.9.6. 생균제 (Probiotics)

생균제란 장내 미생물의 균형을 개선함으로써 숙주동물에 유익한 작용을 하는 미생물로 동물의 소화관 내에서 유용하게 작용하는 미생물을 뜻한다. 넓은 의미로는 사일리지 첨가와 발효사료용 첨가제와 같이 사료급여 전에 사료를 발효, 변성처리 하기 위한 미생물도 포

함할 수 있다. 장내에서 유익한 세균이 유해한 세균을 경쟁적으로 배제함으로써 가축의 생산성을 향상시킨다는 것이 주된 작용 기작이며, direct-fed microbials(DFMs)라고도 한다. 동물용으로 이용되는 균균은 유산균으로 불리는 유산간균(*Lactobacillus*), 유산구균(*Enterococcus*), 장구균, 비피더스균(*Bifidobacteria*), 호기성 아포균(*Bacillus*), 혐기성 아포균(*Clostridium*), 효모(*Saccharomyces*), 진균(*Aspergillus*) 등이다. 이는 전분 소화효소, 단백질 소화효소의 생산, 비타민 B군과 K의 합성을 할 수 있다. 이중 미국에서 *Saccharomyces*, *Bacillus*, *Aspergillus*가 GRAS(Generally Recognized As Safe)로 허가되어 있고 그 배양물 등이 상품화되어 있다. 생균제의 작용은 정상적인 대사를 통해 사료효율 및 증체가 향상되고, 사료섭취량이 증가하며 설사가 감소하거나 이를 예방할 수 있다.

생균제는 가축에게 급여 시 세균성 질병의 억제 또는 예방, 성장촉진 및 사료효율 개선 등에 효과가 있을 뿐만 아니라 축산물에 잔류되지 않아 인체에 해를 끼치지 않는다. 농후사료의 0.08%씩 육성비육우에 첨가할 경우 호르몬제(Zeranol)와 항생제(Monensin)의 사용과 비교하여 육성기 및 비육전기 까지 사용할 경우에 효과가 있었으며 경제성도 높다는 보고가 있다(강 등, 1989). 또한 최근의 연구결과에 의하면, 가축 소화기관 내에서의 적응성(내 산성, 내 담즙성, 내 휘발성지방산) 관점으로 효모를 사용한 DFMs 제조에는 그동안 주로 *Saccharomyces cerevisiae*가 사용되어 왔으나 안전수준(biosafety level)이 동일한 *Issachenkia orientalis* 효모가 보다 효율적인 효모 DFM으로 활용될 가능성을 확인하였다(아베, 2001).

4.9.7. 푸마르산(Fumaric acid)

불포화 디카르복시산의 하나로($C_4H_4O_4$, 분자량 116.17, 융점 $286\sim 287^{\circ}C$, 비중 1.63) 무색결정으로 물·에탄올에는 녹지만 에테르에는 녹기 어렵고 벤젠에는 녹지 않는다. 높은 온도를 유지하면 말레산무수물로 변한다. 구조상으로는 트랜스형의 1,2-에틸렌 디카르복시산에 해당하며 말레산의 기하이성질체이다. 천연으로는 아이슬란드산의 이끼나 균류 등에 유리산으로 함유되는데, 동물체 속에는 물질대사 회로의 일원으로 중요하다. 당의 푸마르산발효에 의하여 생성하는데, 말레산의 이성질체화에 의한 제조도 가능하다(Gabert, 1995).

4.9.8. 기타첨가제

최근 복지형 사육과 장기간 저장을 위해 항산화의 필요성이 대두되면서, 셀레늄강화 버섯 폐배지의 급여가 거세한우의 혈장, 근육 및 간내의 셀레늄 농도를 유의적으로 증가시킬 수 있으며(이 등, 1992), Vitamin E를 거세한우 출하 전 3개월간 급여하여 지방산패를 지연 및 억제시킬 수 있는 것으로 나타났다(축산기술연구소, 1998).

황토에 함유된 점토광물질에는 반추동물사료에 첨가되는 규산염광물질인 bentonite, zeolite 등 다양한 광물질을 함유하고 있다. 가축에게 급여 하였을 때, 장내 유익한 균체, 가스 및 과잉수분을 흡착과 배설, 연변 또는 설사를 방지하는 효과가 있다. 황토급여가 한우의 혈액 면역지수 분석 결과 면역기능을 향상시키는 경향을 보였고, 이온교환성, 연변방지, 유해가스흡착 및 펠릿사료 결합제로 이용이 가능하며, 장관 내 미량광물질 공급효과 및 완충효과도 있을 것으로 기대된다.

제 5 장 사료의 안전성

최근 일반 소비자들은 광우병, 구제역, 콜레라, AI 등의 각종질병과 사료 내 환경오염물질, 병원성 미생물, 동물약품잔류 및 항생제 내성 등과 관련하여 축산물 안전에 대해 그 어느 때보다 높은 관심을 가지고 있다. 따라서 가축생산비 절감이나 축산물 품질 향상도 중요하지만 급여사료에 대한 안전성에 대한 대응도 매우 중요한 과제가 되고 있다. 가축사양체계에 따른 축산식품의 안전문제, 축산식품의 품질에 영향을 주는 사료 종류 및 품질 등 사료안전 부분에 관심이 집중되고 이는 곧 축산물 안전과 관련이 높기 때문에 사료위해 요소에 대한 관심이 확대되고 있다.

사료급여의 위생과 안전성 확보를 위한 사양관리란 자연독소, 병원성미생물, 화학물질, 항생제, 농약, 동물용의약품 잔류, 돌, 유리조각, 쇧조각, 플라스틱 및 주사기와 같은 이물질 등의 생물학적, 화학적, 물리학적 인자를 제어한 후 관리하는 방법이라 말할 수 있다. 가축의 생산성 향상에 중점을 두었던 종래의 사료 품질관리에서 앞으로의 사양관리는 안전성을 강화하여 신선하고 안전한 축산물 생산으로 축산물에 대한 소비자 신뢰도를 높여야 한다. 광우병과 다이옥신, 살모넬라균 등의 질병발생 미생물이나 환경오염물질의 주 오염원이 사료에 기인한 것으로 밝혀지면서 사료의 안전성이 더욱 중시되고 있는 추세이고, 안전성이 입증되지 않은 사료를 급여하여 생산된 축산물은 소비자에게 불신을 초래하여 축산업 발전에도 커다란 장애요인이 될 것으로 여겨진다. 영양소 공급만을 목적으로 한 사양관리에서 벗어나 안전성이 확보된 사양관리를 통해 축산물에 대한 신뢰도 증진을 기하고 지속 발전 가능한 축산업 경영을 위해서도 사료의

위해 요소를 제어한 안전한 사양관리가 이루어져야 한다.

가축사료의 안전성 유지를 위한 국제적 노력의 결과 코덱스 국제기구 특별위원회에서는 가축사양과 관련된 우수농장관리지침(GAP)를 설정하고 이의 준수를 요구하고 있다. 때문에 향후 국내 한우산업에 있어서도 이와 같은 Codex관리 기준에 의한 사료관리 및 사양관리가 필요하다. 이는 곧 일반 소비자에게 의한 국내 한우 산업의 신뢰도 향상과 직결된 것으로 필수사항이 될 것이다.

5.1. 사료관리

5.1.1. 사료원료

농장에서 생산된 사료원료는 우수농장 관리 원칙에 따라 생산되어야 하고, 화학적으로 처리된 종자는 사용하지 않아야 한다. 농장 밖에서 구입되는 사료원료는 공급자로부터 좋은 사료를 공급받고, 축산물 안전에 위험이 있을지도 모르는 어떤 오염물질은 구입 시 검사하여 오염된 상태가 확인될 경우 공급자에게 신속하게 반환하며, 첨가제와 항생제는 승인된 가축치료용 물질만 투여하고 사용내용을 기록한다. 사료에 대한 표시는 사료와 사료원료 사용자가 알고 있어야 할 내용이어야 한다. 사료에 맞는 가축들의 종류 혹은 분류에 대한 정보, 사료가 의도한 목적, 사료원료의 목록(첨가제 포함), 제출 승인된 상품명, 생산자의 주소와 이름, 영양소 함량, 사용방법과 주의사항, 제조 날짜 등에 대해서 정확한 정보를 알고 구입한다.

최근 각종 농산식품부산물 및 유기성폐기물의 재활용에 의한 사료화가 많이 진행되고 있

고, 또한 섬유질배합사료(TMR)의 보급이 확대되면서 이들에 대한 사료원료로서 관리 및 안전성에 대한 관심도 높아지고 있다. 이들은 폐기물관리법과 사료관리법에 의해 부산물로 정식 사료화 하여 활용하는 경우도 있지만 그렇지 않은 경우도 많기 때문에 각별한 주의가 요구된다. 사료관리법에 의해 등록된 사료의 경우 사료 내 유해물질 및 허용기준량(표 5-1)이 명확히 규정되어 있으나, 등록하지 않은 부산물을 사료원료로 활용할 경우 농산가공 또는 식품가공 시에 유해물질의 혼입 등에 대한 우려가 있음에도 전혀 통제할 방법이 없기 때문에 이를 양성화하고 부산물 활용을 활성화하기 위해서 폐기물의 재활용에 대한 품질규격을 명확히 하는 것이 필요하다. 기획재정부 산하 기술표준원에서는 폐기물이나 부산물의 재활용을 위한 품질규격화 사업을 실시하고 있으며, 특히 GR(Good Recycling)품질규격(기술표준원 고시)에는 섬유질가공사료, 육분, 혈분, 육골분, 주류가공건조부산물사료 등의 각종 부

산물의 사료화를 위한 원료와 성분, 그리고 유해성분의 허용기준량 등에 대한 자세한 기준을 제시하고 있다. 이를 기초로 원료관리를 시행하면 더욱 안전성이 확보된 사료원료 관리가 이루어질 수 있을 것이다. 소비자의 신뢰향상을 위해 각 사료원료 및 부산물의 사료화를 적극적으로 할 수 있는 자원의 개발과 등록이 필요하다.

또한 배합사료 및 TMR사료 공장도 위해요소중점관리기준(HACCP)에 따라 인증절차를 거쳐 사료원료의 선정, 반입 및 보관에 대한 철저한 관리를 시행하고 있다. 이러한 기준을 충족(표 5-2)하여 인증된 배합사료 및 TMR 사료의 선정과 자가 배합사료 제조 시 기준 충족 원료를 구입하거나 그에 준하는 관리를 실시함으로써 보다 위생적이고 안전한 사료원료 관리가 가능해 질 것이다. 이는 곧 축산물에 대한 소비자 신뢰도 향상으로 연결되어 축산업 발전에 크게 기여할 수 있는 시발점이 될 것이다.

표 5-1. 사료 내 유해물질 및 허용기준량

유해물질명	사료의 종류			허용기준
비소	배합사료	프리믹스사료		100ppm
		기타 배합사료		10ppm
	단미사료	광물질		100ppm
불소	배합사료	고기소용		100ppm
		젖소용		50ppm
		돼지용		150ppm
		닭용		300ppm
		프리믹스사료		1,800ppm
불소	단미사료	광물질		1,800ppm
		인산염류 및 칼슘염류		인 함량의 1/100이하
크롬	배합사료	전체 배합사료(프리믹스사료 제외)		100ppm
	단미사료	동물성	어분 및 어즙혼합사료	100ppm

유해물질명	사료의 종류			허용기준
		단백질류	우모분·육분·육골분 및 동물성단백질 혼합물	300ppm
			피혁가공분말	1,000ppm
		동물성무기물		100ppm
납	배합사료	프리믹스사료		30ppm
		기타 배합사료		10ppm
	단미사료	동물성단백질류		10ppm
		알팔파, 건초		10ppm
		곡물류, 식물성단백질류, 남은음식물사료		20ppm
		동물성무기물류, 인산염류 및 칼슘염류, 광물질		30ppm
수은	배합사료	프리믹스사료		0.5ppm
		기타 배합사료		0.4ppm
	단미사료	동물성단백질류 및 무기물류, 인산염류 및 칼슘염류, 광물질, 곡물류, 식물성단백질류, 남은음식물사료		0.5ppm
		알팔파, 건초		0.4ppm
카드뮴	배합사료	프리믹스사료		50ppm
		기타 배합사료		1.0ppm
	단미사료	곡물류, 식물성단백질류, 어분, 남은음식물사료		2.5ppm
		광물성		50ppm
셀레늄	배합사료	돼지 및 닭용		4ppm
		기타 배합사료(프리믹스사료 제외)		2ppm

표 5-2. HACCP 기준에 따른 사료원료 반입, 관리 및 보관 요령

항 목	실 시 요 령
사 료	사료 및 약품을 선정한 후 투여 할때 횟수와 간격을 고려하여 그 내용을 약품 사용기록부에 기록 사료 및 물 위생관리
사료의 반입	생산 담당은 인수증에 표기된 관능검사 기록내용을 반드시 확인하고 이상이 있을 경우 사료 샘플을 채취하여 검사의뢰 이 사실을 생산일보에 기록 및 HACCP 담당에게 고지
사료급이기의 관리	급이 후 주변에 사료가 떨어진 경우 조류나 유해생물의 출입을 방지 할 목적으로 주변 청소 철저히 준수
사료빈의 관리	사료 주문 전 오래된 사료가 빈에 잔류되어 있는지를 검사하고 잔류 시 이를 제거 가능한 1회/6개월 사료빈을 완전히 비운 후 깨끗이 청소
사료의 보관	사료빈은 항상 빈 내의 사료가 비에 젖지 않도록 뚜껑을 닫아주어야 하며, 혹서기에는 낮에는 개방하고 밤에는 닫아주도록 한다. 관리소홀로 사료 변질 시 폐기 지대사료는 바닥에 그대로 보관해서는 안되며, 팔레트위에 적재하여

항 목	실 시 요 령
	<p>통풍이 잘 되어야 함</p> <p>지대사료는 조류나 쥐가 접근하지 않도록 창고 등에 관리하여야 함</p> <p>오일이나 소독제 같이 냄새가 심한 것들로부터 분리하여 보관한다.</p> <p>사료재고를 주문 전 확인하여, 항상 먼저 구입한 것부터 사용</p> <p>연간 1회의 사료검사 성적서를 받아 확인한 후 보관</p>
조사료	<p>조사료의 품질이나 사료가치 평가는 조사료의 종류, 수확시기, 조제방법 그리고 저장상태에 따라 차이 존재</p> <p>건초는 생육시기가 빠를수록 품질이 좋으며 잎이 많이 포함되어 있으며 건초 고유의 녹색 정도가 많을수록 좋은 건초</p> <p>이물질의 혼합정도가 낮고 줄기가 가늘며, 잘 말려져야하고 건초 제조 시 비를 피할 것</p> <p>조사료의 생산 시 농약 등을 가급적 살포하지 않아야 함</p>
사일리지	<p>적기에 수확하여 수분함량이 적당하고(70~75%) 재료에 따른 사일리지 특유의 색깔을 유지</p> <p>암모니아, 부패, 곰팡이 그리고 낙산 등의 냄새가 없으며 원재료와 같은 상태의 조직을 유지하고 찢득찢득 하거나 시들시들하지 않은 것이 좋은 사일리지</p> <p>사일리지의 생산 시 농약 등을 가급적 살포하지 않아야 함</p>
TMR 사료의 관리	<p>조사료 및 농후사료, 첨가제 등을 섞은 TMR 사료를 자체 제작해서 사용하는 농가에서는 영양소가 부족하지 않도록 일정한 배합비율을 계산하여 배합하도록 하며, 배합 후 배합기 및 배합에 사용한 기구 등을 세척·소독·건조시켜 위생적으로 관리</p> <p>TMR사료의 원료는 가급적 농약 등을 살포하지 않은 제품을 사용하며 첨가제 및 영양제 등은 허가된 품목만을 사용</p> <p>TMR사료의 배합 시 이물질이 유입되지 않도록 주의</p> <p>TMR사료를 사료회사에서 구매하여 사용하는 경우, 일정한 구매처를 이용하고 TMR사료의 원료 및 성분을 확인</p> <p>TMR사료를 급이하기 전 사료의 상태를 관찰하여 이물 등이 혼입되었는지 확인</p>

5.1.2. 사료저장 및 관리

사료와 사료원료(첨가제 및 투입약품 포함)는 상호 교차오염을 막기 위해서 알아보기 쉽게 표시한 후 분리하여 저장하고, 안전성 입증 을 위해 분석이 필요한 사료원료는 사용 승인이 얻어질 때까지 표시하여 분리 저장한다. 사료와 사료원료는 선입선출이 가능하도록 재고량을 비축하고, 사료는 기본적으로 미생물성장을 제어하고, 사료첨가제 효과가 떨어지지 않도록 저장한다.

사료저장 지역은 구조상 견고하고, 깨끗하게 유지되며, 건조하고, 미생물성장을 최소화하기

위한 온·습도에서 저장한다. 특히 최근에는 유전자변형생물체(GMO 및 LMO) 사료가 반입되어 유통되고 있기 때문에 이에 대한 취급관리 기준을 준수하고 관리운영기록 작성 및 보존 의무를 시행하여야 하며 반드시 모든 취급단계에서 이에 대한 표시가 철저히 지켜져야 한다.

사료보관창고는 반드시 저온, 저습도 및 좋은 환기조건을 갖추고 있어야 하며, 곤충, 설치류 및 기타 오염물질로부터 보호될 수 있어야 한다. 고온은 영양소를 파괴시키고, 높은 습도는 곤충, 미생물, 곰팡이의 번식을 촉진하여 사료의 부패를 촉진시키므로 사료보관창고

의 온도는 가능한 낮게, 습도는 40~50%대로 유지한다. 사료창고의 환기시스템을 적절하게 하여 사료창고 내 나쁜 냄새를 제거하고 사료에 나쁜 냄새가 스며들어 기호성이 저하되는 것을 방지하며, 빛 중 자외선은 리보플라빈과 같은 영양소를 파괴하므로 사료창고는 빛이 들어오지 않도록 차단한다. 사료를 보관할 때는 바닥에 팔레트 등의 깔판을 설치하여 환기를 좋게 하고 습기 등을 제거하여 곤충이나 해충 등의 번식을 방지하며 사료취급도 용이하게 해야 한다.

사료보관창고 위치는 수분의 침투를 방지하기 위하여 수도, 스팀, 배수관 등이 없어야 하며 반드시 사료만 저장해야 한다. 건물과 저장 컨테이너는 환기가 잘되고 사료와 사료원료의 오염과 사료의 품질 저하를 최소화할 수 있는 장소를 선정하고, 병원균 제어도 가능한 곳, 해충제어 효과가 있는 곳, 야생 생물이나 다른 동물들의 접근이 어려운 장소를 선정하여 사료를 보관하고 관리한다.

5.1.3. 사료첨가제 관리

사료첨가제는 그 종류도 다양하고 기능도 여러 형태이기 때문에 정확한 용도와 사용량을 준수하여 사용하는 것이 대단히 중요하다. 또한 사료관리법에서 규정하고 있는 기준에 적합한 것인지를 반드시 확인하고 이에 해당되지 않은 약품이나 첨가제의 사용은 절대로 금지한다. 가축사료에 이용하는 약품이나 첨가제는 첨가 시 매번 저울을 이용하여 설명서에 명시된 정확한 양을 첨가한다. 권장량 이하의 약품첨가는 원하는 효과를 제대로 보지 못하고, 내성만을 만들 수 있으며, 권장량보다 높은 용량의 첨가는 또한 부작용과 잔류기간이 길어지는 문제점을 야기한다.

첨가제의 혼합은 10배정도 되는 사료로 1차 혼합한 뒤 원하는 사료에 1차 혼합물을 섞는

다. 이와 같은 작업은 사료 1톤당 1~10kg만을 섞을 때 균일하게 혼합되지 않는 문제를 해결할 수 있고, 첨가된 종류와 양, 그리고 일자, 첨가된 약을 약품대장에 기록하여 보관한다. 사료첨가제는 격리된 곳에서 깨끗하고, 정돈된 상태로 보관한다. 첨가제의 포장은 파손될 가능성이 높아 이로 인해 주변으로 오염될 가능성이 있으며, 햇빛에 노출되거나 습기가 있는 상태에서는 성분의 파괴로 인하여 첨가제 효능이 감소할 수 있다.

대부분의 사료첨가제 및 약품 등은 일정한 유통기간과 보관방법 등에 의해 그 효능이 변화되기 때문에 적절한 기준 준수가 중요하며 유통기간의 초과하거나 변질 등의 우려가 있는 경우에는 소각, 매립 등을 통해 폐기처분하여야 한다.

5.1.4. 사료 중 곰팡이 관리

사료(곡류)나 농식품가공부산물에 존재하는 곰팡이가 모두 유해한 것은 아니지만 대부분 독성을 갖고 있어 위생상 주의해야 한다. 여기에는 *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria* 등이 대표적으로 곰팡이 독소를 생산하는 것으로 알려져 있다.

표 5-3은 각종 곡류나 식품 등에서 발생하기 쉬운 주요 곰팡이 종류를 나타낸 것이다. 현재까지 인체나 동물체에 독성을 나타내는 곰팡이 독소는 약 300여종으로 밝혀졌으며 이중 가장 발생빈도가 높고 독성을 가진 독소가 아플라톡신, 제랄레논, 데옥시니발레놀 등이며 사료에서 크게 문제시 되는 것 역시 아플라톡신이 대표적이다.

최근 사료 내 아플라톡신 발생빈도는 감소되는 경향을 보이거나 아직도 외국의 경우 발생률이 높다. 아플라톡신은 배합기와 사료조 내에서 높게 나타나는 경향이 있으므로 배합기 및 사료조의 적절한 청소가 필요하다. 아플라

특신 저감 방법으로 사료는 건조한 장소에 보관하며, 가능한 한 제조일로부터 최단 시일 내 급여한다. 1차적으로 먹이통과 축사내부를 정기적으로 청소하여 곰팡이의 서식 장소를 없앤 후, 덩어리지거나 곰팡이가 있는 사료는 제거하고 주기적으로 사료빈을 청소한다.

지대사료를 이용하는 경우에는 설치류 출입을 완벽히 통제하고 습기를 방지하며 통풍이 잘 되게 하고, 여름철에는 지대사료의 적재한계를 설정하며 주문기간을 짧게 하여 늘 신선한 사료가 공급될 수 있도록 한다. 사료빈 또는 자동급여기를 이용하는 농가는 사료빈에 방열페인트 등을 칠해 외기온도의 유입을 차단하고 빈 내부로의 빗물유입을 방지하기 위한 시설점검을 필수적으로 시행한다. 그리고 사료빈 내부를 자주 청소하여 청결상태를 유지하고 완전히 건조된 다음 새로운 사료를 유입시키는 것이 중요하다. 사료 빈의 벽에 붙어 있는 사료는 빈속의 높은 온도와 습도로 인하여 사료중의 곰팡이가 급속하게 번식하고 곰

팡이독소를 만들어 내게 된다. 2개 이상의 빈을 설치 한 경우는 한 개의 빈을 완전히 비우고 난 다음 깨끗이 청소하고 새 사료를 받도록 한다. 날씨가 좋은 날은 사료 빈 내의 높은 열을 밖으로 방출하기 위해 빈 뚜껑을 열어주고 저녁에 덮는 세심한 관리도 필요하다. 자동급여기의 경우 사료이송 부위가 꺾이는 부분에 특히 신경 써서 오래된 사료가 남아서 부패되는 일이 없도록 주기적인 확인 및 제거를 해야 한다. 또한 곡물저장고 및 자가 사료배합시설 등이 습기가 차지 않도록 하며 고수분의 TMR이나 TMF사료를 급여하는 경우는 먹이통 청소에도 각별한 주의가 필요하다.

필요한 경우에는 곰팡이 흡착제 등의 사용도 적극적으로 요구된다. 다만 이 경우 흡착제의 효능 범위 및 흡착제에 의해 제거되는 곰팡이 독소의 종류나 범위가 다를 수 있기 때문에 흡착제의 기능에 대한 사전 지식이 필요하며 적절한 흡착제의 사용이 권장된다.

표 5-3. 사료 및 식품에 발생하는 주요 곰팡이

곡류	청과류	빵류
Aspergillus	Alternaria	Aspergillus
Fusarium	Aspergillus	Monilia
Mucor	Botrylis	Mucor
Penicillium	Cladosporium	Penicillium
Rhizopus	Colletotrichum	Rhizopus
	Diplodia	Sporotrichum
	Fusarium	
	Monilia	
	Mucor	
	Penicillium	
	Phomopsis	
	Phytophthora	
	Rhizopus	
	Sclerotinia	
	Trichoderma	

5.1.5. 사료 내 곰팡이의 작용

소, 양, 염소와 사슴과 같은 반추동물은 비반추 초식동물에 비해 곰팡이독소의 부정적인

효과의 민감성에 대해 덜 알려져 있다. 그러나 반추가축이 독소에 오염된 사료를 오랜 기간 섭취하게 되면 생산, 번식과 성장은 변화될 수

있다. 아플라톡신은 소에게 생산성, 면역기능과 반추위 대사에 부정적인 영향을 주는 것으로 알려져 왔다. 사료 내 아플라톡신을 10, 26, 56.4, 81.1, and 108.5 $\mu\text{g/kg}$ 의 수준으로 증가시킬 경우 급여량이 증가함에 따라 사료섭취량이 감소하였고(Choudhary 등, 1998), 아플라톡신B1(600 $\mu\text{g/kg}$)을 155일간 거세우에게 급여한 시험에서 사료효율과 증체량이 감소되었다(Helferich 등, 1986). 소에서 사료효율 감소는 섬유소 소화와 휘발성지방산생산 및 반추위 운동성을 감소시키는 결과를 가져왔다(Cook 등, 1986, Helferich 등, 1986 and Diekman and Green, 1992).

아플라톡신B1에 의한 소의 면역력 저하의 기전은 아플라톡신B1이 말초 임파구의 분열유도자극을 억제하는 것으로 증명하였으며(Paul 등, 1977), 다른 연구에서 아플라톡신B1가 소 임파구의 형성을 저해한다고 하였다(Bodine 등, 1984). 소의 반추위 운동성을 원격측정법으로 측정한 결과 아플라톡신 양을 200~800 $\mu\text{g/kg}$ 으로 조절할 경우 독소투여량에 따라 반추위 운동성이 느려졌다(Cook 등, 1986). 반면에 오크라톡신은 자연적으로 발생하는 양을 섭취해도 소에 대한 독성은 그리 크지 않지만, 드물게 오크라톡신A를 높은 수준(390~540 $\mu\text{g/kg}$)과 낮은 수준(12~13 $\mu\text{g/kg}$)으로 오염되어도 12주령 송아지에서 임상적인 증상은 없었다. 독성효과의 부재는 반추위 내 분해나 해독작용에 기인한 것으로 알려져 있다(Patterson 등, 1981).

아플라톡신은 7일간 10두의 캐놀라 장작 유우에 1일 13mg을 제3 위구를 통해 투여한 결과 생산된 우유의 품질에 영향을 주어 독소에 오염된 사료에 의해 전이된다고 보고하였다. T-2 독신도 IgM, IgG와 IgA, 호중구의 혈중 농도, 식물성 적혈구응집소에 대한 임파구 반응과 임파구 형성 등을 감소시켜 소의 면역억제를

유도한다(Black 등, 1992, Mann 등, 1983). 이 독소는 림프절 조직의 괴사를 야기하며(Buenin g 등, 1982), 소의 불임과 임신 후반기에 유산이 T-2독신에 오염된 사료의 섭취에 기인하였다(Placinta 등, 1999). 사료를 통해 10~50mg/kg의 T-2독신을 섭취한 송아지는 제4 위에 궤양과 1위의 용모에 딱지형성을 보였다고 보고하였고(Cheeke, 1998a), 사료 1kg당 1mg의 T-2 독신을 함유하는 곰팡이가 핀 옥수수를 섭취한 유우에서 출혈성증상이 있었다고 보고하였다(Hsu 등, 1972). T-2독신과는 달리 tricothecenes에 의해 소의 성장에 영향을 주지 않는 것으로 알려지고 있으며 DON과 DAS도 비육중인 소에게 영향하지 않았다(Dicostanzo 등, 1996). Zearelenone은 불임, 유량감소 및 에스트로겐 과잉증 등을 야기하는 것으로 추측된다.

소의 지방괴사와 Fescue foot, 이상고열은 *Acremonium coenophialum*가 기생하는 톨페스큐를 섭취와 관련 있는데, 소의 Fescue foot은 맥각 알칼로이드에 기인한 연성근육의 이완된 꼬리와 발굽 괴저와 혈관수축을 통해 발생한다(Rhodes 등, 1991). 소의 이상고열(하계 페스큐 중독)은 체중감소, 침흘림과 고열 스트레스가 대표적인 증상이다(Howard 등, 1992). 지방괴사는 내부장기의 협착, 혈중 콜레스테롤 감소와 아밀라제의 상승 등으로 인해 지방주변이 딱딱해지는 조건에서 일어난다(Cheeke, 1998b). *A. lolii* 같은 내생성 곰팡이에 오염된 톨페스큐를 섭취한 소는 비틀거리고 흥분하기 쉬우며 직장온도 및 호흡률 상승, 체중감소 등의 증상을 보인다(Ross 등, 1989).

5.1.6. 사료급여

한우의 건강을 유지하고 정상적인 발육 및 번식 등의 활동을 수행하기 위해서는 한우의 성장단계에 맞는 적절한 영양소가 포함된 사료를 급여해야 한다. 특히 최근에는 국제적인

동향으로 동물복지를 고려한 사료급여에 생산자뿐만 아니라 소비자의 관심이 증대되고 있는 상황으로 이는 과거 생산성 위주의 사료급여에서 벗어나 적절한 사료 내 영양소의 종류와 함량의 공급이 곧 가축복지의 첫걸음이라는 개념으로 자리 잡게 되었다. 한우에 있어서도 이런 개념의 도입이 필요하며 한우에게 필요한 영양소의 종류와 함량은 바로 이 한우 사양표준 및 사료성분표에 근거하여 급여하는 것이 바람직하다.

사료는 적절히 한우에게 급여되도록 하고, 급여하는 동안 오염된 장비나 저장지역으로부터 화학적, 생물학적 오염물이 붙지 않도록 취급하고, 무 투약사료는 투약사료와 섞이지 않도록 분리하여 급여한다. 투약사료는 정확한 장소에 운반되고, 약물치료가 필요한 가축에게만 급여한다. 축산물생산 시 안전하지 않은 약품의 잔류를 막기 위해서 약품과 항생제 등의 화학물질을 함유하지 않은 사료만 급여하고, 투약사료 급여 시, 축산식품 내 잔류물의 생성, 정확한 무 잔류기간에 대한 정보를 유지 기록하여 투약사료를 급여한 가축은 잔류기간이 지난 후 까지 식별이 가능하도록 관리한다.

5.2. 비의도적인 물질

사료와 사료원료는 판매하거나 사용 시 작업자 건강에 안전하고, 인체와 축우 및 환경에 위험요소가 없어야 하고, 사료와 사료원료는 비의도적인 물질의 농도가 국내 또는 국제적인 최고수준(허용수준)에 미치지 않아야 한다. 마이코톡신 등을 포함하여 공업과 환경오염물질, 살충제, 방사성 핵종 들, 분해가 잘 되지 않은 유기체 오염물질들, 병원성미생물들, 그리고 세균에 의한 독소들과 같은 비의도적인 물질이 사료와 사료원료에 존재하는지 확인, 조사하여 최소화한다.

물은 가축에게 필요한 충분한 양과 질이 좋

아야 한다. 음수를 통해서 가축 생물학적·화학적 오염에 관하여 관심을 가지며, 급수 시스템은 항상 깨끗하게 유지하고, 규칙적인 조사를 하여야 한다. 가축에게 이용되는 물은 어떠한 생물학적 약제 혹은 화학적인 오염물질을 함유하지 않아야 한다. 방목을 위한 목초지, 사료포와 연못 혹은 수조는 생물학적 또는 화학적 위해 요소가 없어야 한다. 분으로부터 생물학적 교차오염을 최소화하기 위하여 목초지는 방목 시에 적절한 휴식기간이 필요하고, 곡물과 농산 부산물은 농약의 잔류를 조사하여야 한다. 가축사료 생산에 이용되는 땅은 공장오염물질이 토양이나 물을 통하여 목장을 오염시키는 곳이나, 곡물수확 시 일부분을 포기해야 하는 장소는 피한다. 또한 인접 관개용수로부터 축산물안전에 위험을 줄 수 있는 어떤 생물학적, 화학적인 오염물질도 없어야 한다.

5.3. 위생

가축생산 단위와 급송 장비는 생물학, 화학적인 위험요인 증가를 막기 위하여 규칙적으로 청결하게 해야 한다. 축사나 장비를 소독·청소하기 위해서 사용된 화학물질은 급이기와 사료로부터 멀리 떨어진 위치에 두고, 표시와 주의사항을 알고 있어야 한다.

해충 제어시스템은 깔짚이나 사육공간이 생물학적 오염의 가능성을 최소화하기 위하여 가축생산 단위별로 해충들의 접근을 막을 수 있도록 하고, 건물과 급이기는 청결한 상태로 유지하여야 한다. 사료의 생물학적 오염원인인 분뇨 배설물을 정기적으로 제거하기 위한 시스템을 구축하기 위하여 가축 생산단위당 사료와 깔짚을 자주 갈아주고, 곰팡이 냄새가 나지 않도록 하며, 깔짚을 가축이 먹지 않도록 조치하여야 한다. 가축 생산단위별로 작업자와 축주는 사료의 생물학적 교차오염을 최소화하기 위하여 적절한 위생기준에 따라 관찰하여야 한다.

제 6 장 사양표준의 사용법과 주의해야 할 사항

본 사양표준에 나타난 수치는 원칙적으로 우사 내에서 표준능력의 한우를 전제로 하여 기준을 나타낸 것이다. 그러나 방목, 군사육 및 무제한급이 등의 사양관리 조건하에 3장의 해석을 참조하면서 영양소 요구량을 보정할 필요가 있다. 품종 및 환경온도 역시 배려할 필요가 있고, 본 사양표준을 적용하는데 있어서 한우개체 및 사료에 관해 적절한 정보가 없으면 신뢰성이 저하되기에, 정기적인 체중측정과 사료성분함량의 정확한 파악이 필요하다. 영양소 요구량은 안전율을 포함하지 않은 최소요구량으로 나타내었다. 일반적으로 특정 영양소원을 과잉으로 섭취하여도 생산에 미치는 영향은 부족하게 섭취했을 경우와 비교하여 상대적으로 적다. CP의 경우 요구량을 상당히 초과해도 생리적인 악영향의 우려는 적다.

실제의 사료급여량을 구하기 위해서는 개체

차이, 사료의 성분변동, 소화율의 변동 및 남은 사료에 대한 안전율을 고려할 필요가 있다. 사료의 성분변화 중 수분함량의 변화는 수확 시기와 조제, 저장조건 등에 의해 변화폭이 상당히 심하기 때문에 급여시점에서 수분함량을 측정하여 보정하는 것이 바람직하다. 소는 급여된 사료를 전량 모두 섭취하는 것이 아니라 선택채식에 의해 남기고, 사료조 밖으로 흘리거나 우상(牛床)으로 들어오는데 이에 의한 채식량의 저하가 생기기 때문에, 남은 사료에 대한 안전율을 예측할 필요가 있다. 실제로 사료 급여량을 산출하는 경우에 영양소 요구량 전체의 안전율은 각 요인마다 안전율이 전부 가산된다고는 할 수 없고, 상쇄되는 것도 많은 것을 고려하여 5~10%로 한다. 본 사양표준의 영양소 요구량은 체중과 일당증체량에 대하여 설정되어 있기에 계속적으로 체중을 측정할 필요가 있다.

제 7 장 영양소 요구량 산정식

7.1. 거세한우의 비육에 필요한 영양소량

7.1.1. 에너지 요구량

한우 거세우의 육성 및 비육시의 ME 요구량은 유지요구량(MEm)과 증체에 필요한 요구량(MEG)의 합계로 나타낸다. 거세우 비육시의 MEm은 국립축산과학원의 에너지 출납시험성적으로부터 얻은 성적($113.6\text{kcal}/W^{0.75}$)(김 등, 2004)에 군사사육의 사양형태에서 추가 소요되는 에너지 10%를 더하여 $W^{0.75}$ 당 125.0kcal 로 하였다. MEG에 대해서는 섭취건물 중의 조사료의 비율이 35% 미만인 국립축산과학원의 도체분석 시험성적을 기초로 하여 구한 NEg(김 등, 2007)를 표준 급여사료 내의 에너지 대사율(q)로부터 ARC 표준(ARC, 1980)에 준하여 구한 kf로 나누어 산출하였다.

$$\text{MEm}=0.1250 \times \text{대사체중}(W^{0.75})$$

$$\text{NEg}=0.0533 \times W^{0.75} \times \text{DG}(\text{kg})$$

$$q=0.5304+0.0748 \times \text{DG}$$

$$\text{kf}=0.78 \times q+0.006$$

$$\text{MEg}=\text{NEg}/\text{kf}$$

$$\text{ME}=\text{MEm} + \text{MEg}$$

DE 요구량은 ME 요구량을 대사율(0.82)로 나누어 구하였고, TDN 요구량은 DE 요구량에 4.41을 곱하여 구하였다.

$$\text{DE}=\text{ME}/0.82$$

$$\text{TDN } 1\text{kg}=4.41\text{Mcal DE}$$

7.1.2. 단백질 요구량

유지를 위한 단백질 요구량을 구하기 위해

축산과학원에서 수행된 질소균형시험 결과로부터 유지를 위한 조단백질 요구량(CPm)(김 등, 2006)을 구하였고, 유지를 위한 정미에너지(NPm)는 CPm에 변환효율(EP) 0.51(農林水産省, 2000)을 곱하여 구하였다.

$$\text{CPm}=5.56 W^{0.75}$$

$$\text{NPm}=\text{CPm} \times 0.51$$

육성우의 각 체중에서 증체의 단백질축적량(RP, NEg)은 한우 거세우 체구성에 대한 국립축산과학원 연구자료를 분석하여 도출한 다음식에 의해 구하였다(김 등, 2007).

$$\text{RP}=\text{DG} \times (224.7-0.251 \times W)$$

따라서 정미 조단백질의 요구량은 다음식과 같고, CP요구량은 NP 요구량을 단백질의 변환효율(eP)로 나누어 산출하였다.

$$\text{NP}=\text{NPm} + \text{RP}$$

$$\text{CP}=\text{NP}/0.51$$

유지와 증체를 위한 MP 요구량은 유지와 증체를 위한 대사에너지의 각각의 정미효율(NRC, 1996)로 나누어 구하였다.

$\text{MPm}=\text{NPm}/\text{유지를 위한 대사에너지의 정미효율}$

$\text{MPg}=\text{RP}/\text{증체를 위한 대사에너지의 정미효율}$

$$\text{MP}=\text{MPm} + \text{MPg}$$

7.1.3. 칼슘, 인, 비타민 A 및 D의 요구량

칼슘과 인의 요구량은 이유후의 소(체중 175

kg 이상)에 있어서는 NRC 표준(NRC, 1989)에 준하여 다음 식에 의해 구하였다. 즉 체중, 단백질축적량, 유량 및 태아의 발육에 동반하는 증체량(F)에 대한 각각의 요구량의 합을 칼슘, 인의 흡수율로 나누어 계산하였다.

$$\begin{aligned} \text{Ca} &= (0.0154 \times W + 0.071 \times \text{RP} + 1.23 \times \text{MILK} + 0.013 \\ &\quad 7 \times F) \div 0.5 \\ \text{P} &= (0.0280 \times W + 0.039 \times \text{RP} + 0.95 \times \text{MILK} + 0.0076 \\ &\quad \times F) \div 0.85 \end{aligned}$$

비타민 A의 요구량은 체중 1kg당 42.4 IU이다. 비타민 D의 요구량은 성장 중인 송아지는 체중 1kg 당 6 IU가 필요하고, 포유송아지 혹은 육성우에서 보통 비타민 D의 부족이 나타나지 않기에 표시하지 않았다.

$$\text{비타민 A} = 0.0424 \times W$$

$$\text{비타민 D} = 0.006 \times W$$

7.2. 한우 수소의 육성·비육에 필요한 영양소량

7.2.1. 에너지 요구량

한우 수소에 대한 유지요구량은 거세우의 유지요구량에 15%를 더하여 $130.7 \text{kcal/W}^{0.75}$ 으로 하였다. NEg요구량은 일본사양표준(農林水産省, 1995)의 거세우와 비육용 수소의 NEg 요구량 비율을 에너지 이용효율의 차이로 보고, 한우 거세우의 NEg 요구량에 적용하여 한우 수소를 위한 계수를 구하였고, 사료의 대사율(q)와 kf 값은 거세우와 동일하게 적용하였다.

$$\text{NEg} = 0.0429 \times \text{대사체중}(W^{0.75}) \times \text{DG}(\text{kg})$$

DE 요구량 및 TDN 요구량은 거세우에서 적용한 식으로 구하였다.

7.2.2. 단백질 요구량

CPm은 거세우의 값을 동일 적용하였고 유지를 위한 정미단백질 요구량(NPm)도 거세우와 동일하게 CPm을 변환효율(EP)로 곱하여 구하였다.

$$\text{CPm} = 5.56 W^{0.75}$$

$$\text{NPm} = \text{CPm} \times 0.51$$

증체에 필요한 단백질축적량(RP)은 일본사양표준(農林水産省, 1995)에서 제시한 거세우와 수소의 RP요구량의 비율을 단백질 이용효율의 차이로 보고, 한우 거세우의 RP요구량에 적용하여 한우 수소를 위한 계수를 구하였다.

$$\text{RP} = \text{DG} \times (224.7 - 0.209 \times W)$$

이상의 자료를 이용하여 CP요구량과 MP 요구량을 구하는 방법은 거세우와 같은 방법으로 구하였다.

7.2.3. 칼슘, 인, 비타민 A 및 D 요구량

칼슘, 인 및 비타민 A 요구량은 육성의 항목에서 나타난 식과 정수(定數)에 의해 구하였다.

7.3. 암소 육성에 필요한 영양소량

7.3.1. 에너지 요구량

한우 암소의 증체에 필요한 영양소 요구량을 구하기 위하여 한국가축사양표준 한우(2012)의 증체수준별(0.2, 0.4, 0.6, 0.8kg/일) 요구량에 근거하여 사료를 급여하였을 때, 평균 일일증체량은 각각 0.4kg, 0.5kg, 0.6kg 및 0.7kg이었으며, 각각의 회귀식(2차 다항식)이 유도되었고, 각 회귀식의 절편은 0으로 고정하였다.

한우 암소의 일일증체량을 0.4kg으로 수준으

로 하고자 할 때, 건물요구량 도출을 위한 회귀식은 $y = -0.000008x^2 + 0.0184x$ 였으며, $R^2 = 0.8865$ 로 나타났다(그림 7-1).

$$\text{DG 0.4kg: DMI(kg/day)} = -0.000008 \times \text{BW}^2 + 0.0184 \times \text{BW}$$

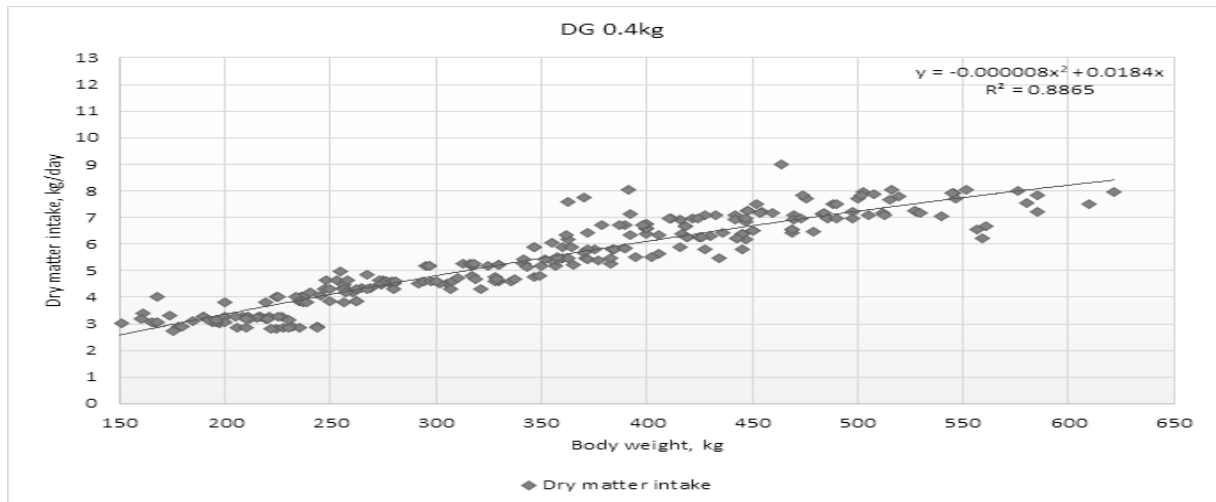


그림 7-1. 한우 암소 건물섭취량 산출 회귀식(일일증체량, 0.4kg)

한우 암소가 일일증체량을 0.5kg 수준으로 하고자 할 때, 건물요구량 도출을 위한 회귀식은

$y = -0.00001x^2 + 0.0211x$ 였으며, $R^2 = 0.8867$ 로 나타났다(그림 7-2).

$$\text{DG 0.5kg: DMI(kg/day)} = -0.00001 \times \text{BW}^2 + 0.0211 \times \text{BW}$$

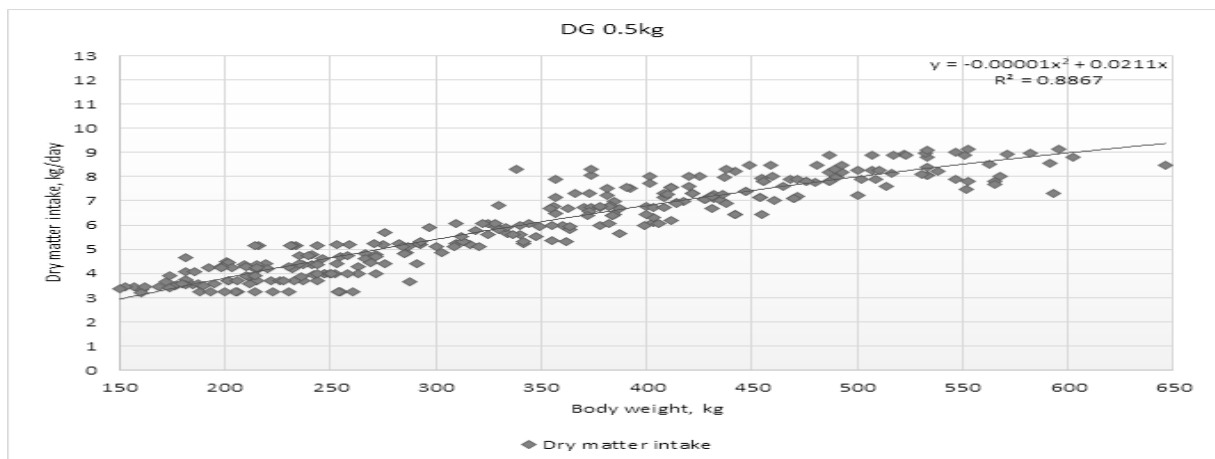


그림 7-2. 한우 암소 건물섭취량 산출 회귀식(일일증체량, 0.5kg)

한우 암소의 일일증체량을 0.6kg 수준으로 하고자 할 때, 건물요구량 도출을 위한 회귀식은

$y = -0.00001x^2 + 0.0221x$ 였으며, $R^2 = 0.8485$ 로 나타났다(그림 7-3).

$$\text{DG 0.6kg: DMI(kg/day)} = -0.00001 \times \text{BW}^2 + 0.0221 \times \text{BW}$$

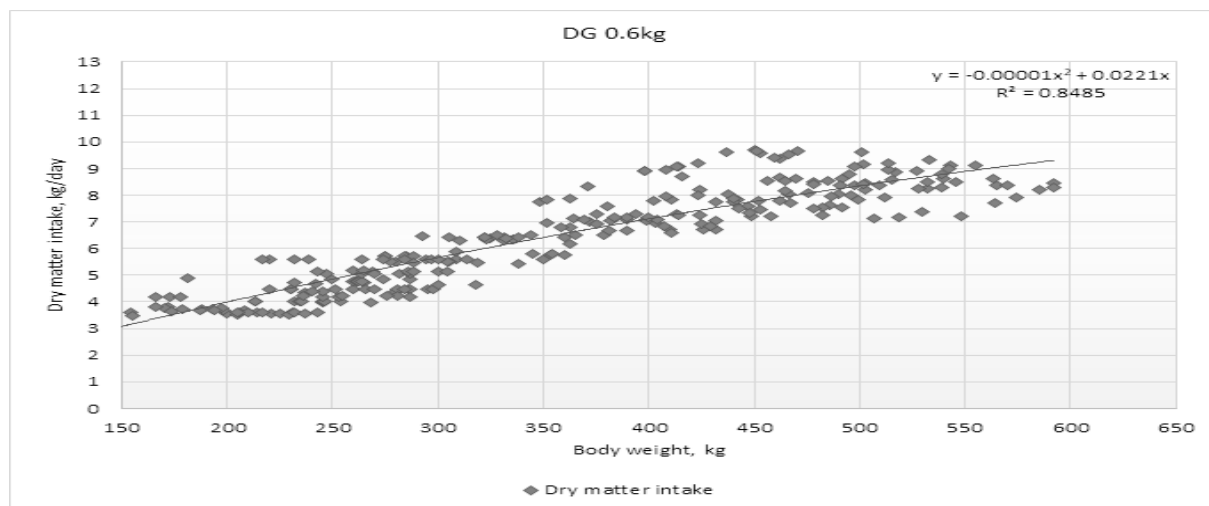


그림 7-3. 한우 암소 건물섭취량 산출 회귀식(일일증체량, 0.6kg).

한우 암소의 일일증체량을 0.7kg 수준으로 하고자 할 때, 건물요구량 도출을 위한 회귀식은 $y = -0.00001x^2 + 0.024x$ 였으며, $R^2 = 0.8185$ 로 나타났다(그림 7-4).

$$\text{DG } 0.7\text{kg: DMI}(\text{kg/day}) = -0.00001 \times \text{BW}^2 + 0.024 \times \text{BW}$$

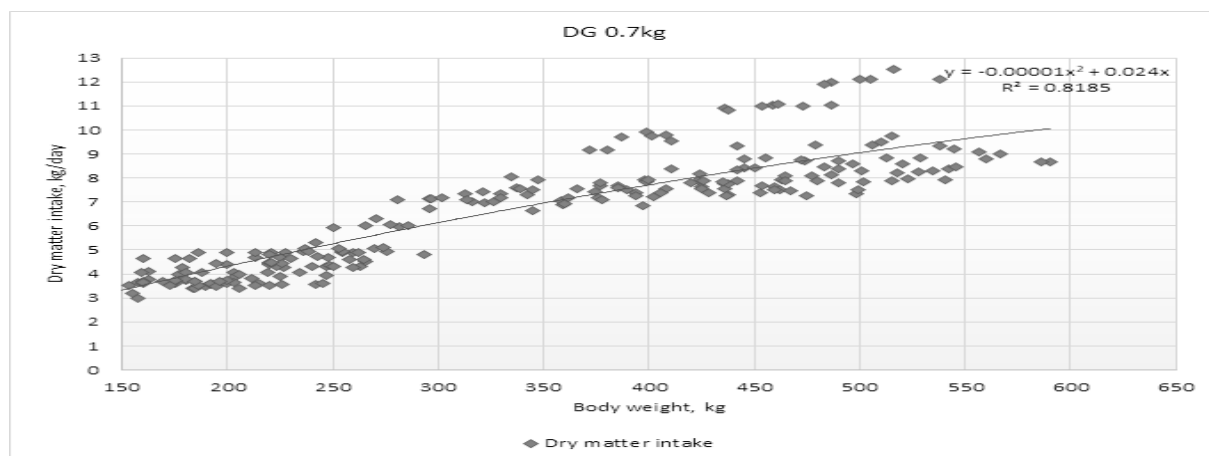


그림 7-4. 한우 암소 건물섭취량 산출 회귀식(일일증체량, 0.7kg).

한우 암소의 증체수준별(0.2, 0.4, 0.6, 0.8kg/일) 건물요구량은 이상의 실측치에 의한 회귀식들로부터 유도된 다음 식으로 산출하였다.

$$\text{DMI} = 0.111 + (0.014 \times \text{BW}) + (1.973 \times \text{DG})$$

한우 암소의 에너지요구량은 소화시험을 통

하여 사료의 가소화영양소 총량(TDN)을 구하고, TDN 섭취량에 따른 증체수준의 결과로부터 요구량을 결정하였다. 한우 암소의 일일증체량을 0.4kg 수준으로 하고자 할 때, TDN요구량 도출을 위한 회귀식은 $y = -0.000005x^2 + 0.0118x$ 였으며, $R^2 = 0.8625$ 로 나타났다(그림 7-5).

$$\text{DG } 0.4\text{kg: TDNI} = -0.000005 \times \text{BW}^2 + 0.0118 \times \text{BW}$$

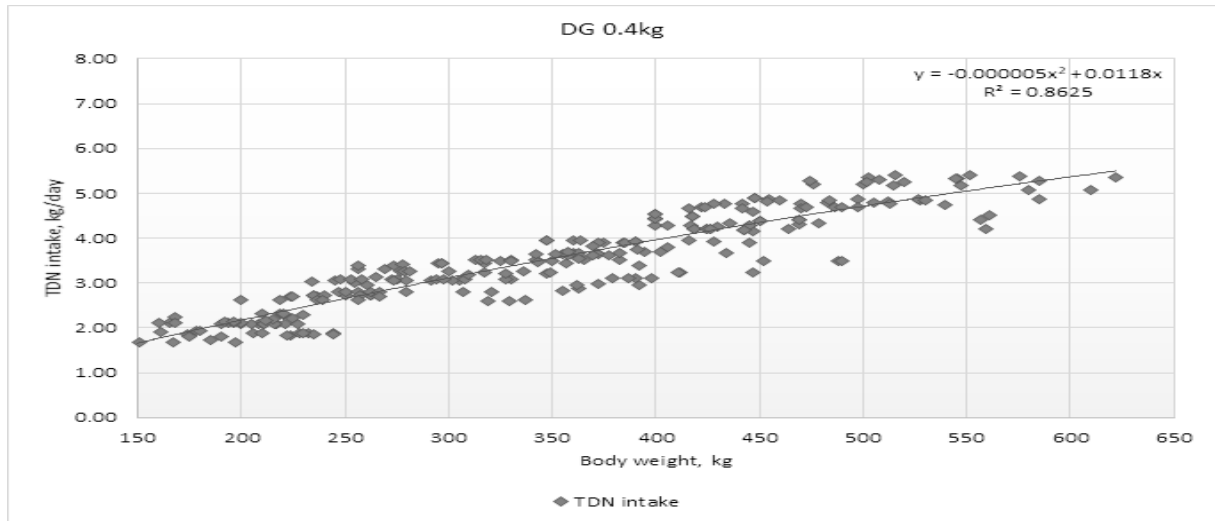


그림 7-5. 한우 암소 TDN 요구량 산출 회귀식(DG, 0.4kg).

한우 암소의 일일증체량을 0.5kg 수준으로 하고자 할 때, TDN요구량 도출을 위한 회귀식은 $y = -0.000006x^2 + 0.0134x$ 였으며, $R^2 = 0.8611$ 로 나타났다(그림 7-6).

$$\text{DG } 0.5\text{kg: TDN} = -0.000006 \times \text{BW}^2 + 0.0141 \times \text{BW}$$

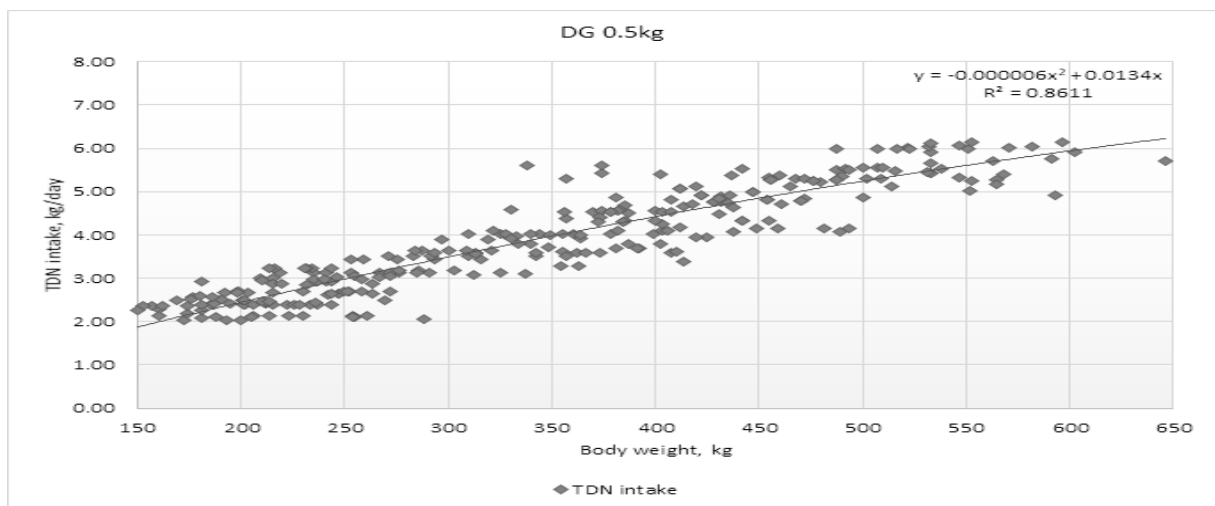


그림 7-6. 한우 암소 TDN 요구량 산출 회귀식(DG, 0.5kg).

한우 암소의 일일증체량을 0.6kg 수준으로 하고자 할 때, TDN요구량 도출을 위한 회귀식은 $y = -0.000006x^2 + 0.0141x$ 였으며, $R^2 = 0.8879$ 로 나타났다(그림 7-7).

$$\text{DG } 0.6\text{kg: TDNI} = -0.000006 \times \text{BW}^2 + 0.0141 \times \text{BW}$$

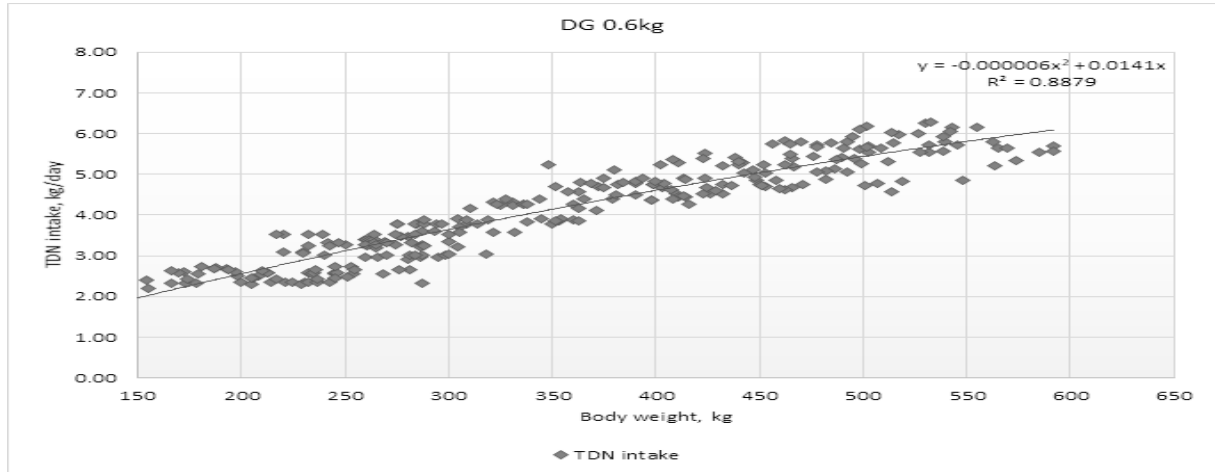


그림 7-7. 한우 암소 TDN 요구량 산출 회귀식(DG, 0.6kg).

한우 암소의 일일증체량을 0.7kg 수준으로 하고자 할 때, TDN요구량 도출을 위한 회귀식은 $y = -0.00001x^2 + 0.0163x$ 였으며, $R^2 = 0.8998$ 로 나타났다(그림 7-8).

$$\text{DG } 0.7\text{kg: TDNI} = -0.00001 \times \text{BW}^2 + 0.0163 \times \text{BW}$$

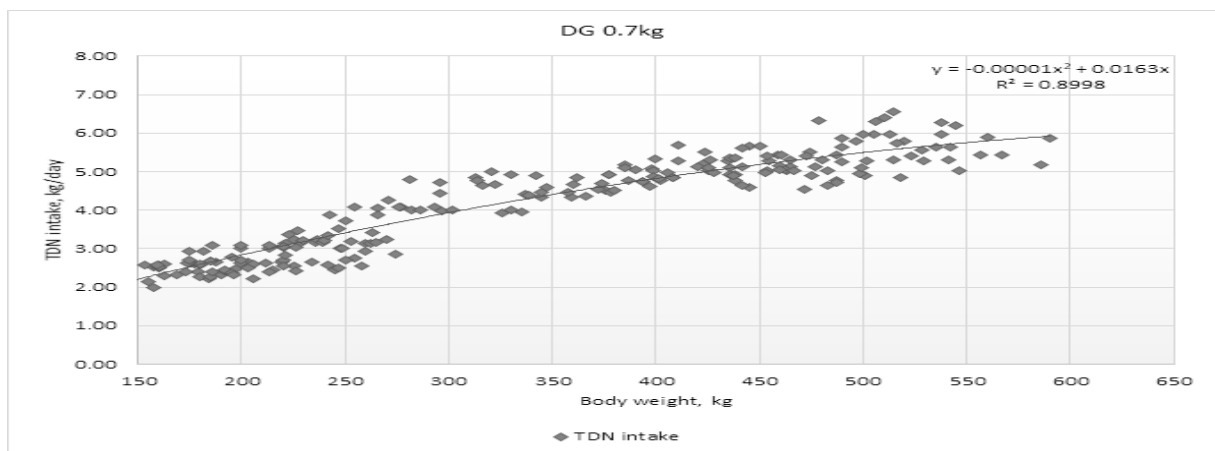


그림 7-8. 한우 암소 TDN 요구량 산출 회귀식(DG, 0.7kg).

한우 암소의 증체수준별(0.2, 0.4, 0.6, 0.8kg/일) TDN요구량은 이상의 실측치에 의한 회귀식들로부터 유도된 다음 식으로 산출하였다.

$$\text{TDN} = 0.169 + (0.009 \times \text{BW}) + (1.176 \times \text{DG})$$

$$\text{DE} = \text{TDN} / 4.41$$

$$\text{ME} = \text{DE} \times 0.82$$

에너지로서 DE요구량은 TDN요구량에 4.41을 나누어 구하였고, ME요구량은 DE요구량의 대사를 0.82를 곱하여 산출하였다.

7.3.2 조단백질 요구량

한우 암소의 일일증체량을 0.4kg 수준으로 하고자 할 때, 조단백질(CP)요구량 도출을 위한

회귀식은 $y = -0.0000006x^2 + 0.0019x$ 였으며, $R^2 = 0.8613$ 로 나타났다(그림 7-9).

$$\text{DG 0.4kg: CPI} = -0.0000006 \times \text{BW}^2 + 0.0019 \times \text{BW}$$

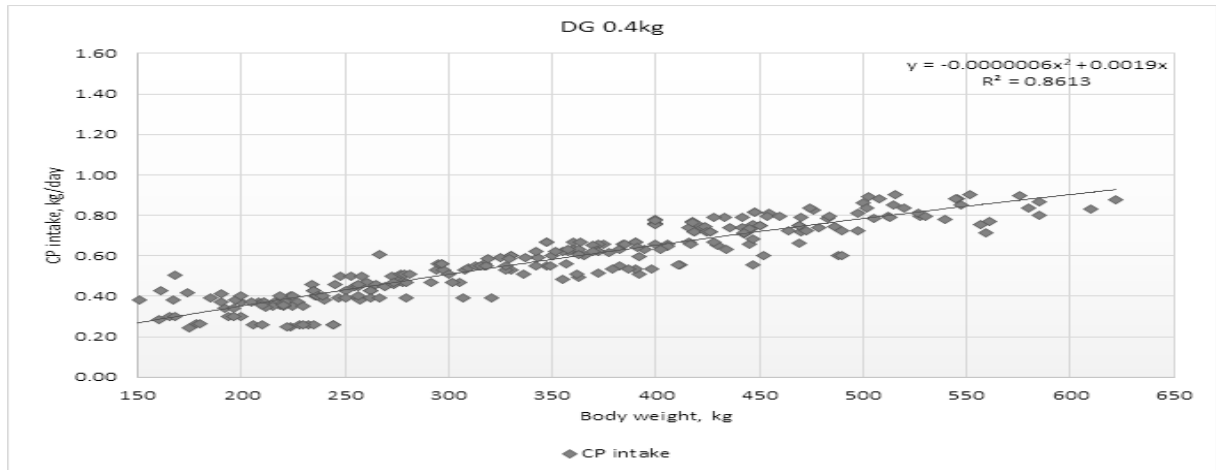


그림 7-9. 한우 암소 CP 요구량 산출 회귀식(DG, 0.4kg).

한우 암소의 일일증체량을 0.5kg 수준으로 하고자 할 때, 조단백질(CP)요구량 도출을 위한 회귀식은 $y = -0.0000009x^2 + 0.0022x$ 였으며, $R^2 = 0.8627$ 로 나타났다(그림 7-10).

$$\text{DG 0.5kg: CPI} = -0.0000009 \times \text{BW}^2 + 0.0022 \times \text{BW}$$

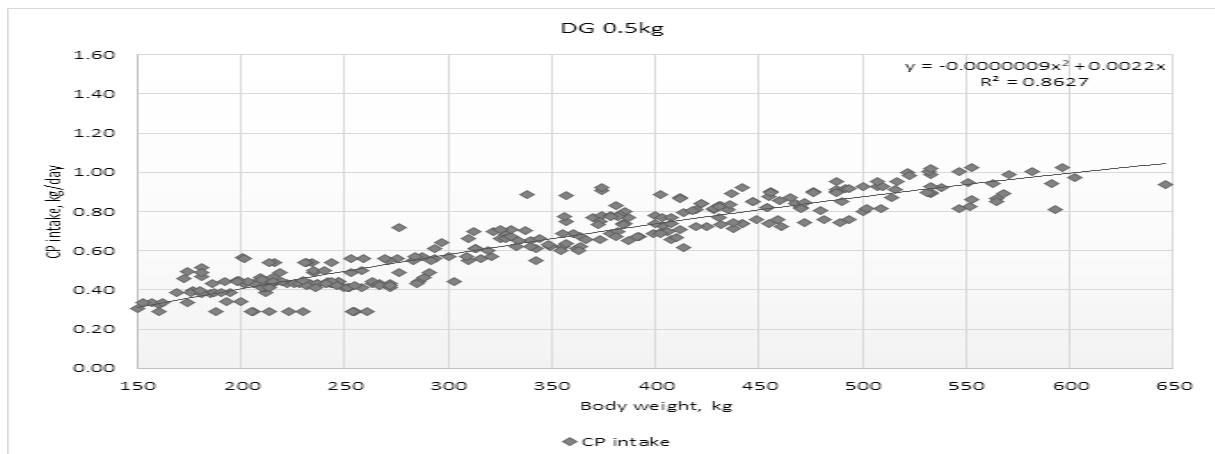


그림 7-10. 한우 암소 CP 요구량 산출 회귀식(DG, 0.5kg).

한우 암소의 일일증체량을 0.6kg 수준으로 하고자 할 때, 조단백질(CP)요구량 도출을 위한

회귀식은 $y = -0.000001x^2 + 0.0023x$ 였으며, $R^2 = 0.8507$ 로 나타났다(그림 7-11).

$$\text{DG } 0.6\text{kg: CP} = -0.000001 \times \text{BW}^2 + 0.0023 \times \text{BW}$$

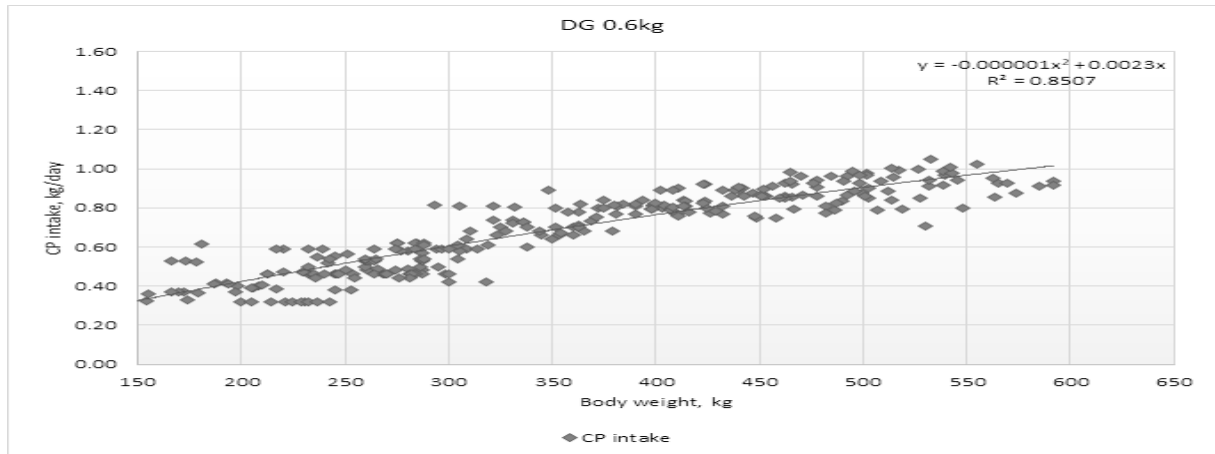


그림 7-11. 한우 암소 CP 요구량 산출 회귀식(DG, 0.6kg).

한우 암소의 일일증체량을 0.7kg 수준으로 하고자 할 때, 조단백질(CP)요구량 도출을 위한 회귀식은 $y = -0.000002x^2 + 0.0027x$ 였으며, $R^2 = 0.8444$ 로 나타났다(그림 7-12).

$$\text{DG } 0.7\text{kg: CPI} = -0.000002 \times \text{BW}^2 + 0.0027 \times \text{BW}$$

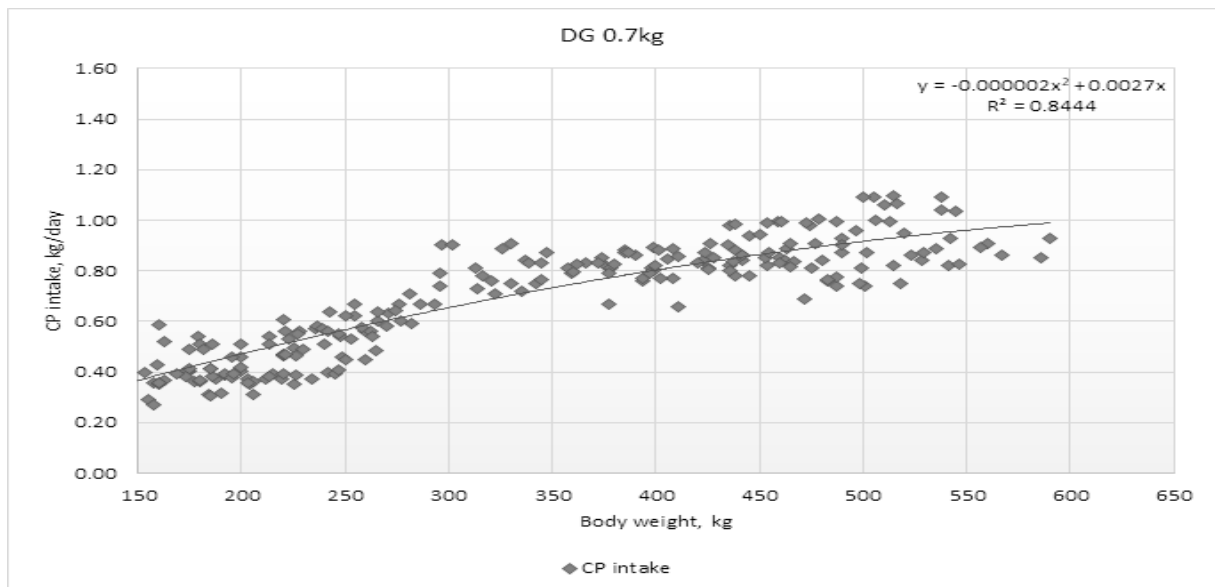


그림 7-12. 한우 암소 CP 요구량 산출 회귀식(DG, 0.7kg).

한우 암소의 증체수준별(0.2, 0.4, 0.6, 0.8kg/일) CP 요구량은 이상의 실측치에 의한 회귀식들로부터 유도된 다음 식으로 산출하였다.

$$\text{CP} = 0.009 + (0.002 \times \text{BW}) + (0.199 \times \text{DG})$$

체중 300kg이상 한우 암소의 경우, 조단백질 요구량은 실측치에 의한 회귀식들에서 체중에 대한 값을 대사체중(BW0.75)에 대한 값으로 환산된 다음 식으로 산출하였다.

$$CP = -0.161 + (0.009 \times BW^{0.75}) + (0.203 \times DG)$$

가소화 조단백질(DCP) 요구량은 표 7-1에 나타난 계수를 이용하여 조단백질 요구량

대사성 분질소(FN)는 국립축산과학원에서 실시한 에너지 출납시험의 시험결과(이, 2013)

(CPm)과 진정소화율(RD)의 곱으로부터 대사성 분질소량(FN)에 조단백질 요구량을 감하여 다음 식으로 구하였다.

$$DCP = (CPm \times RD) - (FN \times 6.25)$$

를 기초로 하여 다음식으로 구하였다.

$$FN = 4.11 \times DMI$$

표 7-1. 사료 조단백질의 진정소화율, 생물가 및 변환효율(AFFRC, 2000)

	25-50 (BW/kg)	51-100 (BW/kg)	101-149 (BW/kg)	150- (BW/kg)
진정소화율 ¹⁾	0.94	0.91	0.87	0.85
생물가 ²⁾	0.80	0.73	0.64	0.60
변환효율	0.75	0.66	0.56	0.51

¹⁾ 참고문헌 De luca 등, 1997; Kume 등, 1993.

²⁾ 참고문헌 Kume 등, 1993; Horst, 1986; Kumagai 등, 1991.

7.3.3. 칼슘, 인, 비타민 A 및 D 요구량

칼슘과 인의 요구량은 NRC 사양표준(NRC, 2016)을 인용하여 다음 식에 의해 구하였다.

$$Ca = (0.0154 \times BW + 0.0371 \times RP + 1.23 \times MILK + 0.0137 \times F) / 0.5$$

$$P = (0.0280 \times BW + 0.039 \times RP + 0.95 \times MILK + 0.0076 \times F) / 0.85$$

비타민 A의 요구량은 체중 1 kg당 47 IU, 비타민 D의 요구량은 체중 1 kg당 5.7 IU로 다음 식에 의해 구하였다(NRC, 2016).

$$\text{Vitamin A} = 0.047 \times BW$$

$$\text{Vitamin D} = 0.0057 \times BW$$

7.4. 성빈우의 유지에 필요한 요구량

7.4.1. 에너지 요구량

한우 암소의 유지에 필요한 에너지요구량은 국립축산과학원의 에너지 출납시험으로부터

얻은 성적(이, 2013)을 기초로 하여 유지요구량(MEm)은 $BW^{0.75}$ 당 85.72 kcal, 영양소섭취량은 대사체중비로 계산하여 $BW^{0.75}$ 당 5.26g으로 산출하였다.

NEg는 국립축산과학원의 도체분석 시험성적을 기초로 하여 구한 NEg(김 등, 2007)를 표준 급여사료 내의 에너지 대사율(q)로부터 ARC 표준(ARC, 1980)에 준하여 구한 kf로 나누어 산출하였다. DE 요구량은 ME요구량을 대사율 0.82로 나누어 계산하였다.

TDN은 NRC(2000)에서 제시한 TDN전환계수(4.41)을 인용하여 계산하였다.

$$DMI(kg) = BW^{0.75} \times 52.66 / 1000$$

$$MEm = 0.08572 \times BW^{0.75}$$

$$NEg = 0.0624 \times BW^{0.75} \times DG$$

$$q = 0.4213 + 0.1491 \times DG$$

$$kf = 0.78 \times q + 0.006$$

$$MEg = NEg / kf$$

$$ME = MEm + MEg$$

$$DE = ME / 0.82$$

$$TDN = DE / 4.41$$

7.4.2. 단백질 요구량

한우 암소의 유지를 위한 단백질 요구량을 구하기 위해 축산과학원에서 수행된 질소균형 시험결과로부터 유지를 위한 조단백질 요구량(CPm)(이, 2013)을 구하였고, 유지를 위한 정미 에너지(NPm)는 CPm에 변환효율(EP) 0.51(AFFRC, 2000)을 곱하여 구하였다.

$$CPm = 5.26 \times BW^{0.75}$$

$$NPm = CPm \times 0.51$$

암소의 각 체중대별 증체를 위한 단백질 축적량(RP, NEg)은 한우 거세우의 체구성에 대한 국립축산과학원 연구 자료에서 AFFRC(2000)의 암소를 위한 환산계수를 적용하여 도출한 다음 식으로 구하였다(김 등, 2007)

$$RP = (224.7 - 0.314 \times BW) \times DG$$

7.4.3. 칼슘, 인 및 비타민 A 요구량

칼슘, 인 및 비타민 A 요구량은 거세우 비육 항목에서 나타난 식과 정수에 의해 구하였다.

7.5. 임신말기에 유지에 첨가할 영양소량

7.5.1. 에너지 요구량

임신말기 2개월간에 태아에 축적되는 영양소량을 임신에 필요한 영양소량으로 하고, 이것을 분만 전 2개월간에 평균적으로 급여하는 것으로 한다. 임신일 t에 있어서 태아의 에너지 함유량(E(t), kcal)는 아래의 공식(岩崎, 1986)에 나타내었다.

$$E(t) = A \times t^{5.45601}$$

A=송아지생시체중(27.0kg)으로 보정한 정수

$$E(t) = 1.338 \times 10^{-9} \times t^{5.45601}$$

한우의 임신기간을 285일간으로 하고, 분만 시의 E(t)로부터 분만 2개월 전의 E(t)를 감하여 구하였다. 분만 전 2개월에서 태아까지 에너지 축적량을 2개월(63일)로 평균하여 1일당 태아에 필요한 ME량을 산출한다. ME 이용효율을 15%로 하여, ME 증가급여량을 얻을 수 있다.

$$ME(kcal/일) = (E(285) - E(222)) \div 63 \div 0.15$$

분만 전 2개월간의 ME

$$E(285) - E(222) = 25563.0$$

$$ME(Mcal/일) = 25563.0 \div 63 \div 0.15 \div 1000 = 2.71$$

$$DE(Mcal/일) = 2.71 \div 0.82 = 3.30$$

$$TDN(kg/일) = 3.30 \div 4.41 = 0.75$$

7.5.2. 조단백질 요구량

분만 전의 임신자궁에로의 단백질축적량(TP, g)을 임신기간(t, 日)으로부터 AFRC가 작성한 식(AFRC, 1993)으로부터 산출하였다. 분만 시에 TP(t)로부터 분만 2개월에 있어서 TP(t)를 빼서 구하였다. 분만 전 2개월간에 있어서 임신자궁에로의 조단백질 축적량을 2개월(63일)로 평균하여 1일당 태아에 필요한 조단백질을 산출하였다.

$$TP(t) = (1.486 \times 10^{-4} \times t^3 - 4.247 \times 10^{-2} \times t^2 + 3.173 \times t - 0.328) \times (-0.323 \times 10^{-6} \times t^3 + 3.000 \times 10^{-4} \times t^2 - 9.430 \times 10^{-2} \times t + 11.263) \times 6.25$$

TP=TP(임신기간)-TP(임신기간-63)로부터 이하의 식에 의해 DCP 요구량을 계산한 후, CP 요구량을 산출하였다. 다만 위의 식은 송아지의 출생시체중이 38.5kg인 경우이므로 단백질 축적량이 생시체중에 비례하는 것으로 하여 한우의 생시체중 27.0kg으로 보정하였다.

$$DCP = TP \div 38.5 \times 27.0 \div 63 \div \text{생물가} + \text{대사성 분단백}$$

현재, 생물가는 0.6으로 하였고 대사성분단백은 일본사양표준(農林水産省, 2000)에서 원용하였다.

$$\text{DCP(g/일)}=4.804 \div 38.5 \times 27.0 \div 63 \div 0.6 + 35.7$$

$$\text{CP요구량(g/일)}=\text{DCP} \div 0.75$$

임신 말기의 대사단백질 요구량은 자료가 부족하여 본 개정판에서는 제시하지 않았다.

7.5.3. 칼슘, 인, 비타민 A 및 D의 요구량

칼슘 및 인의 요구량은 거세우 비육 항목에서 나타난 식에서 F 이외의 항목을 0으로 하고 구하였다. 이 시기의 성빈우의 일당 증체량 0.5kg를 표준으로 할 경우, 이것은 모우의 증체가 아닌 태아의 발육에 동반하는 증체에 해당한다. 그리고 임신말기에 유지에 첨가하는 비타민 A량은 체중 1kg당 33.16 IU로 하였다. 임신말기에 유지에 첨가하는 비타민 D량은 체중 1kg당 4 IU로 하였다.

$$\text{비타민 A}=0.075 \times W$$

$$\text{비타민 D}=0.01 \times W$$

7.6. 수유 중에 유지에 첨가하는 영양소 요구량

7.6.1. 에너지 요구량

한우의 유지율은 평균 4.69%(강 등, 2000), 에너지 함량은 1kg당 810kcal이다(강 등, 1991). ME의 유생산에 대한 이용효율을 0.62로 하면 수유 중에 증가 급여해야 할 ME 요구량(ME I)은 다음 식과 같이 된다.

$$\text{ME I}=(0.815 \div 0.62) \times \text{MILK}=1.315 \times \text{MILK}$$

7.6.2. 조단백질 요구량

수유 중 유지에 더해주는 단백질 요구량은 유량(MILK)과 유지율(FAT)로부터 DCP 요구량은 다음과 같이 구한다.

$$\text{DCP 요구량}=(26.6+5.3 \times \text{FAT}) \times \text{MILK}$$

유성분은 평균적으로 무지고형분 9.2%, 단백질 4.1%, 지방 4.7%이므로 수유 중에는 유지에 첨가하는 (1일당) 영양소량의 DCP는 유지율을 4.7%로 하고 다음 식(農林水産省, 1999)에 의해 구하였다.

$$\text{DCP 요구량}=53 \times \text{MILK}$$

그리고 CP 요구량은 수유 중의 암소에 대한 일반적인 급여사료의 소화율(0.65)을 추정하여 다음 식으로 구하였다.

$$\text{CP 요구량}=\text{DCP} \div 0.65$$

수유기간 중의 대사단백질 요구량도 자료가 부족하여 본 개정판에서는 제시하지 않았다.

7.6.3. 칼슘, 인, 비타민 A 및 D 요구량

칼슘 및 인의 요구량은 거세우 비육 항목에서 나타난 식에서 MILK 이외의 항목을 0(Zero)으로 하고 구하였다. 그리고 수유우의 유지에 첨가하는 비타민 A량은 체중 1kg 당 33.6 IU로 하였다. 수유우의 유지에 첨가하는 비타민 D량은 체중 1kg 당 4IU로 한다.

$$\text{비타민 A}=0.075 \times W$$

$$\text{비타민 D}=0.01 \times W$$

【인용문헌】

제1장 영양소의 단위

1. Agricultural and Food Research Council. 1992. Nutritive requirements of ruminant animals : Protein. Nutr. Abs. Rev. Ser. B 62:787.
2. Agricultural Research Council. 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux., Slough, U.K.
3. Ahn, B. H., B. H. Kim and Y. H. Moon. 1998. Effects of dietary vitamin A levels and castration on performance and blood composition of Korean native cattle. Kor. J. Anim. Nutr. Feed 22(4):237.
4. Alfaro, E., M. W. Neathery., W. J. Miller., C C. Trowe., R. P. Gentry., A. S. Fielding., D. GPugh and D. M. Blackmon. 1988. Influence of a wide range of calcium intakes on tissue distribution of macro elements and micro elements in dairy calves. J. Dairy Sci. 71:1295.
5. Ammerman, C. B., C. F. Chicco, P. E. Loggins and L. R. Arrington. 1972. Availability of different inorganic salts of magnesium to sheep. J. Anim. Sci. 34:122.
6. Anderson, R. A. 1998. Effects of chromium on body composition and weight loss. Nutr. Res. 56:266.
7. Arnold, R. N., K. K. Scheller, S. C. Arp, S. N. Williams, D. R. Buege and D. M. Schaefer. 1992. Effect of long or short-term feeding of alpha- tocopherol acetate to Holstein and crossbred beef steers on performance, carcass characteristics and beef stability. J. Anim. Sci. 70:3055.
8. Athur, J. R., F. Nicol and G. J. Becket. 1990. Hepatic iodothyronine 5 ' -deiodinase. Biochem. J. 272:537.
9. Bernier, J. F., F. J. Fillion and G. J. Brisson. 1984. Dietary fibers and supplemental iron in a milk replacer for veal calves. J. Dairy Sci. 67:2369.
10. Blaxter, K. L., J. A. F. Rook and A. M. MacDonald. 1954. Experimental magnesium deficiency in calves : clinical and pathological observations. J. Comp. Pathol. Therap. 64:157.
11. Bock, B. J., D. L. Harmon, R. T. Brandt, Jr. and J. E. Schneider. 1991. Fat source and calcium level effects on finishing steer performance, digestion, and metabolism. J. Anim. Sci. 36:1186.
12. Brannan W. L., E. E. Hatfield, F. N. Owens and J. M. Lewis. 1973. Protein concentration and sources for finishing ruminants fed high-concentrate diets. J. Anim. Sci. 36:782.
13. Bremmer, I. and A. C. Dalgarno. 1973. Iron metabolism in the veal calf. 2. Iron requirements and the effect of copper supplementation. Br. J. Nutr. 30:61.

14. Call, J. W., J. E. Butcher, J. T. Blake and A. E. Olson. 1986. Dietary phosphorus for beef cows. *Am. J. Vet. Res.* 47:475.
15. Challa, J. and G. D. Braithwaite. 1988. Phosphorus and calcium metabolism in growing calves with special emphasis on phosphorus homeostasis. 1. studies on the effects of changes in the dietary phosphorus intake on phosphorus and calcium metabolism. *J. Agric. Sci. Camb.* 110:573.
17. Challa, J., G. D. Braithwaite and M. S. Dhanoa. 1989. Phosphorus homeostasis in growing calves. *J. Agric. Sci. Camb.* 112:217.
18. Chang, X. and D. N. Mowat. 1992. Supplemental chromium for stressed and growing feeder calves. *J. Anim. Sci.* 70:559.
19. Clanton, D. C. 1980. Applied potassium nutrition in beef cattle. 1980. Proceedings in Third International Mineral Conference, Miami. Fla. p. 17.
20. Davis, G. K. and W. Mertz. 1987. Copper. *In* : Trace Elements in Human and Animal Nutrition, Vol. 1, (W. Mertz, ed.) New York: Academic Press. p. 301.
21. DeLuca, H. F. 1979. The vitamin D system in the regulation of calcium and phosphorus metabolism. *Nutr. Rev.* 37:161.
22. Devlin, T. J., W. K. Roberts and V. V. E. St. Omer. 1969. Effects of dietary potassium upon growth, serum electrolytes and intrarumen environment of finishing beef steers. *J. Anim. Sci.* 28:557.
23. Eck T. P., S. J. Bartle, R. L. Preston, R. T. Brandt and C. R. Richardson. 1988. Protein source and level for incoming feed-lot cattle. *J. Anim. Sci.* 66: 1871.
24. Ellenberger, H. G., J. A. Newlander and C. H. Jones. 1950. Composition of the bodies of dairy cattle. *Vt. Agric. Exp. Sta. Bull.* 558.
25. Fontenot, J. P., V. G. Allen, G. E. Bunce and J. P. Goff. 1989. Factors influencing magnesium absorption and metabolism in ruminants. *J. Anim. Sci.* 67:3445.
26. Fox, D. G., C. J. Sniffen and J. D. O'Connor. 1988. Adjusting nutrient requirements of beef cattle for animal and environmental variations. *J. Anim. Sci.* 66:1475.
27. Goetsh, A. L. and F. N. Owens. 1985. Effects of calcium source and level on site of digestion and calcium levels in the digestive tract of cattle fed high-concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 61:995.
28. Grace, N. D. 1983. Manganese. *In* : The Mineral Requirements of Grazing Ruminants, (N. D. Grace, ed.) Occasional Publ. No.9. New Zealand: New Zealand Society of Animal Producers. p. 80
29. Greene, L. W., K. E. Webbe, Jr. and J. P. Fontenot. 1983. Effect of potassium level on site of absorption of magnesium and other macro elements in sheep. *J. Anim. Sci.* 56:1214.
30. Halpin, C. G., D. J. Harris, I. W. Caple and D. S. Patterson. 1984. Contribution of cobalamin analogues to plasma vitamin B₁₂ concentrations in cattle. *Res. Vet. Sci.* 37:249.

-
31. Hambidge, K. M., C. C. Casey and N. F. Krebs. 1986. Zinc. *In* : Trace Elements in Human and Animal Nutrition, Vol. 2, (W. Mertz, ed.) New York : Academic Press. p. 1
 32. Hansard, S. L., C. L. Comar and M. P. Plumlee. 1954. The effects of age upon calcium utilization and maintenance requirements in the bovine. *J. Anim. Sci.* 13:25.
 33. Hansard, S. L., H. M. Crowder and W. A. Lyke. 1957. The biological availability of calcium in feeds for cattle. *J. Anim. Sci.* 16 : 437.
 34. Harvey, J. D. and M. Bieber-Wlaschny. 1988. Vitamin E availability to livestock varies dramatically. *Feedstuffs* 15.
 35. Healy, W. B. 1972. In vitro studies on the effects of soil on elements in ruminal, duodenal and ileal liquors from sheep. *New Zealand J. Agric. Res.* 15:289.
 36. Hoekstra, W. G. 1974. Biochemical role of selenium, *In* : Trace Element Metabolism in Animals, No. 2, (W. G. Hoeksta, J. W. Suttie, H. E. Ganther and W. Mertz, eds.) Baltimore : University Park Press. p. 61
 37. Hoffmann-La Roche. 1994. Vitamin Nutrition for Ruminants. RCD 87751/894. Hoffmann-La Roche, Inc., Nutley, New Jersey.
 38. Hungate R. E. 1966. The rumen and its microbes. Academic press, New York.
 39. Hurley, L. S. and C. L. Keen. 1987. Manganese. *In* : Trace Elements in Human and Animal Nutrition, Vol. 1, (W. Mertz, ed.) New York: Academic Press. p. 185.
 40. Hutcheson, D. P. and N. A. Cole. 1985. Vitamin E and selenium for yearling feedlot cattle. *Fed. Am. Soc. Exp. Biol. (Abst.)* 69:807.
 41. Jackson, J. A., Jr., D. L. Langer and R. W. Hemken. 1988. Evaluation of content and source of phosphorus fed to dairy calves. *J. Dairy Sci.* 71:2187.
 42. Kegley, E. B. and J. W. Spears. 1994. Bioavailability fo feed grade copper sources(oxide, sulfate or lysine) in growing cattle. *J. Anim. Sci.* 72:2728.
 43. Kume, S. and S. Tanabe. 1993. Effect of parity on colostral mineral concentrations of Holstein cows and value of colostrum as a mineral source for newborn calves. *J. Dairy Sci.* 76:54.
 44. Lassiter, J. W., W. J. Miller, F. M. Pate and R. P. Gentry. 1972. Effect of dietary calcium and phosphorus on ⁵⁴Manganese metabolism following a single tracer intraperitoneal and oral in rats. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 139:345.
 45. Lee, R. W., R. C. Stuart, K. R. Perryman and K. W. Ridenour. 1985. Effect of vitamin supplementation on the performance of stressed beef calves. *J. Anim. Sci.* 61(Suppl. 1):425.
 46. MacPherson, A., G. Fisher and J. E. Paterson. 1989. Effect of cobalt deficiency on the immune function of ruminants. *In* : Trace Elements in Man and Animals, NO. 6, (L. S. Hurley, B. Lonnerdal, C. L. Keen, and R. B. Rucker, eds.) New York : Plenum Press. p. 397.
 47. Martz, F. A., A. T. Belo, M. F. Weiss, R. L. Belyea and J. P. Gaff. 1990. True absorption of calcium and phosphorus from alfalfa and corn silage when fed to lactating cows. *J. Dairy Sci.* 73:1288.

48. Mayland, H. F. 1988. Grass tetany. *In* : The Ruminant Animal Digestive Physiology and Nutrition, (D. C. Church, ed.) Englewood Cliffs, N. J. : Prentice Hall. p. 511.
49. McDowell, L. R. 1992. Minerals in Animal and Human Nutrition. New York: Academic Press.
50. McDowell, L. R. 2000. Reevaluation of the metabolic essentiality of the vitamins. Review. Asian-Aus. J. Anim. Sci. 13:115.
51. Mertz, W. 1992. Chromium: History and nutritional importance. Biol. Trace Elem. Res. 32:3.
52. Miller, J. K., N. Ramsey and F. C. Madsen. 1988. *In* : The Ruminant Animal-Digestive Physiology and Nutrition, The trace elements. p. 342-401 (D. D. Church. ed.) Englewood Cliffs, N. J. : Prentice-Hall.
53. Miller, W. J., M. W. Neathery, R. P. Gentry, D. M. Blackmon, C. T. Crowe, G. O. Ward and A. S. Fielding. 1987. Bioavailability of phosphorus from defluorinated and dicalcium phosphates and phosphorus requirements of calves. J. Dairy Sci. 70:1885.
55. Mills, C. F., A. C. Dalgarno, R. B. Williams and J. Quarterman. 1967. Zinc deficiency and Zinc requirements of calves and lambs. Br. J. Nutr. 21:751.
56. Mills, C. F. and G. K. Davis. 1987. Molybdenum. *In* : Trace Elements in Human and Animal Nutrition. Vol. 1, (W. Mertz, ed.) p. 429-463. New Yor: Academic.
57. National Research Council. 1980. Mineral Tolerance of Domestic Animals. Washington, D. C. : National Academic of science.
58. National Research Council. 1981. Effect of environment requirements of domestic animals. National academy press. Washington, D. C.
59. National Research Council. 1987. Predicting feed intake of food-producing animals. National academy press. Washington, D. C.
60. National Research Council. 1987. Vitamin Tolerance Domestic Animals Washington, D. C. : National Academy Press.
61. National Research Council. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle, Seventh Revised Ed. Washington, D. C. : National Academy Press.
62. National Research Council. 2000. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, Seventh Revised Ed. Washington, D. C. : National Academy Press.
63. Neathery, N. W., D. M. Blackmon, W. J. Millar, S. Heinmiller, S. McGuire, J. M. Tarabula, R. P. Gentry and J. C. Allen. 1981. Chloride deficiency in Holstein calves from a low chloride diet and removal of abomasal contents. J. Dairy Sci. 64:2220.
64. Oltjen, R. R. 1975. Fats for ruminants-utilization and limitations, including value of protected fats. p.31-40 in Proceedings of the Georgia Nutrition Conference, University of Georgia, Athens
65. Ott, E. A., W. H. Smith, M. Stab, H. E. Parker and W. M. Beeson. 1965. Zinc deficiency syndrome in the young calf. J. Anim. Sci. 24:735.

-
66. Park, Y. W., M. J. Anderson, J. L. Walters and A. W. Mahoney. 1983. Effects of processing methods and agronomic variables on carotene contents in forages and predicting carotene in alfalfa hay with near-infrared-reflectance spectroscopy. *J. Dairy Sci.* 66:235.
 67. Peeler, H. T. 1972. Biological availability of nutrients in feeds: Availability of major mineral ions. *J. Anim. Sci.* 35:695.
 68. Pendlum, L. C., J. A. Boling and N. W. Bradley. 1976. Plasma and ruminal constituents and performance of steers fed different nitrogen sources and levels of sulfur. *J. Anim. Sci.* 43:1307.
 69. Phillippo, M., W. R. Humphries and P. H. Garthwaite. 1987. The effect of dietary molybdenum and iron on copper status and growth in cattle. *J. Agri. Sci. Camb.* 109:315.
 70. Pond, W. G., W. H. Allaway, E. F. Walker, Jr. and K. Krook. 1971. Effects of corn selenium content and drying temperature and of supplemental vitamin E on growth, liver selenium, and blood vitamin E of chicks. *J. Anim. Sci.* 33:996.
 71. Reddy, P. G., J. C. Morrill and R. A. Frey. 1987. Vitamin E requirements of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 70:123.
 72. Reddy, P. G., J. L. Morrill, H. C. Minocha and J. S. Stevenson. 1987. Vitamin E is immunostimulatory in calves. *J. Dairy Sci.* 70:993.
 73. Reed, W. D. C., R. C. Elliott and J. H. Topps. 1965. phosphorus excretion of cattle fed on high-energy diets. *Nature* 208:953.
 74. Reinhardt, T. A. and F. G. Hustmyer. 1987. Role of vitamin D in the immune system. *J. Dairy Sci.* 70:952.
 75. Rook, J. A. F. and J. E. Storry. 1962. Magnesium in the nutrition of farm animals. *Nutr. Abstr. Rev.* 32:1055.
 76. Rosenfeld, I. and O. A. Beath. 1964. eds. *Selenium*. New York: Academic Press.
 77. Rotruck, J. T., A. L. Pope, H. E. Ganther, A. B. Swanson, D. G. Hafeman and W.G. Hoekstra. 1973. Selenium : Biochemical role as a component of glutathione peroxidase. *Science* 179:588.
 78. Russell J. B., C. J. Sniffen and P. J. Van Soest. 1983. Effect of carbohydrate limitation on degradation and utilization of casein by mixed rumen bacteria. *J. Dairy Sci.* 66:763.
 79. Sanders, S. K., J. B. Morgan, D. M. Wulf, J. D. Tatum, S. N. Williams and G. C. Smith. 1997. Vitamin E supplementation of cattle and shelf-life of beef for the Japanese market. *J. Anim. Sci.* 75:2634.
 80. Shupe, J. L., J. E. Butcher, J. W. Call, A. E. Olson and J. T. Blake. 1988. Clinical signs and bone changes associated with phosphorus deficiency in beef cattle. *Am. J. Vet. Res.* 49:1629.
 81. Smith, R. M. 1987. Cobalt. *In* : *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*. p. 143-183 (W. Mertz, ed.) New York : Academic Press.
 82. Spears, J. W. 1984. Nickel as a "newer trace element" in the nutrition of domestic animals. *J. Anim. Sci.* 59:823.

83. Spears, J. W., B. R. Schricker and J. C. Burns. 1989. influence of lysocellin and monensin on mineral metabolism in steers fed forage-based diets. J, Anim. Sci 67:2140.
84. Spears, J. W., R. W. Harvey and E. C. Segerson. 1986. Effect of marginal selenium deficiency on growth, reproduction and selenium status of beef cattle. I. Anim. Sci. 63:586.
85. Stabel, J. R. and J. W. Spears. 1993. Role of selenium in immune responsiveness and disease resistance. *In* : Human Nutrition-A Comprehensive Treatise. vol 8. p. 333. Nutrition and Immunology(Klurfeld DM ed.). Plenum Press, New York.
86. Suttle, N. F. 1974. Effects of organic and inorganic sulfur on the availability of dietary copper to sheep. Br. J. Nutr. 32:559.
87. Suttle, N. F. 1991. The interactions between copper, molybdenum and sulfur in ruminant nutrition. Annu. Rev. Nutr. 11:121.
88. Tappel, A. L. 1972. Vitamin E and free radical peroxidation of lipids. Vitamin E and its role in cellular metabolism. Ann. N. Y. Acad. Sci. 203:12.
89. Tcorn. 1991. A reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle. Nutr. Abstr. Rev. Ser. B. 61:573.
90. Turker, W. B., J. A. Jackson, D. M. Hopkins and J. F. Hogue. 1991. Influence of dietary sodium bicarbonate on the potassium metabolism of growing dairy calves. J. Dairy Sci. 74:2296.
91. Underwood, E. J. 1977. Trace Elements in Human and Animal Nutrition, 4th ed. Academic Press, New York.
92. Underwood, E. J. 1981. The Mineral Nutrition of Livestock, 3rd Ed. Slough, U.K: Commonwealth Agricultural Bureaux.
93. Wacker, W. E. C. 1980. Magnesium and Man. Cambridge. Mass. : Harvard University Press.
94. Ward, G. M. 1978. Molybdenum toxicity and hypocuprosis in ruminants: A review. J. Anim. Sci. 46:1078.
95. Wise, M. B., S. E. Smith and L. L. Barnes. 1958. The phosphorus requirement of calves. J. Anim. Sci. 17:89.
96. Wylie, M. J., J. P. Fontenot and L. W. Greene. 1985. Absorption of magnesium and other macro minerals in sheep infused with potassium in different parts of the digestive tract. J. Anim. Sci. 61:1219.
97. Yano H., S. Sakurai and R. Kwashima. 1975. Effect of dietary calcium and phosphorus levels on the incidence of urinary calculi and on urine and serum mineral levels in wethers. J. Zootech. Sci. 46:642.
98. 橋端堅次郎, 森田 宏, 成頼満佐子, 中丸輝彦, 森本 久, 三輔康宏, 丸山 新, 藤田 耕, 富塚武男, 針生程吉, 小提恭平, 桎木茂彦, 甘利雅擴, 梶川 博, 阿部 亮. 1995. 種々の飼料給与條件が黒毛和種牛の飼料攝取量, 第1胃内醗酵, 血液性狀, 増体成績, と畜解体成績および經濟性に及ぼす影響, 畜試研究資料,

99. 農林水産省農林水産技術會議事務局. 2000. 日本飼養標準. 肉用牛.
100. 圖師和好, 井口明浩, 小林正和, 森 知夫, 生井和夫, 笠井勝美, 棚井幸雄, 岩倉直行, 神邊佳弘, 増山秀人, 齋藤友喜, 須藤慶子, 浅田 勉, 宮重俊一, 甫立京子, 阿部啓之, 河北由美, 阿部 亮. 1999. 肥育前期における飼料中 CP 水準及び肥育後期におけるデンプン, NDF 水準が黒毛化種去勢牛の産育性に及ぼす影響. 畜試研究資料, 13:1.
101. 島田保昭 篠岡莊一郎. 1970. 和年 における被毛褐色 の原因調査について. 日獣會誌, 23:616.
102. 仲宗根一哉 安里佐知子 千好葉夫 平安名盛己. 1989. ヒートダメージサイレージと牛の 銅欠乏症との関連. 沖 畜試研報, 27:147.
103. 김경훈, 오영균, 김원, 이상철, 신기준, 전병태. 2004. 거세한우의 유지에너지 요구량 결정. 한국동물자원과학회지. 46(2) : 193
104. 김경훈, 오영균, 이상철, 신기준, 강수원, 문여황, 송만강. 2006. 단백질 균형시험에 의한 한우 거세우의 유지 조단백질 요구량. 한국동물자원과학회지. 48(4) : 533.
105. 김경훈, 오영균, 이상철, 신기준, 정완태, 강수원, 홍성구, 주종철, 백봉현. 2007. 비교도체법에 의한 한우 거세우의 증체에너지 및 단백질 요구량. 한국동물자원과학회지 49(1) : 41.
106. 한국사료정보센터. 1985. 가축의 영양소 요구량과 사양체제. 한국소 및 고기소의 영양소 요구량 및 사양체제.

제3장 영양소 요구량에 영향을 미치는 요인 및 사양관리 시 고려사항

1. Agricultural Research Council. 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock Technical review. Commonwealth Agricultural Bureaux. England.
2. Akayezu, J. M., J. G. Linn, D. E. Otterby and W. P. Hansen. 1994. Evaluation of calf starters containing different amounts of crude protein for growth of holstein calves. J. Dairy. Sci. 77:1882.
3. Anderson, J. H. and R. L. Willham. 1978. Weaning weight correction factors from Angus field data. J. Anim. Sci. 47:124.
4. Arije, J. N., N. S. Robert, J. Nix and L. Rowden. 1971. Age and weight at puberty in Hereford heifers. J. Anim. Sci. 33(2):401.
5. Arthington, J. D., J. W. Spears and D. C. Miller. 2005. The effect of early weaning on feedlot performance and measures of stress in beef calves. J. Anim. Sci. 83:933.
6. Beharka, A. A., T. G. Nagaraja, J. L. Morrill, G. A. Kennedy and R. D. Klemm. 1998. Effect of form of diet on anatomical, microbial, and fermentative development of the rumen of neonatal calves. J. Dairy Sci. 81:1946.
7. Bellows R. A. and R. E. Short. 1978. Effects of per calving feed level on birth weight, calving difficulty and subsequent fertility. J. Anim. Sci. 46:1522.

8. Blaxter, K. L. and F. W. Weinmann. 1961. Environmental temperature and the energy metabolism and heat emission of steers. *J. Agric. Sci.* 56:81.
9. Bourdon, R. M. and J. S. Brinks. 1982. Genetic, environmental and phenotypic relationship among gestation length, birth weight, growth traits and age at first calving in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 55:543.
10. Bruns, K. W., R. H. Pritchard and D. L. Boggs. 2004. The relationships among body weight, body composition and intramuscular fat content in steers. *J. Anim. Sci.* 82:1315.
11. Buntings, L. D., L. S. Sticker and P. J. Wozniac. 1992. Effects of ruminal escape protein and fat on nitrogen utilization in lambs exposed to elevated ambient temperature. *J. Anim. Sci.* 70:1518.
12. Butson, S. and R. T. Berg. 1984. Lactation performance of range beef and dairy-beef cows. *Can. J. Anim. Sci.* 64:253.
13. Butson, S., R. T. Berg and R. T. Hardin. 1980. Factors influencing weaning weights of range beef and dairy beef cows. *Can. J. Anim. Sci.* 60:727.
14. Christopherson, R. J. 1985. *In : Stress Physiology in Livestock. The thermal environmental and the ruminant digestive system. vol.1. Basic principles* (Yousef MK ed.) p. 163-180, CRC Press, Florida.
15. Church, D. C. 1991. *Livestock feeds and feeding.* Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs. N. J., U. S. A.
16. Clanton, D. C. and D. R. Zimmerman. 1970. Symposium on pasture methods for maximum production in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 30:122.
17. Cooper, R., T. G. Klopfenstein, R. Stock and C. Parrott. 1998. Observations on acidosis through continual feed intake and ruminal pH monitoring. 1998 Nebraska Beef Report:75.
18. Dolezal, H. G., G. C. Smith, J. W. Savell and Z. L. Carpenter. 1982. Effect of time-on-feed on the palatability of rib steaks from steers and heifers. *J. Food Sci.* 47:368.
19. Duckett, S. K., D. G. Wagner, L. D. Yates, H. G. Dolezal and S. G. May. 1993. Effects of time on feed on beef nutrient composition. *J. Anim. Sci.* 71:2079.
20. Earley, R., R. Vatthaeur, W. Paulson and D. Peshel. 1977. Effects of nutritional level on performance of young crossbred heifers. *Lancaster Cow-Calf Day. Rep.* p. 47.
21. Fox, D. G., R. R. Johnson, R. L. Preston, T. R. Dockerty and E. W. Klosterman. 1972. Protein and energy utilization during compensatory growth in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 34:310.
22. Fuquay, J. W. 1981. Heat stress as it affects animal production. *J. Anim. Sci.* 52:164.
23. Garrett, W. N., J. H. Meyer and G. P. Lofgreen. 1959. The comparative energy requirements of sheep and cattle for maintenance and gain. *J. Anim. Sci.* 18:528.
24. Gauthier, D., M. Terqui and P. Mauleon. 1983. Influence of nutrition on pre partum plasma levels of progesterone and total oestrogens and postpartum plasma levels of luteinizing hormone and follicle stimulating hormone in suckling cows. *J. Anim. Prod.* 37:89.

-
25. Grandin, T. 1997. Assessment of stress during handling and transport. *J. Anim. Sci.* 75:249.
 26. Grings, E. E., R. E. Short, K. D. Klement, T. W. Geary, M. D. MacNeil, M. R. Haferkamp and R. K. Heitschmidt. 2005. Calving system and weaning age effects on cow and preweaning calf performance in the Northern Great Plains. *J. Anim. Sci.* 83:2671.
 27. Hahn, G.L. 1997. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Anim.Sci.* 77:10.
 28. Hahn, G. L. 1981. Housing and management to reduce climatic impacts on livestock. *J. Anim. Sci.* 52:175.
 29. Hight, G. K. 1968. Plane of nutrition effects in late pregnancy and during lactation on beef cows and their calves to weaning. *N. Z. J. Agric. Res.* 11:71.
 30. Hoffman, D. P., J. S. Stevenson and J. E. Minton. 1996. Restricting calf presence without suckling compared with weaning prolongs postpartum anovulation in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 74:190.
 31. Hutcheson, D. P. and N. A. Cole. 1986. Management of transit-stress syndrome in cattle : nutritional and environmental effects. *J. Anim. Sci.* 62:555.
 32. Jain, N. C. 1986. *In* : Schalm's veterinary hematology. Cattle : Normal hematology with comments on response to disease. 4th. 2d, Lea & Febiger. p. 178-207.
 33. Jordan, E. R. and L. V. Swanson. 1979. Serum progesterone and luteinizing hormone in dairy cattle fed varying levels of crude protein. *J. Anim. Sci.* 48:1154.
 34. Jung, J. K. 1983. Effects of calving date, cow age and suckling on the interval from calving to conception in beef cows. *Kor. J. Anim. Sci.* 25:470.
 35. Jung, K. K., C. B. Choi, N. C. Park, J. C. Do, C. W. Choi and S. Y. Lee. 1996. Effect of castration method on stress responses and body weight changes in Hanwoo calves. The 8th AAAP Animal Science Congress. Proceedings. Vol. 2. p. 546.
 36. Kondreddy E. R., Jeong, J. Y., Baek, Y. C., Oh, Y. K., Kimm M., , So, K. M, Kim, D. W., Kim, J. H., Park, S. and H. J., Lee. 2017. Early weaning of calves after different dietary regimens affects later rumen development, growth, and carcass traits in Hanwoo cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. Imprinting
 37. Kume, S. 1989. Effect of dietary trace element level and hot environmental temperature on trace element nutrition of Holstein dairy cattle. *Bull. Kyushu Natl. Agroc. Exp. Stn.* 25:317.
 38. Kume, S., M. Kurihara, M. Shibata, S. Takahashi and T. Aii. 1986. Effect of hot environmental temperature on major mineral balance in dry cows. *Jpn. J. Zootech. Sci.* 57:940.
 39. Kume, S., M. Shibata, M. Kurihara and T. Aii. 1986. Effect of environmental temperature on major mineral metabolism of cows during feeding and fasting. *Jpn. J. Zootech. Sci.* 57:679.
 40. Lesmeister, J. L., P. J. Burfening and R. L. Blackwell. 1973. Date of first calving in beef cows and subsequent calf production. *J. Anim. Sci.* 36:1.
 41. Loerch, S. C. and F. L. Fluharty. 1999. Physiological changes and digestive capabilities of newly recieved feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 77:1113.

42. Lofgreen, G. P. and W. N. Garrett. 1968. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing cattle. J. Anim. Sci. 27:793.
43. Makarechian, M., H. M. Kubisch and M. A. Price. 1988. Effects of date of weaning on subsequent performance of beef cows and their female calves. Can. J. Anim. Sci. 68:1035.
44. Mader, T.L., S.M. Holt, G. L. Hahn, M.S. Davis and D.E.Spiers. 2002. J. Anim. Sci. 27:793.80:2373.
45. May, S. G., Dolezal, F. K. Rory and D. R. Gill. 1992. Effects of days fed, carcass grade traits, and subcutaneous fat removal on postmortem muscle characteristics and beef palatability. J. Anim. Sci. 70:444.
46. McDowell, R. E. 1972. *In*: Improvement of Livestock Production in Warm Climates. Consequence of thermal stress on livestock performance. 1st ed. (McDowell R.E. ed) p.101-127. W. H. Freeman and Company, San Fransisco.
47. Meyer D. L., Kerley, M. S., Walker, E. L., Keisler, D. H., Pierce, V. L., Schmidt, T. B., Stahl, C. A., Linville, M. L., and E. P. Berg. Growth rate, body composition, and meat tenderness in early vs. traditionally weaned beef calves. J Anim Sci. 2005 83(12):2752
48. Moe, P. W. and R. A. Tyrrell. 1975 Efficiency of conversion of digested energy to milk. J. Dairy Sci. 58:602.
49. Morrison D. G., J. I. Feazel, C. P. Bagley and D. C. Blouin. 1992. Post- weaning growth and reproduction of beef heifers exposed to calve at 24 or 30 months of age in spring and fall seasons. J. Anim. Sci. 70:622.
50. Morrison, S. R. and G. P. Lofgreen. 1979. Beef cattle response to air temperature. Trans. ASAE 22:861.
51. Myers, S. E., D. B. Faulkner, F. A. Ireland and D. F. Parrett. 1999. Comparison of three weaning ages on cow-calf performance and steer carcass traits. J. Anim. Sci. 77:323.
52. National Institute of Animal Science, RDA. 2007. Korean Feeding Standards for Hanwoo. Sangrok. Korea. pp. 29-38.
53. National Research Council. 1981. Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animal. National Academy Press, Washington, D. C.
54. National Research Council. 1996. Nutrient Requirements of beef cattle. 7th UK. National Academy Press, Washington, D. C.
55. National Research Council. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Seventh Revised Ed. Update. Washington D. C.: National Academy Press.
56. National research council. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th revised Edn. National Academy Press. Washington, DC. National Academy Press.
57. National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Seventh Revised Ed. Washington D. C.: National Academy Press.

-
58. Nelsen, T. C., R. E. Short, W. L. Reynolds and J. J. Urick. 1985. Palpated and visually assigned condition scores compared with weight, height and heart girth in Hereford and crossbred cows. *J. Anim. Sci.* 60:363.
 59. Neumann. A. L. 1977. Beef cattle. Chapter 10. Breeding herd management in summer. John Wiley & Sons, Inc.
 60. Nocek, J. E. and E. M. Kesler. 1980. Growth and rumen characteristics of Holstein steers fed pelleted or conventional diets. *J. Dairy Sci.* 63:249.
 61. Osuji, P. O. 1974. The physiology of eating and the energy expenditure of the ruminant at pasture. *J. Range Management.* 27:437.
 62. Peterson, G. A., T. B. Turner, K. M. Irvin, M. E. Davis, H. W. Newland and W. R. Harvey. 1987. Cow and calf performance and economic considerations of early weaning of fall-born beef calves. *J. Anim. Sci.* 64:15.
 63. Pinney, D. O., D. F. Stephens and I. S. Pope. 1972. Life-time effects of winter supplemental feed level and age at first parturition on range beef cows. *J. Anim. Sci.* 34:1067.
 64. Place, N. T., A. J. Heinrichs and H. N. Erb. 1998. The effects of disease, management, and nutrition on average daily gain of dairy heifers from birth to four months. *J. Dairy Sci.* 81:1004.
 65. Robinson, P. H and R. E. McQueen. 1994. Influence of supplemental protein source and feeding frequency on rumen fermentation and performance in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77:1340.
 66. Robison, O. W., M. K. M. Yusuff and E. U. Dillard. 1978. milk production in Hereford cows. I. Means and correlations. *J. Anim. Sci.* 47:131.
 67. Scibilia, L. S., L. D. Muller, R. S. Kesinger, T. F. Sweeney and P. R. Shellenberger. 1986. Effect of environmental temperature and dietary fat on growth and physiological responses of newborn calves. *J. Dairy Sci.* 70:1426.
 68. Scott, S. L., R. J. Christopherson, J. R. Thompson and B. E. Baracos. 1993. The effect of a cold environment on protein and energy metabolism in calves. *Br. J. Nutr.* 69:127.
 69. Shabi, Z., I. Bruckental, S. Zamwell, H. Tagari and A. Arieli. 1999. Effects of extrusion of grain and feeding frequency on rumen fermentation, nutrient digestibility, and milk yield and composition in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82:1252.
 70. Short, R. E. and R. A. Bellows. 1971. Relationships among weight gains, age at puberty and reproductive performance in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 32:127.
 71. Standing Committee on Agriculture. 1990. Ruminants Subcommittee. Feeding Standards for Australian Livestock, Ruminant. CSIRO Publ. East Melbourne, Australia.
 72. Swanson, E. W. 1960. Effect of rapid growth with fattening of dairy heifers on their lactational ability. *J. Dairy Sci.* 43:377.
 73. Swanson, E. W. 1967. Symposium on optimum growth patterns for dairy cattle *J. Dairy Sci.* 50(2):244.

74. Vallentine J. F. 1990. Grazing Management. Academic Press, Inc. San Diego.
75. Van Koebering, M. T., D. R. Gill, F. N. Owens, H. G. Dolezal and C. A. Starsia. 1995. Effect of time on feed on performance of feedlot steers, carcass characteristics, and tenderness and composition of longissimus muscles. J. Anim. Sci. 73:21.
76. Wertz, E., Berge, L. L., Walker, P. M., Faulkner, D. B., McKeith, F. K. and Rodriguez-Zas, S. 2001. Early weaning and postweaning nutritional management affect feedlot performance, carcass merit, and the relationship of 12th-rib fat, marbling score, and feed efficiency among Angus and Wagyu heifers. J Anim Sci. 2002 80(1):28.
77. White, T. W., L. D. Bunting, L. S. Sticker, F. G. Hembry and A. M. Saxton. 1992. Influence of fish meal and supplemental fat performance of finishing steers exposed to moderate or high ambient temperature. J. Anim. Sci. 70:3286.
78. Williams, G. L., W. R. Jr. McVey and J. F. Hunter. 1993. Mammary somatosensory pathways are not required for suckling-mediated inhibition of luteinizing hormone secretion and delay of ovulation in cows. Biol. Reprod. 49:1328.
79. Wiltbank, J. N., S. Roberts, J. Nix and L. Rowden. 1985. Reproductive performance and profitability of heifers fed to weight 272 or 318kg at the start of the first breeding season. J. Anim. Sci. 60(1):25.
80. Woody, H. D., D. G. Fox and J. R. Black. 1983. Effect of diet grain content on performance of growing and finishing cattle. J. Anim. Sci. 57:717.
81. Yamazaki, T. 1977. The effects of age and fatness on the meat quality and quantity of beef cattle I. The growth of various organs and tissues of Japanese Black Breed steers. Bull. Chugoku Natl. Agric. Exp. Sta. Series B 23:53
82. 岡野彰, 島田和宏, 居在家義昭, 大石孝雄. 1984. 黒毛和種雌牛の生涯的な繁殖能力. 日畜會報 55:458.
83. 高橋政義, 菊地武昭, 久馬 忠, 瀧澤靜雄. 1984. 黒毛和種における分娩前後の低栄養飼養が分娩後の生殖機能回復に及ぼす影響. 東北農試研報 69:8.
84. 高田修, 原口喜伊, 中井貞夫. 1977. 繁殖和牛の群飼育試験. 兵庫畜試研報. 14:17.
85. 高川良平, 照井信一, 伴屋喜弘. 1985. 氣象要因が牛の生理諸元に及ぼす影響 III. 實驗的風感作がホルスタイン種去勢牛の呼吸數, 心拍數, 直腸溫, 皮膚溫などにおよぼす影響. 草地試研報 30:50.
86. 橋弧徳三, 加藤道弘, 針生程吉, 辰巳博, 増淵敏彦, 波多野松重. 1966. 牛のエネルギー代謝に関する研究 III. 和牛の安定時代謝におよぼす環境溫度の影響. 畜試研報. 11:39.
87. 久馬忠, 瀧澤靜雄, 高橋政義, 菊地武昭. 1979. 草地における肉用牛の泌乳性と哺乳子牛の發育に関する研究. 東北農試研報 60:73.
88. 橋元大介, 2013, 肉質向上を目的とした交雜種肥育および黒毛和種早期肥育技術に関する研究. 日本愛地畜産学会報. 56(1).21-27
89. 近畿中國農業試驗研究推進會議事務局. 1992. 黒毛和牛の分娩間隔短縮技術の開発. 近畿中國地域・地域重要新技術開發事業成果報告.

-
90. 野田昌伸、坂瀬充洋、福島護之、岡 章生、若木史之. 2005. 黒毛和種去勢牛の育成時の飼料給与がその後の生産性に及ぼす影響. 兵庫農技総セ研究(畜産). 41. 29-34
 91. 農林水産省農林水産技術會議事務局. 2000. 日本飼養標準. 肉用牛. p.77.
 92. 農林水産省農林水産技術會議事務局. 2008. 日本飼養標準. 肉用牛. p.60.
 93. 農林水産省農林水産技術會議事務局. 2008. 日本飼養標準. 肉用牛. p.195-196
 94. 島田和宏. 1998. 黒毛和種の泌乳能力とその改良. 肉用牛研究会報. 64: 19-29
 95. 富樫研治, 田中彰治. 1979. 温湿度環境と 肥育牛の 成長反應に關する 品種の比較. 近畿中國農業研究. 57:68.
 96. 富樫研治, 田中彰治. 1981. 屋外の氣象環境下における黒毛和種去勢牛の生理反應. 中國農試報告. B 25:19.
 97. 寺田裕, 照井信一, 伴屋喜弘. 1985. 氣象要因が 牛の生理諸元に及ぼす 影響. V. 實驗的 牛及び風の 感作が ホルスタイン種去勢牛の呼吸數, 直腸溫, 心拍數及皮膚溫に及ぼす影響. 草地試研報. 32:59.
 98. 山田陽揆, 榊原秀夫. 1996. 混合飼料給與による 和牛雌牛肥育技術の 確立-體積系統牛の 適正榮養水準と除角の效果について. 三重農 試驗成績報告書. 13:1.
 99. 上田孝道. 2000. 和牛ノシベ放牧. 在來草・牛力活用で日本の畜産. 農山漁村文化協會.
 100. 細山田文男, 大槻和夫, 河野道治. 1983. 西南暖地のトールフェスク草地における冬季放牧に關する研究-特に肉用牛の周年放牧飼養技術體系の確立のために-. 四國農試報告 46:1.
 101. 宋原保, 道川内, 山本卓郎, 折田正義, 内野清, 阿部敬一, 岡村勤. 1977. 無角和種繁殖雌牛の屋内群飼育に 關する 試驗 (完). 山口種畜試驗成績. 6:13.
 102. 玉城政信, 千葉好夫, 石壇勇. 1990. 肥育牛における 除角效果試驗. 沖球畜試研報. 28:37.
 103. 鈴木修. 1989. 肉用繁殖牛(黒毛和種)におけるボディ-コンディションスコアの利用について. 和牛 167:37.
 104. 鈴木修, 佐藤匡美, 酒井義正. 1985. 榮養條件を異にして育成した黒毛和種雌牛の發育, 性成熟後子牛生産. 草地試研報 32:14.
 105. 鈴木修, 佐藤美. 1984. 肉牛の 繁殖機能に及ぼす 妊娠期低榮養飼養の 影響と その 許容限界. 榮養生理研究會報 28:81.
 106. 栗原光規, 久米新一, 高橋繁男, 相井孝允. 1991. 維持量給與水準における 乾乳牛のエネルギー代謝に及ぼす給與粗飼料と環境溫度の影響. 日畜會報 62:375.
 107. 林健剛, 伊丹豊一, 石井邦彦, 左右田保. 1977. 繁殖肉用牛の 經濟能力向上に關する 研究. 黒毛和種雌牛の 育成期における 榮養の違いが 發育および 繁殖に及ぼす 影響. 大分畜試試驗成績報告 82.
 108. 田中彰治, 富樫研治. 1979. 環境要因と 肥育牛の 成長に 關する 統計的分析とくに 溫度 濕度および 季節の 影響について. 中國農試報告. B 24:13.
 109. 前原俊浩, 堤知子, 西川光博. 1990. 肉用牛の除角について. 鹿嶋島畜試研報. 22:1.
 110. 前原俊浩, 堤知子, 梅北信二郎. 1993. 肉用牛黒毛和種肥育における 除角の 效果. 鹿嶋島 畜試研報 25:3.

111. 井村毅. 1993. 放牧による 肉用牛生産方式の 効率向上に 關する實証的 研究. 四國農試報告 56:1.
112. 中西剛, 瀧崎勝也, 溝川義治. 1980. 繁殖肉用牛の 不斷給餌における 給與養分量が 繁殖に 及ぼす 影響(2). 京都礎總牧試研報. 2:1.
113. 中西 剛, 瀧崎勝也, 比留木俊信. 1981. 繁殖肉用牛の 不斷給餌における 給與養分量が 繁殖に 及ぼす 影響(3). 京都礎總牧試研報. 3:1.
114. 片山政男, 塚本章夫, 金山聖, 梶並嘉芳, 阿部富士郎. 1980. 肉用牛日本飼養標準 (若齡肥育)의 群飼への 適應化に 關する 研究. 岡山和牛試研報. 33:43.
115. 강수원, 박남건, 오운용, 오창언, 고서봉. 1995. 한라산 중산간 방목지에서의 월동기 야외사육이 제주한우 번식우의 체중변화 및 번식능력에 미치는 영향 한국 영양사료 학회지 19(5):387.
116. 강수원, 박용윤, 나승환. 1992, 한우 송아지의 성장발육에 관한 연구(3) 이유전 송아지의 증체를 위한적정 영양소 급여수준 결정에 관한 연구, 농시연보, 34(1):10.
117. 강수원, 임석기, 우제석, 정종원, 손용석. 2001. 가을송아지 거세한우의 육성기 방목 및 농후사료 급여수준이 성장 및 도체특성에 미치는 효과. 한국동물자원과학회지 43(5) : 681.
118. 강수원, 임석기, 전기준, 정종원, 우제석. 2000. 춘계분만 한우 암송아지의 성장단계별 농후사료급여수준 및 방목사육효과. 축산분야종합학술대회 PC20171 p.120.
119. 강수원, 임석기, 정종원, 장선식, 전기준. 2003. 농후사료 급여수준 및 방목이 추계분만 한우 암송아지의 성장발육 및 번식능력에 미치는 효과. 한국동물자원과학회지 45(6):975.
120. 강수원, 장선식, 임석기, 정창화, 신기준. 1996. 성장단계별 농후사료 급여수준이 한우육성빈우의 체중변화 및 번식능력에 미치는 영향. 한영사지 20(2):136.
121. 강수원, 장선식, 정연후, 신기준, 손용석. 1995. 성장단계별 농후사료급여수준이 한우 육성비육우의 사료효율, 산육능력 및 육질에 미치는 영향. 한영사지 19(6):495.
122. 강수원, 정연후, 손용석. 1991. 한우 포유모우의 산유량 및 유성분에 관한 연구. (2) 포유모우의산유량에 관한 연구. 한축지 33(1):85.
123. 강수원, 정연후, 손용석. 1992. 한우 포유모우의 산유량 및 유성분에 관한 연구, -(4)- 비유기 간중의에너지 및 단백질 급여수준이 포유모우의 체중, 산유량 및 유성분에 미치는 영향. 한축지 33(5):370.
124. 강수원, 정연후, 손용석, 이규호. 1992. 사양시험에 의한 경산한우의 영양소요구량 결정 연구. I. 비유시 에너지 및 단백질 요구량 결정에 관한 연구. 한영사지 16(3):115.
125. 강수원, 정연후, 이병석, 손용석, 정천용. 1988. 한우 번식우의 월동기 야외사육에 관한 연구. III. 월동기 사육환경과 영양수준이 육성빈우의 체중변화 및 번식능력에 미치는 영향. 한축지 30(10):600.
126. 강수원, 정창화, 정연후, 이길왕, 손용석. 1988. 한우번식우의 월동기 야외사육에 관한 연구 II. 월동기 사육환경과 영양수준이 포유모우와 독우의 체중변화 및 번식능력에 미치는 영향. 한축지 30(2):65.

127. 강희설, 홍경선, 이덕수, 최동윤, 최희철, 한정대, 조석현, 김태호. 2001. 가축사육환경 기준 설정 연구. 축산시험연구보고서 p. 212.
128. 권응기, 박병기, 조영무, 정영훈, 장선식, 조원모, 전병수, 강수원, 이창우, 백봉현. 2006. 한우 송아지 모체 포육능력별 혈중대사물질, 증체 및 질병발생 변화. <한국동물자원과학회지>. 48(6):889.
129. 국립축산과학원, 2016. 한우 번식우 공태기간 단축 및 분만관리기술
130. 국립축산과학원, 2016. 한우 암소 육성기 사양관리기술
131. 권응기, 박병기, 조영무, 한만희, 최창용, 이명식. 2007. 한우 송아지 이유시기가 증체, 사료섭취량, 질병발생 및 어미 소의 번식효율에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 49(2):239.
132. 권응기, 조영무, 박병기, 최창원, 김영근, 백봉현. 2007. 한우 송아지의 분만계절이 성장, 사료섭취량 및 질병발생에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 49(1):59.
133. 권응기, 조영무, 최연호, 박병기, 정학재, 최낙진, 안병석, 김종복. 2006. 한우 암소의 유전능력과 산차에 따른 분만전후 체중, BCS 및 혈중 대사물질 변화. 한국동물자원과학회지. 48(6):881.
134. 김강식. 1978. 한우의 사양 및 영양개선에 의한 육생산 능력 증진에 관한연구 (1)-자우의 분만 전후의 영양급여수준이 비유량과 자우의 발육에 미치는 영향, 한축지 20(4):280.
135. 농촌진흥청 축산연구소. 2000. 최신 한우. 젖소 번식사양기술.
136. 백봉현. 1994. 거세한우 사료급여 기준. 한우고급육 생산기술. 축협중앙회 p. 39.
137. 여준모, 이성훈, 기광석, 황진호, 이성실, 김완영. 2011. 한우 송아지 이유월령 실태 조사연구. 한국동물자원과학회지. 53(5) : 497.
138. 이근상, 나기준, 김관태. 1991. 사양형태별 한우와 Charolais교잡종 암소의 발육과 번식능력 비교. 농업논문집(축산편) 33(1):1.
139. 이병석, 강수원, 이순복, 신재순. 1985. 한우의 임간방목에 관한 연구. 농시논문집 27(2):16.
140. 이창수, 2002. 다유성 한우생산을 위한 유량조절 유전인자의 탐색 및 활용에 관한 연구. 최종보고서.
141. 이현범, 권오덕, 강정부, 윤종삼. 1995. 가축질병학. 총론(우병학). 유한문화사 p. 83.
142. 장성식, 2007. 한우 암소의 산차별 임신기간 중 적정 체중 변화 및 초임우 임신말기 추가 영양소 급여시기 조정. 국립축산과학원, 영농활용
143. 전기준 등, 2010. 한우 분만시 어미소 BCS수준에 따른 분만 난이다. 국립축산과학원, 영농활용
144. 정근기. 1997. 출하월령이 한우거세우의 비육능력과 육질능력 및 경제성에 미치는 효과. 영남한우발전협의회 세미나 98-1. p. 10.
145. 정근기, 김대곤, 성삼경, 최창본, 김성경, 김덕영, 최봉재, 윤영탁. 1996. 거세가 한우 및 홀스타인 비육우의 도체등급에 미치는 영향. 한축지 38:249.
146. 정근기, 김상오, 양태근, 박노웅. 1996. 뱃짚의 암모니아처리가 한우 거세우의 비육능력과 육질에 미치는 영향. 축산분야 종합학술대회 p. 229.
147. 정근기, 김웅배, 고기환. 2001. 한우 입식송아지의 사양체계 확립을 위한 연구. 한국동물자원과학회지 43:905.

148. 정근기, 최창본, 김대곤. 1994. 한우고급육생산을 위한 시험. II. 거세 및 호르몬처리가 한우의 비육능력 및 육질에 미치는 영향. 축산분야 종합 학술대회 p. 174.
149. 최진애, 장현준, 박성권, 이경태, 이현정, 김태현, 박미나. 2014. 한우 송아지 이유용 사료 급여 방식에 따른 반추위 발달 및 관련 후보 유전자 탐색. 농업생명과학연구. 48(6) 191-206
150. 축산시험장, 1994. 한우고급육생산기술
151. 한찬규, 박진홍, 이남형, 박영일. 1987. 한우의 번식실태조사. 한축지 29(10):566.
152. 황정미, 김시동, 최재관, 이채영, 김병완, 김종복. 2008. 한우 어미 소의 일일산유량과 송아지의 생시체중, 3개월령 체중 및 포유기 일당증체량에 관한 상관분석. 한국동물자원과학회지. 50(5) 591-600.
153. 황정미, 최재관, 전기준, 나기준, 여인서, 양부근, 이채영, 김종복. 2002. 분만년도, 계절 및 산차가 한우의 비유 곡선에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지 44(6):661.

제4장 사료 급여 시 고려해야 할 사항

1. Allen, M. S. 1996. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. J. Anim. Sci. 74:3063.
2. Anderson, S. J., J. K. Merrill and T. J. Klopfenstein. 1988. Soybean hulls as an energy supplement for the grazing ruminant. J. Anim. Sci. 66 : 2959.
3. Belyea, R. L., B. J. Steevens, R. J. Restrepo and A. P. Clubb. 1989. Variation in composition of by-product feeds. J. Dairy Sci. 72:2339.
4. Boucque, C. H. V. and L. O. Fiems. 1988. Vegetable by-products of agro -industrial origin. Livestock Production Science 19:97.
5. Bovard, K. P., T. S. Rumsey, R. R. Oltjen, J. P. Fontenot and B. M. Priode. 1977. Supplementation of apple pomace with nonprotein nitrogen for gestating beef cows. II. Skeletal abnormalities of calves. J. Anim. Sci. 46(3):523.
6. Brent, B. E. 1976. Relationship of acidosis to other feedlot ailments. J. Anim. Sci. 43:930.
7. Bryant, M. P. 1973. Nutritional requirements of the predominant rumen cellulotic bacteria. Fed. Proc. 32:1809
8. Campbell, L. V. 1996. Cell membrane composition, insulin sensitivity and adiposity. Proced. Nutr. Soc. Australia. 20:17.
9. CAST. 1978. Feeding animal waste. Report No. 75. Council for Agricultural Science and Technology, Ames, IA., USA.
10. Chalupa, W. 1975. Rumen bypass and protection of proteins and amino acids. J. Dairy Sci. 58:1198
11. Cheeke, P. R. 1999. In: Proceedings of the American Society of Animal Science. Actual and potential applications of *Yucca schidigera* and *Quillaja saponaria* saponins in human and

-
- animal nutrition. ASAS Annual Meeting in 1999 (Indianapolis, Indiana). p. 1.
12. Chen, C., Sniffen, C. J. and J. B. Russel. 1987. Concentration and estimated flow of peptides from the rumen of dairy cattle: Effect of protein quality, protein solubility and feeding frequency. *J. Dairy Sci.* 70:983
 13. Church, D. C. 1991. *Livestock feeds and feeding*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs. N. J., U. S. A.
 14. Cole, N.A., R.R. Johnson and F.N. Owens. 1976. Influence of roughage level and corn processing method on the site and extent of digestion beef steers. *J. Anim. Sci.* 43:490.
 15. Crawshaw, R. 2001. *Co-product feeds: Animal feeds from the food and drinks industries*. Nottingham University Press, U. K.
 16. Ensminger, M. E., J. E. Oldfield and W. W. Heinemann. 1991. *Feed and Nutrition*. The Ensminger Publishing Company, Clovis, California, USA.
 17. Ensminger, M. E., J. E. Oldfield and W. W. Heinemann. 1990. *Feed and nutrition* (2nd ed.). The Ensminger Publishing Company, Clovis, California, USA.
 18. Erdman, R. A. 1988. Dietary buffering requirements of the lactating dairy cow: a review. *J. Dairy Sci.* 71:3246.
 19. Fabry, J. 1992. Growth performance in finishing bulls administered recombinant somatotropin (rBST). *J. Anim. Sci.* 70 (Suppl. 1):210 (Abstr.).
 20. FAC. 1998. *Feed Additive Compendium*. Sarah Muirhead, Editor. The Miller Publishing Co., Minnetonka, MN.
 21. Fadlalla, B., R. N. B. Kay and D. E. Goodall. 1987. Effect of particle size on digestion of hay by sheep. *J. Agric. Sci., Camb.* 109:551.
 22. Fontenot, J. P., K. P. Bovard, R. R. Oltjen, T. S. Rumsey and B. M. Priode. 1977. Supplementation of apple pomace with nonprotein nitrogen for gestating beef cows. I. feed intake and performance. *J. Anim. Sci.* 45(3):513.
 23. Gabert, V. M. and W. C. Sauer. 1995. The effect of fumaric acid and sodium fumarate supplementation to diets for weanling pigs on amino acid digestibility and volatile fatty acid concentrations in ileal digesta. *Anim. Feed Sci. Technol.* 53:243.
 24. Grant, R. J. 1997. Interactions among forages and nonforage fiber sources. *J. Dairy Sci.* 80:1438.
 25. Grasser, L. A., J. G. Fadel, I. Garnett and E. J. DePeters. 1995. Quantity and economic importance of nine selected by-products used in California dairy rations. *J. Dairy Sci.* 78:962.
 26. Guioy, P. J., D. G. Fox, D. H. Beermann and D. J. Ketchen. 2000. Performance and meat quality of beef steers fed corn-based or bread by-product-based diets. *J. Anim. Sci.* 78:784.
 27. Herman, T., S. Baker and G. L. Stokka. 1995. *Medicated feed additives for beef cattle and calves*. Cooperative Extension Service. Kansas State University. Publ. MF 2043.
 28. Hogan, J. P. 1975. Quantitative aspects of nitrogen utilization in ruminants. *J. Dairy. Sci.* 58:1164-1177.

29. Hsu, J. T., D. B. Faulkner, K. A. Garleb, R. A. Barclay, G. C. Fahey, Jr. and L. L. Berger. 1987. Evaluation of corn fiber, cottonseed hulls, oat hulls and soybean hulls as roughage sources for ruminants. *J. Anim. Sci.* 65:244.
30. Hungate, R. E. 1952. Microbiological and physiological changes associated with acute indigestion in sheep. *Cornell Vet.* 42:423.
31. Isakov. D. 1961. Influence of housing system and castation on gaining ability and feed efficiency in fattening young cattle. *Saveremena poljopr.* 1:1247
32. Jackson, M. G. 1977. Review article : The alkali treatment of straws. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2:105.
33. Japanese Feeding Standard for Beef Cattle. 2000. Agriculture, Forestry and Fisheries, Research Council Secretariat, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. *unpublished data*.
34. Kononoff, P. J., A. J. Heinrichs, and D. R. Buckmastert. 2003. Modification of the Penn State forage and total mixed ration particle separator and the effects of moisture content on its measurements. *J. Dairy Sci.* 86:1858-1863.
35. Kunkle, W. E., J. T. Johns, M. H. Poore and D. B. Herd. 1999. *In*: Proceedings of the American Society of Animal Science. Designing supplementation programs for beef cattle fed forage-based diets. ASAS Annual Meeting in 1999 (Indianapolis, Indiana). p. 1.
36. Kwak, W. S., J. P. Fontenot and J. H. Herbein. 1998. Effect of processing method on ruminal solubility and degradability of broiler litter. *Bioresource Technology* 66:11.
37. Kwak, W. S., S. H. Jung, and Y. I. Kim. 2008. Broiler litter supplementation improves storage and feed-nutritional value of sawdust-based spent mushroom substrate. *Bioresource Technology* 99:2947-2955.
38. Kwak, W. S., Y. I. Kim, J. S. Seok, Y. K. Oh and S. M. Lee. 2009. Molasses and microbial inoculants improve fermentability and silage quality of cotton waste-based spent mushroom substrate. *Bioresource Technology* 100:1471-1473.
39. Le Hanaff, L. 1991. These de Doctuer No 253. Universite de Rennses I:Section Science Biologiques. Frances
40. Lewis, G. E., C. W. Hunt, W. K. Sanchez, R. Treacher, G. T. Pritchard and P. Feng. 1996. Effect of direct-fed fibrolytic enzymes on the digestive characteristics of a forage-based diet fed to beef steers. *J. Anim. Sci.* 74:3020.
41. Licitra, G., Hernandez, T. M. and Van Soest, P. J. 1996. Standization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 57:347-358.
42. Ludden, P. A., M. J. Cecava and K. S. Hendrix. 1995. The value of soybean hulls as a replacement for corn in beef cattle diets formulated with or without added fat. *J. Anim. Sci.* 73:2706.
43. Macgregor, C. A., F. G. Owen and L. D. McGill. 1976. Effect of increasing ration fiber with soybean mill run on digestibility and lactation performance. *J. Dairy Sci.* 59:682.

-
44. Matsushima, J. K., R. L. McLaren, C. P. McCann and G. F. Kellog. 1969. Processing grains for feedlot cattle- extrusion, flaking, reconstituted and high moisture ensiled. Colo. State Univ. Beef Res. 28
 45. Matsushima, J. K. and R. L. Montgomery. 1967. the thick and thin of flake corn. Colo. Farm Home Res. 17:4
 46. McLaren, R. J. and J. K. Mitsushima. 1971. Extruded corn compared with flake corn and whole corn in finishing rations. Colo. State. Univ. Beef Nutr. 18:14
 47. Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. J. Dairy Sci. 80:1463.
 48. Milton, C. T. and R. T. Brandt, Jr. 1994. Dried bakery product in high concentrate rations: Finishing steer performance and estimated net energy values. J. Anim. Sci. 72(Suppl. 2):80(abstr.).
 49. Miyakoshi, Y., A. Imai, Y. Fujitani, M. Irie, S. Tokumitsu, K. Munekado, Y. Hiradshima, H. Kajikawa, S. Masaki, and A. Abe. 1999. Effect of different dietary energy levels in early and middle fattening periods on fattening performance of Holstein steers. Anim. Sci. J. 70:460.
 50. Mowrey, A. and J. N. Spain. 1999. Results of a nationwide survey to determine feedstuffs fed to lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 82:445.
 51. Naruse, M., H. Kajikawa, H. Morita, K. Hashiba, S. Maruyama, H. Morimoto, Y. Miura, K. Fujita, T. Fuke, M. Amari, S. Masaki, K. Ozutsumi and A. Abe. 1996. Relationships of dietary and ruminal characteristics to carcass traits in Wagyu steers. Anim. Sci. Technol. 67:146.
 52. National Research Council. 1983. Underutilized Resources as Animal Feedstuffs. National Academy Press., Washington, D. C., USA.
 53. National Research Council. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle (7th Revised Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
 54. National Research Council. 2000. Nutrient requirements of beef cattle. 6th. rev. National Academy of Sciences. Washington, D. C., USA.
 55. Newbold, C. J., C. S. Stewart and R. J. Wallace. 2001. *In*: Recent Advances in Animal Nutrition. Developments in rumen fermentation-the scientist's view. Garnsworthy, P. C. and J. Wiseman (eds). Nottingham University Press, Nottingham p. 251.
 56. Nolan, J. V. 1975. *In* : Digestion and Metabolism in the Ruminant. Quantitative models of nitrogen metabolism in sheep. (Eds. I. W. McDonald, and A. C. I. Warner). p. 416. University of New England Publishing Unit, Armidale, Australia.
 57. Oltjen, R. R., T. S. Rumsey, J. P. Fontenot, K. P. Bovard and B. M. Priode. 1977. Supplementation of apple pomace with nonprotein nitrogen for gestating beef cows. III. Metabolic parameters. J. Anim. Sci. 46(3):532.
 58. Owens, F. N., D. S. Secrist, W. J. Hill and D. R. Gill. 1998. Acidosis in cattle: a review. J. Anim. Sci. 76:275.

59. Pitt, R. E., J. S. Van Kessel, D. G. Fox, M. C. Barry and P. J. Van Soest. 1996. Prediction of ruminal volatile fatty acids and pH within the net carbohydrate and protein system. *J. Anim. Sci.* 74:226.
60. Poland, C. and K. Hoppe. 1999. Feed Additives for Backgrounding Calves. NDSU Extension Service. North Dakota State University. Publ. AS 1177.
61. Potter, G. D., J. M. McNeil and K. K. Riggs. 1971. Utilization of processed sorghum grain proteins by steers. *J. Anim. Sci.* 32:540.
62. Preston, R. L. 1997. *In*: Feed additives and regulations. R. C. Albin and G. B. Thompson (ed.) Cattle feeding : A guide to management. Trafton Printing, Inc., Amarillo, TX.
63. Robertson, I. S. and A. Laing. 1965. A comparison of entire, partially and fully castrated beef cattle housed in stalls and yards. *Anim. prod.* 7:279. Abs.
64. Roodenburg, A.J.C., E.C. West, S. Yu and A.C. Beynen. 1994. Comparison between time-dependent changes in iron metabolism of rats as induced by marginal deficiency of either vitamin A or iron. *J. Nutr.* 71:687.
65. Rumsey, T. S. and I. L. Lindahl. 1982. Apple pomace and urea for gestating ewes. *J. Anim. Sci.* 54(2):221.
66. Russell, J. B., C. J. Sniffen and P. J. Van Soest. 1983. Effect of carbohydrate limitation on degradation and utilization of casein by mixed rumen bacteria. *J. Dairy Sci.* 66:763
67. Satter, L. D. and R. E. Roffler. 1975. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 58:1219.
68. Stock, R. and T. Mader. 1997. Feed Additives for Beef Cattle. NR Extension Service. University of Nebraska-Lincoln. Publ. G85-761-A.
69. Theurer, C. B. 1986. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *J. Anim. Sci.* 63:1649.
70. Virtanen A. I. 1966. Milk production of cows on protein-free feed. *Science.* 153:1603.
71. Wallace, R. J., L. Arthaud and C. J. Newbold. 1994. Influence of *Yucca schidigera* extract on ruminal ammonia concentrations and ruminal microorganism. *Appl. Environ. Microbiol.* 60:1762.
72. Wallace R. J., C. J. Newbold and N. McKain. 1990. *In* : The Rumen Ecosystem, the Microbial Metabolism and Its Regulation. Patterns of peptide metabolism by rumen microorganisms. (Eds S. Hoshino, R. Onodera, and H. Itabashi) p. 43-50. Tokyo : Japan Scientific Societies Press /Springer-Verlag.
73. Wallace, R. J., N. R. McEwan, F. M. McIntosh, B. Teferedegne and C. J. Newbold. 2002. Natural products as manipulators of rumen fermentation. Proceedings of The 4th Korea-Japan Joint Symposium on Rumen Metabolism and Physiology. May 21~24, Jeju, Korea. Korean Society of Rumen Function Studies and Japanese Society for Rumen Metabolism and Physiology p. 34.

74. Wang, Y. and T. A. McAllister. 2002. Rumen microbes, enzymes and feed digestion. Proceedings of The 4th Korea-Japan Joint Symposium on Rumen Metabolism and Physiology. May 21~24, Jeju, Korea. pp. 51~80. Korean Society of Rumen Function Studies and Japanese Society for Rumen Metabolism and Physiology.
75. Weidner, S. J. and R. J. Grant. 1994. Altered ruminal mat consistency by high percentages of soybean hulls fed to lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 77:522.
76. Weidner, S. J. and R. J. Grant. 1994. Soyhulls as a replacement for forage fiber in diets for lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 77:513.
77. Weiss, W. P., D. L. Frobose and M. E. Koch. 1997. Wet tomato pomace ensiled with corn plants for dairy cows. J. Dairy Sci. 80:2896.
78. Williams, G. L. and R. L. Stanko. 1999. *In*: Proceedings of the American Society of Animal Science. Dietary fats as reproductive nutraceuticals in beef cattle. ASAS Annual Meeting in 1999 (Indianapolis, Indiana). p. 1.
79. Zebeli, Q., M. Tafaj, H. Steingass, B. Metzler, and W. Drochner. 2006. Effects of physically effective fiber on digestive processes and milk fat content in early lactating dairy cows fed total mixed rations. J. Dairy Sci. 89:651-668.
80. 橋端堅次郎, 森田 宏, 成瀬満佐子, 中丸輝彦, 森本久, 三浦康宏, 丸山 新, 藤田 耕, 富家武男, 針生程吉, 小提恭平, 柁木茂彦, 甘利雅擴, 梶川 博, 阿部 亮. 種々の飼料給与條件が黒毛化種の飼料攝取量, 第1胃内發酵, 血液性状, 増體成績, と畜解体成績および經濟性に及ぼす影響. 畜産研究資料 8:1.
81. 農林水産省 農林水産技術會議 事務局. 2000. 日本飼養標準. 肉用牛. 中央畜産會.
82. 山崎敏雄. 1981. 肥育度と月齡が肉牛の肉量および肉質におよぼす影響. III. 黒毛和種去勢牛の脂肪交雜と部分肉筋肉内の脂肪含量の月齡變化について °草地試研報. 18:69.
83. 瀧澤秀明, 大橋秀一, 森田宏, 長瀬正和, 成瀬満佐子. 1998. トウモロコシと大麥が交雜種去勢牛の産肉性および肉質におよぼす影響. 愛知農總試研報. 30:28.
84. 甫立京子. 1999. 肥育肉牛におけるビタミンA制御による肉質改善. 肉用牛研究會報. 67:22.
85. 강수원, 임석기, 우제석, 정종원, 손용석. 2001. 가을송아지 거세한우의 육성기 방목 및 농후사료 급여수준이 성장 및 도체특성에 미치는 효과. <한국동물자원과학회지> 43(5):681.
86. 강수원, 정연후, 손용석, 이규호, 송창수. 1993. 한우 육성비육우의 생산성 향상에 관한 연구. I. Zeranol, Monensin 및 Yeast culture 투여가 육생산 및 사료효율에 미치는 영향. 한영사지 17(2):83.
87. 강우성, 탁대영, 강태홍. 1989. 비육시 한우와 젖소의 단백질과 에너지 요구량 및 그 이용효율. 한축지 31(7):443.
88. 강태홍, 탁대영, 유노현. 1984. 한우에서의 주요사료에 대한 가소화영양성분조사. 한축지 26(8):663.
89. 강희설, 홍성구, 조원모, 백봉현, 박치호, 이덕수. 1995. 톱밥이용 한우 분뇨처리에 관한 연구. 축산시설환경학회지 1(1):1.

90. 곽완섭. 2000. Biohull(육계분-왕겨)사료의 고부가가치화 및 동물산업적 활용에 관한 연구. 3차년도 최종보고서, 농림부.
91. 권응기, 최낙진, 김태일, 김형철, 박병기, 조영무, 황보종, 최동윤. 2009. 한우 분뇨배설량 및 주요성분 조사. 가축분뇨 발생량 및 주요성분 재 설정, 농촌진흥청 공동연구사업 완결보고서 p.13~23.
92. 김정환, 임광철, 라창식, 신종서, 김태준, 최대성, 홍병주. 1999. 비지박 발효사료의 급여수준이 한우 비육우의 육성성적 및 혈액성분에 미치는 영향. p 183.
93. 고대환, 맹원재, 문점동, 안종호, 윤창, 이병오, 이순복, 장문백, 정구용, 정순영, 정영호, 정재구. 1999. 신고 한우. 향문사.
94. 고영두, 류영우, 강한석, 김재황, 유성오, 강경록. 1996. 옥수수-산란계분 silage의 면양체내 소화율과 질소출납 및 반추위 성상에 관한 연구. 20(5):453.
95. 김영일, 배지선, 정세형, 안문환, 곽완섭. 2007. 버섯폐배지의 발생량 조사 및 새송이, 느타리, 팽이 버섯 폐배지의 버섯종류별과 재배방식별의 물리화학적 특성 평가. 한국동물자원과학회지 49(1):79.
96. 김영일, 배지선, 허정원, 곽완섭. 2007. 버섯의 봉지재배 및 병재배 시 재배단계별 배지의 사료영양적 성분, 독성중금속 및 잔류농약 모니터링. 한국동물자원과학회지 49(1):67.
97. 김영일, 석준상, 곽완섭. 2010. 균상재배 느타리버섯부산물 생균발효사료의 반추동물 조사료원으로서의 가치 평가. 한국동물자원과학회지 52(2):117-124.
98. 농림부, 농협중앙회. 2001. ' 01 가변형 축사 표준 설계도. 건설교통부공고 제2001-343호 p. 1
99. 농촌진흥청. 1992. 한국표준가축사료급여기준(한우). 한국가축사료표준제정위원회.
100. 맹원재. 1989. 지방첨가와 유우 및 비육우의 생산성 향상. 한국영양사료연구회보 13(4):226.
101. 맹원재. 문홍식, 정태영, 장문백, 정승현. 1987. 암모니아가스과 암모니아수 처리 볏짚의 사료가치 비교. 한축지 29(1):25.
102. 명규호. 2001. 사료성분 조절에 의한 고급 한우육 생산 방안. 제9회 사료가공 단기과정 p. 475.
103. 메르크 수의편람. 1996. 가축질병의 약물요법. 향문사.
104. 박종명. 1999. 사료첨가용 항생제 사용에 대한 최근 동향. 제8회 사료가공 단기과정. 한국영양사료학회 p. 65.
105. 배동호, 신정남, 고기환. 1994. 사과박을 포함한 섬유질가공사료의 착유우에 대한 효과. 한국낙농학회지 16(4):295.
106. 배지선, 김영일, 정세형, 오영균, 곽완섭. 2006. 느타리, 새송이 및 팽이버섯 폐배지의 반추동물 조사료원으로서의 사료 영양적 가치평가. 한국동물자원과학회지 48(2):237.
107. 송기덕, 김강식, 김영길, 강태홍. 1976. 농후사료 제한급여가 조사료의 섭취량과 대사성장 효과에 미치는 영향. 축시연보. p. 122.
108. 송만강, 최양일. 1994. 사료급여방법, Yellow grease 첨가 및 사육기간이 비거세 한우의 도체 특성 및 육질에 미치는 효과. 한영사지 18(1):30.
109. 신기준, 오영균, 이성실, 김정훈, 김창현, 백봉현. 2002. 한우의 육성 및 비육기간 중 배합사료 급여수준에 따른 사료섭취량 조사. 한국동물자원과학회지 44(1):95.

-
110. 신기준, 이근상, 백봉현, 김강식. 1988. 한우의 비육기간중 암모니아처리 볏짚급여 시 배합사료급여수준이 일당증체 사료섭취량 및 사료효율에 미치는 영향. 한축지 30(5):292.
 111. 신형태, 금동혁, 이향우, 이동권, 황보식, 이재홍. 2001. 생균제 개발을 위한 새로운 효모균의 선별. <한국동물자원과학회지> 43(5):721.
 112. 아베 아키라. 2001. 식품제조부산물이용과 TMR센터 (양운목 譯).
 113. 안동원, 김윤환, 안병홍. 1984. 조사료로서 볏짚 단사와 볏짚과 청초급여가 한우육성 비육우의 성장에 미치는 영향. 한축지 26(4):401.
 114. 안병홍, 류재숙, 강효봉, 안동원, 정정수. 2000. 조사료의 급여수준이 한우 거세우의 성장 및 육질에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지 42(5):619.
 115. 이상철, 김경훈. 2001. 반추동물영양의 최근 발전 동향. 제9회 사료가공 단기과정. 동물자원과학회 p. 280.
 116. 이상철, 문여황, 이현정, 오영균, 김경훈. 2002. 한우 수소의 건물섭취량 추정. 한국동물자원과학회지 44(3):341.
 117. 이상철, 문철성, 홍성구, 탁대영, 김강식. 1988. 한우 육성비육시 사료급여 형태별 영양소 요구량 결정시험. 축산시험장. 축시연보 p. 315.
 118. 이성훈, 김현진, 조익환, 안종호, 장문백, 맹원재. 2001. 가용성 탄수화물이 반추위 발효특성과 미생물 성장에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지 43(5):695.
 119. 이성훈, 박범영, 김완영. 2004. 셀레늄급원으로 셀레늄강화버섯 폐배지의 급여가 거세한우의 도체특성, 혈중 GSH-Px활성 및 조직내 셀레늄 축적에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 46(5):799.
 120. 이세영, 정유석, 송재용, 박성호, 성하균, 김현진, 고종열, 하종규. 사료단백질의 Fraction과 In situ 단백질 분해율의 상관관계에 관한 연구. 2007. 한국동물자원과학회지 49(3):351-358
 121. 이종민, 남인식, 안종호. 2008. 보호아미노산의 추가공급이 반추위 발효성상 및 비유중기 착유우의 유량 및 유성분에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지 50(2):199-208.
 122. 이학철, 강희신, 민병준, 배동호, 손제영, 서영석, 여정수, 임경순, 정근기. 1992. 육우학. 선진문화사.
 123. 정근기. 1999. 한우 경쟁력 제고. 제8회 사료가공 단기과정. 한국영양사료학회 p. 514
 124. 정태영, 김종민, 이왕렬, 선우훈희. 1994. 조사료원과 급여수준이 한우의 비육능력 및 도체성적에 미치는 영향. 한영사지. 18(1):67.
 125. 조원모, 조영무, 홍성구, 정의수, 이종문, 윤상기. 2000. 보리 총체담근먹이 급여가 거세한우의 발육, 사료이용성 및 육질에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 42(2):181.
 126. 조원모, 홍성구, 이종문, 백봉현. 1997. 한우의 방목개시월령과 비육기 조사료의 종류가 발육 및 육질에 미치는 영향. 한축지 39(4):375.
 127. 조희웅, 안병홍. 2006. 사료중의 비타민 E 수준이 한우거세우의 도체특성, 배최장근내 비타민 E 함량 및 지방산화에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 48(6):533.
 128. 축산기술연구소. 1998. 한우 고급육 생산기술개발 보고서. 농촌진흥청.
 129. 하종규, 이성실, 강민원. 1999. 사료첨가제로서 DFM과 Enzyme의 이용방안. 제8회 사료가공 단기과정. 한국영양사료학회 p. 182.

130. 한국표준사료성분표. 2007. 한국표준사료성분표. 농촌진흥청, 축산과학원.
131. 한인규 등. 2011. 사료자원핸드북(제4판). 목운문화재단.
132. 한인규, W. N. Garret 1986. 총설: 저질 조사료의 사료가치 평가 방법에 관한 연구 한축지. 28(4):199.
133. 한인규, 하종규, 고영곤, 김병준, 조병대, 홍성구. 1996. 조사료 수준 및 종류가 거세한우의 육성·비육에 미치는 영향. 한영사지. 20(4):319.
134. 한인규, 허기남, 김지훈, 김진동, 양철주, 채병조, 손광수, 김승범, 박향숙, 조원탁, 양종석, 배수한, 정현정, 신인수, 이희석. 1996. 기능성물질과 합성아미노산 사용에 의한 저공해성 사료개발에 관한 연구. 서울대학교 농업생명과학대학. 농림수산부 특정연구과제 제1차년도 보고서.
135. 환경부. 1999. 축산폐수 정화시설 표준설계도, 농림부, 환경부. p 1.
136. 황진영, 박현진, 양경희, 이효민. 2002. 한우사육에 이용한 황토 (풍화토)의 입도분리에 따른 광물성분 및 화학적특성. 한국광물학회지 15(1):33.

제7장 영양소 요구량 산정식

1. AFFRC. 2000. Japanese Feeding Standard for Beef Cattle. Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Tokyo.
2. Agricultural Research Council. 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux. Slough, U. K.
3. Agricultural and Food Research Council. 1993. Energy and Protein Requirement of Ruminants, CAB International, Wallingford.
4. ARC. 1980. The nutrient requirements of ruminant livestock. Commonwealth Agric. Bureau. Gresham Press. Surrey. United Kingdom.
5. De Luca, Luigi M., Karolina Kosa, and Fausto Andreola. "The role of vitamin A in differentiation and skin carcinogenesis." The Journal of Nutritional Biochemistry 8.8 (1997): 426-437.
6. Horst, Ronald L. "Regulation of calcium and phosphorus homeostasis in the dairy cow." Journal of Dairy science 69.2 (1986): 604-616.
7. Kumagai, H., et al. "A study on the mineral status of prepartum and postpartum breeding beef cows and newborn calves, 1. Phosphorus, calcium and magnesium." Journal of Japanese Society of Grassland Science (Japan) (1991).
8. Kume, Shin-Ichi, and Shinobu Tanabe. "Effect of parity on colostral mineral concentrations of Holstein cows and value of colostrum as a mineral source for newborn calves." Journal of dairy science 76.6 (1993): 1654-1660.
9. National Research Council. 1989. Nutrient Requirements of Beef Cattle, Seventh Revised Ed. Washington, D. C. : National Academy Press.

-
10. National Research Council. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle, Seventh Revised Ed. Washington, D. C. : National Academy Press.
 11. 農林水産省農林水産技術會議事務局. 1995. 日本飼養標準. 肉用牛, 中央畜産會. 東京.
 12. 農林水産省農林水産技術會議事務局. 1999. 日本飼養標準. 乳牛, 中央畜産會, 東京.
 13. 農林水産省農林水産技術會議事務局. 2000. 日本飼養標準. 肉用牛, 中央畜産會. 東京.
 14. 岩崎和雄, 1986. 黒毛和種牛の 妊娠時におけるエネルギー代謝とエネルギー利用効率. 畜試研報 45: 25.
 15. 강수원, 임석기, 손용석. 2000. 한우의 산유량 및 유성분 측정에 관한 연구. 한국동물자원과학회지 42: 639.
 16. 강수원, 정연후, 손용석. 1991. 한우 포유모유의 산유량 및 유성분에 관한 연구. IV. 비유기간중의 에너지 및 단백질 급여기준이 포유모유의 체중, 산유량 및 유성분에 미치는 영향. 한축지 33 : 370.
 17. 김경훈, 오영균, 김원, 이상철, 신기준, 전병태. 2004. 거세한우의 유지에너지 요구량 결정. 한국동물자원과학회지. 46(2) : 193
 18. 김경훈, 오영균, 이상철, 신기준, 강수원, 문여황, 송만강. 2006. 단백질 균형시험에 의한 한우 거세우의 유지 조단백질 요구량. 한국동물자원과학회지. 48(4) : 533.
 19. 김경훈, 오영균, 이상철, 신기준, 정완태, 강수원, 홍성구, 주종철, 백봉현. 2007. 비교도체법에 의한 한우 거세우의 증체에너지 및 단백질 요구량. 한국동물자원과학회지 49(1) : 41.
 20. 농촌진흥청. 국립축산과학원. 2012. 한국 가축사양표준 한우.
 21. 이강연. (2013). 한우 거세우와 미경산우의 유지 에너지 및 단백질 요구량에 관한 연구. 박사학위논문, 건국대학교, 서울.

【부 록】

주요 조사료 성분표

번호 No	사 료 명 Feeds	구분	조성분 Chem.comp. (%)		
			수분 Moisture	조단백질 CP	조지방 EE
1	벼짚 Rice, straw	원물 건물	12.29	4.45 5.07	1.74 1.99
2	생벼짚 Rice, fresh	원물 건물	67.40	2.30 7.05	0.80 2.45
3	보리짚 Barley, straw	원물 건물	12.40	5.10 5.82	1.90 2.17
4	밀짚 Wheat, straw	원물 건물	12.01	3.70 4.21	1.56 1.77
5	메밀짚 Buckwheat, straw	원물 건물	10.46	6.98 7.80	1.16 1.30
6	호밀짚 Rye, straw	원물 건물	12.60	4.06 4.64	1.96 2.24
7	귀리짚 Oat, straw	원물 건물	12.40	7.50 8.56	3.70 4.22
8	옥수수대 Corn(maize), stalk	원물 건물	11.53	5.03 5.69	0.04 0.59
9	옥수수숙 Corn(maize), cobe(cn)	원물 건물	8.99	2.92 2.40	0.59 0.65
10	사탕수수대 Sugarcane, stalk	원물 건물	8.08	1.85 2.01	0.59 0.64
11	왕겨 Rice hulls	원물 건물	9.81	3.63 4.03	0.74 0.82
12	청예옥수수, 호숙기생 Green corn(maize), dough stage, fresh	원물 건물	78.20	1.80 8.29	0.60 2.76
13	-황숙기생 yellow ripe stage, fresh	원물 건물	72.90	2.10 7.75	0.70 2.58
14	청예보리, 유숙기생 Green barley, milk stage, fresh	원물 건물	75.63	2.70 11.08	0.56 2.30
15	-황숙기 yellow ripe stage	원물 건물	61.50	2.11 5.48	0.98 2.55
16	청예연맥, 유숙기생 Green oat, milk stage, fresh	원물 건물	80.14	2.37 11.93	0.63 3.17
17	-황숙기생 yellow ripe stage, fresh	원물 건물	68.93	3.51 11.30	1.29 4.15
18	청예수수수단그라스, 출수기생 Green sorghum-sudan, heading stage, fresh	원물 건물	81.20	3.00 15.96	0.30 1.60
19	청예트리트케일, 출수기생 Green triticale, heading stage, fresh	원물 건물	81.10	2.30 12.17	0.50 2.65
20	청예호맥, 결실기생 Green rye, over mature stage, fresh	원물 건물	50.74	7.64 15.51	1.16 2.35
21	청예벼 호숙기생 Green rice, dough stage, fresh	원물 건물	68.10	2.00 6.27	1.00 3.13

영양가 Nutritive Value	세포막구성물질 Structural carbohydrates comp. (%)		무기물 Min.comp. (%)	
	NDF	ADF	칼슘 Ca	인 P
TDN (Mcal/kg)				
11.10	12.76	8.03	0.03	0.05
53.67	67.76	42.64	0.15	0.24
14.59	15.70	9.38	0.02	0.06
64.90	60.23	35.99	0.09	0.27
15.79	16.31	11.00	0.08	0.06
61.32	68.56	46.24	0.41	0.31
12.15	14.60	8.80		
53.76	64.60	38.94		
20.63	18.90	11.40		
56.83	52.07	31.40		
17.29	16.70	10.00	0.39	0.26
64.51	62.31	37.31	1.46	0.97
17.25				
61.61				
15.48	14.40	9.40	0.07	0.33
59.53	52.36	34.18	0.19	0.88
18.01	17.00	11.30	0.06	0.41
55.42	46.83	31.13	0.13	0.89
8.10	4.45	4.15		
69.77	38.33	35.75		
18.96	16.80	10.80		
54.48	48.28	31.03		
20.84	18.10	11.60		
55.87	48.53	31.10		
55.44			0.26	0.42
62.18			0.29	0.47
55.96			0.20	0.28
62.55			0.22	0.31
50.15			0.31	0.35
55.51			0.34	0.39
56.66			1.50	0.37
67.13			1.66	0.41
50.91			0.19	0.23
56.28			0.21	0.26
56.82				
63.63				
56.85			0.29	0.48
62.47			0.32	0.52
50.77				
56.95				
60.53			0.26	0.27
66.51			0.28	0.29
55.20			1.43	0.28
62.24			1.59	0.31
56.31				
62.15				

번호 No	사 료 명 Feeds	구분	조성분 Chem.comp. (%)		
			건물 DM	조단백질 CP	조지방 EE
45	라디노크로바, 개화기건	원물	11.63	21.25	3.34
	Ladino clover, full bloom stage, sun-cured	건물		24.05	3.78
46	헤아리벳치건	원물	11.73	24.24	3.96
	Hairy vetch, sun-cured	건물		27.46	4.49
47	버뮤다그라스, 재생초,출수기건	원물	13.10	13.20	1.80
	Bermuda grass, regrowth, heading stage, sun-cured	건물		15.19	2.07
48	크림슨크로바,개화기생	원물	85.30	2.60	0.60
	Crimson clover, full bloom stage, fresh	건물		17.69	4.08
49	자운영, 개화기건	원물	13.90	16.10	2.50
	Chinese milk vetch, full bloom stage, sun-cured	건물		18.70	2.90
50	양초	원물	16.60	6.40	2.30
	Yang-saw (Leymus spp.)	건물		7.67	2.76

영양가 Nutritive Value	세포막구성물질 Structural carbohydrates comp. (%)		무기물 Min.comp. (%)	
	NDF	ADF	칼슘 Ca	인 P
TDN (Mcal/kg)				
59.19			1.06	0.35
66.98			1.20	0.40
58.78				
66.59				
45.57				
52.44				
9.13				
62.12				
50.21				
58.32				
37.59	56.40	30.70		
45.07	67.63	36.81		

영양가 Nutritive Value	세포막구성물질 Structural carbohydrates comp. (%)		무기물 Min.comp. (%)	
TDN (Mcal/kg)	NDF	ADF	칼슘 Ca	인 P
38.29	66.70	45.13	0.33	0.13
43.66	75.41	51.02	0.36	0.14
14.25	19.70	11.90		
43.72	60.43	36.50		
41.12	65.80	44.19	0.35	0.10
46.94	79.44	53.35	0.39	0.11
33.08	60.20	39.90	0.21	0.08
37.54	70.16	46.50	0.24	0.09
38.22			0.61	0.35
42.69			0.68	0.39
41.11			0.30	0.02
47.08			0.33	0.02
42.77	63.40	41.80	0.39	0.09
48.83	76.11	50.18	0.47	0.11
44.31	39.80	25.70	0.27	0.10
50.08	65.46	42.27	0.31	0.12
56.34				
61.90				
			0.20	0.19
			0.21	0.20
5.55				
6.15				
15.49	12.96	7.73		
71.38	56.55	33.74		
19.11	15.18	8.70		
70.53	52.15	29.88		
12.51	15.39	9.11	0.05	0.04
51.32	63.15	37.38	0.21	0.16
18.99	15.60	10.60		
49.32	42.16	28.65		
10.01	15.22	9.92	0.35	0.26
50.38	60.40	39.37	1.53	1.14
19.87				
63.97				
10.96	19.54	11.70		
58.32	79.72	47.74		
12.39			0.04	0.06
65.53			0.21	0.29
23.91	35.54	20.58	0.07	0.04
48.54	72.15	41.78	0.14	0.08
17.12	15.20	9.80		
53.67	47.65	30.72		

번호 No	사 료 명 Feeds	구분	조성분 Chem.comp. (%)		
			수분 Moisture	조단백질 CP	조지방 EE
22	옥수수사일리지, 호숙기생	원물	79.32	1.81	0.53
	Corn (maize), silage, dough stage, fresh	건물		8.75	2.54
23	-황숙기생	원물	77.52	2.62	0.67
	yellow ripe stage, fresh	건물		11.66	2.99
24	호맥사일리지, 개화기	원물	74.25	2.63	0.73
	Rye, silage, full bloom stage	건물		10.19	2.81
25	연맥사일리지, 유숙기	원물	77.40	2.10	0.80
	Oat, silage, milk stage	건물		9.29	3.54
26	-황숙기	원물	63.70	3.20	1.10
	yellow ripe stage	건물		8.82	3.03
27	오차드그라스사일리지, 출수기생	원물	73.20	3.70	1.30
	Orchardgrass, silage, heading stage, fresh	건물		13.81	4.85
28	이탈리안라이그라스사일리지, 개화중기생	원물	72.00	4.00	1.10
	Italian ryegrass, silage, mid bloom stage, fresh	건물		14.29	3.93
29	보리사일리지, 호숙기	원물	74.00	2.35	0.70
	Barley, silage, dough stage	건물		9.04	2.69
30	-황숙기	원물	67.50	2.53	1.19
	yellow ripe stage	건물		7.78	3.66
31	유채사일리지	원물	88.39	2.35	0.58
	Rape, silage	건물		20.24	5.00
32	벼사일리지, 호숙기생	원물	65.20	2.70	1.10
	Rice, silage, dough stage, fresh	건물		7.76	3.16
33	-황숙기생	원물	62.70	2.60	1.10
	yellow ripe stage, fresh	건물		6.97	2.95
34	오차드그라스, 출수기건	원물	10.85	13.66	4.28
	Orchardgrass, heading stage, sun-cured	건물		15.32	4.80
35	페레니알라이그라스, 출수기건	원물	10.55	12.46	3.59
	Perennial ryegrass, heading stage, sun-cured	건물		13.93	4.01
36	이탈리안라이그라스, 출수기건	원물	9.65	13.90	3.26
	Italian ryegrass, heading stage, sun-cured	건물		15.38	3.61
37	화이트크로바, 개화기건	원물	15.60	20.40	4.00
	White clover, full bloom stage, sun-cured	건물		24.17	4.74
38	톨페스큐, 출수기건	원물	9.53	14.21	3.47
	Tall fescue, heading stage, sun-cured	건물		15.71	3.83
39	메도우페스큐, 출수기건	원물	10.70	15.18	3.03
	Meadow fescue, heading stage, sun-cured	건물		17.00	3.39
40	티모시, 출수기건	원물	9.00	14.22	4.28
	Timothy, heading stage, sun-cured	건물		15.63	4.70
41	리드카나리그라스, 출수기건	원물	10.86	14.16	3.45
	Reed canary grass, heading stage, sun-cured	건물		15.89	3.87
42	캔터키부루그라스, 출수기건	원물	8.99	14.70	2.86
	Kentucky blue grass, heading stage, sun-cured	건물		16.15	3.14
43	알팔파, 개화전기건	원물	11.31	19.15	3.69
	Alfalfa, prebloom stage, sun-cured	건물		21.59	4.15
44	레드크로바, 개화초기건	원물	9.40	18.21	3.56
	Red clover, early bloom stage, sun-cured	건물		20.10	3.93

주요 농후사료 성분표

번호 No	사 료 명 Feeds	구분	조성분 Chem.comp. (%)				영양가 Nutritive Value	무기물 Min.comp. (%)	
			수분 Moisture	조단백질 CP	조지방 EE	조섬유 C.Fib.	TDN (Mcal/kg)	칼슘 Ca	인 P
1	옥수수	원물	14.43	7.24	3.42	2.01	76.53	0.01	0.23
	Corn (maize)	건물		8.46	4.00	2.35	89.44	0.02	0.27
2	보리	원물	11.14	11.12	2.02	4.57	75.52	0.05	0.29
	Barley	건물		12.52	2.27	5.14	84.98	0.05	0.33
3	수수	원물	13.21	9.05	3.59	2.07	76.45	0.06	0.40
	Sorghum	건물		10.43	4.14	2.38	88.08	0.07	0.47
4	밀(소맥)	원물	12.36	12.01	1.59	2.37	77.56	0.04	0.32
	Wheat	건물		13.70	1.82	2.70	88.50	0.05	0.36
5	밀가루(소맥분)	원물		14.33	3.34	2.77	81.30	0.04	0.20
	Wheat, flour	건물		16.38	3.81	3.17	92.98	0.04	0.23
6	현미	원물	12.91	7.68	2.89	1.13	77.95	0.02	0.18
	Rice, brown	건물		8.81	3.32	1.30	89.50	0.01	0.21
7	쌀현미	원물		7.68	1.08	1.13	77.95	0.02	0.18
	Rice brown, milled	건물		8.81	1.25	1.30	89.50	0.02	0.21
8	호밀(호맥)	원물	13.03	10.89	1.48	2.73	72.04	0.04	0.28
	Rye	건물		12.52	1.70	3.14	82.83	0.05	0.32
9	연맥(귀리)	원물	9.78	8.65	6.04	11.37	70.35	0.14	0.43
	Oats	건물		9.59	6.70	12.61	77.98	0.16	0.49
10	조	원물	12.55	10.04	3.66	4.17	73.97	0.35	0.30
	Millet, grain	건물		11.48	4.19	4.77	84.59	0.40	0.34
11	율무	원물	12.52	11.84	4.37	11.05		0.12	1.24
	Jobstears	건물		13.53	5.00	12.63		0.14	1.42
12	대두(콩)	원물	11.03	34.73	17.82	6.85	90.32	0.34	0.63
	Soybean, seeds	건물		39.03	20.03	7.70	101.52	0.38	0.70
13	녹두	원물	13.09	25.11	0.78	5.07		0.15	0.44
	Mung beans, seeds	건물		28.89	0.90	5.83		0.17	0.51
14	완두	원물	12.08	23.10	1.44	5.76	75.82	0.12	0.18
	Pea, seeds	건물		26.27	1.64	6.56	86.23	0.13	0.20
15	팥	원물	12.54	23.68	1.04	4.63		0.09	0.52
	Bean, adzuki, seeds	건물		27.08	1.19	5.29		0.11	0.62
16	땅콩	원물	7.20	28.80	45.40	2.80			
	Peanut, seeds without coats	건물		31.03	48.92	3.02			
17	들깨	원물	6.76	20.76	43.13	14.49			
	Perilla, seeds	건물		22.27	46.26	15.54			
18	루핀	원물	9.87	29.27	5.49	15.01	86.05	0.21	0.43
	Lupine, seeds	건물		32.47	6.09	16.65	95.46	0.24	0.48
19	아마,종실	원물	7.94	18.91	39.59	14.37	108.27		
	Flax, seeds	건물		20.54	43.00	15.60	117.61		
20	면실	원물	11.09	19.31	15.87	25.91	74.54	0.20	0.76
	Cotton, seeds	건물		21.72	17.84	29.15	83.84	0.22	0.84
21	채종,종실	원물	7.17	21.15	33.67	18.40	103.69		
	Rape, seeds	건물		22.78	36.27	19.82	111.70		

번호 No	사 료 명 Feeds	구분	조성분 Chem.comp. (%)				영양가 Nutritive Value	무기물 Min.comp. (%)	
			수분 Moisture	조단백질 CP	조지방 EE	조섬유 C.Fib.	TDN (Mcal/kg)	칼슘 Ca	인 P
22	밀기울(소맥피)	원물	12.15	15.22	4.02	9.20	65.53	0.09	0.90
	Wheat. bran	건물		17.32	4.58	10.48	74.60	0.11	1.03
23	보릿겨(맥강)	원물	13.31	14.96	3.38	10.29	54.98		
	Barley bran	건물		17.26	3.90	11.87	63.42		
24	쌀겨(생미강)	원물	11.62	13.36	16.48	6.46	79.51	0.07	1.90
	Rice bran unextracted	건물		15.11	18.64	18.64	89.95	0.08	2.15
25	쌀겨(탈지강)	원물	12.21	17.49	1.63	9.26	57.08	0.49	2.48
	Rice bran defatted	건물		19.93	1.86	10.55	65.02	0.55	2.83
26	옥수수피건	원물	11.52	8.25	5.30	10.22	62.87	0.05	0.10
	Corn (maize), hull, sun-cured	건물		9.33	5.99	11.55	71.06	0.05	0.11
27	수수겨	원물	11.50	12.40	6.10	6.70	60.83		
	Sorghum. bran	건물		14.01	6.89	7.57	68.74		
28	조겨	원물	11.15	6.64	2.29	30.74	45.55	0.04	0.14
	Millet bran	건물		7.47	2.58	34.60	51.27	0.04	0.16
29	대두피	원물	11.11	11.04	2.59	35.31		0.56	0.14
	Soybean hull	건물		12.42	2.91	39.72		0.62	0.15
30	율무겨	원물	12.78	9.82	6.67	15.31			
	Jobstears, bran	건물		11.26	7.65	17.55			
31	밀쌀겉질	원물	10.27	6.13	2.69	17.36		0.16	0.45
	Wheat, hull	건물		6.83	3.00	19.35		0.19	0.52
32	루핀피	원물	11.90	9.30	2.30	37.60	67.51		
	Lupine hulls	건물		10.56	2.61	42.68	76.63		
33	대두박(콩깻묵)	원물	12.11	46.17	1.67	5.02		0.33	0.61
	Soybean, meal	건물		52.54	1.90	5.72		0.38	0.39
34	임자박(들깻묵)	원물	11.21	39.01	5.92	18.70	55.86	0.50	1.37
	Perilla, meal	건물		43.93	6.67	21.07	62.92	0.56	1.54
35	호마박(참깻묵)	원물	11.03	45.78	4.25	13.79	64.13	1.21	0.98
	Sesame, meal	건물		51.45	4.77	15.50	72.07	1.33	1.08
36	채종박(유채박)	원물	10.75	37.83	1.41	9.75	60.70	0.71	1.08
	Rape, seeds, meal	건물		42.39	1.58	10.92	68.01	0.83	1.21
37	면실박	원물	12.27	34.37	1.09	18.23	59.93	0.17	0.83
	Cotton, seeds, meal	건물		39.18	1.24	20.78	68.32	0.20	0.94
38	낙화생박, 추출	원물	8.90	47.60	1.30	8.80	68.96	0.22	0.58
	Peanu,t seeds, meal, solvent extd.	건물		52.25	1.43	9.66	75.70	0.25	0.66
39	고추씨박	원물	10.41	22.14	4.09	29.34	46.37	0.09	0.62
	Pepper, seeds, meal	건물		24.71	4.57	32.75	51.76	0.10	0.69
40	아마박	원물	11.34	35.39	3.52	8.78	69.66	0.17	0.62
	Linseed, meal	건물		39.92	3.97	9.90	78.57	0.19	0.70
41	야자박	원물	9.72	21.40	4.25	11.72	66.16	0.09	0.56
	Coconut (Copra), meal	건물		23.70	4.71	12.98	73.28	0.10	0.62

번호 No	사 료 명 Feeds	구분	조성분 Chem.comp. (%)				영양가 Nutritive Value	무기물 Min.comp. (%)	
			수분 Moisture	조단백질 CP	조지방 EE	조섬유 C.Fib.	TDN (Mcal/kg)	칼슘 Ca	인 P
42	해바라기씨박	원물	10.85	30.24	1.22	25.16		0.37	0.97
	Sunflower, seeds, meal	건물		33.92	1.37	28.22		0.41	1.09
43	피마자박	원물	11.56	35.85	7.20	18.88	57.68		
	Castorbean, seeds, meal	건물		40.53	8.13	21.34	65.22		
44	홍화박	원물	8.50	20.70	1.00	34.70	40.89	0.44	0.64
	Safflower, seeds, meal	건물		22.62	1.09	37.92	44.68	0.48	0.70
45	팜박(팜유박)	원물	8.19	15.45	8.24	16.97		0.40	0.58
	Palm kernel meal	건물		16.83	8.97	18.48		0.43	0.63
46	아몬드박(미국산)	원물	9.09	14.99	8.43	28.95			
	Almond, meal	건물		16.49	9.27	31.84			
47	전분박, 옥수수생	원물	76.56	3.48	0.97	2.35	19.04	0.01	0.08
	Corn (maize), starch process	건물		14.83	4.14	10.00	81.25	0.03	0.27
48	전분박, 고구마생	원물	81.68	1.73	0.26	2.31	13.64	0.03	0.08
	Sweetpotato, starch process residue, wet	건물		9.44	1.42	12.58	74.45	0.14	0.36
49	전분박, 감자생	원물	88.68	0.66	0.06	1.75	7.93		
	Potato, starch process residue, wet	건물		5.83	0.53	15.46	70.05		
50	주정박, 옥수수생	원물	75.45	8.48	1.46	3.54	19.06		
	Corn (maize), distillers grain, wet	건물		34.53	5.95	14.40	77.62		
51	주정박, 고구마생	원물	88.81	2.29	0.78	3.06	6.80		
	Sweetpotato, distillers residue, wet	건물		20.46	6.97	27.35	60.74		
52	주정박, 쌀타쿠생	원물	82.50	6.66	1.45	2.06	12.73	0.02	0.04
	Rice, distillers grain, unrefined wine, wet	건물		38.06	8.29	11.77	72.74	0.11	0.23
53	주정박, 타피오카생(카사바)	원물	76.78	2.86	0.95	8.64	9.64	0.26	0.02
	Tapioca, distillers residue, wet	건물		12.30	4.07	37.21	41.52	1.05	0.07
54	맥주박생	원물	76.98	6.43	2.32	3.71	18.03	0.01	0.06
	Barley, brewers grains, wet	건물		27.93	10.06	16.09	78.30	0.08	0.48
55	옥수수글루텐밀(옥글루텐)	원물	8.16	62.22	1.69	1.23	79.55	0.10	0.45
	Corn (maize), gluten, meal	건물		67.75	1.84	1.34	86.62	0.11	0.50
56	단백피(옥수수글루텐피드)	원물	9.48	19.58	2.97	9.93	71.88	0.45	1.00
	Corn (maize), gluten, feed	건물		21.63	3.28	10.97	79.41	0.50	1.11
57	옥수수배아박(옥배아박)	원물	9.08	19.49	3.11	11.23	76.86	0.06	0.55
	Corn (maize), germs, meal	건물		21.44	3.42	12.35	84.53	0.06	0.61
58	장유박생	원물	40.60	18.00	5.10	9.30	39.24		
	Soybean, soysauce process esidue, wet	건물		30.30	8.59	15.66	66.06		

번호 No	사 료 명 Feeds	구분	조성분 Chem.comp. (%)				영양가 Nutritive Value	무기물 Min.comp. (%)	
			수분 Moisture	조단백질 CP	조지방 EE	조섬유 C.Fib.	TDN (Mcal/kg)	칼슘 Ca	인 P
59	비지생	원물	81.22	4.31	2.11	3.71	15.28	0.04	0.03
	Soybean, curd process residue, wet	건물		22.95	11.21	19.76	81.35	0.20	0.19
60	홍삼박	원물	81.69	2.39	0.53	3.79	14.71	0.23	0.34
	Ginseng, red, beverage process residue	건물		13.03	2.87	20.70	80.33	0.25	0.37
61	커피부산물	원물	8.00	1.64	3.12	38.05			
	Coffee, by-products	건물		1.78	3.39	41.36			
62	라면 부산물 부스러기	원물	11.27	8.02	9.56	2.38		0.07	0.11
	Noodles, by-products	건물		9.04	10.77	2.68		0.08	0.12
63	엿밥	원물	7.61	32.57	9.42	2.98		0.04	0.11
	Maltose, by-products	건물		35.25	10.20	3.23		0.04	0.12
64	도토리박생	원물	62.08	1.76	0.28	12.28		0.01	0.10
	Acorn, by-products, fresh	건물		4.64	0.74	32.38		0.03	0.26
65	감귤박생	원물	86.92	1.12	0.34	2.42	10.84		
	Citrus, juice pulp, fresh	건물		8.52	2.60	18.50	82.90	0.63	0.05
66	사탕수수, 당밀	원물	39.73	9.30	0.01	13.47	51.24	0.82	0.07
	Sugar cane, molasses	건물		15.43	0.02	22.35	85.02		
67	사탕무, 당밀	원물	18.60	10.80			73.15		
	Beet, molasses	건물		13.27			89.87		
68	면실피	원물	9.65	5.87	2.14	45.06	42.09		
	Cotton, seed, hull	건물		6.49	2.37	49.87	46.59		
69	사과박생	원물	84.91	0.87	1.06	2.68	11.53		
	Apple, pomace, fresh	건물		5.74	7.02	17.73	76.39		
70	비트펄프(사탕무박)	원물	11.41	9.52	1.01	20.05	66.51	0.59	0.09
	Beet, pulp	건물		10.74	1.15	22.63	75.07	0.68	0.10
71	케이폭박	원물	11.70	31.10	1.20	22.40	35.34	0.40	1.09
	Kapok, seed, meal	건물		35.22	1.36	25.37	40.02	0.45	1.23
72	고구마생	원물	74.78	1.53	0.33	1.41	17.89	0.04	0.04
	Sweet potato, tubers, fresh	건물		6.06	1.31	5.61	70.91	0.17	0.17
73	감자생	원물	78.44	2.70	0.22	0.80	17.76	0.01	0.06
	Potato, tubers, fresh	건물		12.52	1.02	3.70	82.40	0.05	0.28
74	무생	원물	91.97	1.70	0.10	0.91	6.55		
	Radish, roots, fresh	건물		21.17	1.18	11.27	81.51		
75	당근생	원물	88.50	1.02	0.34	1.02	9.49	0.03	0.17
	Carrot, roots, fresh	건물		8.87	2.96	8.83	82.48	0.26	1.39
76	호박생	원물	91.67	1.62	0.62	0.84	6.11	0.03	0.06
	Pumpkin, fruits, fresh	건물		19.48	7.47	10.13	73.37	0.55	1.10
77	타피오카(태국산)	원물	12.91	2.20	0.74	12.41	70.59	0.38	0.08
	Tapioca	건물		2.53	0.85	14.25	81.05	0.43	0.09
78	양배추생	원물	86.35	1.71	0.28	1.14	9.27	0.03	0.03
	Cabbage, leaves, fresh	건물		12.53	2.05	8.35	67.95	0.43	0.34

주요 기타사료 성분표

번호 No	사 료 명 Feeds	구분	조성분 Chem.comp. (%)				영양가 Nutritive Value	무기물 Min.comp. (%)	
			수분 Moisture	조단백질 CP	조지방 EE	조섬유 C.Fib.	TDN (Mcal/kg)	칼슘 Ca	인 P
79	쌀싸래기	원물	13.56	10.58	4.19	2.06	74.76	0.01	0.23
	Rice, polished and broken	건물		12.24	4.85	2.39	86.49	0.01	0.27
80	밀싸래기	원물	11.83	12.18	2.13	3.67	74.47	0.09	0.31
	Wheat, broken	건물		13.82	2.42	4.16	84.45	0.10	0.35
81	배추잎생	원물	89.00	2.60	0.20	1.50			
	Cabbage chinese, leaves, fresh	건물		23.64	1.82	13.64			
82	느타리버섯 부산물	원물	62.19	5.09	0.16	14.42	17.55		
	Oyster mushroom, by-product	건물		13.46	0.42	38.14	46.42		
83	팽이버섯 부산물	원물	58.70	4.48	2.14	10.32	25.45		
	Enoki mushroom, by-product	건물		10.85	5.18	24.99	61.61		

한우사양표준 2015 프로그램 사용설명서

1. 프로그램 안내

우리나라는 사료원료의 대부분을 수입에 의존하고 있으며, 한우고기의 장점인 근내지방이 잘 침착된 고품질 한우고기를 생산하기 위하여 한우 비육기간을 30개월 이상 사육하고 있어 한우 생산비 중 사료비가 차지하는 비율이 매우 높은 상황이다.

이러한 장기비육의 일부 문제인 대사성 질병 예방과 사료비를 줄이기 위하여 비교적 가격이 싼 농산부산물 등을 기존의 원료사료, 조사료와 함께 섞어 제조하는 섬유질배합사료 형태의 한우사료 급여체계가 점차 증가하고 있어 현재 약 20% 정도를 차지하고 있다.

국립축산과학원에서는 90년대 후반 IMF 이후 사료가격의 폭등으로 한우생산비가 급속히 상승할 때 쉽게 농가에서 주위의 부산물을 사료원료로 활용하여 사료비 절감을 유도할 수 있도록 농가자가배합프로그램을 처음으로 개발하여 보급하였으며, 이후 한우 고급육 사양체계 연구결과를 토대로 사용원료의 영양소 함량이나 한우의 성장단계에 맞는 영양소 권장량, 조사료와 농후사료의 비율 등 체계적인 사료급여체계에 맞추어 쉽게 사료배합비를 작성하도록 수차례에 걸쳐서 프로그램을 개정해왔다.

본 책자에 소개하는 프로그램은 “한우사양표준 2017”의 한우 영양소 요구량에 근거를 두고 있으며, 기존 “한우사양표준 2012 프로그램”보다 사용자의 편의성을 더 높여 전문적인 지식이 없더라도 쉽게 운영할 수 있게 하였다. 또한 한우 육질과 육량 개량의 변화에 맞추어 30개월령 이전에 출하를 목표로 조기 비육 사양관리에 맞추어 성장단계별 에너지 및 단백질 수준을 높였다.

한우사양표준 책자에서 제시하는 영양소 요구량은 유지요구량 위주로 제시되어 있다. 하지만 본 사료배합프로그램에 적용한 영양소 요구량은 한우 고급육 생산체계를 위한 여러 연구결과를 토대로 최고의 도체성적을 얻을 수 있는 에너지와 단백질 요구량 산출식을 도출하여 활용하였다.

에너지 요구량 : 유지요구량 = $0.1364 \times \text{대사체중}$

단백질 요구량 : 유지 단백질 요구량 $\times (16.653 - 0.00001 \times \text{체중}^2 + 0.0037 \times \text{체중}) / 10$

프로그램을 사용하기 위해서는 아래에서 소개하는 대로 우선 국립축산과학원 홈페이지를 방문하여 프로그램을 다운로드 받으신 후 프로그램 사용방법을 참조하여 활용하시기 바란다.

본 사료배합프로그램에서 제시하는 성장단계별 영양소 급여량은 많은 연구기관, 대학 등에서 얻어진 평균적인 연구결과를 토대로 작성이 되었지만, 각 지역 농가들의 사양관리 체계에 따라 다소 상이하게 결과가 나올 수도 있다. 본 프로그램이 각자의 사양체계에 맞게 적용되어 우수한 성적을 거둘 수 있기를 바랍니다.

2. 프로그램 내용 및 이용방법

■ 간편판

가. 프로그램 설치 환경

- window xp, window vista, window 7, window 8, windows 10

나. 프로그램 다운로드

- 1) 프로그램은 국립축산과학원 홈페이지(<http://nias.go.kr>)에서 다운로드 받을 수 있다. 홈페이지에 접속하면 왼쪽 중간에 농가활용프로그램을 클릭하면 한우사양표준 2015(TMR배합비 프로그램)을 클릭하여 다운로드를 받아서 설치하면 된다.
- 2) 프로그램을 설치하면 바탕화면에 한우사양표준 2015이 나타난다.

다. 프로그램 실행

1) 간편판 클릭

처음에 프로그램을 바탕화면에서 한우사양표준 2015를 실행시키면 간편판과 고급판 메뉴가 나타난다. 거기에서 간편판을 클릭을 하면 된다.

간편판 vs 고급판

- 기존의 프로그램에서 꼭 필요한 기능만 선별해서 제공하여 사용자가 조금 더 편안하게 사용할 수 있도록 하고 있다. 다른점으로는 간편판에서는 주로 사용하고 있는 거세우의 사육단계를 3단계와 번식우의 배합비만을 제공하고 사료원료의 사용제한을 자동적으로 계산되게 해 놓았다. 다른 추가적인 기능들도 숨겨 놓았다. 초보자에게 불필요한 기능들을 숨겨놓아 사용자가 배합비에 더욱 집중할 수 있도록 해놓았다. 따라서 배합비 작성이 처음이거나 자신 없는 농가들은 간편판을 활용하는 것이 더욱 유리하다고 할 수 있다.



〈그림1〉 한우 사양표준 2015 첫 화면

2) 간편판 클릭

가) 기본설명

간편판을 클릭하면 그림 2와 같이 나타난다. 그 화면에서 원료선택을 클릭한다. 그림 3이 나타난다. 농후사료, 조사료, 농산부산물, 보충사료, TMR, 발효사료 순으로 대분류가 되어 있다. 농후사료에는 관행적으로 사용하고 있는 옥수수, 소맥피, 대두박 등의 곡류, 박류, 강피류가 포함되어 있으며, 조사료에는 벣짚, 이탈리아라이글라스 등의 풀사료가 속해 있다. 농산부산물에는 비지, 들깨묵, 버섯부산물 등 농산물 가공과정에서는 부산물들이 속해있다. 그리고 보충사료에는 주로 사용하는 비타민 광물질, 석회석 등이 포함되어 있으며, 간편판에서는 TMR은 기본적으로 공장에서 사용하고 있는 평균치를 제공하고 있으며, TMR도 사료원료 중에 하나로 이용할 수 있다. 발효사료는 우리농장에서 발효사료를 제조할 경우 이를 원료로 활용 할 수 있다.



〈그림2〉 간편판 첫 화면

나) 사용 방법

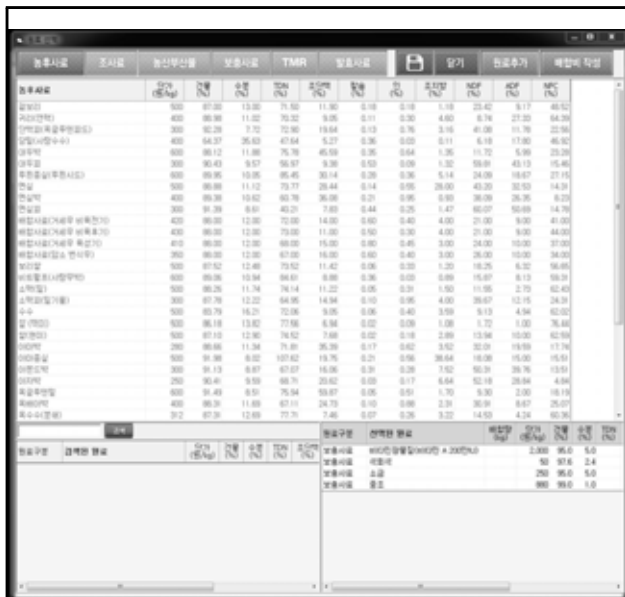
- ① 우선적으로 내가 이용 가능한 사료원료들을 종이에 적어 둔다.
- ② 사용 가능한 원료의 가격 및 수분함량을 알아 둔다.
- ③ 우선 대분류에서 농후사료를 클릭하고 내가 사용하고자 하는 원료가 있으면 마우스로 더블클릭을 한다.
- ④ 다음 분류인 농산부산물을 누르고 내가 사용하고자 하는 원료가 있으면 더블클릭을 한다.
- ⑤ 다음 분류인 조사료를 누르고 내가 이용하는 조사료를 선택한다. 조사료의 경우 수분함량의 변화가 크기 때문에 잘 확인해야된다.

⑥ 다음 분류인 보충사료는 TMR을 하기 위해서 꼭 필요한 보충사료인 비타민 광물질 첨가제, 석회석, 소금, 중조가 기본적으로 등록이 되어 있다. 추가적인 보충사료가 있으면 더블클릭으로 추가한다.

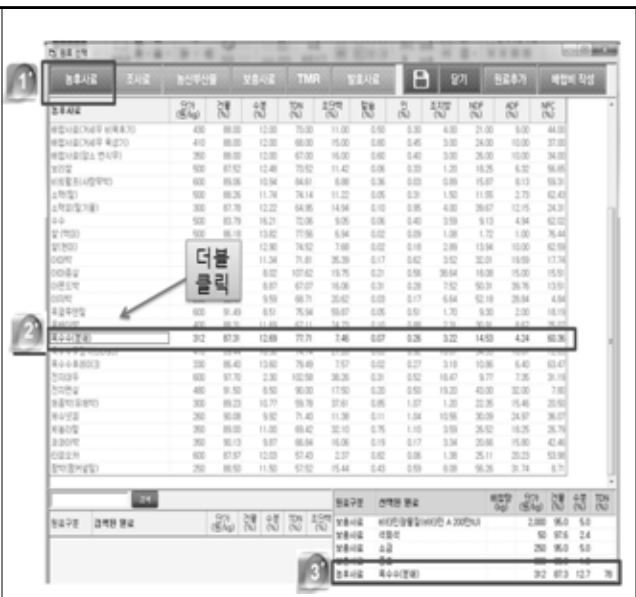
⑦ 만일 내가 사용하는 원료가 없을 경우 왼쪽위에 원료추가를 클릭한다.

⑧ 오른쪽 위에 초록색의 배합비 작성을 클릭한다.

※팁: 자가 TMR을 처음하는 경우에는 안정적인 배합을 위해서 배합사료를 원료로 사용한 것도 좋은 방법중에 하나이다.



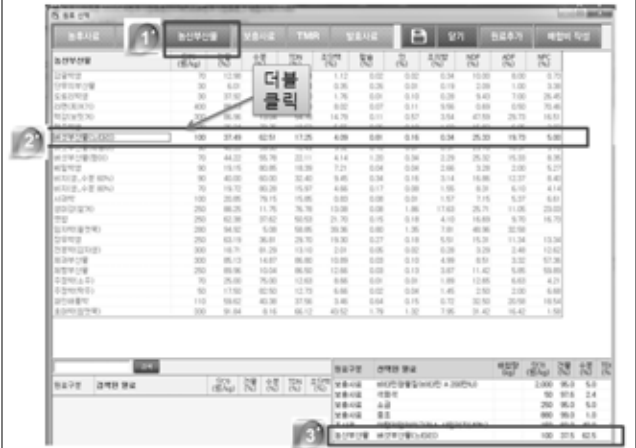
① 원료선택화면



② 원료선택하기(농후사료)



③ 원료선택하기(조사료)



④ 원료선택하기(농산부산물)



3) 원료조정

가) 기본 설명

배합비 작성을 클릭하면 가격과 영양소를 변경하는 원료조정 화면이 나타나게 된다. 이 프로그램은 영양소 요구량을 충족시키면서 최소가격으로 배합비를 작성하기 때문에 가격은 배합비 작성에 큰 변수로 작용한다. 특히 농식품부산물물은 구입하는 방법 및 지역에 따라서 편차가 크기 때문에 꼭 확인해서 변경해야 된다. 이 프로그램은 수분을 포함한 영양소를 근거로(원물 기준) 배합비를 작성하기 때문에 수분에 따라서 단백질 등의 영양소의 함량이 달라진다. 사용자의 편의를 위해서 수분을 변경하면 나머지 성분도 자동으로 계산되어 반영하게 된다.

※한우 사양표준2012와 다른점

기존의 한우사양표준의 경우에는 전체 원료에서 내가 사용하는 원료를 찾아서 가격 및 영양성분을 변경하기 때문에 수정시간이 매우 오래걸렸다.

이번에 개정된 한우사양표준 2015의 경우에는 내가 사용한 원료만을 가지고 수정하기 때문에 시간을 단축할 수 있다.

원료 구분		원료명	단가 (원/kg)	건물 (%)	수분 (%)	TDN (%)	조단백 (%)	칼슘 (%)	인 (%)	조지방 (%)	NDF (%)	ADF (%)	NFC (%)
농후사료	단백피(옥글루텐피드)	300	92.28	7.72	72.90	19.64	0.13	0.76	3.16	41.08	11.78	22.56	
농후사료	소맥피(밀기울)	300	87.78	12.22	64.95	14.94	0.10	0.95	4.00	39.67	12.15	24.31	
농후사료	옥수수후레이크	330	86.40	13.60	79.49	7.57	0.02	0.27	3.18	10.86	6.40	63.47	
농산부산물	버섯부산물(노타리)	100	37.49	62.51	17.25	4.09	0.81	0.16	0.34	25.33	19.73	5.00	
농산부산물	비지(생_수분 80%)	70	19.72	80.28	15.97	4.66	0.17	0.08	1.55	8.31	6.10	4.14	
농산부산물	호박박(참깨묵)	330	91.84	8.16	66.12	43.52	1.79	1.32	7.95	31.42	16.42	1.58	
조사료	볏짚(사각볏짚_수분 12%)	150	87.71	12.29	42.98	3.65	0.33	0.18	0.94	61.23	37.87	11.60	
조사료	미탈리안라이그라스 사일리지(40%)	150	60.00	40.00	36.60	14.02	1.06	0.62	1.55	36.66	21.70	7.77	
조사료	티모시 건초	550	94.14	5.86	58.49	9.50	0.36	0.22	1.72	62.23	37.86	14.01	
보충사료	비타민광물질(비타민 A 200만IU)	2000	95.00	5.00									
보충사료	석회석	50	97.60	2.40									
보충사료	소금	250	95.00	5.00									
보충사료	중조	880	99.00	1.00									

〈그림 3〉 원료조정 화면

나) 사용 방법(한우농가 입장에서 서술)

- ① 배합비 작성을 클릭하면 원료 조정화면이 나타난다.
- ② 내가 사용하는 원료의 가격이 다른 경우에는 그 원료명 단가를 한번 클릭하고 변경할 숫자를 입력하면 된다.
- ③ 내가 사용하는 원료의 수분이 다른 경우에는 그 원료명 수분을 한번 클릭하고 변경할 숫자를 입력하면 된다.
- ④ 디스켓 모양을 클릭하면 변경사항이 저장된다.

원료 조정													
가격 및 영양소(수분)를 조정하세요!													
원료 구분	원료명	단가 (원/kg)	건물 (%)	수분 (%)	TDN (%)	조단백 (%)	칼슘 (%)	인 (%)	조지방 (%)	NDF (%)	ADF (%)	NFC (%)	
농후사료	단백피(옥글루텐피드)	300	92.28	7.72	72.90	19.64	0.13	0.76	3.16	41.08	11.78	22.56	
농후사료	소맥피(밀기울)	300	87.78	12.22	64.95	14.94	0.10	0.95	4.00	39.67	12.15	24.31	
농후사료	옥수수후레이크	330	86.40	13.60	79.49	7.57	0.02	0.27	3.18	10.86	6.40	63.47	
농산부산물	버섯부산물(느타리)	100	37.49	62.51	17.25	4.09	0.81	0.16	0.34	25.33	19.73	5.00	
농산부산물	비지(생_수분 80%)	70	19.72	80.28	15.97	4.66	0.17	0.08	1.55	8.31	6.10	4.14	
농산부산물	호박박(참깨묵)	330	91.84	8.16	66.12	43.52	1.79	1.32	7.95	31.42	16.42	1.58	
조사료	벼짚(사각벼짚_수분 12%)	150	87.71	12.29	42.98	3.65	0.33	0.18	0.94	61.23	37.87	11.60	
조사료	이탈리안라이그라스 사일리지(40%)	150	60.00	40.00	36.60	14.02	1.06	0.62	1.55	36.66	21.70	7.77	
조사료	티모시 건초	550	94.14	5.86	58.49	9.50	0.36	0.22	1.72	62.23	37.86	14.01	
보충사료	비타민광물질(비타민 A 200만IU)	2000	95.00	5.00									
보충사료	석회석	50	97.60	2.40			37.00						
보충사료	소금	250	95.00	5.00									
보충사료	중조	880	99.00	1.00									

① 가격 조정 화면

원료 조정													
가격 및 영양소(수분)를 조정하세요!													
원료 구분	원료명	단가 (원/kg)	건물 (%)	수분 (%)	TDN (%)	조단백 (%)	칼슘 (%)	인 (%)	조지방 (%)	NDF (%)	ADF (%)	NFC (%)	
농후사료	단백피(옥글루텐피드)	300	92.28	7.72	72.90	19.64	0.13	0.76	3.16	41.08	11.78	22.56	
농후사료	소맥피(밀기울)	300	87.78	12.22	64.95	14.94	0.10	0.95	4.00	39.67	12.15	24.31	
농후사료	옥수수후레이크	330	86.40	13.60	79.49	7.57	0.02	0.27	3.18	10.86	6.40	63.47	
농후사료	버섯부산물(느타리)	100	37.49	62.51	17.25	4.09	0.81	0.16	0.34	25.33	19.73	5.00	
농산부산물	비지(생_수분 80%)	70	19.72	80.28	15.97	4.66	0.17	0.08	1.55	8.31	6.10	4.14	
농산부산물	호박박(참깨묵)	330	91.84	8.16	66.12	43.52	1.79	1.32	7.95	31.42	16.42	1.58	
조사료	벼짚(사각벼짚_수분 12%)	150	87.71	12.29	42.98	3.65	0.33	0.18	0.94	61.23	37.87	11.60	
조사료	이탈리안라이그라스 사일리지(40%)	150	60.00	40.00	36.60	14.02	1.06	0.62	1.55	36.66	21.70	7.77	
조사료	티모시 건초	550	94.14	5.86	58.49	9.50	0.36	0.22	1.72	62.23	37.86	14.01	
보충사료	비타민광물질(비타민 A 200만IU)	2000	95.00	5.00									
보충사료	석회석	50	97.60	2.40			37.00						
보충사료	소금	250	95.00	5.00									
보충사료	중조	880	99.00	1.00									

② 가격 조정 방법(단가를 클릭 하고 변경할 숫자를 입력한다.)

원료 조정

가격 및 영양소(수분)를 조정하세요!

닫기

원료 구분	원료명	단가 (원/kg)	건물 (%)	수분 (%)	TDN (%)	조단백 (%)	칼슘 (%)	인 (%)	조지방 (%)	NDF (%)	ADF (%)	NFC (%)
농후사료	단백피(옥글루텐피드)	300	92.28	7.72	72.90	19.64	0.13	0.76	3.16	41.08	11.78	22.56
농후사료	소맥피(밀기울)	300	87.78	12.22	64.95	14.94	0.10	0.95	4.00	39.67	12.15	24.31
농후사료	옥수수후레이크	330	86.40	13.60	79.49	7.57	0.02	0.27	3.18	10.86	6.40	63.47
농산부산물	버섯부산물(느타리)	100	37.49	62.51	17.25	4.09	0.81	0.16	0.34	25.33	19.73	5.00
농산부산물	비지(생_수분 80%)	70	19.72	80.28	15.97	4.66	0.17	0.08	1.55	8.31	6.10	4.14
농산부산물	호박박(참뿔목)	330	91.84	8.16	66.12	43.52	1.79	1.32	7.95	31.42	16.42	1.58
조사료	벚짚(사각벚짚_수분 12%)	150	87.71	12.29	42.98	3.65	0.33	0.18	0.94	61.23	37.87	11.60
조사료	이탈리안라이그라스 사일리지(40%)	150	60.00	40.00	36.60	14.02	1.06	0.62	1.55	36.66	21.70	7.77
조사료	단호차 건조	550	94.14	5.86	58.49	9.50	0.36	0.22	1.72	62.23	37.86	14.01
보충사료	비타민광물질(비타민 A 200만IU)	2000	95.00	5.00								
보충사료	석회석	50	97.60	2.40			37.00					
보충사료	소금	250	95.00	5.00								
보충사료	중조	880	99.00	1.00								

③ 수분 조정 방법(원료의 수분을 클릭 하고 변경할 숫자를 입력한다.)

원료 조정

가격 및 영양소(수분)를 조정하세요!

닫기

원료 구분	원료명	단가 (원/kg)	건물 (%)	수분 (%)	TDN (%)	조단백 (%)	칼슘 (%)	인 (%)	조지방 (%)	NDF (%)	ADF (%)	NFC (%)
농후사료	단백피(옥글루텐피드)	300	92.28	7.72	72.90	19.64	0.13	0.76	3.16	41.08	11.78	22.56
농후사료	소맥피(밀기울)	300	87.78	12.22	64.95	14.94	0.10	0.95	4.00	39.67	12.15	24.31
농후사료	옥수수후레이크	330	86.40	13.60	79.49	7.57	0.02	0.27	3.18	10.86	6.40	63.47
농산부산물	버섯부산물(느타리)	100	37.49	62.51	17.25	4.09	0.81	0.16	0.34	25.33	19.73	5.00
농산부산물	비지(생_수분 80%)	70	19.72	80.28	15.97	4.66	0.17	0.08	1.55	8.31	6.10	4.14
농산부산물	호박박(참뿔목)	330	91.84	8.16	66.12	43.52	1.79	1.32	7.95	31.42	16.42	1.58
조사료	벚짚(사각벚짚_수분 12%)	150	87.71	12.29	42.98	3.65	0.33	0.18	0.94	61.23	37.87	11.60
조사료	이탈리안라이그라스 사일리지(40%)	150	65.00	35.00	39.65	15.19	1.15	0.67	1.68	39.71	23.51	8.42
조사료	티모시 건조	550	94.14	5.86	58.49	9.50	0.36	0.22	1.72	62.23	37.86	14.01
보충사료	비타민광물질(비타민 A 200만IU)	2000	95.00	5.00								
보충사료	석회석	50	97.60	2.40			37.00					
보충사료	소금	250	95.00	5.00								
보충사료	중조	880	99.00	1.00								

④ 디스켓 모양의 버튼을 클릭한다.

4) 배합비 단계 설정

가) 일반 설정

배합비는 성장단계에 따라서 필요로 하는 영양소 요구량이 다르다. 거세우 한우의 경우에는 3~4단계로 나뉘어서 사료를 급여하는데 간편판에서는 주로 사용하는 육성기, 비육전기, 비육후기를 제공하고 있다. 그리고 암소의 경우에는 성빈우 유지로 제공하고 있다. 성빈우 유지라는 것은 암소가 성숙이 되어서 체중을 유지하는 단계를 이야기 한다. 보통 임신한 경우에는 급여량에 10%를 증량하는 것이 좋다.

나) 사용방법

- ① 거세우의 배합비를 작성하기 위해서는 거세우 3단계를 클릭한다.
- ② 암소의 성빈우를 작성하기 위해서는 성빈우를 클릭한다.



① 거세우 배합비를 작성할 경우 거세우 3단계 클릭



② 암소 성빈우 배합비를 작성할 경우 성빈우 클릭

5) 배합비 계산

가) 일반 설명

배합비 계산 화면은 세 부분으로 구성되어 있다. ① 축군정보부분은 사용자가 직접 한우의 체중과 일당증체량, 사료의 수분함량, 배합기 용량을 입력하는 부분이고, ② 영양소 분석부분은

①에 입력한 조건에 맞는 영양소 요구량이 나타내는 부분이다. 그리고 ③ 배합비 분석 부분은 사료원료의 배합비를 나타낸다. 추가기능을 선택하면 내가 현재 농장에서 활용하고 있는 배합비를 검토하는 현재 진단, 내가 작성한 TMR 및 발효사료를 하나의 원료 사료로 이용하는 TMR/발효등록, 내가 조정한 영양소 요구량을 원상태로 돌리는 표준 요구량, 발효사료를 만들기 위해서 조사료를 제외하고 배합비를 작성해주는 발효사료 계산이 포함되어 있고, 우측에 □ 상세보기를 클릭하면 원료사료의 자세한 성분을 확인 할 수 있다.

한우사양표준 2015(C:\한우사양표준2015\Data\한우사양표준_S\배합비예시.hdb) - [배합비 계산]

과일(F) 원료 등록(D) 배합비 계산(C) 종합보고서(S) 도움말(H)

3단계(1거세 육성(6-13))

원료선택

계산 완료

닫기

추가기능

축군정보						
축종	월령	체중(kg)	일당증체(kg/일)	수분함량(%)		배합기용량(kg)
				하한	상한	
거세우 육성 및 비육	10	260	0.9	25	40	1000

축군정보

<< >>

항목	요구량 1000g당	요구량 제한(%요구량)		영양소 공급량	편차	영양소 함량(%)	상태
		최소	최대				
수분함량(%)	25.00	100	160	40.00	+15.00	40 %원물	
원물섭취량(kg)	9.20	100	125	11.50	+2.30		↑
건물섭취량(kg 건물)	6.90	100	100	6.90		60 %원물	↓
조사료비율(% 건물)	30.00	100	150	32.74	+2.74	32.74 %건물	
TDN(kg)	4.87	100	150	4.87		70.58 %건물	↓
조단백(g)	1,086.00	100	150	1,086.13	+0.13	15.74 %건물	↓
칼슘(g)	43.00	100	150	64.37	+21.37	0.93 %건물	↑
인(g)	23.00	100	150	34.50	+11.50	0.5 %건물	↑

영양소분석

배합비정보					배합비 제한(%)		금액(원/kg)		인(%)
원료구분	원료명	단가(원/kg)	배합량(kg)	배합비(%)	최소	최대	원물		
합계			1000	100.00			240.6		
농후사료	단백피(옥글루텐피드)	300	150	15.04		15.00	45.1	92.28	7.72
	소맥피(밀기울)	300				20.00		87.78	12.22
	옥수수후레이크	330	123	12.32	10.00	100.00	40.7	86.40	13.60
농산부산물	버섯부산물(노타리)	100	163	16.29		20.00	16.3	37.49	62.51
	비지(생_수분 80%)	70	300	30.00		30.00	21.0	19.72	80.28
	호마박(참깨묵)	330	30	3.04		3.00	10.0	91.84	8.16
조사료	벚질(사각벚질_수분 12%)	150	18	1.77		100.00	2.6	87.71	12.29
	이탈리안라이그라스 사일리지(40%)	150	35	3.49		100.00	5.2	60.00	40.00
	티모시 건조	550	170	17.00		100.00	93.9	94.14	5.86
보충사료	비타민광물질(비타민 A 200만IU)	2,000	3	0.26	0.25	0.30	5.2	95.00	5.00
	석회석	50	5	0.53		100.00	0.3	97.60	2.40
	소금	250	3	0.26	0.30	0.50	0.7	95.00	5.00

배합비분석									
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)

〈그림 4〉배합비 계산 화면 설명

나) 영양소 요구량 조정 화면 설명

영양소정보									
항목	영양소 요구량	요구량 제한(%요구량)		영양소 공급량	편차	영양소 함량(%)	상태		
		최소	최대						
수분함량(%)	25.00	100	160	40.00	+15.00	40 %원물			
원물섭취량(kg)	9.20	100	125	11.50	+2.30		↑		
건물섭취량(kg 건물)	6.90	100	100	6.90		60 %원물	↓		
조사료비율(% 건물)	30.00	100	150	32.74	+2.74	32.74 %건물			
TDN(kg)	4.87	100	150	4.87		70.58 %건물	↓		
조단백(g)	1,086.00	100	150	1,086.13	+0.13	15.74 %건물	↓		
칼슘(g)	43.00	100	150	64.37	+21.37	0.93 %건물	↑		
인(g)	23.00	100	150	34.50	+11.50	0.5 %건물	↑		

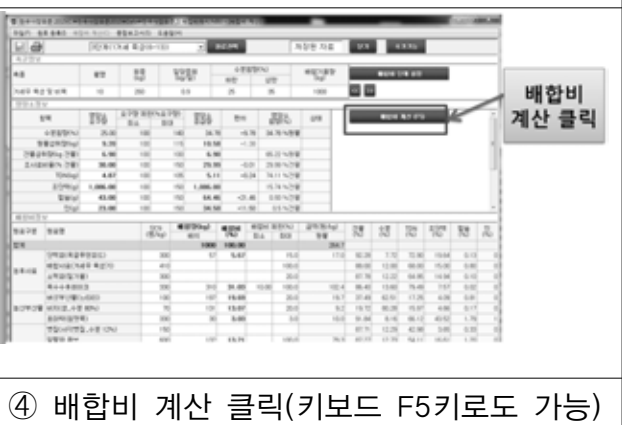
〈그림5 영양소 요구량 제한 조정 화면〉

그림 5는 화면은 영양소 정보를 알려준다. 여기에서 영양소 요구량은 성장단계에 필요한 영양소 함량을 기준을 제시해 준다. 이 요구량을 정확히 배합비를 작성하고자 하면 그 경우의 수가 매우 적어지기 때문에 배합비 작성이 매우 어렵다. 이러한 이유로 요구량을 기준으로 최소로 잡고 일정부분 최대치로 배합비를 작성해 준다. 영양소 공급량을 내가 작성한 배합비를 공급해 주는 양이다. 여기에서 원물섭취량이 급여해줘야 하는 양이다. 그리고 영양소 함량은 일반적으로 농가에서 일반적으로 쓰고 있는 사료의 영양소 함량을 건물 %형태로 제공해 준다.

- ① 배합비 단계설정에서 거세우 3단계를 클릭하면 육성기 배합 단계가 나타난다.
- ② 원료선택에서 선택한 원료들이 자동으로 반영되어 나타난다.
- ③ 축군정보에 있는 배합기 용량을 우리농장 배합기 기준으로 변경한다.
- ④ 배합비 계산(F5)을 클릭한다.
- ⑤ 이상 없이 배합비가 작성된 경우 초록색으로 계산 완료가 나타난다.



② 선택한 원료 반영



계산 완료

한우사양표준 2015(C:\한우사양표준2015\WData\한우사양표준_S 배합비예시.hdb) - [배합비 계산]

파일(F) 원료 등록(D) 배합비 계산(C) 종합보고서(S) 도움말(H)

원료선택 [3단계(1거세 육성(6-13))] 계산 완료 닫기 추가가능

축군정보		월령	체중(kg)	일당중량(kg/일)	수분함량(%)		배합기용량(kg)	배합비 단계 설정
					하한	상한		<< >>
거세우 육성 및 비육		10	260	0.9	25	35	1000	

영양소정보									
항목	영양소 요구량	요구량 제한(%요구량)		영양소 공급량	편차	영양소 함량(%)	상태		배합비 계산 (F5)
		최소	최대						
수분함량(%)	25.00	100	140	34.78	+9.78	34.78 %원물			
원물섭취량(kg)	9.20	100	115	10.58	+1.38		↑		
건물섭취량(kg 건물)	6.90	100	100	6.90		65.22 %원물	↓		
조사료비율(% 건물)	30.00	100	150	29.99	-0.01	29.99 %건물	↓		
TDN(kg)	4.87	100	105	5.11	+0.24	74.11 %건물	↑		
조단백(g)	1,086.00	100	150	1,086.00		15.74 %건물	↓		
칼슘(g)	43.00	100	150	64.46	+21.46	0.93 %건물	↑		
인(g)	23.00	100	150	34.50	+11.50	0.5 %건물	↑		

배합비정보											
원료구분	원료명	단가 (원/kg)	배합량(kg) 배치	배합비 (%)	배합비 제한(%)		금액(원/kg)	건물 (%)	수분 (%)	TDN (%)	조단백 (%)
			1000	100.00	최소	최대	원물				
합계							264.7				
농후사료	단백피(옥글루텐피드)	300	57	5.67		15.0	17.0	92.28	7.72	72.90	19.64
	배합사료(거세우 육성기)	410				100.0		88.00	12.00	68.00	15.00
	소맥피(밀기울)	300				20.0		87.78	12.22	64.95	14.94
	옥수수후레이크	330	310	31.03	10.00	100.0	102.4	86.40	13.60	79.49	7.57
농산부산물	버섯부산물(노타리)	100	197	19.69		20.0	19.7	37.49	62.51	17.25	4.09
	비지(생_수분 80%)	70	131	13.07		20.0	9.2	19.72	80.28	15.97	4.66
	호박박(참깨묵)	330	30	3.03		3.0	10.0	91.84	8.16	66.12	43.52
	넷질(사라넷질_수분 12%)	150						87.71	12.29	42.98	3.65

⑤ 계산 완료

나) 사용방법_최대, 최소 조절 방법

배합비를 계산을 하다 보면 사용해야 되는 원료가 배합비 포함이 되지 않는 경우와 구할 수 있는 원료보다 많이 사용되는 경우가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 배합비 제한(%) 최소/최대를 조절을 통해서 사용량을 조절 할 수 있다.

최소에 숫자를 입력하면 최소한 이 정도는 사용하며, 최대에 숫자를 입력하면 그 원료를 그 숫자 이하로 사용하게 된다.

【예시】 농가에서 비지를 구입해서 배합비에 10%정도를 사용해야 되는 경우

1. 비지의 배합비 제한(%) 최소에 10을 입력한다.
2. 배합비 계산을 클릭한다.
3. 배합비(%)에 비지가 사용되는 것을 확인한다.

※참고 사항: 비지가 사용되지 않는 이유는 다른 원료에 비해서 영양성분 대비 가격이 비싸기 때문에 사용하지 않는 것이다. 만약 비지의 가격이 낮은 경우에는 배합비에 포함되게 된다.

원료구분	원료명	단가 (원/kg)	배합량(kg)		배합비 (%)	배합비 제한(%)		금비
			두당	배치		하한	상한	
합계			10.740	1000	100.00			236.1
농후사료	단백피(옥골주연피드)	350					15.00	
	당밀(사탕수수)	220	0.320	30	2.98	3.00	5.00	6.6
	소맥피(말거울)	350					100.00	
	옥수수후레이크	440	0.750	70	6.98	7.00	100.00	30.7
	맥주박생	60	1.070	100	9.96		10.00	6.0
농산부산물	벼서분산물 (짚이)	60	1.610	150	14.99		15.00	9.0
	비지(생)	70					100.00	
	말겨(생미갈)	200	0.879	82	8.18		10.00	16.4
	보리송제사일리지	150	3.445	321	32.07		100.00	48.1

1. 비지가 배합비에 포함 되어 있지 않음

원료구분	원료명	단가 (원/kg)	배합량(kg)		배합비 (%)	배합비 제한(%)		금비
			두당	배치		하한	상한	
합계			10.840	1000	100.00			235.8
농후사료	단백피(옥골주연피드)	350					15.00	
	당밀(사탕수수)	220	0.330	30	3.05	3.00	5.00	6.7
	소맥피(말거울)	350					100.00	
	옥수수후레이크	440	0.760	70	7.01	7.00	100.00	30.9
	맥주박생	60	1.080	100	9.97		10.00	6.0
농산부산물	벼서분산물 (짚이)	60	1.630	150	15.04		15.00	9.0
	비지(생)	70	1.080	100	9.97	10.00	100.00	7.0
	말겨(생미갈)	200	0.841	78	7.76		10.00	15.5
	보리송제사일리지	150	1.971	182	18.19		100.00	27.3

2. 배합비 계산 클릭

원료구분	원료명	단가 (원/kg)	배합량(kg)		배합비 (%)	배합비 제한(%)		금비
			두당	배치		하한	상한	
합계			10.840	1000	100.00			233.5
농후사료	단백피(옥골주연피드)	350					15.00	
	당밀(사탕수수)	220	0.330	30	3.05	3.00	5.00	6.7
	소맥피(말거울)	350					100.00	
	옥수수후레이크	440	0.760	70	7.01	7.00	100.00	30.9
	맥주박생	60	1.080	100	9.97		10.00	6.0
농산부산물	벼서분산물 (짚이)	60	1.630	150	15.04		15.00	9.0
	비지(생)	50	2.400	221	22.15	10.00	100.00	11.1
	말겨(생미갈)	200	0.797	74	7.35		10.00	14.7
	보리송제사일리지	150					100.00	

3. 배합비(%)에 비지 포함 확인

4. 비지가 가격이 저렴한 경우(참고사항)

5-2) 비육전기 배합비 작성하기

- ① 육성기에서 원료선택 옆에 있는 3단계(1거세 육성기)를 클릭하고 2거세 비육전기(14-21)를 선택한다.
- ② 원료선택에서 선택한 원료들이 자동으로 반영되어 나타난다.
- ③ 축군정보에 있는 배합기 용량을 우리농장 배합기 기준으로 변경한다.
- ④ 배합비 계산(F5)을 클릭한다.
- ⑤ 이상 없이 배합비가 작성된 경우 초록색으로 계산 완료가 나타난다.

항목	연료소량 요구량(%)	요구량 제한(%) 최소	최대	연료소량 응답률	편차	연료소량 향상률(%)
수동함합(%)	25.00	100	140	25.66	+0.66	25.66 %향상
TDM(g)	4.87	100	105	7.30	+2.43	74.04 %개선
조단량(g)	1,086.00	100	150	1,278.11	+192.11	12.96 %건물
합승(g)	43.00	100	150	46.92	+3.92	0.48 %건물
인(g)	23.00	100	150	46.50	+23.50	0.47 %건물
조지정(g)	0.00	100	150	346.68	+346.68	3.52 %건물
NDF(g)	0.00	100	150	3,733.66	+3,733.66	37.86 %건물
ADF(g)	0.00	100	160	2,063.43	+2,063.43	20.62 %개선

① 3단계 비육 전기 선택

[52년 2분기 실적 (14-2013)]		[단위: 백만원]		[계정: 매출]	
구분	매출	영업 (Op)	영업이익 (Op-It)	수익률(%)	영업이익률 (Op-It/Op)
계좌금 매출 및 비목	17	462	1.1	25	40
영업외 부가					
구분	매출	영업외 (Op-It)	영업이익 (Op-It)	이익	영업이익률 (Op-It/Op)
수익률(%)	25.0	100	100	26.6	+3.6
수익률(%)	13.2	100	126	13.06	-0.66
간접비용(%)	9.9	100	100	9.99	71.39 %간접
포괄이익(%)	26.6	100	150	26.66	
TON(%)	2.3	100	150	2.54	-0.23
포괄이익(%)	1,278.0	100	150	1,277.85	-0.15
이익(%)	47.0	100	150	76.39	+29.39
이익(%)	38.4	100	150	38.4	+0.43

선택한
원료 반영

영업외 부가		수익률(%)		수익률(%)		수익률(%)	
구분	매출	수익률(%)	수익률(%)	수익률(%)	수익률(%)	수익률(%)	수익률(%)
수익률(%)	25.0	100	100	100	100	100	100
수익률(%)	13.2	100	126	13.06	71.39 %간접		
간접비용(%)	9.9	100	100	9.99			
포괄이익(%)	26.6	100	150	26.66			
TON(%)	2.3	100	150	2.54			
포괄이익(%)	1,278.0	100	150	1,277.85			
이익(%)	47.0	100	150	76.39			
이익(%)	38.4	100	150	38.4			

영업외 부가		수익률(%)		수익률(%)		수익률(%)	
구분	매출	수익률(%)	수익률(%)	수익률(%)	수익률(%)	수익률(%)	수익률(%)
수익률(%)	25.0	100	100	100	100	100	100
수익률(%)	13.2	100	126	13.06	71.39 %간접		
간접비용(%)	9.9	100	100	9.99			
포괄이익(%)	26.6	100	150	26.66			
TON(%)	2.3	100	150	2.54			
포괄이익(%)	1,278.0	100	150	1,277.85			
이익(%)	47.0	100	150	76.39			
이익(%)	38.4	100	150	38.4			

영업외 부가		수익률(%)		수익률(%)		수익률(%)	
구분	매출	수익률(%)	수익률(%)	수익률(%)	수익률(%)	수익률(%)	수익률(%)
수익률(%)	25.0	100	100	100	100	100	100
수익률(%)	13.2	100	126	13.06	71.39 %간접		
간접비용(%)	9.9	100	100	9.99			
포괄이익(%)	26.6	100	150	26.66			
TON(%)	2.3	100	150	2.54			
포괄이익(%)	1,278.0	100	150	1,277.85			
이익(%)	47.0	100	150	76.39			
이익(%)	38.4	100	150	38.4			

② 선택한 원료 반영

[illegible]

③ 배합기 용량 수정

[illegible]

④ 배합비 계산 클릭(키보드 F5키로도 가능)

한우사양표준 2015(C)한우사양표준2015WData한우사양표준_S 배합비예시.hdb - [배합비 계산]

파일(F) 원료 등록(D) 배합비 계산(C) 종합보고서(S) 도움말(H)

축군정보

축종	월령	체중(kg)	임당증례(kg/일)	수분함량(%)		배합기용량(kg)
				하한	상한	
거세우 육성 및 비육	17	452	1.1	25	34	1000

영양소정보

항목	요구량	요구량 제한(%요구량)		영양소 함량(%)	편차	영양소 함량(%)	상태
		최소	최대				
수분함량(%)	25.0	100	160	28.61	+3.61	28.61 %원료	
원료섭취량(kg)	13.2	100	125	13.86	+0.66		
건물섭취량(kg 건물)	9.9	100	100	9.90		71.39 %원료	↓
조사료비율(% 건물)	20.0	100	150	20.00		20 %건물	↓
TDN(kg)	7.3	100	150	7.51	+0.21	75.89 %건물	
조단백(g)	1,278.0	100	150	1,277.85	-0.15	12.91 %건물	↓
칼슘(g)	47.0	100	150	70.39	+23.39	0.71 %건물	↑
인(g)	31.0	100	150	46.49	+15.49	0.47 %건물	↑


배합비 계산 (F5)

⑤ 계산 완료


5-3) 비육후기 배합비 작성하기

- ① 육성기에서 원료선택 옆에 있는 3단계(2거세 전기)를 클릭하고 3거세 비육후기(22-30)를 선택한다.

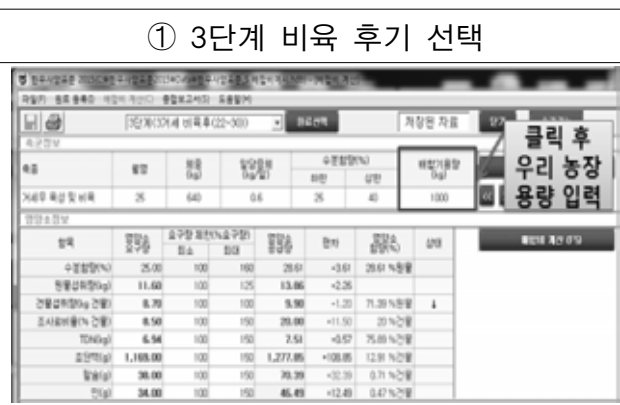
- ② 원료선택에서 선택한 원료들이 자동으로 반영되어 나타난다.
- ③ 축군정보에 있는 배합기 용량을 우리농장 배합기 기준으로 변경한다.
- ④ 배합비 계산(F5)을 클릭한다.
- ⑤ 이상 없이 배합비가 작성된 경우 초록색으로 계산 완료가 나타난다.




① 3단계 비육 후기 선택




② 선택한 원료 반영



③ 배합기 용량 수정



④ 배합비 계산 클릭(키보드 F5키로도 가능)



⑤ 계산 완료

6) 배합비 결과 출력

배합비 계산이 완료되어 화면 상단 좌측에 있는 “중합보고서”를 클릭하면 출력할 배합비 단계가 표시되는데 이때 프린트할 사료명을 클릭하여 인쇄시작 버튼을 누르면 선택한 사료의 중

합보고서가 나타나고 화면 상단에 프린트 문양을 클릭하면 배합비와 배합기 용량에 맞는 사료첨가량을 인쇄된다.

배합비 출력

원료구분		원료명	단가 (원/kg)	3단계(1거세 곡성(6-13))	3단계(2거세 비육전(14-21))	3단계(3거세 비육후(22-30))	선택유 유지		
				%	kg/배기	%	kg/배기	%	kg/배기
농후사료	단백질(옥수수분쇄물)	300	3.0	30	15.0	150	15.0	5.5	55
농후사료	소맥분(밀기울)	300						5.0	50
농후사료	옥수수후레이크	330	25.1	251	32.4	324	48.5	5.0	50
농산부산물	배합부산물(노타리)	100	10.0	100	7.4	74	12.5	125	
농산부산물	배지(생, 수분 80%)	70	20.0	200	15.0	150	10.0	100	194
농산부산물	조대맥(생조맥)	330	8.0	80	4.1	41	5.1	51	51
조사료	병질(사각병질, 수분 12%)	150	3.6	36	14.9	149	7.5	75	595
조사료	대형면(면, 그로스 사일리지(40%))	150	10.0	100					
조사료	타오시 건조	950	19.2	192	10.0	100			
보충사료	비타민광물질첨가제 A 200만IU	2,000	0.3	3	0.1	1	0.1	1	1
보충사료	적회석	50	0.5	5	0.6	6	0.4	4	
보충사료	소금	250	0.3	3	0.3	3	0.4	4	4
보충사료	종조	880		0.3	3	0.4	4		
합계		420	100	1,000	100	1,001	100	999	1,000
합계 (원/kg)	원료			275.0	266.0	258.3		171.2	
	총건물(10%)			357.2	312.1	304.2		201.0	

페이지: 1 / 1

출력일자: 2016년 7월 27일 수요일

종합보고서 배합비 인쇄 화면

■ 간편판

프로그램 운영

원료등록

- 사용할 원료 확인
- 원료 성분표 입력 및 수정

배합비 계산

- 가축정보, 사료조건 입력

- 원료 선택, 원료 사용량 제한 입력

배합비 계산

허용범위 초과 수정

- 사료비 줄이기
- 영양소 요구량 비율 상 하한 조절

출력

배합비 인쇄

가. 프로그램 설치 환경

The screenshot shows the RDA website with a navigation bar at the top containing links for '전체보기' (All View), '만원참여' (Participation), '축산기술' (Livestock Technology), '연구활동' (Research Activity), '축산소식' (Livestock News), and '기관소개' (Institution Introduction). Below the navigation bar, there are several content blocks: '주요뉴스' (Main News) with a headline about livestock development, '공저사항' (Co-authored Works) with a list of publications, '보도자료' (Press Releases) with a list of news items, '주간축산가격동향' (Weekly Livestock Price Trends), 'RDA 인터넷' (RDA Internet) with a link to 'Interbang', and '가축질병위기경보' (Livestock Disease Crisis Warning). There are also sections for '축산기술' (Livestock Technology), '인원서비스' (Personnel Service), and '바로가기' (Quick Links).



〈첫화면: 고급판 클릭〉

나. 파일 열기 또는 생성

처음에 프로그램을 다운로드 받았을 때에는 프로그램에서 제공하는 배합비예시가 작업에 의해 변경되지 않도록 필히 “다른 이름으로 저장”을 한 후 사용한다.

또한 프로그램을 사용하기 전에 화면 상단에 있는 사용설명서를 클릭하여 내용을 숙지한 후 프로그램을 사용하고, 한우 거세 비육우의 경우 배합비 작성이 완료된 후에는 “한우거세비육 사양표준표”를 클릭하여 성장단계별 사료급여량과 주의사항을 참조한다.

다. 원료사료 등록 및 수정

기화면의 원료등록을 클릭한 후 사용하고자 하는 원료의 등록여부와 단가 등의 정보를 확인한다. 단가와 수분이 기존의 분석치와 다른 경우에는 【예시 1】과 같이 원료 화면에서 변경해서 사용하면 된다.

처음으로 사용하는 원료는 먼저 사료분석기관을 참고해서 영양성분 분석을 실시한다. 등록되어 있지 않은 원료를 사용할 시에는 추가를 클릭하여 정보를 가격과 영양소 함량을 입력한다.

※참고

1. 원료에 등록되어 있는 성분 함량은 원물 기준이다.
2. 권장 분석항목: 수분, 조단백질, 조지방, NDF, ADF, 칼슘, 인
3. TDN의 경우에는 비슷한 성분을 가진 사료 수치를 참고하거나 전문가의 자문을 통해서 결정한다.

라. 한우 축종별 사료 배합비 계산 및 조정

1) 한우사양표준의

배합비 계산 화면은 세 부분으로 구성되어 있다. ① 축군정보부분은 사용자가 직접 한우의 체중과 일당증체량, 사료의 수분함량, 배합기 용량을 입력하는 부분이고, ② 영양소 분석부분은 ①에 입력한 조건에 맞는 영양소 요구량이 나타내는 부분이다. 그리고 ③ 배합비 분석 부분은 사료 원료의 배합비를 나타낸다. 우측상단에 □ 상세보기를 클릭하면 선택한 원료의 영양성분을 볼 수 있다.

파일(F) 원료 등록(D) 배합비 계산(C) 종합보고서(S) 도움말(H)										
축군 정보		원료 선택		표준 요구량		배합비 계산(F5)		저장된 자료		
축군		원료		수분함량(%)		배합기용량(kg)				
거세우 육성 및 비육		25		하한 상한		25 40		1000		
항목	영양소 요구량	요구량 제한(%요구량)	영양소 공급량	편차	영양소 함량(%)	상태	잔재가 (원/단위)			
수분함량(%)	25.00	100	160.00	34.99	-9.99	34.99 %원물				
원물섭취량(kg)	11.47	100	115.34	13.25	+1.78		-51.78			
건물섭취량(kg 건물)	8.60	100	100.00	8.61	+0.01	65.01 %원물	245.75			
조사료비율(% 건물)	9.00	100	120.00	10.79	+1.79	10.79 %건물	-8.84			
TDN(kg)	6.87	100	150.00	6.88	+0.01	79.83 %건물	376.63			
조단백(g)	1,034.00	100	150.00	1,362.44	+328.44	15.02 %건물				
칼슘(g)	39.00	100	130.00	52.22	+13.22	0.61 %건물	-0.38			
인(g)	35.00	100	115.00	40.33	+5.33	0.47 %건물	-4.18			
원료구분	원료명	단위	배합량(kg)	배합비 (%)	배합비 제한(%)	가격(원/kg)	합계가 (원/kg)			
합계			13.25	1000	100.00	273.1	369.7			
농후사료	일말(사말수수)	220	0.66	50	4.98	3.00	11.0	-61.99		
	소맥피(일거울)	350	1.59	120	12.00	15.00	42.0			
	옥수수후레이크	440	4.47	338	33.74	100.00	140.4			
농산부산물	악주박	80	1.32	100	9.96	10.00	8.0	-15.00		
	벼싹부산물 (노타리)	60	0.34	25	2.57	10.00	1.5			
	비지(생)	70	1.58	119	11.93	100.00	8.3			
	엿밥	200	1.99	150	15.02	15.00	30.0	-76.39		
	과일배물박	120				10.00				
조사료	엿길	212	1.06	80	8.00	100.00	17.0			
보충사료	비타민광물질첨가제	2,000	0.02	2	0.15	0.15	3.0	1,817.37		
	석회석	50	0.10	7	0.76	100.00	0.4			
	소금	250	0.05	4	0.38	0.40	0.9	67.37		
	중조	880	0.07	5	0.53	0.50	4.6	687.50		

〈그림 18〉 배합비 계산 화면

본 프로그램에는 거세우(4단계, 3단계, 수소(3단계) 및 암소 육성기, 성빈우 유지, 임신기 및 포유기의 배합비를 예시로 제공하였으므로 이러한 예시를 참조하여 배합비를 작성하면 된다. 상단 좌측 축군메뉴 우측의 ▼을 클릭하면 〈그림 19〉처럼 나타내며, 배합비를 작성하려는 시기를 선택하면 된다.

파일(F) 원료 등록(D) 배합비 계산(C) 종합보고서(S) 도움말(H)											
축군 메뉴		3단계(3거세 비육후(22-30))			원료선택		표준 요구량		배합비 계산(F5)		저장
축종	거세우 육성 및 비육	3단계(1거세 육성(6-13))			수분함량(%)	배합기용량(kg)					
		3단계(2거세 비육전(14-21))									
		3단계(3거세 비육후(22-30))									
		4단계(1거세 육성(6-11))									
항목	성빈우 유지	4단계(2거세 비육전(12-16))			소량	편차	영양소 함량(%)	상태	잔재가 (원/단위)		
		4단계(3거세 비육중(17-21))									
		4단계(4거세 비육후(22-30))									
		영양소 유지									
수분함량(%)		25.00	100	160	42.43	+17.43	42.43 %원물				
원물섭취량(kg)		11.20	100	125	8.78	-2.42					

〈그림 19〉 성장단계 별 배합비 선택

※참고

- 보통 거세우의 경우에는 4단계로 작성하는 것이 좋다. 4단계로 작성시에는 아래 나와 있는 단계를 선택해서 배합비를 적성하면 된다.
 ⇨ 4단계(1거세 육성(6-11)), 4단계(2거세 비육전기(12-16)),
 4단계(3거세 비육중기(6-11)), 4단계(4거세 비육후기(22~30))
- 4단계가 어려운 경우에는 3단계 프로그램도 제시하였다.
 ⇨ 3단계(1거세 육성(6-13)), 4단계(2거세 비육전기(14-21)),
 3단계(3거세 비육후기(22-30))
- 여기에서 나오는 숫자는 거세우 개월 수를 의미한다.
 ⇨ 3단계(1거세 육성(6-13))은 거세우 6개월에서 13개월을 의미한다.
- 번식우의 경우에는 성빈우 유지로 배합비를 작성하면 된다. 단 임신우의사료는 임신우로 배합비를 작성하는 것이 좋으나, 어려운 경우에는
 성빈우 사료를 약 1.2배 증량 급여하는 것도 좋은 방법이다.

축종	월령	체중(kg)	일당증체(kg/일)	수분함량(%)		배합기용량(kg)
				하한	상한	
거세우 육성 및 비육	19	510	1.1	25	40	1000

항목	영양소 요구량	요구량 제한(%요구량)		영양소 공급량	편차	영양소 함량(%)	상태	잔재가 (원/단위)
		하한	상한					
수분함량(%)	25.0	100	160.00	35.00	+10.00	35 %원물		
원물섭취량(kg)	13.2	100	115.38	15.23	+2.03		↑	-15.45
건물섭취량(kg 건물)	9.9	100	100.00	9.90		65 %원물	↓	13.03
조사료비율(% 건물)	15.0	100	150.00	17.67	+2.67	17.67 %건물		
TDN(kg)	7.4	100	150.00	7.40		74.75 %건물	↓	683.93
조단백(g)	1,046.0	100	130.00	1,359.86	+313.86	13.74 %건물	↑	-0.59
칼슘(g)	46.0	100	200.00	46.03	+0.03	0.46 %건물	↓	0.14
인(g)	33.0	100	120.00	39.61	+6.61	0.4 %건물	↑	-15.47

〈그림 20〉 영양소 요구량 제한 조정 화면

참조로 이때 사용자가 영양소 요구량에 대한 실제 사료 배합을 원하는 요구량 비율을 조절할 수 있는데 “요구량 제한(%요구량)” 아래에 있는 하한과 상한을 임의로 조정하여 실제 급여할 축종의 영양소를 다소 조절할 수 있다.

요구량 비율을 조절할 때에는 주로 영양소함량(%) 우측의 상태에 상한과 하한 화살표를 참조하여 작업한다. 즉 <그림 20>의 경우 조단백(g)의 라인에 상한 표시가 나타났다.

이 의미는 요구량 비율에서 제시한 하한 100과 상한 130에 의해 좌측에 표준 1,046g 대비 하한과 상한이 1,046.0에서 1,359.80g까지로 결정이 되었기 때문에 프로그램이 공급량을 상한에 걸리는 1,359,86g로 짤 수밖에 없었다는 것을 보여주는 것이며 상한을 130이상으로 수정할 경우 사료비를 더 절감할 수 있다는 힌트를 주는 것이다.

따라서 배합비를 작성하는 과정에서 영양소함량(%) 우측의 상태를 참조하여 요구량 제한(%요구량)을 다소 조절하는 것이 가능하다. 상한으로 표시될 때는 다소 상한선을 풀어주는 것이 가능하지만 하한으로 표시될 때에는 영양소 결핍의 우려가 있으므로 가급적 조절하지 않는 것이 바람직하다.

영양소 요구량 제한을 조정할 때 칼슘과 인의 비율이 1.5~2:1을 유지하는 것이 중요하다. 배합비 계산중 칼슘보다 인의 함량이 높을 시 인의 영양소 공급량에 빨간색으로 표시되며 화면에 “요석증 발생 가능성이 있다. 인의 공급량을 칼슘보다 낮게 조절하세요” 라는 경고문이 나오게 되는데, 이때 칼슘과 인의 상·하한을 조절하여 맞추어 주면 된다.

【참고】 ‘요석증 발생 가능성이 있다 ‘경고문 나오는 이유

⇒ 인이 칼슘보다 높은 경우에는 요석증이 발생될 확률이 높다.(참고 99쪽) 배합비를 작성하다 보면 상대적으로 가격이 저렴한 강피류(미강, 소맥피 등) 많은 함량이 배합비 포함되게 되는데 그럴 때에는 강피류사료를 제한 하거나 석회석을 추가 급여하는 방향으로 조절을 해야한다. 해결방법은 【예시 2】 설명을 하였다.

※추가정보: 일반 배합사료 급여하는 농가에서 사료가격 상승으로 값이 저렴한 강피류를 배합사료 위에 뿌려주는 경우가 있다. 이런 경우에 위와 같은 이유로 요석증이 걸릴 확률이 높기 때문에 급여를 중지해야 된다.

【예시2】 ‘요석증 발생 가능성이 있다 ‘경고문 해결방법

⇒ <예시 2>를 보면 칼슘의 함량이 0.46%. 인의 함량이 0.61%로 인의 함량이 칼슘보다 높게 나타나 요석증 발생가능성이 있다고 경고 문구가 나오게 된다.

해결방법

1. 칼슘 요구량 제한 상한을 120으로 조절한다.
2. 인 요구량 제한 하한을 130으로 조절한다.
3. 배합비 계산을 클릭한다.
4. 칼슘함량이 0.59%, 인 함량이 0.49%로 조절된다.
5. 인의 요구량 상한을 변경했기 때문에 인함량이 높은 쌀겨의 배합비가 11.55%에서 6.06%로 낮아 졌다.

칼슘(g)	38.00	100	150	38.69	+0.69	0.46%건물	
인(g)	34.00	100	150	16.99	+16.99	0.61%건물	↑
한우사양표준 2012							
<div> 요석증 발생 가능성이 있습니다. 인의 공급량을 칼슘보다 낮게 조절하세요. </div>							
원료구분	원료명	단량 (원/kg)	배합량(kg)	배합비 (%)	배합비 제한(%)	금백(원/kg)	
합계			13.220	1000	100.00	267.2	3'
농후사료	거세우 옥성기사료	450	2.914	220	22.04	100.0	99.2
	옥수수후레이크	440	3.367	255	25.47	25.00	112.1
	맥주박갱	60	1.590	120	12.03	12.0	7.2
	벼싹부산물 (짱이)	60	0.657	50	4.97	10.0	3.0
선물	벼싹부산물 (짱이)	70	1.540	120	12.00	12.0	8.4
	쌀겨(생미강)	70	1.482	111	11.55	100.0	8.1
피인배물	피인배물	120	0.344	30	2.68	10.0	3.2

칼슘(g)	38.00	130	150	49.40	+11.40	0.59%건물	↓
인(g)	34.00	100	120	40.80	+6.80	0.49%건물	↑
한우사양표준 2012							
<div> 요석증 발생 가능성이 있습니다. 인의 공급량을 칼슘보다 낮게 조절하세요. </div>							
원료구분	원료명	단량 (원/kg)	배합량(kg)	배합비 (%)	배합비 제한(%)	금백(원/kg)	
합계			13.220	1000	100.00	267.2	3'
농후사료	거세우 옥성기사료	450	2.914	220	22.04	100.0	99.2
	옥수수후레이크	440	3.367	255	25.47	25.00	112.1
	맥주박갱	60	1.590	120	12.03	12.0	7.2
	벼싹부산물 (짱이)	60	0.657	50	4.97	10.0	3.0
선물	벼싹부산물 (짱이)	70	1.590	120	12.03	12.0	8.4
	쌀겨(생미강)	70	0.801	61	6.06	100.0	4.2
피인배물	피인배물	120	1.320	100	7.55	10.0	12.0

〈예시 2〉 요석증 주의 화면 해결방안

2) 원료선택

다음으로 상단 메뉴 바에 있는 원료선택을 클릭하여 사료배합에 이용할 원료사료를 선택한다. 일반적으로 기존 배합비 예시에서 선택한 원료와 다를 것이므로 화면 우측 하단 “선택된 원료”에 있는 단미사료 중 없는 원료는 더블 클릭하여 선택에서 빼고, 사용하고자 하는 원료가 “선택된 원료”에 없을 때에는 상단에 있는 원료를 더블 클릭하여 선택한다.

화면상에 원료는 농후사료, 농식품부산물, 조사료와 보충사료로 구분되어 있으며, 일반적으로 사료회사를 통하지 않고 농가 주변에서 직접 얻을 수 있는 미강, 맥주박, 비지, 감귤박 등의 원료는 농식품부산물로 분류하였다.

4. 원료 산학									
원료									
원료사료	단가 (원/kg)	건물 (%)	수분 (%)	TDN (%)	조단백 (%)	칼슘 (%)	인 (%)	조지방 (%)	
농축사료(농수)	220	60.27	39.73	51.24	9.30	1.00	0.10	0.8	
대두박	600	68.66	11.14	68.33	38.62	0.34	0.65	1.6	
대두박 (사할수수)	550	67.69	12.11	76.14	46.17	0.33	0.61	1.6	
대두박	300	68.67	11.03	70.96	11.73	0.47	0.36	2.0	
밀	700	93.18	6.62	113.00	20.60	1.20	0.69	4.2	
농축사료 (농수사료)	550	69.13	9.87	68.05	28.22	0.43	0.71	1.3	
대두박	300	68.10	11.90	67.51	9.30	0.24	0.37	2.3	
밀	290	86.50	13.07	73.68	14.83	0.29	0.75	4.0	
대두박	240	67.37	12.63	52.38	26.70	0.04	0.40	1.3	
농축사료									
원료사료	단가 (원/kg)	건물 (%)	수분 (%)	TDN (%)	조단백 (%)	칼슘 (%)	인 (%)	조지방 (%)	
농축사료 (농수)	60	41.58	58.42	20.68	4.49	1.13	0.32	2.1	
대두박	300	91.81	8.19	79.97	31.66	0.05	0.06	13.5	
대두박 (사할수수)	300	92.70	7.30	73.03	37.70	0.04	0.05	0.4	
대두박	80	19.15	80.85	18.39	7.21	0.04	0.04	2.6	
대두박	200	99.44	10.56	76.02	26.06	0.36	0.48	11.8	
대두박	70	18.78	81.22	15.28	4.31	0.04	0.03	2.1	
대두박	300	94.33	5.66	70.00	14.71	0.13	0.07	3.2	
대두박	50	15.09	84.91	11.53	0.87	0.07	0.03	0.8	
대두박	200	86.28	11.72	77.66	12.48	0.05	0.64	17.1	
대두박	200	87.79	12.21	57.08	17.49	0.02	1.62	1.6	
농축사료									
원료사료	단가 (원/kg)	건물 (%)	수분 (%)	TDN (%)	조단백 (%)	칼슘 (%)	인 (%)	조지방 (%)	
대두박	80	84.32	15.68		9.62	19.40	0.43		
대두박	5,600	95.00	5.00						
대두박			100.00						
대두박	2,000	95.00	5.00						
TMR									
원료사료	단가 (원/kg)	건물 (%)	수분 (%)	TDN (%)	조단백 (%)	칼슘 (%)	인 (%)	조지방 (%)	
대두박	195.6	64.29	35.71	44.05	7.27	0.33	0.30	3.8	
대두박	202.7	65.00	35.00	48.59	10.11	0.30	0.26	2.9	
대두박	273.3	65.01	34.99	51.93	10.28	0.38	0.31	2.1	
농축사료									
원료사료	단가 (원/kg)	건물 (%)	수분 (%)	TDN (%)	조단백 (%)	칼슘 (%)	인 (%)	조지방 (%)	
대두박	0.57	220	60.27	39.73	51.24	9.30	1.0	0.8	
대두박	1.30	300	68.67	11.03	70.96	11.73	0.4	2.0	
대두박	1.72	350	67.66	12.11	65.53	15.22	0.6	1.6	
대두박	3.60	440	84.36	15.64	76.43	8.26	0.6	1.0	
대두박	1.15	60	27.90	72.10	19.84	8.10	0.1	0.0	
대두박	0.31	60	41.58	58.42	20.68	4.49	1.1	0.8	
대두박	70	18.78	81.22	15.28	4.31	0.04	0.03	2.1	

〈그림 21〉 위로선택 화면

〈그림 21〉 보충설명

- ① 파란색은 현재 사용 중인 원료를 의미한다.
- ② 회색은 현재 사용 되지 않는 원료를 의미한다.
- ③ 현재 선택된 원료를 의미한다6.
- ④ 원료명 검색을 통해서 원료를 찾을 수 있다.

【예시3】 농가에서 사용할 수 있는 원료가 예시와 다른 경우

⇒ 대두피를 사용하지 않고, 들깨묵을 사용하는 경우

1. 선택된 원료에서 대두피를 더블 클릭한다.
2. 선택된 원료에서 대두피가 빠진 것을 확인한다.
3. 농산부산물에서 들깨묵을 더블 클릭한다.
4. 선택한 원료에서 들깨묵이 들어 온 것을 확인한다.

※주의사항: 보충사료의 경우에는 꼭 필요한 원료만을 선택되어 있기 때문에 만일 원료가 없는 상태라면 반드시 구입을 해야 한다.

원료구분	선택된 원료	배합량 (kg)	단가 (원/kg)	건물 (%)	수분 (%)	TDN (%)	조단백 (%)	합계 (%)
농후사료	당밀(사탕수수)	0.57	220	60.27	39.73	51.24	9.30	1.0
농후사료	대두피	1.33	330	88.97	11.03	70.96	11.73	0.4
농후사료	소맥피(말가물)	3.60	87.85	12.15	65.53	15.22	0.0	0.0
농후사료	옥수수후레이크	4.40	84.36	15.64	78.43	8.26	0.0	0.0
농산부산물	핵주박성	60	27.90	72.10	19.84	8.10	0.0	0.0
농산부산물	벼겨부산물 (짚이)	0.31	60	41.58	58.42	20.88	4.49	1.1
농산부산물	비지(생)	0.64	70	18.78	81.22	15.28	4.31	0.0
농산부산물	엿밥	1.15	200	92.39	7.61	84.71	32.57	0.0
농산부산물	파인애플박	120	30.00	70.00	21.80	2.40	0.0	0.0
조사료	벧질	0.83	212	87.71	12.29	38.29	4.45	0.0
보충사료	비타민광물질첨가제	0.02	2,000	95.00	5.00			

1. 대두피의 삭제방법

원료구분	선택된 원료	배합량 (kg)	단가 (원/kg)	건물 (%)	수분 (%)	TDN (%)	조단백 (%)	합계 (%)
농후사료	당밀(사탕수수)	0.57	220	60.27	39.73	51.24	9.30	1.0
농후사료	소맥피(말가물)	1.72	350	87.85	12.15	65.53	15.22	0.0
농후사료	옥수수후레이크	3.60	440	84.36	15.64	78.43	8.26	0.0
농산부산물	핵주박성	1.15	60	27.90	72.10	19.84	8.10	0.0
농산부산물	벼겨부산물 (짚이)	0.31	60	41.58	58.42	20.88	4.49	1.1
농산부산물	비지(생)	0.64	70	18.78	81.22	15.28	4.31	0.0
농산부산물	엿밥	1.15	200	92.39	7.61	84.71	32.57	0.0
농산부산물	파인애플박	120	30.00	70.00	21.80	2.40	0.0	0.0
조사료	벧질	0.83	212	87.71	12.29	38.29	4.45	0.0
보충사료	비타민광물질첨가제	0.02	2,000	95.00	5.00			

2. 대두피 삭제 확인

원료구분	선택된 원료	배합량 (kg)	단가 (원/kg)	건물 (%)	수분 (%)	TDN (%)	조단백 (%)	합계 (%)
농후사료	당밀(사탕수수)	0.57	220	60.27	39.73	51.24	9.30	1.0
농후사료	대두피	1.33	330	88.97	11.03	70.96	11.73	0.4
농후사료	소맥피(말가물)	3.60	87.85	12.15	65.53	15.22	0.0	0.0
농후사료	옥수수후레이크	4.40	84.36	15.64	78.43	8.26	0.0	0.0
농산부산물	핵주박성	60	27.90	72.10	19.84	8.10	0.0	0.0
농산부산물	벼겨부산물 (짚이)	0.31	60	41.58	58.42	20.88	4.49	1.1
농산부산물	비지(생)	0.64	70	18.78	81.22	15.28	4.31	0.0
농산부산물	엿밥	1.15	200	92.39	7.61	84.71	32.57	0.0
농산부산물	파인애플박	120	30.00	70.00	21.80	2.40	0.0	0.0
조사료	벧질	0.83	212	87.71	12.29	38.29	4.45	0.0
보충사료	비타민광물질첨가제	0.02	2,000	95.00	5.00			

3. 들깨묵 추가

원료구분	선택된 원료	배합량 (kg)	단가 (원/kg)	건물 (%)	수분 (%)	TDN (%)	조단백 (%)	합계 (%)
농후사료	당밀(사탕수수)	0.57	220	60.27	39.73	51.24	9.30	1.0
농후사료	소맥피(말가물)	1.72	350	87.85	12.15	65.53	15.22	0.0
농후사료	옥수수후레이크	3.60	440	84.36	15.64	78.43	8.26	0.0
농산부산물	핵주박성	1.15	60	27.90	72.10	19.84	8.10	0.0
농산부산물	벼겨부산물 (짚이)	0.31	60	41.58	58.42	20.88	4.49	1.1
농산부산물	비지(생)	0.64	70	18.78	81.22	15.28	4.31	0.0
농산부산물	엿밥	1.15	200	92.39	7.61	84.71	32.57	0.0
농산부산물	파인애플박	120	30.00	70.00	21.80	2.40	0.0	0.0
조사료	벧질	0.83	212	87.71	12.29	38.29	4.45	0.0
보충사료	비타민광물질첨가제	0.02	2,000	95.00	5.00			
보충사료	석회석	0.05	50	97.60	2.40			37.0
보충사료	소금	0.05	250	95.00	5.00			
보충사료	종조	0.05	880	99.00	1.00			
농산부산물	임자박(들깨묵)	360	88.79	11.21	55.86	39.01	0.5	

4. 들깨묵 추가 확인

3) 배합비 계산

3-1) 배합비 계산 1

원료선택이 끝나면 배합비 계산화면으로 돌아온 후 하단에 있는 원료사료 배합비 제한(%)에 필요시 사용할 원료사료의 하한과 상한을 지정한다. 예를 들어 비타민광물질첨가제나 소금과 같은 원료사료는 배합비 예시를 참고하여 하한을 지정한다.

이러한 일련의 과정이 끝나면 최종적으로 상단 바에 있는 배합비 계산을 클릭하면 사용자가 입력한 한우의 영양소 요구량에 적합한 사료배합이 하단에 나타난다.

하지만 지정한 한우의 조건에 맞는 영양소와 선택한 사료원료로 지정한 한우의 조건에 맞는 영양소를 맞출 수 없는 경우에는 상단에 허용범위 초과라고 하는 경고문이 나타나며 사료배합이 적절히 이루어지지 않았음을 나타낸다.

이러한 경우에는 영양소함량(%) 우측의 상태 표시와 영양소 공급량에 나타난 적색수치를 참조하여 잘못된 점을 찾아낸다.

<그림 21>에서와 같이 TDN이 부족한 것으로 나타나는 경우에는 TDN 함량이 높은 원료를 추가로 선택하여 사료배합을 하면 된다.

그러기 위해서는 원료선택을 다시 클릭하여 원료선택화면에서 TDN함량이 높은 원료(예를 들어 옥수수후레이크)를 추가로 선택하여 배합비 계산을 다시 시도하면 <그림 23>에서와 같이 TDN함량이 충족되어 계산완료의 녹색 글씨가 나타나 배합비 작성을 완성하게 된다.

		축군 메뉴	거세우 비육중기(17-21)	원료선택	표준 요구량	배합비 계산(F5)	계산 완료	<input checked="" type="checkbox"/> 상세보기	닫기
축종	월령	체중(kg)	일당증체(kg/일)	수분함량(%)		배합기용량(kg)		TMR등록	
				하한	상한				
거세우 육성 및 비육	19	510	1.1	25	40	1000			
항목	영양소 요구량	요구량 제한(%요구량)		영양소 공급량	편차	영양소 함량(%)	상태	잔재가 (원/단위)	
		하한	상한						
수분함량(%)	25.0	100	160.00	35.00	+10.00	35 %원물			
원물섭취량(kg)	13.2	100	115.38	15.23	+2.03		↑	-56.85	
건물섭취량(kg 건물)	9.9	100	100.00	9.90		65 %원물	↑	-60.11	
조사료비율(% 건물)	15.0	100	150.00	15.00		15 %건물	↓	5.83	
TDN(kg)	7.4	100	150.00	7.40		74.75 %건물	↓	758.88	
조단백(g)	1,046.0	100	150.00	1,539.01	+493.01	15.55 %건물			
칼슘(g)	46.0	100	200.00	45.93	-0.07	0.46 %건물	↓	0.45	
인(g)	33.0	100	120.00	39.60	+6.60	0.4 %건물	↑	-17.04	
원료구분	원료명	단가 (원/kg)	배합량(kg)		배합비 (%)	배합비 제한(%)		금액(원/kg)	
			두당	배치		하한	상한	원물	농건물(12%)
합계			15.230	1000	100.00			202.7	274.4
농후사료	단백피(옥글루텐피드)	300	3.046	200	20.00		20.00	60.0	↑ -48.34 87.95 12.05 69.32
	당밀(사탕수수)	220	0.762	50	5.00	3.00	5.00	11.0	↑ -63.20 60.27 39.73 51.24
	비트펄프 (사탕무박)	230	3.046	200	20.00		20.00	46.0	↑ -138.48 86.60 13.40 64.58
	목수수후레이크	440	0.667	44	4.38		10.00	19.3	
농산부산물	맥주박생	60	2.284	150	15.00		15.00	9.0	↑ -5.04 23.06 76.94 19.23
	비지(생)	70	2.057	135	13.51		20.00	9.5	
	쌀겨(생미강)	200	1.096	72	7.20		10.00	14.4	
조사료	벼짚	212	1.287	84	8.45		100.00	17.9	
	보리총체사일리지	150	0.828	54	5.44		100.00	8.2	
보충사료	비타민광물질첨가제	2,000	0.023	2	0.15	0.15	100.00	3.0	↓ 2,113.95 95.00 5.00
	석회석	50	0.027	2	0.18		100.00	0.1	
	소금	250	0.046	3	0.30	0.30	0.30	0.8	↓ 363.95 95.00 5.00
	인산칼슘	850					100.00		
	중조	880	0.061	4	0.40	0.40	100.00	3.5	↓ 996.35 99.00 1.00

〈그림 24〉 배합비 재계산

3-2) 배합비 계산 2 (원료의 상한, 하한의 조절)

배합비를 계산을 하다 보면 사용해야 되는 원료가 배합비 포함이 되지 않는 경우와 구할 수 있는 원료보다 많이 사용되는 경우가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 배합비 제한(%) 하한/상한을 조절을 통해서 사용량을 조절 할 수 있다.

【예시4】 농가에서 비지를 구입해서 배합비에 10%정도를 사용해야 되는 경우

1. 비지의 배합비 제한(%) 하한에 10을 입력한다.
2. 배합비 계산을 클릭한다.
3. 배합비(%)에 비지가 사용되는 것을 확인한다.

※참고 사항: 비지가 사용되지 않는 이유는 다른 원료에 비해서 영양성분 대비 가격이 비싸기 때문에 사용하지 않는 것이다. 만약 비지의 가격이 낮은 경우에는 배합비에 포함되게 된다.

원료구분	원료명	단가 (원/kg)	배합량(kg)	배합비 (%)	배합비 제한(%)	금비
		두당	배치	하한	상한	원물
합계		10.740	1000	100.00		235.1
농후사료	단백피(옥골루원피드)	350			15.00	
	알밀(사랑수수)	220	0.320	30	2.98	3.00
	소맥피(말겨울)	350			100.00	
	옥수수후레이크	440	0.750	70	6.98	7.00
농산부산물	력주박성	60	1.070	100	9.96	10.00
	비식보산물(황이)	60	1.610	150	14.99	15.00
	비지(생)	70				
	말겨(생미갈)	200	0.879	82	8.18	10.00
	보리송제사일리지	150	3.445	321	32.07	100.00

1. 비지가 배합비에 포함 되어 있지 않음

원료구분	원료명	단가 (원/kg)	배합량(kg)	배합비 (%)	배합비 제한(%)	금비
		두당	배치	하한	상한	원물
합계		10.840	1000	100.00		235.8
농후사료	단백피(옥골루원피드)	350			15.00	
	알밀(사랑수수)	220	0.330	30	3.05	3.00
	소맥피(말겨울)	350			100.00	
	옥수수후레이크	440	0.760	70	7.01	7.00
농산부산물	력주박성	60	1.080	100	9.97	10.00
	비식보산물(황이)	60	1.630	150	15.04	15.00
	비지(생)	70	1.080	100	9.97	10.00
	말겨(생미갈)	200	0.841	78	7.76	10.00
	보리송제사일리지	150	1.971	182	18.19	100.00

3. 배합비(%)에 비지 포함 확인

원료구분	원료명	단가 (원/kg)	배합량(kg)	배합비 (%)	배합비 제한(%)	금비
		두당	배치	하한	상한	원물
합계		10.740	1000	100.00		235.1
농후사료	단백피(옥골루원피드)	350			15.00	
	알밀(사랑수수)	220	0.320	30	2.98	3.00
	소맥피(말겨울)	350			100.00	
	옥수수후레이크	440	0.750	70	6.98	7.00
농산부산물	력주박성	60	1.070	100	9.96	10.00
	비식보산물(황이)	60	1.610	150	14.99	15.00
	비지(생)	70				
	말겨(생미갈)	200	0.879	82	8.18	10.00
	보리송제사일리지	150	3.445	321	32.07	100.00

2. 배합비 계산 클릭

원료구분	원료명	단가 (원/kg)	배합량(kg)	배합비 (%)	배합비 제한(%)	금비
		두당	배치	하한	상한	원물
합계		10.840	1000	100.00		233.5
농후사료	단백피(옥골루원피드)	350			15.00	
	알밀(사랑수수)	220	0.330	30	3.05	3.00
	소맥피(말겨울)	350			100.00	
	옥수수후레이크	440	0.760	70	7.01	7.00
농산부산물	력주박성	60	1.080	100	9.97	10.00
	비식보산물(황이)	60	1.630	150	15.04	15.00
	비지(생)	70	2.400	221	22.15	10.00
	말겨(생미갈)	200	0.797	74	7.35	10.00
	보리송제사일리지	150				100.00

4. 비지가 가격이 저렴한경우(참고사항)

마. 배합비 결과 출력

배합비 계산이 완료되어 화면 상단 좌측에 있는 “종합보고서”를 클릭하면 출력할 배합비 단계가 표시되는데 이때 프린트할 사료명을 클릭하여 인쇄시작 버튼을 누르면 선택한 사료의 종합보고서가 나타나고 화면 상단에 프린트 문양을 클릭하면 배합비와 배합기 용량에 맞는 사료첨가량을 인쇄된다.

작업(1) - 원료 등록(4) - 배합비 계산(1) - 종합보고서(4) - 출력(4)									
속보 메뉴		거세우 비육중기(17-21)		원료선택	표준 요구량	배합비 계산(75)	계산 완료	인쇄하기	
속보	발행	원물	알당중량(kg)	수분함량(%)	배합비(kg)				
거세우 육상 및 비육	19	510	1.1	25	40	1000			
항목	영양소 요구량	영양소 요구량	영양소 요구량	영양소 요구량	영양소 요구량	영양소 요구량	영양소 요구량	영양소 요구량	영양소 요구량
수분함량(%)	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
원물첨가량(kg)	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
건물첨가량(kg 건물)	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
조사료비율(%) 건물	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
TDN(kg)	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
조단백(g)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
말염(g)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
인(g)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
원료구분	원료명	단가 (원/kg)	배합량(kg)	배합비 (%)	배합비 제한(%)	금비			
합계		10.840	1000	100.00		233.5			
농후사료	단백피(옥골루원피드)	350			15.00				
	알밀(사랑수수)	220	0.330	30	3.05	3.00			
	소맥피(말겨울)	350			100.00				
	옥수수후레이크	440	0.760	70	7.01	7.00			
농산부산물	력주박성	60	1.080	100	9.97	10.00			
	비식보산물(황이)	60	1.630	150	15.04	15.00			
	비지(생)	70	2.400	221	22.15	10.00			
	말겨(생미갈)	200	0.797	74	7.35	10.00			
	보리송제사일리지	150				100.00			

〈그림 25〉 배합비 출력

원료구분	원료명	단가 (원/kg)	거세우 육성기(6~11)		거세우 비육전기(12~16)		거세우 비육중기(17~21)		거세우 비육후기(23~30)			
			%	kg/배치	%	kg/배치	%	kg/배치	%	kg/배치	%	kg/배치
농후사료	단백피(옥글루텐피드)	300					20,000	200				
농후사료	당밀(사탕수수)	220	4,980	50	5,040	50	5,000	50	5,000	50		
농후사료	비트펄프(사탕무박)	230			15,030	150	20,000	200				
농후사료	소맥피(밀기울)	350	0,000	0	0,000	0			15,000	150		
농후사료	옥수수	420	7,330	73	10,910	109						
농산부산물	맥주박생	60	20,010	200	17,440	174	1,590	16	10,000	100		
농산부산물	버섯부산물(느타리)	60	0,000	0	3,150	32			7,620	76		
농산부산물	비지(생)	70	7,640	76	0,000	0	20,000	200	5,010	50		
농산부산물	쌀겨(생미갈)	200	10,000	100	10,000	100	7,960	80				
농산부산물	엿밥	200							15,000	150		
농산부산물	파인애플박	120	0,000	0					10,000	100		
조사료	넷짚	212	14,150	142	17,970	180	9,110	91	8,010	80		
조사료	보리총체 사일리지	150	20,010	200	20,000	200	15,430	154				
조사료	티모시 흡수기건	600	15,030	150								
보충사료	비타민광물질첨가제	2,000	0,280	3	0,150	2	0,150	2	0,150	2		
보충사료	석회석	50	0,400	4	0,100	1	0,060	1	0,450	5		
보충사료	소금	250	0,180	2	0,230	2	0,300	3	0,400	4		

〈그림 26〉 종합보고서 배합비 인쇄

3. 원료사료의 특성 및 사용시 주의사항

1) 곡류사료(Grains)

가. 옥수수(Corn, Maize)

조섬유 함량이 낮고(2%) 조지방(3~6%)과 전분(70%)함량이 높기 때문에 TDN(80%)과 가소화 에너지(DE) 및 대사에너지(ME)가 곡류사료 중 가장 높으나, 단백질함량(10%)이 낮은 편이다. 황색 옥수수는 백색옥수수보다 비타민 A전구물질인 카로틴(Carotene)함량이 높다. 전분의 반추위내 분해속도가 맥류에 비해 느린 편이며, 기호성이 좋아 반추동물에 사용량 제한은 없다.

나. 보리(Barley)

보리는 TDN이 66%수준으로 옥수수보다 낮으나 단백질함량(12%)과 조섬유 함량이 높고(5~6%), 용적이 크기 때문에 옥수수에 비해 기호성과 에너지가는 낮은 편으로 소에 대한 사료적 가치는 옥수수의 90%정도이다. 보리급여 시, 비육우의 등지방 두께를 얇게 하고, 지방조직의 구성 지방산 중, 팔미틴산(Palmitic acid) 등의 포화지방산이 증가되어 백색의 경지방을 형성하고, 배 최장근 단면적을 넓게하여 도체형질을 개선시키는 효과가 있다. 반추동물용 사료에 20%이내로 제한하는 것이 좋다.

다. 소맥(밀, Wheat)

단위면적 당 수확량과 가소화 에너지와 대사에너지가가 옥수수 다음으로 높으며, TDN은 70%수준이다. 가을의 연질밀과 봄철의 경질밀이 있다. 기호성이 좋으며, 단백질함량은 13~15%이고, 조지방과 조섬유는 2%수준이며 소화율이 높다. 하지만 반추위내 소화속도가 옥수수에 비해 높기 때문에 반추동물에는 20% 정도까지 급여하는 것이 좋다.

라. 수수(Sorghum, Milo)

수수는 옥수수에 비해 조단백질(11~13%)과 회분(2%)함량이 높고, 지방함량(3.5%)은 낮은 편이며, TDN은 76%수준이다. 반추동물용 사료로 이용 시, 약간 분쇄하여 급여하는 것이 효과가 높으며, 옥수수와 유사한 사료적 가치를 가지고 있다. 지방색을 갈색으로 만들고 쓴맛이 나, 기호성과 소화율을 저하시키는 탄닌(Tannin)함량이 갈색수수에 0.6~3.6%, 백색수수에 0.2~0.4% 함유되어 있다.

마. 귀리(연맥, Oat)

보리나 옥수수에 비해 조단백질(13.5%)과 조섬유 함량(13.5%)은 높으나, 에너지(TDN 58%)가 낮아 보리에너지 가치의 90%정도이다. 야생귀리와 흑귀리가 있으며, 이용효율을 높이기 위해 압편이나 분쇄처리를 해 주는 것이 좋으며 기호성이 좋다.

바. 루핀(Lupin)

조성분 함량(조단백질 35.5%, 조섬유 16.5%, TDN 72%)이 대두박과 비슷하여 대두의 65%(총 배합의 10%)까지 대체가 가능하고, 대두박에 비해 메치오닌과 라이신이 부족하다. 알카로이드와 알파-갈락토시드(α -galactoside) 및 항트립신인자 라는 독성물질이 있으나 열처리를 통해 제거할 수 있으며, 황색, 백색, 청색 스위트(Sweet)종은 소량 함유되어 있어 별 문제가 없다.

2) 강피류(Brans)

가. 밀기울

밀 제분 부산물로서 밀기울, 말분이 생산되며, 밀기울(소맥피)은 밀 껍데기, 배아 및 밀가루 등이 섞여 있고, 기호성이 우수하며 인과 섬유질 함량이 높다. 부피가 크고 완화효과 때문에 소와 말 사료로 많이 이용되며, 특히 비육우 사료의 20~30%까지 배합이 가능하다. 밀기울은 가소화 조단백질(DCP 10%)과 가소화영양소 총량(TDN 62%)이 양호하며 펠릿사료의 점착성을 양호하게 한다.

나. 쌀겨(미강)

현미를 백미로 도정하는 과정에서 생기는 부산물로 지방의 제거 여부에 따라 생미강(조지방 17.2%, 조단백질 12.5%)과 탈지강(조지방 1.6%, 조단백질 17.5%)이 있다. 생미강은 변패하기가 쉽고, 탈지강은 배합사료 원료로 사용할 수 있으나 에너지함량이 낮으며, 칼슘 대비 인 함량이 높아 요결석 우려가 있어 비육용 거세우 사료로서는 10% 이내로 사용하는 것이 좋다.

다. 옥수수가공부산물

옥쇄실, 옥수수겨, 옥수수배아, 호미니(Hominy)가 건식가공으로 부터 얻어지고, 전분추출 후 배아박, 글루텐피드, 글루텐밀이 생산되며 글루텐피드는 단백질함량은 23%이나 부피가 크고 기호성이 낮아 단위가축보다 반추가축 사료로 이용되며, 글루텐밀은 단백질함량(43%)과 우회단백질(반추위 미분해 단백질)함량이 높아 반추가축사료로서 사용된다.

라. 단백질(Protein hull)

옥수수 전분과 시럽 제조 부산물(옥수수의 28%정도)로서 단백질이 18%이상 함유되어 있고, 소의 제 1위내에서 빠르게 분해된다. 가소화영양소 함량은 보리와 비슷하다

마. 대두피(Soybean hull)

대두를 탈피하면서 약 12~13%의 대두피가 생산된다. 대두피는 조섬유가 30%, 조단백질은 12%정도로서 에너지 함량이 낮으나 소화율은 매우 높고, 높은 섬유질함량으로 반추위 발효안정에 기여하여 젖소 및 육우용으로 많이 사용된다.

3) 유박류(Oil meals)

가. 대두박(Soybean meal)

모든 가축에 적합하고 가장 많이 이용되는 사료로서 단백질함량이 50%(껍질제거 후, 기름추출)이나 껍질을 제거하지 않으면 44%정도로서 다른 단백질사료의 가격이나 품질을 비교하는 표준이 된다. 가축의 기호성이 높고, 아미노산조성이 다른 식물성단백질 사료에 비해 균일한 편이다. 가열 시, 항 트립신인자가 파괴되고, 요소분해 효소인 Urease가 활성화된다. 반추동물 특히, 어린 송아지에게 우수한 단백질 공급원이지만 반추위 우회단백질 함량(약 30%)이 낮다. 반추동물용 사료에 50%까지 사용 가능하다.

나. 면실박(Cotton seed meal)

목화를 수확하고 남은 씨앗(전지면실)에서 기름을 추출한 것으로 조지방(3.1%)과 조섬유(13~17%) 함량이 높은 편이나, 조단백질 함량은 약 32%로서 낮은 편이다. 반추위내 대사열이 가장 낮아 여름철 기호성 저하를 방지할 수 있다. 반추가축에게는 우수한 단백질 공급원으로서 일반적으로 15%이내로 첨가하고 있다.

※ 전지면실 : 통면실은 TDN 97.8%, 조지방 18.3% 조단백질 22.6%, 조섬유 25.8%로서 에너지 함량이 높으며, 지방에 함유되어 있는 지방산의 일부가 유선조직으로 이행되어 유지율을 향상시키기 때문에 면실 자체를 하루에 1~2kg정도 급여하면 효과가 있는 것으로 알려져 있다(권장량 1.8~3kg/일) 또한, 반추위내에서 수분 함유 시, 부피 팽창성이 있어 반추를 유도할 수 있는 특징이 있어 TMR사료 원료로서 많이 사용되고 있다.

다. 채종박(Rape seed meal)

유채종실에서 기름을 추출하고 남은 것으로서 국내에서는 대두박 다음으로 많이 이용되고 있는 단백질 공급원으로서 종실 자체는 애완용 조류의 사료로 사용되기도 한다. 단백질함량이 37%로서 사료에 20%까지 사용 가능하지만, 갑상선 비대물질인 고이트린(Goitrin)이 함유되어 있어 습열처리를 하여야 한다. 개량종으로서 타워(Tower)종과 캐놀라(Canola)가 있어 수확량과 가격 경쟁 면에서 유리하다. 반추동물용 사료에 7%이내로 제한하는 것이 좋다.

라. 야자박(Coconut meal)

코코야자열매의 과육을 건조한 코프라(Copra)에서 기름을 추출하고 남은 부산물로서 코프라 밀 혹은, 코코피트라라고도 하다. 수분 5%, 단백질이 20%, 조섬유가 12%로서 단백질함량은 박류 중에서 낮은 편이나, 반추가축에게 매우 좋은 사료로서 사료 중 20%까지 사용가능하다.

마. 땅콩(낙화생)박(Peanut meal)

땅콩에서 기름을 짜고 남은 찌꺼기로서 껍질의 양과 가공처리 시 열처리의 정도에 따라 품질이 다르다. 단백질함량은 약 40%이며, 조섬유는 7% 수준으로서 대두박에 비해 라이신, 메티오닌, 트레오닌, 트립토판 함량은 아르기닌 함량과 마그네슘, 망간 및 셀레늄 함량은 높고, 바람직하지 않은 옥살산 (Oxalic acid)이 0.16% 들어있다. 땅콩박은 트립신 저해인자 제거 및 변질 시, 아플라톡신 생성에 주의하여야 하며, 소의 사료로서 15%까지 사용할 수 있다.

바. 아마인박(Linseed meal)

아마종실로부터 기름 추출 후 부산물로서 조단백질 34~38%, 조섬유 9%, 칼슘 0.42%, 인 0.87%가 들어있고, 셀레늄(Se) 공급원(1 ppm)이다. 가축의 기호성이 좋고, 당단백질인 뮤신(Mucin)이 함유되어 있어 소나 말에게 급여 시 털에 윤기가 난다. 열처리하지 않은 경우 청산(KCN)이 함유되어 있고, 다량 급여 시, 지방용점이 낮은 연지방이 합성되어 도체품질이 떨어지는 경향이 있다. 반추동물에는 5~10%까지 배합가능하다.

사. 잇꽃박, 연지박(Safflower meal)

잇꽃은 껍질과 종실이 40 : 60비율이지만 가공하여 지방을 추출한(36~40%) 잇꽃박은 껍질이 60%나 되어 에너지 함량과 소화율이 낮아 돼지나 가금류 사료로 적합하지 않다. 조단백질 함량이 18~22%이며, 함유황아미노산과 라이신 함량이 낮은 반면, 조섬유가 30%이상 되기 때문에 비육우용 고 에너지 사료의 완충사료로서 적합하다.

아. 호마박(참깨묵) (Sesame meal)

참깨에서 기름을 추출한 잔여물로서 완화제 성질이 있으며, 조단백질 함량이 44~48%로서 임자박 보다 높으나 기호성이 좋지 않고, 에너지와 아미노산 이용률이 낮다. 메치오닌(Methionine)

과 트립토판(Tryptophan)함량은 높으나, 라이신(Lysine)함량이 낮아 대두박과 병용해서 사용하는 것이 좋다. 반추가축용 사료로서 훌륭한 단백질 공급원이나 과다급여 시, 연지방이 생성될 수 있다.

자. 임자박(들깻묵) (Perilla meal)

들깨로부터 기름을 추출한 흑갈색의 부산물로서 조단백질함량은 30~40%이며, 항영양성 인자가 포함되어 있지 않은 양질의 단백질 사료이다. Lysine이 제한 아미노산이며, 조섬유 함량(17~19%)이 높아 에너지 이용효율은 낮다.

차. 해바라기박(Sunflower meal)

세계적으로 해바라기는 유실류로서 대두 다음으로 많이 생산되며, 추출 시, 껍질부분의 유무에 따라 영양소 함량이 다양하다. 단백질 함량은 41~47%이며, 종실 껍질 때문에 조섬유 함량은 15~24%로서 비교적 높은 수준이다. 라이신(Lysine)함량이 매우 적으나 메치오닌(Methionine)과 아르기닌(Arginine), 칼슘(Ca), 인(P), 마그네슘(Mg), 비타민 B군과 카로틴(Carotene) 함량이 대두박보다 많으며, 탈피하지 않은 해바라기박은 반추동물 사료로만 이용할 수 있고, 대두박의 1/3과 대체 가능하다.

4) 농식품부산물(Agri-food by-products)

가. 두부박(비지)

두부박은 두부 또는 두유 공장에서 배출되며, 대두로부터 수용성 물질이 상당히 빠져나간 상태이다. 에너지, 지방, 단백질, 섬유소 함량이 높고, 원료나 제조 공정에 따라 성분 변이도는 큰 편이다. 아미노산 조성은 유사물인 대두박과 비슷하였으나, 라이신 성분비는 상대적으로 낮고, 히스티딘과 트레오닌 함량은 높은 편이다. 비지는 기호성이 좋으며, 소화율이 높고, 풍부한 양질의 섬유소 성분은 동물의 변비 예방에 도움이 될 수 있다. 비지에 옥분, 당밀, 균제를 혼합한 발효사료를 전체 사료의 40% 수준에서 거세 비육 한우에게 급여할 때 증체 성적은 양호한 편이었다. 비지 단독 급여시 한우에는 20% 이내가 적당하다.

나. 맥주박(Brewer's grain)

맥주나 엿기름을 제조하는 과정에서 나온 맥아보리나 다른 곡류와 혼합된 잔류물을 생 맥주박(영양가치 건조맥주박의 1/4수준)이라고 한다. 생 맥주박은 변질이 잘 되므로(수분 73%) 건조를 시키든지, 당밀과 곡류를 첨가하여 사일리지 제조 및 TMR원료로 사용한다. 맥주박 자체에 효모균이 있어 사료 제조 후, 발효가 일어나 기호성이 향상된다. 맥주박은 열량(TDN 62%)이 낮고, 섬유소함량(23%)이 높아서 단위가축용 사료로서는 적합하지 않으나 반추동물용 사료로서 TMR에 20%정도 사용되고 있다.

다. 주정박(Distiller's grain)

곡류의 전분발효 후, 알콜을 수거한 알콜증류 폐액박으로 건조 또는, 생 주정박을 사료로 사용할 수 있다. 옥수수가 알콜 생산을 위해 가장 많이 쓰이며, 밀, 호밀, 수수도 사용된다. 주정박은 맥주박에 비해 가축의 기호성은 떨어지지만, TDN(80%)과 조단백질 함량(27%)은 높고, 반추위 미분해 단백질 함량이 높아, 반추가축사료로서 배합사료의 25%까지 사용할 수 있다.

라. 설탕제조 부산물 (Sugar byproducts)

사탕무우잔사(Sugar beet pulp), 사탕수수잔사(Sugar cane bagasses) 및 당밀(Molasses)로 나뉘어진다.

사탕무우잔사인 비트펄프의 에너지 함량(TDN 75.8%)은 옥수수의 85%정도이며, 조섬유 함량은 15~20%수준이며, 단백질함량은 9.9%로서 옥수수에 비해 약간 높은 편이다. 소화율이 높고, 제 1위내에서 수분흡수에 의한 팽창성이 있어 많이 급여하면 건물섭취량이 제한 받을 수 있으므로 소의 경우 1일 3kg이내로 급여할 수 있다.

사탕수수잔사인 바게스는 사탕수수 수확 시, 잎을 건조 가공하여 5~7cm로 절단한 것으로 볏짚과 성분이 비슷하나 조회분과 실리카 함량은 낮다. 조섬유가 43%로서 소화율과 에너지 함량이 낮으며(TDN 28%), 육성우 사료로서 좋으며, 1일 두당 3~5kg 급여하는 것이 적당하다.

당밀은 사탕무우나 사탕수수를 가공하여 설탕제조공정에서 얻어진 점액성 물질로서, 열량보충 이외에도 가축의 기호성향상, 펠렛의 결합제, 반추위 미생물 활력 촉진, 미량 영양소 공급 및 비단백태 질소와 비타민 운반체로서 사용된다. 거세우 사료에 3-10%첨가수준에서 효과적으로 이용된다.

마. 전분제조 부산물

고구마, 감자, 옥수수, 밀 등에서 전분을 제조하고 남은 잔사(전분박)로서 원료의 약 51.8%가 생산되며 수분이 약 80%되어 저장 및 취급이 용이하지 않다. 영양소 함량이 높지 않으나(가용무질소물, 60~70%; 조단백질 5~11%, 조섬유 11%, 조지방 3.4%), 발효 건조시켜서 비육우 사료로서 효과적으로 사용할 수 있다.

바. 과일부산물

① 감귤박

과실류 가공 부산물의 생산은 매우 지역적이고도 계절적인 특성을 띠고 있다. 감귤박은 주스를 만들고 나오는 부산물로서 우리나라에서는 제주도에서 겨울철에 수십만 톤이 집중적으로 배출된다. 사과박과 비슷한 영양적 성분을 보이며, 섬유질가공사료 제조 시 유산발효 기질로 이용되며, 섬유소의 소화율은 50% 전후로 높지 않으나, 에너지가(TDN)는 높은 편이다. 또한 비타민 C가 풍부하며, 반추동물은 이를 체내에서 생합성할 수 있으나, 스트레스가 심한 경우에는 여분의 비타민 C 급여가 도움이 될 수 있다. 대부분 그대로(건물 17%) 또는 압착(건물 30%)하여 습식 형태로 급여된다. 젖소 사료에의 적정 급여량(건물 기준)은 15% 수준인 것으로 보아 비육우에 있어

서도 이 수준 내외에서 응용될 수 있다. 하지만 지방색이 노랗게 변하여 비육후기에는 사용을 하지 않는 게 좋다.

② 사과박

사과박은 신선한 상태로는 고 에너지(TDN 74%), 저 단백질(CP 5.6%) 부산물 사료로서, 단백질 이용성이 극히 낮다. 기호성이 매우 좋아서, 신선한 그대로 급여되기도 하나, 장기간 저장을 위하여 혐기발효 또는, 인공열 건조 되기도 한다. 고기소에의 적정 급여량은 15~20% 수준이다.

③ 당근박

당근박은 함수율이 매우 높으며, TMR 습식사료의 원료로 이용된다. 당근박 사일리지는 TDN이 78~84% 정도로서 옥수수 사일리지(68%)보다도 높고, 단백질 함량은 10.0% 정도이며, 카로틴(carotene) 함량이 옥수수보다 17배 높다.

④ 배박

배박은 사과박과 유사한 화학적 성분을 보이며, 기호성이 매우 좋고, 신선한 그대로 급여되며, 에너지가(TDN)는 60% 정도로서 사과박 사료적 가치의 89% 수준이다.

⑤ 포도박

포도박은 사과박 보다 건물, 단백질, 섬유소 함량이 높고, 비섬유소 탄수화물 함량은 상당히 낮아 TDN 함량도 32% 정도로 매우 낮은 편이다. 대부분 신선한 그대로 급여되나 인공 건조되기도 한다. 고기소에의 최대 급여량은 15~20% 수준이다.

⑥ 토마토박

토마토박은 함수율이 너무 높아 취급이 곤란하나, 옥수수작물과 혼합하여 혐기발효시키는 것이 효율적이며, 이의 영양적 가치는 옥수수 사일레지에 필적한다.

사. 맥아근

맥아근은 맥주 제조 공정에서 맥주박, 맥아피와 함께 생산된다. 쓴맛이 나서 기호성이 떨어지므로 다른 사료와 혼합하여 급여하며, 그 수준은 15% 이하가 무난하다. 맥아근에는 미지성장인자가 들어있다고 알려져 있으며, 고 단백질 사료(조단백질 30% 이상)에 속하고, 아미노산 조성은 대두박과 비슷하다. TDN은 71% 이다. 비육우 사료에의 최대 이용량은 15% 수준이다. 맥아피는 저 지방, 저 단백질, 고 섬유소 특성을 가진다.

아. 제과제빵 부산물

제과제빵 부산물은 고 에너지 사료에 속하며, 소금 함량이 높고, 지방 함량의 변이도가 높으며, 소 사료의 30%까지는 기호성 문제없이 급여할 수 있다. 제빵부산물 급여 시 증체율과 도체

및 육질 특성에 뚜렷한 차이 없이 거세 비육우 사료의 옥수수알곡 75%, 대두박 65%를 대체할 수 있다. 옥수수알곡을 대체하면서 사료 건물의 30%까지 건조 제과부산물을 급여할 때 건물과 유기물 섭취량 및 장쇄 지방산과 섬유소 소화율은 감소하고, 증체율과 사료효율은 비슷하며, 갈비 지방 두께는 증가하는 것으로 나타나, 결과적으로 적정 급여량은 30% 이하의 수준인 것으로 보인다.

자. 버섯부산물

버섯부산물(일명 폐배지 또는 재배잔사)는 최근에 버섯 재배량의 급증과 함께 많은 양이 배출된다. 버섯부산물은 버섯재배방식별로 크게 폐면 주원료와 톱밥 주원료 부산물로 분류되며, 여기에 농장 여건에 따라서 다양한 부원료(옥공이, 면실피, 면실박, 비트펄프, 미강 또는 밀기울)가 첨가된다. 일반적으로 팽이버섯부산물은 톱밥 대신 옥공이를 사용하므로 느타리나 새송이 버섯보다 사료가치가 우수하다. 버섯부산물은 병원성미생물, 독성중금속과 잔류농약의 오염이 거의 없고, 곰팡이가 핀 부산물의 아플라톡신 수준도 매우 낮아 위생적으로 안전하다. 그러나 자체 높은 함수율로 인해 부패가 빠르게 진행되기 때문에 저장 1~3일 내에 이용하여야 하며, 곰팡이 핀 버섯부산물의 동물 급여는 피하여야 한다.

차. 엿밥(Malt meal)

엿밥은 엿을 만들 때, 쌀을 불려서 찐 밥에 엿기름을 부어서 식히면 엿감주(단술)가 되는데, 여기서 엿물을 짜고 남은, 점성이 없는 찌꺼기를 말한다. 주 원료는 옥수수나 호박 등, 다양하며 기호성이 좋다. 옥수수 엿밥의 경우, 수분함량은 약 53%정도되며, 건물기준으로 TDN 88%, 조단백질 36%로서 고 영양소원으로서 변질에 주의하고, TMR 배합시 다양한 모양의 덩어리를 잘게 부수어 주어야 한다.

카. 장유박(Soy sauce cake)

콩, 탈지콩, 밀, 밀기울 등을 사용하여 만들어지는 간장 부산물로서 고압에 의한 압착으로 생성된 장유박은 수분함량이 15~19%이다. 염도가 5~7%나 함유되어 사료배합 시 유의해야 하나, 아미노산과 염분이 결합되어 있어 변질의 우려가 적다. 단백질함량은 23~30%이며, 한우의 경우 일일 500g까지 급여할 수 있으나 다량 급여 시, 체지방을 연하게 하는 결점이 있다

한국가축사양표준(한우)

2017년 11월 인쇄

2017년 11월 발행

발행인 : 최유림

편집인 : 이상재, 권응기, 장선식, 기광석, 정기용, 양승학

발행처 : 농촌진흥청 국립축산과학원

농촌진흥청 국립축산과학원

(55365)전라북도 완주군 이서면 콩쥐팍쥐로 1500

Tel 063-238-7000 / Fax 063-238-7199

<http://www.nias.go.kr>

발간등록번호 : 11-1390906-000334-13

ISBN : 978-89-480-4820-9 93520
