

최 종 보 고 서

보안과제(), 일반과제(O)

과제번호 : 308001-3

발 간 등 록 번 호

11-1541000-001035-01

청보리와 호밀 TMR을 이용한 한우 및 낙농 사양 프로그램 개발

(Development of feeding programs with whole crop barley
and rye TMR for the beef and dairy cattle)

충북대학교

농 립 수 산 식 품 부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “청보리와 호밀 TMR을 이용한 한우 및 낙농 사양 프로그램 개발에 관한 연구” 과제(제1세부과제 - 주요 동계 사료작물의 성분 분석 및 사료가치 평가와 한우 사양 프로그램 개발; 제1협동과제 - 동계 사료작물을 포함하는 낙농용 TMR 개발; 제2협동과제 - 동계사료작물을 이용한 TMR 제조기술 개발 에 관한 연구”)의 보고서로 제출합니다.

2011 년 11 월

주관연구기관명 : 충북대학교산학협력단
주관연구책임자 : 송 만 강
세부연구책임자 : 송 만 강
연 구 원 : 최 성 호
연 구 원 : 김 광 립
연 구 원 : Shinekhuu Jugder
연 구 원 : 지 병 주
협동연구기관명 : 고려대학교산학협력단
협동연구책임자 : 손 용 석
연 구 원 : 이 병 주
연 구 원 : 이 진 성
연 구 원 : 함 상 욱
연 구 원 : 배 동 훈
협동연구기관명 : (주)바이오사료연구소
협동연구책임자 : 김 광 수
연 구 원 : 이 천 호
연 구 원 : 진 안 수

요 약 문

I. 제 목 : 청보리와 호밀 TMR을 이용한 한우 및 낙농 사양 프로그램 개발

제 1 세부 : 주요 동계 사료작물의 성분 분석, 사료가치 평가 및 한우 사양프로그램 개발
(충북대학교)

제 1 협동 : 동계 사료작물을 포함하는 낙농용 TMR 모델 개발 (고려대학교)

제 2 협동 : 동계사료작물을 이용한 TMR 제조기술 개발(주 바이오사료연구소)

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 필요성

- 1) 세계적인 대체 에너지원 개발 추세 및 기상이변 등 대외적인 여건변화로 국내 사료 수급 불안정이 우려되며, 쇠고기 등의 축산물 수입 개방 확대에 따른 국산 축산물의 생산비 절감 등으로 국제경쟁력 강화가 시급한 실정임.
- 2) 국제 곡물가격의 급등 추세에 따른 국내 소(한우 및 젖소) 사육농가의 경쟁력 향상을 위해서는 곡류사료 대체 가능한 양질 조사료의 자급생산기반의 구축이 시급함.
- 3) 아울러 사료의 자급을 향상과 부존 사료자원 개발이 시급한 실정임.
- 4) 뿐만 아니라, 축산농가의 수요 확충을 위한 상품성 제고와 소 사육농가에 대한 축종별 사양 단계별 급여프로그램을 보급할 필요가 있음.
- 5) 우리나라의 사료작물은 대부분 답리작으로서 토지 사용 및 기상조건상 수확작업일수가 짧아 품질관리가 어렵고 허실량이 막대함. 현재 청보리 등 사료작물은 수확과 동시에 재배지 현장에서 대형 곤포사일리지로 포장하여 유통되고 있으나 높은 수분 및 이물질(흙 등) 함유로 인한 변질 및 발효 저하 등의 문제가 발생되어 왔음. 이에 따라 청예사료작물의 TMR을 이용한 제조기술 및 유통기술 개발이 시급함.
- 6) 따라서 청보리와 청호밀 등 양질의 부존 조사료 자원인 동계사료작물을 소(한우 및 젖소) 사육에 적극 활용함으로써 한우고기와 우유의 생산비를 절감하고, 이를 위한 사양(생산) 단계별 급여프로그램을 보급할 것으로 기대됨. 아울러 사료작물 재배 동기부여 통한 동절기 경종농가의 소득증대에 기여할 수 있을 것임.

2. 목적

- 1) 사육농가로 하여금 청보리 및 호밀에 대한 사료가치와 이용방법을 가축(한우 및

젖소) 사양농가에 제공하고, 과학적 급여관리 프로그램을 제공하여 동계 사료작물의 효율적인 이용성을 높이고자 함.

2) 이에 따라 국내 가축 사육농가로 하여금 안정적으로 양질 (조)사료의 안정적인 공급을 보장케 하며, 궁극적으로 동계 사료작물의 생산량(면적)을 높일 수 있는 계기를 마련하는 한편 축산농가의 이용확대를 도모하여 사료작물 생산농가와 소(한우 및 젖소) 사육농가 모두에 이로운 경제 여건을 창출시키고자 함.

3) 기존의 배합사료 중심 급여방법에 비해 보다 경제적이고 원료(사료작물 및 농산부산물) 다양성인 최적 TMR 제조기술을 개발코자 함.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 제 1 세부과제 [충북대학교]

- 사일리지 형태로 제조한 동계사료작물(청보리 및 호밀을 비롯한 다양한 사료작물 사일리지)의 사료가치를 한우 고급육 생산을 위한 TMR용 원료의 관점에서 비교 검증
- 한우를 대상으로 대한 사양시험을 실시함으로써 TMR 원료조사료로 벧짚의 대체효과를 생산성과 경제성 측면에서 비교
- 사양시험 결과를 토대로 최적 배합비를 적용하여 사양효과의 극대화를 겨냥한 각 축종별 TMR 모델을 생산단계별로 수립
- 거세한우용 동계 사료작물 TMR 제조를 위한 배합비 개발
- 동계 사료작물 TMR을 활용한 한우 용 사양 프로그램 개발

2. 제 1 협동과제 [고려대학교]

- 청예맥류 곤포사일리지용 시료채취기(core sampler)를 개발하여 대형(직경 120cm 이상) 원형 곤포의 심부로부터 대표성 있는 시료를 채취하여 수분 및 성분분석의 최적화를 도모함
- 곤포사일리지 형태로 제조한 동계 사료작물(청예보리, 청예호밀)의 사료가치를 착유우 TMR용 조사료 원료의 이용 측면에서 사료영양적 특성을 *in vitro* 실험을 통하여 비교 검증함
- 착유우를 대상으로 한 사양시험을 실시함으로써 TMR 원료조사료로 기존의 수입 화분과 건초의 대체효과를 낙농생산성과 경제성 측면에서 비교함
- 사양시험 결과를 토대로 최적 배합비를 적용하여 사양효과의 극대화를 겨냥한 착유우용 TMR 모델을 젖소의 생산수준(단계)별로 수립함
- 청예맥류 사일리지-TMR 제조를 위한 최저가격 배합비 개발

3. 제 2 협동과제 [바이오사료연구소]

- 동계사료 작물의 적정 입자도 및 성상 분석 조사 및 수분 함량에 따른 배합효과 규명
- 청보리 및 청호밀 곤포사일리지 사용 TMR의 수분함량에 따른 배합효과 연구
- 동계 사료작물(청보리, 청호밀)의 효율적 보관이용에 관한 실험
- 최저가격 TMR생산을 위한 동계사료작물의 경제성 비교
- 국내산 조사료를 이용한 TMR 제품개발

IV. 연구개발결과

1. 제 1 세 부 : 주요 동계 사료작물의 성분 분석, 사료가치 평가 및 한우 사양프로그램 개발 (충북대학교)

시험 1. 사료작물 사일리지의 단백질 분획 및 borate-phosphate buffer 추출이 *in vitro* 발효 성장, gas 발생 그리고 분해율에 미치는 효과

본 시험은 여러 종류(호밀, RS; 벧짚, RSS; 소맥, WS; 트리티케일, TS; 귀리, OS; 청보리, BS)의 사일리지를 대상으로 단백질을 분획(fractionation)하고, *in vitro* 방법으로 buffer 추출 전과 추출 후의 사일리지를 배양하였을 때 반추위 미생물에 의한 발효성장, 가스발생량 및 분해율을 조사하고자 실시되었다. 사일리지의 가용성 물질은 borate-phosphate 용액으로 추출하였으며, 반추위액과 인공 타액이 동일한 비율로 구성된 배양액을 혐기적인 조건에서 48시간 동안 배양(39℃)하면서 발효 성장과 nylon bag을 이용한 사일리지의 *in vitro* 분해율을 조사하였다. 사일리지의 soluble protein(SP) 함량은 RSS에서 총 CP 함량 중 2.11%로 가장 낮았으며, RS와 BS 및 OS에서는 7% 이상의 높은 함량을 보였다. 또한 A fraction(NPN)은 RS에서 총 CP의 74.33%로 가장 높았으나 TS 및 RSS의 NPN 함량은 48% 정도로 비교적 낮았다. Buffer 불용성 단백질(IP) 중 B₂ fraction은 RS, RSS 및 WS에서 총 CP의 7% 이상으로 비교적 높았던 반면 TS(1.45%)와 BS(2.13%)에서 매우 낮았다. 이와는 달리 B₃ fraction은 WS(4%)를 제외하고는 다른 사일리지에서 5.99~15.20%의 함량을 보였다. 체내 이용성이 매우 낮은 C fraction은 벧짚 사일리지(RSS)에서 27.07%로 다른 종류의 사일리지(1.40~9.93%)에 비하여 현저히 높은 수준이었다. 배양 12시간까지는 추출 전에 비하여 추출 후의 사일리지 배양액에서 pH가 높았으나(P<0.01~P<0.001) 48시간에는 오히려 추출 전의 사일리지 배양액의 pH가 낮았다(P<0.01). 배양액의 ammonia-N는 모든 사일리지에서 추출 전의 농도가 추출 후의 농도에 비하여 현저히(P<0.01~P<0.001) 높았으나 사일리지 종류에 의한 영향을 받지 않았다. 모든 사일리지에서 추출 후에 비하여 추출 전의 VFA 농도가 현저히 증가되었다(P<0.01~P<0.001). Acetate의 조성 비율은 buffer 추출 전에 비하여 배양 24시간까지 추출 후 모든 사일리지에서 높았던(P<0.01~P<0.001) 반면 propionate와 butyrate 비율은 배양 24시간까지 추출 전에 더 높았다(P<0.001). 배양 12시간까지는 buffer 추출 전의 사일리지로부터 더 많은(P<0.01~P<0.001) 양의 gas가 발생되었지만 그 후로(24~48시간)는 오히려 buffer로 추출된 후의 사일리지에서 발생량이 더 많았다(P<0.01). 추출 후에 비하여 추출 전 사일리지의 DM과 CP 분해율이 현저히(P<0.001) 높았으나 NDF 분해율의 경우 오히려 추출 후의 사일리지에서 높았다(P<0.001). 그러나 각 사일리지에 대한 buffer 추출 전 후의 평균치에서는 사일리지 간에 차이가 없는 것으로 나타났다.

본 시험의 결과로 미루어 보아 사일리지로 인해 현저히 증가된 NPN 함량이 사일리지의 단백질 이용율을 크게 낮출 것으로 보이며, 단백질을 포함한 buffer 가용성 물질은 사일리지의

초기 발효를 크게 촉진할 수 있는 것으로 여겨진다.

시험 2 : 시험용 사료작물의 성분 및 사일리지 발효특성

본 연구는 청보리와 청호밀 수확시기를 중심으로 각각 1주일 전과 1주일 후에 수확한 후 이들 동계사료작물의 수확시기별 주요 성분 함량과 이들 silage의 일반 성분을 분석하고 발효성상 및 분해특성을 평가하기 위하여 실시되었다.

건물 함량은 청보리 및 청호밀 모두에서 수확시기가 다소 늦어질수록 다소 증가되는 경향을 보였다. 그러나 조단백질 함량은 청보리 및 청호밀 모두에서 수확 적기에 가장 높은 수준을 보였다. 수확시기가 늦어질수록 조지방 함량이 다소 감소되었지만 청보리 및 청호밀간의 차이가 없었다. 청보리의 NDF 함량이 청호밀보다 다소 낮은 것으로 조사되었다.

사일리지 제조 이전의 청보리 및 청호밀의 성분과는 달리 청보리 사일리지의 건물 함량이 32.14%로 청호밀 사일리지(31.73%)보다 다소 높았다. 청보리 사일리지의 pH(4.64)가 청호밀 사일리지(4.32)에 비해 다소 높은 경향을 보였으나 청호밀 사일리지의 젖산 함량(3.27mg/g, 사일리지 건물)과 암모니아 농도(25.2mg/g, 사일리지 건물)가 다소 높은 편이었다. 배양액의 pH 및 암모니아 농도는 사일리지의 종류에 의한 영향을 받지 않았다.

청보리 사일리지의 경우 12시간까지는 청호밀사일리지에 비하여 총 VFA 농도가 다소 높은 경향을 보였으나 그 이후로는 두 종류의 사일리지 간 차이가 없었다. 주요 지방산(acetate, propionate 및 butyrate)의 조성에서도 두 종류의 사일리지에 의한 차이가 발견되지 않았다.

조사된 대부분의 성분에서 청호밀 사일리지의 분해율이 다소 높았으나 두 종류의 사일리지 간 차이는 매우 작았다.

시험 3. 소에 의한 다양한 사일리지의 이용율 및 TDN 평가

본 시험은 국내에서 생산되어 곤포형태로 포장된 청보리 사일리지, 호밀 사일리지, 이탈리아 라이그라스 사일리지 및 수단그라스(수수 × 수단그라스 교잡종) 사일리지의 반추위 내 발효특성과 분해율 및 전장소화율과 TDN을 평가하기 위해 반추위 누관이 장착된 소 4두를 대상으로 실시되었다.

사일리지가 반추위액의 pH에 거의 영향하지는 않았으나 사일리지 급여 후 3시간에서 다른 종류의 사일리지를 섭취한 경우와 비교할 때 수단그라스 사일리지를 섭취한 소의 반추위액의 암모니아 농도가 7.28 mg/100 ml로 가장 낮았다($p < 0.049$). Acetate 조성 비율은 다른 종류의 사일리지에 비해 수단그라스 사일리지 급여 1시간($p < 0.018$), 3시간($p < 0.004$) 및 6시간($p < 0.019$) 후에 채취한 반추위액에서 높은 수준을 보였으며, propionate 조성 비율은 사일리지 급여 후 6시간까지 호밀 사일리지와 청보리 사일리지를 섭취한 소에서 높은($p < 0.001 \sim p < 0.042$) 반면 수단그라스 사일리지를 섭취한 소에서 가장 낮았다. Butyrate 조성 비율은 사일리지 급여 후 대부분의 반추위액 채취 시간(1~6시간)에 걸쳐 청보리 사일리지를 섭취한 소에서 가장 낮은($p < 0.007 \sim p < 0.027$) 것으로 나타났다. 반추위 내 건물의 유효분해율은 호밀 사일리지에서 59.64%로 가장 높았으며, 그 다음으로 청보리 사일리지(56.12%) 및 이

탈리안 라이그라스 사일리지(55.64%)에서 높았고 수단그라스 사일리지의 유효분해율이 54.02%로 가장 낮았다 ($p < 0.048$). 이러한 경향은 조단백질 ($p < 0.014$) 및 유기물($p < 0.039$)의 유효분해율에서도 비슷한 것으로 조사되었다. 수단그라스 사일리지 내 건물($p < 0.032$), NDF ($p < 0.034$) 및 유기물 ($p < 0.041$)의 전장소화율은 다른 종류의 사일리지에 비하여 현저히 낮았으나 다른 세 종류의 사일리지 간에는 차이가 없었다. 전장소화율을 이용하여 산출된 TDN 값은 호밀 사일리지 61.1%로 가장 높았으며 ($p < 0.001$), 청보리 사일리지, 이탈리아 라이그라스 사일리지 및 수단그라스 사일리지의 TDN 값은 각각 57.1, 57.9 및 50.7%인 것으로 조사되었다.

이상의 결과로 미루어 보아 국내에서 생산, 이용되고 있는 사료작물 사일리지의 성분이 VFA 조성 비율 및 소화율에 영향을 미치는 것으로 보이며, 특히 사일리지의 NDF 함량이 소화율에 기초를 둔 TDN 값에 크게 영향을 미치는 것으로 여겨진다.

시험 4. 거세 한우 비육 전기용 청보리 및 호밀 silage TMR의 체내 이용성 조사

본 연구는 국내에서 생산된 주요 동계 사료작물인 청보리 및 청호밀 사일리지를 이용하여 거세 한우의 비육 전기용으로 조제된 TMR의 소 체내 이용성을 배합사료 및 볏짚으로 구성된 관행 사료와 비교하고자 반추위 누관이 장착된 소 3두를 이용하여 3 x 3 Latin square design 방법으로 실시되었다. 전체 처리구에 걸쳐 시판 농후사료와 볏짚 또는 사일리지의 비율을 70:30의 비율로 혼합하여 사용하였다(급여상태 기준). 시험축에는 각 처리별로 공히 1일 8kg의 TMR(건물 기준)을 2회로 나누어 급여하였다.

반추위액의 pH는 전체 채취기간에 걸쳐 사료(처리)간 큰 차이는 없었으나 볏짚 TMR에서 가장 높은 경향을 보인 반면 청호밀 사일리지 TMR에서 가장 낮은 경향을 보였다. 암모니아 농도의 경우 사료 급여 3시간 이후에는 볏짚 TMR을 급여한 소의 반추위액에서 대체로 낮은 경향을 보인 반면 사일리지 TMR 간에는 거의 차이가 없었다.

사료급여 후 초기(1시간)에는 관행 사료 급여구 총 VFA 농도가 TMR 사료 급여구에 비하여 다소 높은 경향을 보였으나 6시간 이후에는 두 종류의 TMR을 급여한 처리구의 총 VFA 농도가 관행사료 급여구에 비하여 다소 높은 비율을 보였다. 두 종류의 TMR 간에는 차이가 없는 것으로 나타났다. Acetate 조성 비율은 청보리 사일리지 TMR 급여구에서 다소 높은 반면 propionate 비율은 다소 낮은 것으로 나타났다. Butyrate 조성 비율은 처리간 차이가 없었다. 건물($P < 0.024$), NDF($P < 0.024$) 및 ADF($P < 0.045$)의 반추위 내 유효 분해율은 관행사료에 비하여 사일리지 TMR에서 높았으며 조단백질 분해율 역시 사일리지 TMR에서 높은 경향을 보였다. 특히, 섬유소에 속하는 NDF와 ADF 분해율이 청호밀 사일리지에 비하여 청보리 사일리지에서 더 높았다. 또한 건물, 조단백질 및 조지방의 전장소화율은 관행사료에 비하여 사일리지 TMR 급여구에서 높은 경향을 보였으며, 특히 NDF($P < 0.048$) 및 ADF($P < 0.041$)의 소화율은 사일리지 TMR 급여구에서 현저히 높은 결과를 보였다. 그러나 사일리지 TMR 간에는 조사된 성분에서 차이가 없는 것으로 나타났다.

본 시험에서의 결과를 종합하면 다음과 같다. 즉, 거세한우 비육 전기용 배합사료와 볏짚을 분리 급여하는 관행적인 사료 급여방법에 비하여 사일리지 TMR의 체내 이용율이 개선되었으며, 청보리 사일리지 TMR 간에는 거의 차이가 없는 것으로 나타났다.

시험 5. 거세 한우 비육 중기용 청보리 및 호밀 silage TMR의 체내 이용성 조사

본 연구는 국내에서 생산된 주요 동계 사료작물인 청보리 및 청호밀 사일리지를 이용하여 거세 한우의 비육 중기용으로 조제된 TMR의 소 체내 이용성을 배합사료 및 볏짚으로 구성된 관행 사료와 비교하고자 반추위 누관이 장착된 소 3두를 이용하여 3 x 3 Latin square design 방법으로 실시되었다. 관행사료 급여구(대조구)에는 1일 두당 7kg(비육 중기용 배합사료 5.6kg 및 볏짚 1.4kg, 건물 기준)을, 그리고 청보리 사일리지 TMR구(BS-TMR) 및 청호밀 사일리지 TMR구(RS-TMR)에는 1일 두당 8kg(건물 기준)을 각각 동일한 양으로 2등분하여 2회(08:00 및 18:00)에 걸쳐 급여하였다. 두 종류의 사일리지 TMR 모두에 각각 기타 원료사료와 사일리지를 80:20의 비율(급여상태 기준)로 혼합하여 조제하였다.

반추위액의 pH는 전체 채취시간에 걸쳐 시험사료간 유의적인 차이는 없었지만 대조구 사료에 비하여 사일리지 TMR 급여구에서 다소 높은 경향을 보였으며, 암모니아 농도 역시 처리간 차이가 없었으나 사료 급여 후 3시간부터 청보리 사일리지를 급여한 소의 반추위액에서 다소 낮은 경향을 보였다.

반추위액의 총 VFA 농도는 사료 급여 후 6시간 까지 다른 처리구에 비하여 청호밀사일리지 TMR(RS-TMR)을 급여한 처리구에서 상대적으로 높았다. 반추위액의 acetate(C₂)의 조성 비율은 반추위액의 모든 채취시간에 걸쳐 TMR을 급여한 처리구에서 높은 경향을 보였으며, 대조구인 관행사료 급여에 비하여 TMR 사료 급여 직전(P<0.005) 및 급여 후 9시간(p<0.048)에서 현저히 높은 비율을 보였다. Propionate(C₃) 조성 비율의 경우 사료 급여 후 1시간에 대조구 사료에 비하여 사일리지 TMR을 섭취한 소에서 높은(p<0.046) 반면 butyrate(C₄) 조성 비율은 대조구에서 다소 높은 경향을 보였으며, 사료 급여 1시간 후에 TMR 사료 급여구에 비하여 현저히(p<0.029) 높은 것으로 나타났다.

다른 사료에 비하여 청호밀 사일리지 TMR에서 건물 유효분해율(EDDM) 및 조단백질 유효분해율(EDCP)이 높은 경향을 보였다. 또한 NDF의 경우 관행사료에 비하여 청보리 및 청호밀 사일리지 TMR에서 높은 b 값(p<0.039) 및 c 값(p<0.006)으로 인하여 TMR의 유효분해율(EDNDF)이 관행사료보다 높은(p<0.049) 것으로 나타났다.

조사된 모든 주요 성분(DM, CP, EE 및 NDF)에서 관행사료에 비하여 사일리지 TMR의 전장소화율이 다소 높았으며, TMR 중 청호밀 사일리지 TMR(RS-TMR)의 소화율이 NDF를 제외한 성분에서 청보리 사일리지 TMR보다 소화율이 다소 높은 경향을 보였다.

본 시험 결과를 종합하면, 청보리 또는 청호밀 사일리지 TMR의 체내 영양소 이용율이 관행 사료에 비하여 다소 개선된 결과를 보였는데, 이는 TMR이 반추위 내 발효 안정화에 기여하였으며 아울러 TMR의 섬유소 소화율이 더 개선되었기 때문인 것으로 여겨진다. 그러나 동계사

료작물 사일리지의 품질이 사료작물의 수확시기 등에 따라 달라질 수 있으므로 향후 이점이 고려된 동계사료작물 TMR의 소 체내 이용성 조사가 필요한 것으로 사료된다.

시험 6. 거세 한우 비육 후기용 청보리 및 호밀 silage TMR의 체내 이용성 조사

본 연구는 국내에서 생산된 주요 동계 사료작물인 청보리 및 청호밀 사일리지를 이용하여 거세 한우의 비육후기 용으로 조제된 TMR의 소 체내 이용성을 배합사료 및 볏짚으로 구성된 관행 사료와 비교하고자 반추위 누관이 장착된 소(평균 650kg±25kg) 3두를 이용하여 3 x 3 Latin square design 방법으로 실시되었다. 관행사료 급여구에는 1일 두당 8kg(비육 후기용 배합사료 7.2kg 및 볏짚 0.8kg, 건물 기준)을, 그리고 청보리 사일리지 TMR구 및 청호밀 사일리지 TMR 처리구에는 1일 두당 7.8kg(건물 기준)을 각각 동일한 양으로 2등분하여 2회(08:00 및 18:00)에 걸쳐 급여하였다. 두 종류의 사일리지 TMR 모두에 각각 기타 원료사료와 사일리지를 80:20의 비율(급여상태 기준)로 혼합하여 조제하였다. 시험동물은 시험기간 동안 각각의 대사실에서 관리되었으며, 물과 린칼볼릭은 자유로이 섭취토록 하였다.

전체 채취시간에 걸쳐 반추위액의 pH, 암모니아 농도 및 총 휘발성지방산 농도는 시험사료 간 차이가 없었다. Acetate(C₂)의 조성 비율은 사료 급여 후 1시간에서 청보리 사일리지를 섭취한 처리구(BS-TMR)에서 낮은(P<0.033) 값을 제외하고는 대부분의 채취시간에서 처리간 차이가 없는 것으로 나타났다. Propionate(C₃) 및 butyrate 조성비율과 C₂/C₃ 비율 역시 모든 채취시간에서 처리간 차이가 없었다.

비육 후기용 시험사료 내 건물, 조단백질 및 NDF의 분해관련 parameter 중 a 값과 각 성분의 유효분해율이 관행사료에 비하여 사일리지 TMR에서 다소 높은 경향을 보였으나 시험사료간 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 조사된 모든 주요 성분(DM, CP, EE 및 NDF)에서 관행사료에 비하여 사일리지 TMR의 소화율이 다소 높은 경향을 보였으며, 청보리 사일리지 TMR(BS-TMR)와 청호밀 사일리지 TMR(RS-TMR) 간에는 조사된 모든 성분에서 차이가 없었다.

시험 7. 거세 한우에 대한 청보리 사일리지 및 호밀 사일리지 TMR 급여가 증체 및 육질특성에 미치는 효과

본 연구는 주요 동계사료작물인 청보리와 청호밀을 이용한 TMR 급여가 한우 거세우의 생산성과 사료비, 그리고 도체특성과 등급판정 및 배최장근의 이화학적 특성에 미치는 효과를 조사함으로써 한우를 대상으로 사일리지 TMR을 보다 효율적으로 활용할 수 있음은 물론 두 종류 사료작물을 이용한 한우 사료급여(사양관리) 프로그램을 개발하기 위해 한우 거세우 송아지 80두를 대상으로 육성기에서 비육후기까지 총 680일에 걸쳐 실시되었다. 거세한우 송아지를 사료 급여형태 및 급여기간에 따라 다음과 같이 총 5개 처리구를 두었다. 즉, 성장 단계 별로 계획된 급여 프로그램에 따라 배합사료와 볏짚을 분리급여하는 관행사양구, 청보리 사일리지 TMR 또는 청호밀 사일리지 TMR을 비육 중기까지 자유채식토록 하고 비육 후기에는 관행사

양구와 동일한 방법으로 사료를 급여하는 처리구, 그리고 청보리 사일리지 TMR 또는 청호밀 사일리지 TMR을 비육 후기까지 자유채식토록 하는 처리구를 두었다. 각 처리 당 거세된 송아지 16두 썩을 배치하였으며, 처리 당 거세한우 송아지를 4두씩 4개의 pen에 수용하였으며, 완전임의배치 방법으로 처리구를 배치하였다. 본 사양시험 결과를 요약하면 다음과 같다.

한우 거세우의 증체는 관행사양구에 비해 육성기, 비육전기 및 비육중기에서 청보리 및 청호밀 사일리지 TMR을 섭취한 처리구에서 다소 높았으나 비육후기에서는 관행사양구의 한우에서 다소 높은 것으로 나타났다. 총 증체량 및 일당 증체량은 청보리 및 청호밀 사일리지 TMR을 섭취한 처리구에서 다소 높았다. 사료비는 섭취량에 비례하는 경향을 보였는데, 두당 kg 증체 당 사료비는 관행사양구의 한우에 비해 청보리 및 청호밀 사일리지 TMR을 섭취한 한우에서 다소 낮은 것으로 평가되었다. 또한 비육후기까지 사일리지 TMR을 자유채식토록한 처리구(BS-TMR II 및 RS-TMR II)에 비하여 비육중기까지 사일리지 TMR을 섭취하고 비육후기에는 관행사료를 섭취한 처리구(BS-TMR I 및 RS-TMR I)에서 두당 kg 증체 당 사료비가 다소 감소된 것으로 추정되었다.

사일리지 TMR이 관행사료 급여에 비해 한우 거세우의 도체중, 등지방 두께 및 배최장근 면적을 다소 증가시켰으나 육량지수를 낮추었다($P < 0.047$). 다른 시험사료에 비해 청보리 사일리지 TMR이 근내지방도를 다소 낮추었으나 육질 1등급 이상 출현두수에는 처리 간 차이가 없었다. 대체로 관행사료 급여로 인하여 육량등급이 다소 개선된 것으로 나타났다. 한우 거세우 내 배최장근(*longissimus dorsi*)의 수분, 조단백질, 조지방 및 조회분 함량과 보수력, Drip loss, 가열감량 및 pH는 시험사료에 의한 영향을 받지 않았다. 그러나 전단력은 사일리지 TMR을 섭취한 한우에 비해 관행사양 방법으로 비육된 한우에서 현저히(< 0.046) 낮았으나 사일리지 TMR을 섭취한 처리구 간에는 차이가 없었다.

2. 제 1 협동 : 동계 사료작물을 포함하는 낙농용 TMR 모델 개발 (고려대학교)

본 연구의 목적은 착유우 TMR용 조사료로서 각종 동계작물 곤포사일리지의 영양적 가치와 경제성을 조사하는 것으로, 이를 달성하기 위하여 젖소의 비유시험을 포함한 일련의 연구를 수행하였다.

1) 1차년도 :

일차적으로 동물실험에 돌입하기 전 공시할 조사료에 대한 객관성 있는 영양학적 분석을 유효화 하기 위한 첫 단계로 시료채취 단계에서의 시료의 대표성 확보를 위한 일환으로 곤포의 심부에서 시료를 채취할 수 있는 채취기를 개발하고 합리적인 채취방법을 모색하였다. 여기에는 총 3종의 채취기와 1종의 공이가 해당되며 실험연구를 통하여 효과적으로 대표시료를 채취하는데 도움을 주었다.

한편으로, 간이 수분정량법의 유효성을 조사하기 위하여 총체보리, 총체보리사일리지, 생뽕짚곤포사일리지 및 TMR에 대하여 전통적 Drying Oven법과 간이 Microwave 법 간에 수분농

도 측정치를 비교한 결과 방법 간에 통계적 유의차가 나타나지 아니함으로써($p>0.05$) 현장에서의 단시간 수분측정 방법의 유효성이 확인되었다.

비유시험에서는 착유우 TMR용 조사료 원료로서 총채보리 곤포사일리지(BS)와 옥수수사일리지(CS)의 영양적 가치 및 경제성을 비교해보기 위하여 비유중후기의 Holstein 착유우 114두를 공시한 비유실험을 4주간 실시하면서 산유량과 유조성을 조사 기록하였다. CS-TMR 급여군은 BS-TMR 급여군에 비해 사료 섭취량이 약 1~2kg 높았으나 통계적인 유의차는 나타나지 않은 반면, 산유량은 CS-TMR 급여군이 더 높은 것으로 나타났으며($p<0.05$), 유성분조성은 두 군간에 큰 차이를 보이지 않았다. 조수입은 CS-TMR 급여 시 2,793원 높았으나 TDN 1kg당 사료비는 BS-TMR 이용 시 1,391원 더 저렴한 것으로 분석되었다.

결론적으로 옥수수사일리지에 버금갈 정도로 총채보리사일리지는 착유우 TMR용 조사료로서 영양적 가치가 충분하다고 판단되었으며 농가 여건에 따라서 옥수수사일리지는 약간의 에너지 보충과 함께 총채보리사일리지로 충분히 대체할 수 있을 것으로 사료된다.

2) 2차년도 :

TMR용 조사료로 이용할 때 총채보리 곤포사일리지를 수입조사료인 클라인그라스 건초와 비교하는 비유실험으로, 유생산성과 농가의 경제성에 미치는 영향을 알아보고자 비유후기의 Holstein 착유우 34두를 대상으로 비유시험을 수행하였다. BS는 전북 김제지역에서 곤포형태로 제조한 것이며, 옥수수사일리지는 경기 이천지역에서 고정식 사일로에 제조한 것을 공시하였다.

총 16주간의 비유시험 결과, 건물섭취량은 BS-TMR 급여군이 유의적으로 높았으나($p<0.05$) 산유량에서는 유의적인 차이가 인정되지 않았으며, 유성분 역시 마찬가지로 두 초종 간에 통계적인 차이가 관찰되지 않았다. 경제성을 분석한 결과, 1일 평균 두당사료비는 BS-TMR이 166원 적게 소요되었으며 TDN 1kg당 사료비 역시 BS-TMR이 1,298원 저렴한 것으로 나타났다.

이상의 결과를 기초로 할 때 총채보리사일리지를 착유우용 TMR의 기초 조사료로 이용하는 경우, 수입 건초에 의존하는 TMR시스템의 경우에 비해 착유우의 영양생리적인 측면과 생산성에 아무런 영향을 주지 않으면서도 사료비를 절감할 수 있으며, 가격대비 에너지 공급 측면에서는 수입 건초에 비해 더 저렴하므로 농가의 경제성 개선에 기여하는 한편으로 수입조사료 감축효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

3) 3차년도 :

총채보리사일리지(BS)와 이탈리아라이그라스사일리지(IRGS)를 주조사료로 하는 TMR을 착유우에 급여하였을 때, 산유량과 유성분 및 경제성에 미치는 효과를 비교해보기 위해 수행하였다. 공시 IRGS와 BS는 공히 전북 김제지역에서 제조한 것을 사용하였다. 홀스타인 착유우 28두를 2개 군에 배치하여 17주간 급여시험을 실시하였다.

13주의 본 사양기간에서 나타난 두당 평균 건물섭취량은 IRGS-TMR 급여군이 유의적으로

많았으며($p < 0.05$), 두당 평균 지방보정유량(4%FCM)에서도 IRGS-TMR 급여군은 BS-TMR 급여군보다 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.05$). 유대수입과 사료비를 기초로 경제성을 분석한 결과에 의하면, IRGS-TMR 급여는 BS-TMR 급여시에 비해 조수입이 982원/일/두 더 많은 것으로 나타났다. IRGS가 TDN kg당 가격은 BS를 이용하는 경우에 비해 높았지만, 사료효율과 산유량 및 유대수입 등의 결과를 감안할 때 IRGS가 비유성적과 경영수익 두 가지 측면에서 보다 유리한 착유우 TMR용 조사료인 것으로 나타났다.

3. 제 2 협동 : 동계사료작물을 이용한 TMR 제조기술 개발(주, 바이오사료연구소)

3년간에 걸친 연구의 주제는 “공장형 TMR 생산을 위한 이용확대 방안”이라 할 수 있는데, 동계사료작물의 이용을 확대하기 위해서는 수입조사료를 많이 사용하고 있는 TMR공장에서 수입조사료 대신 국내산조사료의 사용을 늘리는 것이다. 이런 측면에서 TMR공장에서 사용할 수 있는 동계사료작물의 수분이나 물리적 성상에 따른 배합효과를 규명하고 보관방법 및 기호성을 규명하고자 본 실험을 수행하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 청보리를 TMR에 사용하고자 할 경우 15분 이상 배합하는 것이 좋으며, 호밀은 20분 이상 배합하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

2) 청보리 곤포사일리지를 비육용 TMR 원료로 사용할 때 수분함량에 따른 배합효과에는 유의적인 차이가 없었으나 호밀 곤포사일리지는 수분이 25% 이하인 사료에서 배합효과에 오차가 나타날 수 있는 것으로 판단된다.

3) 청보리 곤포사일리지의 TMR 사용비율은 40%까지도 무난하나 수분 40%인 TMR을 만들 경우 수분이 있는 맥주박 등의 부산물을 동시에 사용하는 것이 배합오차를 줄일 수 있는 것으로 판단된다.

4) 곤포사일리지를 보관할 때 횡보관(가로)보다는 종보관(세로)하는 것이 수분의 변화가 적어 바람직하며 호밀보다는 청보리의 수분변화가 크게 나타나는 것으로 확인되었다.

5) 동계사료작물의 기호성은 이탈리아라이그라스>호밀>청보리 순으로 좋은 것으로 나타났으며, 경제성 비교분석에서 RFV 상대가격은 이탈리아라이그라스>청보리>호밀 순으로 좋은 것으로 나타났다.

6) 곤포사일리지를 TMR공장에서 다량 이용하기 위해서는 이물질 문제와 발표 품질의 안정은 물론 보관, 운반 등 여러 가지 숙제를 안고 있는 것이 사실이다. 품질에 있어 곤포사일리지의 수분문제만 아니라 조속히 RFV 등을 이용한 품질 기준이 설정되는 것이 매우 중요할 것으로 판단된다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

1. 목표달성도

○ 제1세부과제 (주요 동계 사료작물의 성분 및 사료가치 평가 및 한우 사양프로그램 개발) :

목표 100% 달성

1) 1차년도 연구 :

시험 1. 사료작물 사일리지의 단백질 분획 및 borate-phosphate buffer 추출이 *in vitro* 발효
성상, gas 발생 그리고 분해율에 미치는 효과

시험 2 : 시험용 사료작물의 성분 및 사일리지 발효특성

시험 3. 소에 의한 다양한 사일리지의 이용율 및 TDN 평가

시험 7. 한우 거세우의 육성기 사양시험

2) 2차년도 연구 :

시험 4. 거세 한우 비육 전기용 청보리 및 호밀 silage TMR의 체내 이용성 조사

시험 5. 거세 한우 비육 중기용 청보리 및 호밀 silage TMR의 체내 이용성 조사

시험 7. 한우 거세우의 비육 전기 및 비육 중기 사양시험

3) 3차년도 연구 :

시험 6. 거세 한우 비육 후기용 청보리 및 호밀 silage TMR의 체내 이용성 조사

시험 7. 한우 거세우의 비육 후기 사양시험 및 도체특성 조사

○ 제1협동과제 (동계 사료작물을 포함하는 낙농용 TMR 모델 개발) : 목표 100% 달성

1) 1차년도 연구 :

시험 1. 곤포사일리지용 시료채취기 개발

시험 2. 간이 수분정량법 개발

시험 3. TMR용 조사료로서 청보리 및 옥수수사일리지의 영양적 가치 평가

시험 4. 착유우 사양시험을 통한 영양사료적 가치평가

2) 2차년도 연구 목표

시험 1. 곤포사일리지 시료채취 및 수분정량법의 기술적 유효성 검증

시험 2. 청보리사일리지의 영양사료적 가치 평가시험

시험 3. 공시 TMR의 배합설계 및 공시 TMR의 사료영양적 가치 평가

시험 4. 착유우에 대한 TMR 급여시험 및 경제성 분석

3) 3차년도 연구 :

시험 1. TMR용 조사료로서 청보리 및 이탈리아라이그라스 사일리지의 비교 평가

시험 2. 착유우에 대한 TMR 사양시험 및 경제성 분석

제2협동과제 (동계사료작물을 이용한 TMR 제조기술 개발) : 목표 달성

1) 1차년도 연구 :

시험 1. 동계사료 작물의 적정 입자도 및 성상 분석 조사

시험 2. 수분 함량에 따른 배합효과 규명

2) 2차년도 연구 :

시험 1. 호밀 곤포사일리지사용 TMR의 수분함량에 따른 배합효과 연구

시험 2. 청보리 곤포사일리지의 TMR 사용비율에 따른 배합효과 연구

시험 3. 호밀 곤포사일리지의 적정입자도 및 성분분석 조사

시험 4. 동계 사료작물(청보리, 호밀)의 효율적 보관이용에 관한 실험

3) 3차년도 연구 :

시험 1. 동계사료작물의 기호성 비교실험

시험 2. 최저가격 TMR생산을 위한 동계사료작물의 경제성 비교

시험 3. 국내산 조사료를 이용한 TMR 제품개발

본 연구 결과의 목표 달성도를 요약하면 다음과 같다 :

① 국내에서 생산되는 사료작물(청보리, 청호밀 사일리지 및 기타 조사료 자원) 및 이들을 이용한 TMR로 한우 사육(비육)을 위한 사료적 가치를 성분 분석과 in vitro 및 대사시험을 통해 다양하게 조사하였으며, 그 시험 결과를 총 실제 한우 사양시험 결과의 해석에 활용하였다.

② 사양시험의 경우, 계획된 바와 같이 80두(5처리)의 거세 한우 송아지를 대상으로 사양단계별로 청보리 사일리지 및 청호밀 사일리지를 이용한 TMR 사료를 관행 사양방법인 배합사료와 조사료의 분리급여 방법과 비교함으로써 기본적인 조사항목인 섭취량, 증체량, 사료효율은 물론 사료비 소요량을 비교하였고, 도체등급과 도체 특성 등도 조사함으로써 당초의 연구 목표를 성실하게 달성하였다.

③ 당초 계획된 사일리지 TMR을 이용한 한우 사료급여 프로그램의 예상 증체량(그림 7-2)이 실제 본 연구 결과와 매우 흡사하게 나타났기 때문에 본 연구에 적용된 TMR 사료급여 프로그램에 큰 변형 없이 차후의 한우 사육에 직접 이용이 가능할 것으로 여겨진다. 따라서 본 연구의 한우 성단단계별 사료 급여 프로그램을 제시코자 하였다.

④ 젖소에 대한 사양시험은 실험실에서 수행되는 연구에 비하여 고유의 현장성을 가지고 있

어 상업농과의 협조상의 어려움은 해당초의 목표 달성에 적지 않은 장애가 되었다. 그럼에도 불구하고 일련의 실험연구 수행을 통하여 전술한 결론에 도달하였다는 점에서 본래의 연구목표를 충실히 달성한 것으로 자체 평가된다.

⑤ 3년 동안 TMR 배합비에 적용할 수 있는 기술적 내용들을 연구한 바, 적정 TMR 배합시간, 적정 TMR의 수분함량, 국내산 조사료의 사용비율, 곤포사일리지의 보관방법 및 동계사료작물의 경제성 등을 조사함으로써 사일리지의 이용상 문제점을 해결하려 하였으며, 아울러 사일리지 TMR의 이용성 개선과 현장 적용을 위한 기초 자료를 확보하였다.

⑥ 총 3년에 걸쳐 한우 및 젖소를 대상으로 실시된 일련의 연구는 그동안 동계사료작물을 이용한 TMR의 부분적인 연구 결과를 크게 보완하는 계기가 된 것으로 여겨진다. 무엇보다도 동계 사료작물의 보급 확대를 위한 각종 기초자료를 도출하였으며, 거세 한우의 육성기에서 비육 후기에 이르는 전 사육기간에 걸쳐 동계사료작물(청보리 및 청호밀) 사일리지 TMR을 폭넓게 이용할 수 있는 guideline 역할을 할 수 있다는 점이다.

⑦ 한우 사육농가를 대상으로 본 연구와 관련된 사일리지 TMR의 활용 방법을 2회에 걸쳐 교육하였고, 사일리지 TMR의 활용 효과에 대해 수차례에 걸쳐 언론에 홍보하였으며 사일리지의 시료 채취 도구 제작에 관한 특허도 출원하였다. 그러나 연구 결과의 논문화(학회지 게재)는 당초의 목표만큼 달성하지 못하여 향후 2년간에 걸쳐 국내외 학회지에 본 연구 결과를 다수 게재할 예정이다.

2. 연구성과 목표 및 달성

(단위 : 건수)

구분		특허		신품종				유전 자원 등록	논문		기타
		출원	등록	품종 명칭 등록	품종 생산 수입 판매 신고	품종보호			SCI	비SCI	
						출원	등록				
1차년도	목표	1						0	1	학술발표	
	달성	1						0	0	1	
2차년도	목표							1	2	학술발표	
	달성								1	4	
3차년도	목표							1	2	학술발표	
	달성							0	0		
계	목표	1	1					2	5	학술발표	
	달성	1	1					0	1	5	

* 연차별 연구성과 목표는 향후 연차평가 등의 정량적 평가지표로 활용됨

3. 연구성과 활용 목표 및 달성

(단위 : 건수)

구분		기술실시(이전)	상품화	정책자료	교육지도	언론홍보	기타
활용건수	목표	3		1	3	1	
	달성	1			2	4	

4. 연구개발결과의 활용방안

- 본 연구를 통하여 조사된 다양한 동계사료작물 사일리지의 소 체내 이용율 및 TDN 함량은 향후 이들 사료작물을 이용한 TMR 조제시 배합율 작성에 매우 유용하게 이용될 수 있음
- 사료작물을 이용한 TMR 조제를 위한 배합율은 생산성과 경제성 등을 감안할 때 실제 한우 사육농가의 TMR 자가 조제에 직접 활용될 수 있음
- 본 연구에 활용된 거세 한우의 사료급여(사양관리) 프로그램 역시 한우 사육농가에 이전되어 직접 활용이 가능함
- 특허 출원된 곤포사일리지용 시료 채취장비(출원번호 10-2009-0029701)
2011년 등록이 완료되면 지식재산권 확보와 함께 제품화가 가능하며, 국내 유통중인 각종 곤포형 사일리지는 물론, 시료채취와 관련된 산업적 용도의 각종 평가에 이용될 수 있을 것으로 사료됨
- 국내 지역별로 동계 사료작물의 답작재배와 사일리지 제조를 가속화 하며, 현재 낙농사료의 경우 90% 이상, 한우사료의 12% 이상을 점유하고 있는 TMR의 원료조사료로서 청보리와 이탈리아라이그 라스를 비롯한 동계조사료의 생산 이용이 확대될 것으로 예상되며, 그에 필요한 기초자료로 활용될 것임
- TMR의 기본을 이루는 조사료의 이용효율을 높임으로써 궁극적으로 축산농가의 사료비 부담을 경감시킬 수 있음
- TMR 배합 시 적정 TMR 배합시간, 적정 TMR의 수분함량, 국내산 조사료의 사용비율, 곤포사일리지의 보관방법 및 동계사료작물의 경제성 등이 조사되어 사일리지의 이용상 문제점을 해결할 수 있음

○ 본 연구결과는 매뉴얼로써 지역 농업기술센터 및 영농인을 대상으로 하는 교육 지도용 자료로 활용될 수 있음

SUMMARY

1. Development of feeding programs with whole crop barley and rye TMR for the beef and dairy cattle (Chungbuk National University)

Experiment 1. Protein fractionation of whole crop silages, and effect of borate-phosphate buffer extraction on *in vitro* fermentation characteristics, gas production and degradation

Protein fractionation was evaluated from whole crop silages of rye(RS), wheat(WS), triticale(TS), oat(OS) and barley(BS), and rice straw, and *in vitro* trial was made to examine the effect of silage and extraction of soluble protein on fermentation characteristics, total gas production and degradation. Soluble protein of silages was extracted with borate-phosphate buffer, and fermentation characteristics, gas production and degradation of silages were estimated by incubating anaerobically the mixed solution of strained rumen fluid and artificial saliva(1:1, v/v) containing dried and ground silages placed in nylon bag at 39°C up to 48h. Soluble protein(SP) content was lowest for RSS as 2.11% in total CP compared to those for other silages. Highest A fraction(NPN) was observed from RS(74.33% of total CP) while those from TS and RSS were relatively low(48%). B₂ fraction was relatively higher for RS, RSS and WS than for TS and BS. B₃ fraction was lowest in WS among silages. C fraction(27.07) in RSS was higher than those(1.40~9.93%) in other silages. pH in incubation solution was increased(P<0.01~P<0.001) for extracted silages up to 12h but decreased(P<0.01) at 48h for non-extracted ones. Contents of ammonia-N(P<0.01~P<0.001) and total VFA(P<0.01~P<0.001) were higher for non-extracted silages than for extracted ones. Acetate proportion was increased(P<0.01~P<0.001) in buffer extracted silages while those of propionate and butyrate were decreased(P<0.001) up to 24h incubation. Increased(P<0.01~P<0.001) total gas production was obtained from non-extracted silages up to 12h while gas production was increased(P<0.01) in extracted ones thereafter. *In vitro* degradation of dry matter and CP was increased(P<0.001) in non-extracted silages but that of neutral detergent fiber was increased(P<0.001) in extracted ones without difference among silages. Difference in mean values of degradability for each silage prior to- and post extraction with borate buffer, however, was not found among silages. It may be concluded that high NPN content of silages may reduce the protein availability in silages and borate buffer soluble components in silages can stimulate the early stage of fermentation.

Experiment 2. Analysis of chemical composition of whole crops and fermentation characteristics of their silages

The study was conducted to determine nutrient composition of whole crop barley or whole crop rye 1 week prior to or 1 week after optimal harvesting day, and to estimate the nutrient composition, fermentation characteristics and degradability of the corresponding silages *in vitro*.

The DM content was tended to increase in both whole crop barley or whole crop rye as the harvesting day become late but highest CP content was obtained from the both whole crops at optimal harvesting day. No difference was found in EE content between whole crops but their contents in EE were slightly decreased as the harvesting day become late. The DNF content in whole crop barley was lower than in whole crop rye.

While the DM and pH of whole crop barley silage were slightly higher than that of whole crop rye silage, contents of ammonia-N and lactate tended to be higher in whole crop rye silage than in whole crop barley silage.

The pH and ammonia-N content were not influenced by whole crop silages while total VFA content in culture solution of whole crop barley silage was slightly higher than that of whole crop rye silage up to 12 h incubation. No differences were observed in proportions of major fatty acids (acetate, propionate and butyrate) between two silages. The differences *in vitro* degradability of most components between silages were very small.

Experiment 3. Estimation of availability and TDN of various silages by cattle

The metabolism study was conducted with four ruminally fistulated cattle to examine the fermentation characteristics and effective degradability (ED) in the rumen, and whole tract digestibility and TDN values of various silages (whole crop rye, RS; whole crop barley, BS; Italian ryegrass, IRGS and sudangrass, SGS) which were produced in Korea.

The pH of rumen fluid were not greatly affected by silage at most times after feeding but SGS decreased ($p < 0.049$) the ruminal ammonia-N concentration as 7.28 mg/100 ml at 3h after feeding compared to other silages. An acetate proportion from SGS feeding was higher at 1h ($p < 0.018$), 3h ($p < 0.004$) and 6h ($p < 0.019$) after feeding than those from other silages. The propionate (C₂) proportion, however, was

greater($p < 0.001 \sim p < 0.042$) for the RS and BS than the corresponding values of other silages up to 6h after feeding while the lowest C_2 proportion was observed from SGS. The butyrate proportion was lowest($p < 0.007 \sim p < 0.027$) in the cattle fed BS at 1 ~ 6h after feeding among silages. An ED of dry matter(DM) in the rumen was highest($P < 0.048$) for RS as 59.64%, and was reduced in the order of BS(56.12%), IRGS(55.64%) and SGS(54.02%). Similar tendency was observed in the EDs of crude protein($p < 0.014$) and organic matter($p < 0.039$). The whole tract digestibility of DM($p < 0.032$), neutral detergent fiber($p < 0.034$) and OM($p < 0.041$) of SGS was greatly reduced. The TDN value based on whole tract digestibility of silages was highest for RS as 61.1%, and TDN values of BS, IRGS and SGS were 57.1%, 57.9% and 50.7%, respectively. Based on the results obtained from the present study, components in various whole crop silages produced in Korea might affect the ruminal VFA proportion, and especially, NDF content could greatly influence on the TDN value of silage calculated based on the NDF content.

Experiment 4. Examination of availability of whole crop barley silage and whole crop rye silage TMR for early fattening of Hanwoo steers in the cattle

The metabolism study was conducted to examine the fermentation characteristics and effective degradability(ED) in the rumen, and whole tract digestibility of whole crop silage based TMR manufactured for early fattening of Hanwoo steers in comparison with conventional feeding of concentrate and roughage. Three ruminally fistulated non-lactating Holstein cattle were used in a 3 x 3 Latin square design. Diets were prepared by mixing 70% concentrate and 30% chopped rice straw(DM basis, control), 70% concentrate and 30% whole crop barley silage(DM basis, BS-TMR) and 70% concentrate and 30% whole crop rye silage(DM basis, RS-TMR). The cattle were fed 8kg(DM basis) twice(08:00 and 18:00) daily divided into two in an equal amount.

pH in the rumen fluid of cattle fed control diet(RS-TMR) tended to be high while low in cattle fed BS-TMR. Ammonia-N content was slightly lower for control diet 3 hour after morning feeding than for silage TMRs without difference between them. The silage TMRs slightly increased total VFA of rumen fluid after 6 hour after feeding compared to control diet. Slightly increased acetate proportion but slightly decreased propionate proportion was observed from BS-TMR compared to the other diets.

The ED of DM($P < 0.024$), NDF($P < 0.024$) and ADF($P < 0.045$) in the was higer for silage TMR than for rice TMR(control). The ED of NDF and ADF tended to be higher for BS-TMR than for RS-TMR. Whole tract digestibility of DM, CP and EE of silage

TMRs was slightly higher than those of control, and digestibility of NDF($P<0.048$) and ADF($P<0.041$) was higher for silage TMR than control diet(RS-TMR) with no difference between silage TMR.

Experiment 5. Examination of availability of whole crop barley silage and whole crop rye silage TMR for middle fattening of Hanwoo steers in the cattle

The metabolism study was conducted to examine the fermentation characteristics and effective degradability(ED) in the rumen, and whole tract digestibility of whole crop silage based TMR manufactured for middle fattening of Hanwoo steers in comparison with conventional separate feeding of concentrate and roughage. Three ruminally fistulated non-lactating Holstein cattle were used in a 3 x 3 Latin square design. The cattle were fed 8kg of whole crop barley silage based TMR(BS-TMR) or 8kg(DM basis) of whole crop rye silage based TMR(RS-TMR) twice(08:00 and 18:00) daily divided into two in an equal amount. The cattle were also fed concentrate(5.6kg) and rice straw(1.4kg) separately(DM basis, control) twice daily in an equal amount. The both silages were included in TMR at 20% level(as fed basis). pH and ammonia-N content in the rumen fluid were not influenced by the diets. Total VFA concentration was relatively increased in the cattle fed RS-TMR to the other diets up to 6h post feeding. The proportion of acetate(C_2) was increased in the TMR feeding at right before feeding(0h, $p<0.005$) and 9h($p<0.048$) post feeding compared with control. Propionate(C_3) proportion was increased($p<0.046$) in both TMRs while butyrate proportion was increased($p<0.029$) at 1h post feeding compared to other diets.

The EDs of DM and CP in RS-TMR was relatively increased to other diets, and EDNDF of both TMRs was higher than that of control diet due to the increased parameter b($p<0.039$) and c($p<0.006$) in TMR treatments. Whole tract digestibility of most components in the TMRs was slightly increased compared to that in control diet, and RS-TMR had a tendency to be increased whole tract digestibility except for NDF compared to BS-TMR. Based on the results observed from the present study, nutrient availability of whole crop silage based TMR looked slightly better than conventional separate feeding of concentrate and rice straw, mainly due to the improved stabilization of fermentation in the rumen and increased NDF digestibility of whole crop silage in TMR.

Experiment 6. Examination of availability of whole crop barley silage and whole crop

rye silage TMR for late fattening of Hanwoo steers in the cattle

The metabolism study was conducted to examine the fermentation characteristics and effective degradability(ED) in the rumen, and whole tract digestibility of whole crop silage based TMR manufactured for late fattening of Hanwoo steers in comparison with conventional separate feeding of concentrate and roughage. Three ruminally fistulated non-lactating Holstein cattle were used in a 3 x 3 Latin square design. The cattle were fed 7.8g of whole crop barley silage based TMR(BS-TMR) or 7.8kg(DM basis) of whole crop rye silage based TMR(RS-TMR) twice(08:00 and 18:00) daily divided into two in an equal amount. The TMR was consisted of 20% whole crop silages and 80% other ingredients(as fed basis). The cattle were also fed concentrate(7.2kg) and rice straw(0.8kg) seperately(DM basis, control) twice(08:00 and 18:00) daily in an equal amount.

pH, and contents of ammonia-N and total VFA in the rumen were not influenced by the experimental diet. Proportions of acetate, propionate and butyrate were not affected by the experimental diet

Parameter "a" relevant to degradability of DM, CP and NDF, and EDs of measured components were slightly higher for silage TMRs. Whole tract digestibility of DM, CP, EE and NDF tended to be increased in silage TMR(BS-TMR and RS-TMR) without difference between silage TMRs.

Experiment 7. Feeding effect of whole crop barley silage and whole crop rye silage TMR on growth and meat characteristics of Hanwoo steers

The feeding trial was conducted with 80 Hanwoo steers for 680 days from growing period to late fattening period to estimate the feeding value of whole crop barley silage TMR(BS-TMR) and whole crop rye silage TMR(RS-TMR). In the study, body gain(growth), feed cost, slaughter characteristics and grade, and quality characteristics of *longissimus dorci* in Hanwoo steers were measured. Castrated Hanwoo steers(mean 7.5 months) were allotted to five groups(treatments) based on the age and body weight. Sixteen castrated calves were assigned to each treatment(4 pens, 4 heads per pen). Pens in each treatment were randomly distributed. Hanwoo steers were fed the diets based on five feeding programs which were different in forage source and feeding period of diet. Treatments were conventional separate feeding of concentrate and rice straw(control), feeding whole crop barley silage TMR up to middle fattening period and same diet during late fattening period(BS-TMR I), feeding whole crop

barley silage TMR for whole experimental period(BS-TMR II), feeding whole crop rye silage TMR up to middle fattening period and same diet during late fattening period(RS-TMR I) and feeding whole crop rye silage TMR for whole experimental period(RS-TMR II). The Hanwoo steers were fed the diet according to the pre planned feeding program as follows : control diet was fed to the steers at the 110% level of expected amount of concentrate at all growth stages and 2 kg rice straw daily, and silage TMR was fed *ad libitum*. The Hanwoo steers were allowed a free access to water and mineral block for all feeding period. Results obtained from the feeding study were as follows :

Feeding silage TMR slightly increased body gain of Hanwoo steers at the stages of growing, early fattening and middle fattening compared to feeding control diet while control diet tended to increase body gain at late fattening stage compared to feeding silage TMR. Total body gain and daily body gain were slightly higher for Hanwoo steers fed BS-TMR and RS-TMR than for control diet regardless of feeding duration. Feed cost was closely related with the intake, thus the feed cost per kg gain per head was relatively low in the Hanwoo steers fed silage TMR to that fed control diet. Hanwoo steers fed silage TMR(BS-TMR II 및 RS-TMR II) for all feeding period costed slightly less per kg gain per head than those fed silage TMR up to middle fattening stage and fed control diet during late fattening stage(BS-TMR I and RS-TMR I).

Carcass weight, back fat thickness and *longissimus dorci* area of Hanwoo steers tended to be increased but lowered($P<0.047$) yield index by feeding silage TMR. Feeding whole crop barley silage TMR slightly lowered marbling score but no difference was found in the number of head over grade 1 between diets. Feeding control diet tended to improve yield grade compared to silage TMR.

Contents of moisture, CP and EE, and pH, water holding capacity, drip loss and cooking loss of *longissimus dorci* were not affected by experimental diet and feeding duration of silage TMR. Shear force, however, was decreased($P<0.046$) by control diet compared to silage TMRs with no difference between them.

2. Development of TMR models including winter forage crops for dairy cattle (Korea University)

The study consisted of three experiments that were conducted to examine effects of various winter crops including whole crop barley when used as main forage source for TMR on lactating dairy cows.

Before undertaking the experiments a useful sampler was needed enabling us to take representative samples from the wet and compact bale silages. So, a sampler set consisting of a core drill sampler and a pounder have been developed for effective silage sampling. The sampler set was proved to be an improved one in terms of dimension and function even though it looked similar to the conventional one frequently used for hay sampling. And the improved sampler has been used in all the forage sampling throughout the whole study.

Experiment 1 (first year) :

The objective was to compare effects of using whole crop barley silage (BS) or corn silage (CS) as main forage source for TMR on lactating performance of dairy cows and on economical efficiency as well. Total 114 cows in mid to late lactation were assigned to either BS-TMR or CS-TMR group based on milk performance, parity and days in milk. During the main feeding period of 16 weeks the animals of both group showed very similar dry matter intake, but, in daily milk yield of CS-TMR group was significantly higher than BS-TMR group ($P < 0.05$). Milk compositions (fat, protein, lactose, SnF, SCC and MUN) were not significantly changed by different forage source. Economic analysis revealed that the feed cost for CS-TMR and BS-TMR was 16,908 and 15,783 won, respectively, whereas BS-TMR had lower cost per kg TDN than CS-TMR. Concluded, corn silage would be more useful forage compared to whole crop barley silage for TMR use, which may be attributed to its higher energy content.

Experiment 2 (second year) :

A lactation trial was conducted to evaluate effects of TMR using either whole crop barley silage (BS) or Kleingrass hay (KH) as main forage on milk yield, composition and economic return for 17 week lactation including 4-week covariate period. Total 34 Holstein cows in mid to late lactation (average parity 2.5, lactation days 221 and milk yield 30.61 kg) were allocated to two groups (BS-TMR and KH-TMR) On the basis on milk performance, parity and days in milk. Daily feed intake and milk productivity

were recorded for the collection period. Daily milk production and composition (fat, protein, lactose, SnF, SCC and MUN) were not affected by tested forages; however, average DMI of BS-TMR was significantly higher ($P < 0.05$) than KH-TMR (27.17 kg/day vs. 26.57 kg/day). Economic analysis showed that feed costs were 10,178 (BS-TMR) and 10,344 (KH-TMR) won, and kg TDN cost for BS-TMR was 106 won lower than KH-TMR. Overall results obtained from the lactation trial indicated whole barley silage would be more useful for TMR use compared to Kleingrass hay, one of the prevalent forage imported. This is probably due to high preference the animals had for barley silage.

Experiment 3 (third year) :

In this lactation trial whole crop barley silage (BS) as a main forage source for TMR was compared with Italian ryegrass silage (RGS) in terms of milk productivity and economic return for 17 week lactation including 4-week covariate period. Total 28 Holstein cows in mid to late lactation were divided into two groups (BS-TMR and RGS-TMR) depending on daily milk performance, parity and days in milk. Daily feed intake and milk productivity were recorded for the collection period of 13 weeks. The animals fed on RGS-TMR showed significantly higher intake than BS-TMR ($P < 0.05$), having significantly higher production of 4% fat-corrected-milk ($P < 0.05$). Milk composition (fat, protein, lactose, SnF, SCC and MUN), however, were not significantly affected by different forages existing in the TMR. Economic analysis based on milk income and feed cost indicated that RGS-TMR feeding could give the farm 982 won higher net income per head over BS-TMR notwithstanding lower cost per kg TDN for BS-TMR. In conclusion, Italian ryegrass silage may be more useful forage for TMR use compared to barley silage in terms of milk productivity as well as economic return. This may be attributed to higher preference of the animals and higher digestibility for RGS.

3. Development of TMR manufacturing methods with winter whole crops (Biofeed institute)

The series studies for past three years were to develop TMR manufacturing methods with winter whole crops. Utilization of domestically produced winter whole crops more is to replace the imported forages to some extent. Therefore, the purpose of the present study was conducted to determine the effect of moisture and physical property on TMR formulation and to determine the storage method and cattle's preference to the silage TMR. Obtained results form

the studies were as follows :

1) It was desirable at least 15 min to use whole crop barley silage for TMR while at least 20 min to use whole crop rye silage for TMR.

2) The moisture content not affect the mixing effect for TMR of beef cattle when round bale silage of whole crop barley silage was used, but moisture content lower than 25% might cause an error in the mixing for TMR.

3) Whole crop barley silage could be included up to 40% of of total diet for TMR, but distilled brewer' grain might be included for high moisture(40%) TMR in order to reduce the mixing error.

4) It is desirable to store upright the round bale whole crop silage to reduce the change of moisture content, and it was greater for whole crop barley silage in the change of moisture content that for whole crop rye silage.

5) Cattle's preference to the winter whole crop silages was in the order of Italian ryegrass>whole crop rye>whole crop barley, and relative REF value was in the order of Italian ryegrass>whole crop barley>whole crop rye.

6) Various problems such as harmful substances, fermentation stability, storage and transport were existed for TMR manufacturing with round bale silage of whole crops. Therefore, it is required to set the quality standard in the moisture content and REF index.

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	28
제 1 절 연구개발의 목적 및 필요성	28
1. 기술적 측면	30
2. 경제·산업적 측면	30
제 2 절 연구개발의 목표 및 내용	30
제 2 장 국내외 기술개발 현황	32
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	35
제 1 세부 : 주요 동계 사료작물의 성분 분석, 사료가치 평가 및 한우 사양프로그램 개발 (충북대학교)	35
시험 1. 사료작물 사일리지의 단백질 분획 및 borate-phosphate buffer 추출이 <i>in vitro</i> 발효 성장, gas 발생 그리고 분해율에 미치는 효과	35
시험 2: 시험용 사료작물의 성분 및 사일리지 발효특성	45
시험 3. 청보리 및 청호밀 사일리지의 소 체내 이용율 및 TDN 평가	53
시험 4. 거세 한우 비육 전기용 청보리 및 청호밀 silage TMR의 체내 이용성 조사	62
시험 5. 거세 한우 비육 중기용 청보리 및 청호밀 silage TMR의 체내 이용성 조사	68
시험 6. 거세 한우 비육 후기용 청보리 및 청호밀 silage TMR의 체내 이용성 조사	77
시험 7. 거세 한우에 대한 청보리 사일리지 및 청호밀 사일리지 TMR 급여가 증체 및 육질 특성에 미치는 효과	86
제 1 협동 : 동계 사료작물을 포함하는 낙농용 TMR 모델 개발 (고려대학교)	111
시험 1. 곤포사일리지용 시료채취기 개발	111
시험 2. 간이 수분정량법 개발	113
시험 3. TMR용 조사료로서 청보리 및 옥수수사일리지의 영양적 가치 평가	114
시험 4. 착유우 사양시험을 통한 영양사료적 가치평가	117
시험 5. 청보리 사일리지의 영양사료적 가치 평가	120
시험 6. TMR용 조사료로서 청보리 및 이탈리아안라이그라스 사일리지의 비교 평가	141

제 2 협동 : 동계사료작물을 이용한 TMR 제조기술 개발 (주, 바이오사료연구소)	155
시험 1. 동계사료 작물의 적정 입자도 및 성상 분석 조사	155
시험 2. 수분 함량에 따른 배합효과 규명	157
시험 3. 공장형 TMR 생산을 위한 이용확대 방안 연구.....	159
시험 4. 호밀 곤포사일리지의 적정입자도 및 성분분석 조사	163
시험 5. 동계 사료작물(청보리, 호밀)의 효율적 보관이용에 관한 실험	165
시험 6. 동계사료작물의 기호성 비교실험	168
시험 7. 최저가격 TMR생산을 위한 동계사료작물의 경제성 비교	169
제 4 장 과제 별 연구결과에 대한 종합고찰 및 사료 조제 및 급여 프로그램.....	172
1. 제 1 세부과제 (주요 동계 사료작물의 성분 분석, 사료가치 평가 및 한우 사양 프로그램 개발, 충북대학교) 연구 결과에 대한 종합 고찰 및 TMR 조제 시 권장 영양소 수준	172
2. 제 1 협동과제 (동계 사료작물을 포함하는 낙농용 TMR 모델 개발, 고려대학교) 연구 결과에 대한 종합 고찰 및 동계조사료를 포함한 착유우용 TMR의 배합모델 예시	177
3. 제 2 협동과제 (동계사료작물을 이용한 TMR 제조기술 개발, 주 바이오사료연구소) 연구결과에 대한 종합 고찰 및 국내산 조사료를 이용한 TMR 제품개발 시 고려해야 할 사항	182
제 5 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	184
1. 목표 달성도	184
2. 연구성과 및 목표 달성	187
3. 연구성과 활용 및 목표 달성	187
제 6 장 연구개발 성과 및 활용계획	188
제 7 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	195
제 8 장 참고문헌	197
보완요구사항에 대한 조치	206

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적 및 필요성

1. 국제 사료곡물 가격 상승에 따른 사료 자급의 필요성

○ 세계적인 대체 에너지원 개발 추세 및 기상이변 등 대외적인 여건변화로 국내 사료 수급 불안정이 우려되며, 쇠고기 등의 축산물 수입 개방 확대에 따른 국산 축산물의 생산비 절감 등으로 국제경쟁력 강화가 시급히 요청된다. 특히, 곡물가격의 급등 추세에 따른 국내 소(한우 및 젖소) 사육농가의 경쟁력 향상을 위해서는 곡류사료 대체 가능한 양질 조사료의 자급생산기반의 구축과 사료의 자급을 향상과 부존 사료자원 개발이 시급한 실정이다.

○ 국내의 제반 여건을 고려할 때 사료자급률을 높일 수 있는 가장 근본적인 전략은 조사료생산을 확대하고 이를 효율적으로 축우생산에 활용하는 것이며, 아울러 양질의 조사료로 조농비를 높여 반추가축용으로 이용되던 사료곡물 부분을 상당부분 대체할 수 있도록 해야 한다.

2. 국내 조사료 생산 및 이용 현황

○ 본 연구과제가 제안될 당시, 이미 생볏짚 곤포사일리지 제조 및 이용기술이 연구되어 TMR을 중심으로 보급이 확대되고 있었으며(손, 1999; 손 2006), 아울러 해당 기계장비의 용도가 확대되어 중부지방의 경우 TMR에 청예보리나 청예호밀 사일리지를 조사료원료로 도입하는 한편, 목장 자체 또는 토지 임차에 의한 답리작조사료 재배면적도 늘어나 양질조사료 생산기반의 기초가 마련되고 있음은 국내 낙농육우의 생산비 절감으로 경쟁력을 확보하고 동시에 자원순환형 농업을 정립한다는 측면에서 매우 희망적인 현상이다. 문제는 앞으로 얼마나 빠른 속도로 그 생산을 확대시킬 수 있는가 인데, 이를 위해 연구개발의 목표를 답작 조사료 소비의 확대를 가속화 하는 데 두어야 하며, 특히 축우용 유통사료로 국내에 크게 자리잡은 TMR용 조사료로서의 이용확대에 중점을 둘 필요가 있다.

○ 2008년 5월 당시 청예보리와 청예호밀의 곤포사일리지는 중부지역(경기, 충남, 충북 등지)에서 생물 kg당 150원 수준에 판매되고 있었으며, 농가도착 가격으로 160원 정도에 유통되고 있었다. 그러나 조사료 생산비는 생산량이 많아질수록, 그리고 농기계를 공동으로 효율적으로 이용할수록 낮아지므로 생초생산량 기준 23-25톤 이상 생산할 경우, kg당 생산비는 TDN 기준으로 300원 미만일 것이므로 수입 조사료 대체효과 등 우리 조사료의 가격 경쟁력은 한층 더 높아질 것으로 예상된 바 있다(김원호, 2007).

○ 보고된 경제성 조사결과에 의하면, 답리작조사료의 TDN 기준가격이 수입조사료에 비해 27~49% 낮았는데, 그 중에서도 동계 사료작물인 국내산 청보리와 호밀로 제조한 원형곤포사일리지의 경제성을 TDN kg당 유통가격으로 환산하면 466원 수준으로, 수입 옥수수사일리지(609원)나 건조

(연맥 576원)에 비해 가격이 110~140원 이상 낮은 것으로 보고되기도 하였다(권, 2007).

○ 사료가격에서 경제적 비교우위가 확인된 현 시점에서 영농현장에서의 실용화를 전제로 필수적으로 요구되는 것은 수입조사료를 사용할 때에 비하여 실제 축우사양에 각종 국내산 답작조사료(청보리, 호밀, 이탈리아라이그라스, 생벚짚)를 사일리지 형태로 이용할 때 생산성과 경제성 측면에서 어느 정도를 보상받을 수 있을지에 대한 구체적인 실증이라 할 수 있는데, 이는 소(한우 및 젓소) 사양 현장에서의 실증자료만이 영농가(소비자)들의 신뢰를 모아 기존의 관행을 과감히 탈피할 수 있는 근거를 제공하기 때문이다. 축우 중 조사료가 차지하는 비중이 가장 높은 젓소의 경우 조사료의 선택이 목장의 생산성과 소득을 결정하는 바, 비유단계별로 이들 조사료의 급여효과를 경제적 관점에서 비교하는 현장 연구사업은 소비확대를 위해 절대적으로 중요하다고 볼 수 있다.

3. 국내 답리작 사료작물 이용 시 문제점

○ 우리나라의 사료작물은 대부분 답리작으로서 토지 사용 및 기상조건상 수확작업일수가 짧아 품질관리가 어렵고 허실량이 막대한 것으로 알려진다. 현재까지 청보리 등 사료작물은 수확과 동시에 재배지 현장에서 대형 곤포사일리지로 포장하여 유통되고 있으나 높은 수분 및 이물질 (흙 등) 함유로 인한 변질 및 발효 저하 등의 문제가 발생되어 왔다. 이에 따라 청예사료 작물의 TMR을 이용한 제조기술 및 유통기술 개발이 시급하다.

○ 청예맥류의 품질을 정확히 평가하기 위해서는 분석용 시료의 채취에서부터 분석의 정밀도를 기하여야 하는바, 일차적으로 수분을 비롯한 화학분석용, *in vitro* 분해실험용 시료의 대표성이 매우 중요하다. 따라서 청예맥류의 곤포사일리지와 같은 대형 곤포(직경120cm 이상)의 경우에 대표성 있는 시료를 채취하는 데 효과적으로 사용할 수 있는 특정 채취장비의 개발이 필요하다.

○ 청예맥류의 품질을 평가하는 데 기초가 되는 항목 중에서 가장 중요한 것은 수분농도이며, 사일리지의 경우 수분농도가 많게는 70%를 상회하며 곤포마다 변이가 크기 때문에, TMR이나 먹이의 배합비를 작성함에 있어서 수분함량은 자주 보정을 해주어야 한다. 그러나 매년 화학적 분석을 자체 또는 위탁하기가 번거로우므로, 목장에서 손쉽게 실시할 수 있는 가정용 전자레인지 이용 간이수분측정법(미 Wisconsin대 1988년 개발)이 우리 맥류곤포사일리지에 적합한지를 검정하고 우리 실정에 맞도록 보정하여 기술을 보급할 필요가 있다. 이는 수요 축산농가의 품질 및 사용상의 편의성 요구도는 수입 조사료 수준으로 높아져 있기 때문이며, 이를 위해서는 그러한 수요 축산농가의 요구에 부합하는 품질의 제품을 생산하고 허실량을 최소화하여 생산원가를 낮출 수 있도록 수확 후 저장 및 2차 가공공정 기술이 필요하다.

4. 동계사료작물 관련 본 연구의 최종 목표

국내 소 사육농가로 하여금 안정적으로 양질 (조)사료의 안정적인 공급을 보장케 하며, 궁극적으로 동계 사료작물의 생산량(면적)을 높일 수 있는 계기를 마련하는 한편 소 사육농가의 동계 사료작물 이용확대를 도모하여 사료작물 생산농가와 소(한우 및 젓소) 사육농가 모두에 이

로운 경제 여건을 창출시키고자 함이다. 아울러 기존의 배합사료 중심 급여방법에 비해 보다 경제적이고 원료(사료작물 및 농산부산물) 다양성인 최적 TMR 제조기술을 개발, 농가에 보급코자 하는 것이다.

1) 기술적 측면

- 청보리 등 동계사료작물을 최대한 활용하고 영양공급의 과부족 없는 축종별 최적 사양체계를 확립함으로써, 조사료 공급비율을 극대화 시켜 사료비를 10% 이상 절감하고 축산물의 품질고급화 목표 조기 달성, 최소비용 TMR 배합제조 기술을 확립하여 TMR 급여 농가의 수익향상
- 답리작 사료작물 TMR을 활용한 과학적이고 체계적인 사양 프로그램 개발
- 대형 사일리지콘포용 시료채취기 개발 및 상품화
- 지역별로 적합한 동계 사료작물을 선택 재배하여 사일리지 제조로 연결시킴으로써 직접 유통되어 목장에서 이용되거나 TMR용 원료조사료로의 이용을 확대하는데 기여할 것임
- 현장에서의 시험을 통하여 실증한 연구결과를 바탕으로 TMR 모델을 제시함으로써 목장을 중심으로 한 동계 사료작물의 이용이 크게 증가할 것임

2) 경제적, 산업적 측면

- 청보리 등 동계사료작물의 확대 생산 및 이용은 1석 6조의 효과를 거둘 수 있음
 - ① 축산물 품질고급화, 생산비 절감 등 경쟁력 강화
 - ② 경종농가 소득보전
 - ③ 유희 농경지의 효율적인 활용
 - ④ 겨울철 경관보존 등 농촌환경 개선
 - ⑤ 수입조사료 대체에 따른 외화절감

제 2 절 연구개발의 목표 및 내용

1. 목적

- 1) 사육농가로 하여금 청보리 및 호밀에 대한 사료가치와 이용방법을 가축(한우 및 젖소) 사양농가에 제공하고, 과학적 급여관리 프로그램을 제공하여 동계 사료작물의 효율적인 이용성을 높이고자 함.
- 2) 이에 따라 국내 가축 사육농가로 하여금 안정적으로 양질 (조)사료의 안정적인 공급을 보장케 하며, 궁극적으로 동계 사료작물의 생산량(면적)을 높일 수 있는 계기를 마련하는 한편 축산농가의 이용확대를 도모하여 사료작물 생산농가와 소(한우 및 젖소) 사육농가 모두에 이로운 경제 여건을 창출시키고자 함.

- 3) 기존의 배합사료 중심 급여방법에 비해 보다 경제적이고 원료(사료작물 및 농산부산물) 다양성인 최적 TMR 제조기술을 개발코자 함.

2. 연구개발 내용

1) 제 1 세부과제 [충북대학교]

- 사일리지 형태로 제조한 동계사료작물(청보리 및 호밀을 비롯한 다양한 사료작물 사일리지)의 사료가치를 한우 고급육 생산을 위한 TMR용 원료의 관점에서 비교 검토
- 한우를 대상으로 대한 사양시험을 실시함으로써 TMR 원료조사료로 볏짚의 대체효과를 생산성과 경제성 측면에서 비교
- 사양시험 결과를 토대로 최적 배합비를 적용하여 사양효과의 극대화를 겨냥한 각 축종별 TMR 모델을 생산단계별로 수립
- 거세한우용 동계 사료작물 TMR 제조를 위한 배합비 개발
- 동계 사료작물 TMR을 활용한 한우 용 사양 프로그램 개발

2) 제 1 협동과제 [고려대학교]

- 청예맥류 곤포사일리지용 시료채취기(core sampler)를 개발하여 대형(직경 120cm 이상) 원형곤포의 심부로부터 대표성 있는 시료를 채취하여 수분 및 성분분석의 최적화를 도모함
- 곤포사일리지 형태로 제조한 동계 사료작물(청예보리, 청예호밀)의 사료가치를 착유우 TMR용 조사료 원료의 이용 측면에서 사료영양적 특성을 *in vitro* 실험을 통하여 비교 검토함
- 착유우를 대상으로 한 사양시험을 실시함으로써 TMR 원료조사료로 기존의 수입 화분과 건조의 대체효과를 낙농생산성과 경제성 측면에서 비교함
- 사양시험 결과를 토대로 최적 배합비를 적용하여 사양효과의 극대화를 겨냥한 착유우용 TMR 모델을 젖소의 생산수준(단계)별로 수립함
- 청예맥류 사일리지-TMR 제조를 위한 최저가격 배합비 개발

3) 제 2 협동과제 [바이오사료연구소]

- 동계사료 작물의 적정 입자도 및 성상 분석 조사 및 수분 함량에 따른 배합효과 규명
- 청보리 및 청호밀 곤포사일리지 사용 TMR의 수분함량에 따른 배합효과 연구
- 동계 사료작물(청보리, 청호밀)의 효율적 보관이용에 관한 실험
- 최저가격 TMR생산을 위한 동계사료작물의 경제성 비교
- 국내산 조사료를 이용한 TMR 제품개발

제 2 장 국내외 기술개발 현황

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
캐나다 국립연구소(2006)	○ 청보리사일리지를 주조사료로 하는 TMR의 peNDF 농도가 젖소의 저작활동과 반추위대사에 미치는 효과	○ 청보리사일리지의 절단길이에 따른 peNDF의 증가가 TMR의 건물과 NDF 섭취량에 미치는 영향은 적었으나, 저작시간과 반추위pH, DOM섭취량을 증가시켰으므로 peNDF가 유용한 평가지표임이 증명됨
핀란드 농업식품연구센터 (2006)	○ 젖소사료에서 청보리사일리지의 화분과사일리지 대체효과	○ 젖소먹이에서 화분과사일리지를 청보리사일리지로 대체하였을 때 DM, DOM, NDF섭취량은 불변하였으나 산유량은 감소를 보였음. 전장관소화율과 NDF는 감소한 것은 청보리사일리지의 높은 비소화 NDF농도 때문임
포르투갈 농업기술연구소(2005)	○ 총체밀 또는 라이그라스사일리지에 대한 젖소의 비유반응 조사	○ 착유우에 대한 단일조사료로 총체밀사일리지는 라이그라스사일리지에 비해 사료섭취량, 산유량 및 유성분, 혈장요소농도 등에서 우수하지 못하였는데, BUN과 소화속도간의 관계에서 발효동조화에서 불리한 것으로 나타남
캐나다 매니토바대학(2004)	○ 청보리사일리지의 절단길이가 TMR을 섭취하는 착유우의 산유량과 반추위조건에 미치는 효과	○ TMR을 통해 급여하는 청보리사일리지의 절단길이가 건물섭취량과 산유량, 유단백농도를 증가시켰으며, 반추위 C2/C3비를 낮추는 효과를 보임
미국 ARS등	○ 사료작물에 따른 다양한 가공 방법	○ 조사료 공급원별, 축종별 사양 프로그램 보급
고려대학교(2004)	○ 생벚짚콘포사일리지의 TMR 혼합 효율 검정 및 수입 화분과건초와의 TMR 원료로서의 착유우에 대한 급여효과 비교 연구	○ TMR 혼합효율상으로 절단의 효과가 검증되고, 두당 산유량에 있어 생벚짚콘포사일리지로 수입건초(클라인그라스)를 대체 급여 시 더 높은 경제성을 보임

축산과학원(2003)	○ 청보리 사일리지의 영양소함량과 옥수수사일리지에 대한 사양가치 비교 시험	○ TDN 함량이나 착유우에 대한 급여 효과면에서 산유량과 유성분 상으로 차이가 거의 없음을 확인
축산과학원 (이 등, 2003)	○ TMR사료의 유형별 반추위 발효 및 소화율 영향	○ TMR 종류 : 건 TMR, 습 TMR, 발효 TMR ○ 반추위 내 발효특성 : -pH, 총 휘발성지방산(VFA) 및 VFA 생성량 => 건TMR를 급여했을 때 보다 습 TMR과 발효 TMR 급여 시 높은 경향을 보였음 - 각종 효소(CMCase, Xylanase 및 Protease) 역가 역시 건 TMR를 급여했을 때 보다 습 TMR과 발효 TMR급여 시 높은 경향을 보였음
축산과학원 (백 등, 1996; 조 등, 2008; 김 등, 2003)	○ 조사료 및 농후사료의 분리급여 대비 TMR 급여체계 비교	○ TMR 급여가 영양성분 균일에서 크게 높음 => 생산성 향상 : 일당증체량 향상 => 육질을 비롯한 도체특성은 비슷
축산과학원(2002)	○ 청보리 사일리지와 켄터키블루 그라스건초(수입) 간의 착유우에 대한 사양가치 비교 시험	○ 청보리사일리지 가 약 2% 더 나은 산유성적을 보였으며, 사료비에 있어 13% 정도의 절감효과가 나타남
축산과학원 (기 등, 2007, 2008)	○ 국내 TMR 배합소 실태조사	○ 20개소의 TMR배합소에 대한 조사결과 : 65%가 외부에 배합비를 의뢰 ○ 국내 유통 TMR의 경우 에너지가로서 TDN을 표기하지 않음 => 영양소의 균형급여가 어려움 ○ TMR제조시 수분공급원에 따라 발효와 젖산 농도의 차이가 심함
농협중앙회(2008)	○ 각종 동계사료작물의 이용성 제고관련 연구	○ TMR사료를 이용하는 이유 : ** 농후사료 분리급여 시 반추위 내에서 일어날 수 있는 문제점 들, 즉 - 반추위미생물의 조성변화, - 에너지 및 단백질의 비효율적

		이용
농촌진흥청	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가축분뇨의 퇴비화 기준 및 처리량 설정 ○ 가축분뇨의 액비화 ○ 가축분뇨 처리시 농경지 환경영향 평가 ○ 사료용 맥류 전용 품종 개발 ○ 청보리 등 사일리지 제조/이용 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수도작 재배지 퇴비/액비 사용 ○ 일부 전용 품종 종자생산 공급 ○ 사일리지 제조/유통/이용
한국초지학회	<ul style="list-style-type: none"> ○ 청보리를 중심으로 한 동계사료작물의 재배 및 이용 	
한국농촌경제연구원	<ul style="list-style-type: none"> ○ 휴경지등에 청보리 재배 확대방안 모색 및 가치분석 	

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

I. 제 1 세부 : 주요 동계 사료작물의 성분 분석, 사료가치 평가 및 한우 사양프로그램 개발 (충북대학교)

○ 시험 1. 사료작물 사일리지의 단백질 분획 및 borate-phosphate buffer 추출이 *in vitro* 발효 성장, gas 발생 그리고 분해율에 미치는 효과

1. 연구 목적

본 연구는 국내에서 생산되는 여러 종류의 사료작물로 조제된 사일리지의 특성에 관한 기초 자료를 산출하기 위해 단백질을 분획(fractionation)하고, 발효특성과 발효 시의 gas 발생량 그리고 분해율을 조사하기 위해 *in vitro* 방법으로 실시되었다.

2. 재료 및 방법

1) 시험 사료 및 단백질 분획

본 시험을 위해 2008년에 수확된 호밀 사일리지(rye silage, RS), 벧짚 사일리지(rice straw silage, RSS), 소맥 사일리지(wheat silage, WS), 트리티케일 사일리지(triticale silage, TS), 청보리 사일리지(barley silage, BS) 및 귀리 사일리지(oat silage, OS)를 사용하였다. 사일리지 내 buffer 가용성 질소(soluble protein, SP)와 중성세제 불용성단백질(neutral detergent insoluble protein, NDIP)과 산성세제 불용성단백질(acid detergent insoluble protein, ADIP), 그리고 비단백질태 질소화합물(non-protein nitrogen, NPN) 함량 등은 Licitra 등(1996)의 방법에 따라 분석하였다.

사일리지 내의 가용성 단백질 추출을 위한 borate-phosphate buffer는 monosodium phosphate($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 12.2g과 sodium tetraborate ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 8.91g 그리고 tertiary butyl alcohol 100ml를 혼합한 다음 증류수를 첨가하여 1L가 되도록 준비하였다. Borate-phosphate buffer를 이용한 가용성 단백질 추출 과정은 다음과 같다. 먼저, 여러 종류의 사일리지를 60°C의 forced air drying oven에서 72시간 건조한 다음 1mm의 크기로 분쇄한 후 0.5g을 취하여 125ml 삼각플라스크에 넣고, 여기에 40ml borate-phosphate buffer(pH 6.8) 및 1ml의 10% azide solution을 넣은 후 실온에서 약 3시간 동안 shaking하여 가용성 단백질을 추출하였다. 그런 다음 Whatman #54 filter paper로 여과하였으며, 남은 시료는 증류수로 깨끗이 세정한 후 60°C의 forced air drying oven에서 48시간 건조한 다음 시료의 무게를 측정하였다. 그 후 추출된 용액과 추출 후의 시료 내 buffer 불용성 단백질(insoluble protein, ISP) 함량은 Kjeldahl 방법에 의하여 분석하였다. 사일리지의 NDIP 함량은 Van Soest 등(1991)의 방법에 준하되 Licitra 등(1996)이 제안한 방법에 따라 sodium sulfide가 포함되지 않은 neutral detergent fiber(NDF) 용액으로 분석하였다. 사일리지 내 ADIP 함량

은 Van Soest 등(1991)의 방법에 준하여 분석하였다.

사일리지 내 NPN 함량은 다음과 같은 방법으로 조사하였다. 즉, 앞에서와 같이 여러 종류의 사일리지를 건조, 분쇄한 다음 0.5g을 취하여 125ml 삼각플라스크에 넣고 여기에 증류수 50ml를 더했다. 그 후 8ml의 10% sodium tungstic acid 용액을 넣은 다음 25~30℃에서 30분간 방치한 후 10ml의 0.5M sulfuric acid를 첨가하여 용액의 pH를 2로 조정한 다음 overnight 시켰다. 그런 다음 Whatman #54 filter paper로 여과하였으며, 남은 시료는 증류수로 깨끗이 세정한 후 60℃의 forced air drying oven에서 48시간 건조한 다음 시료의 무게를 측정하고 질소(N) 함량을 분석하였다. 사일리지의 NPN 함량은 총 질소 함량에서 여과시킨 후 남은 시료의 질소 함량을 감하여 계산하였는데, 이 때 여과시킨 후의 시료에는 sodium tungstic acid 용액에 의해 침전된 순단백질(true protein, TP)이 포함된 것으로 간주하였다 (Licitra 등, 1996).

Borate-phosphate buffer를 이용한 SP 조사와 NDIP 및 ADIP 함량 분석, 그리고 sodium tungstic acid 용액에 의한 NPN 함량 측정을 통하여 사일리지 내 단백질을 분획(%)은 Licitra 등(1996)의 방법에 따라 다음과 같이 계산하였다.

A fraction = buffer 가용성 단백질(SP)

B₁ fraction = SP-NPN,

B₂ fraction) = 100-(SP+ NDIP),

B₃ fraction = NDIP-ADIP,

C fraction = ADIP

사일리지의 borate buffer 추출 및 단백질 분획은 각 회 당 2반복으로 동일한 조건에서 2회 걸쳐 조사되었다.

2) 시험 사료의 *in vitro* 분해율 조사

In vitro 배양을 위해 반추위 누관이 장착된 Holstein 암소 3두에서 아침 사료 급여 2시간 후에 반추위 내용물을 채취하였다. 사료는 1일 10kg(건물기준)의 젖소 건유기용 시판 배합사료와 세절한 벣짚을 60:40의 비율(건물 기준)로 혼합한 다음 5kg씩 동일한 양으로 나누어 아침(08:00)과 저녁(18:00)에 급여하였다. 배합사료의 조단백질, 조지방 및 TDN 함량은 각각 14.6, 3.98 및 72%였고 벣짚의 경우 조단백질, 조지방, 및 NDF 함량은 각각 3.43, 2.45 및 73.5%였다(건물 기준). 3두의 소로부터 채취된 반추위 내용물을 동일한 무게 비율로 혼합한 후 4겹의 거즈로 거른 다음, 다시 반추위 내용물과 위액을 1:2의 비율로 혼합하고 사료에 부착된 미생물을 분리시키기 위해 Waring blender(Fisher 14-509-1)로 3분간 blending 하였다. 이후, 반추위 내용물을 6겹의 거즈로 걸러 배양을 위한 반추위액으로 이용하였으며, 준비된 반추위액은 30초간 고순도의 CO₂ gas로 충전한 다음 항온수조에서 39℃ 온도를 유지하였다.

여과한 반추위액과 L 당 2.0g NaCl, 0.5g (NH₄)₂SO₄, 1.0g K₂HPO₄, 1.0g KH₂PO₄, 0.265g

CaCl₂·2H₂O 및 0.409g MgSO₄·7H₂O이 포함된 인공 타액(McDougall, 1948)를 1:1(v/v)의 비율로 혼합하여 배양액으로 이용하였으며, 배양이 시작될 때까지 항온수조를 이용하여 39℃로 유지시켰다. Borate-phosphate buffer 추출 전·후의 건조시킨 사일리지를 1mm 크기로 분쇄한 다음 약 3g을 nylon bag(5 x 10cm)에 넣고 bag 고정 장치가 연결된 고무마개를 이용하여 삼각플라스크(500ml) 안에 고정하였다. 그 후 준비된 배양액(300ml)을 각각의 배양용 플라스크에 넣은 후 진탕배양기(VS-8480SR)를 이용하여 39℃에서 48시간동안 배양을 하였다. 배양 기간 동안 진탕속도는 135times/min으로 유지하였다. 사일리지의 in vitro 분해율은 동일한 조건에서 반복 당 2회로 3회에 걸쳐 조사되었다.

3) 시료의 채취 및 분석

발효특성을 조사하기 위해 배양 개시 후 1, 3, 6, 12, 24 및 종료 시(48 시간)에 배양액을 채취하였으며, 채취 즉시 pH를 측정하였다. 또한 휘발성지방산(VFA) 분석을 위해 0.8ml 배양액에 0.2ml의 25% phosphoric acid를 첨가하고 분석 시까지 -20℃에서 냉동 보관하였다. 시험사료(사일리지)의 일반성분은 AOAC(1991) 방법에 따라 분석하였으며, NDF 및 ADF 함량은 Van Soest 등(1991)이 제시한 방법에 따라 분석하였다.

배양액의 ammonia-N의 농도는 Faweett과 Scott(1960)의 방법을 이용하여 spectrophotometer(Berkman, DU-650)로 분석하였다. 또한 휘발성지방산(volatile fatty acid, VFA)은 냉동 보관된 시료를 해동한 다음 internal standard로 0.2ml의 2% pivalic acid를 넣어 잘 혼합하고 12,000×g에서 15분간 원심분리 한 후, 상층액을 취하여 30m capillary column(NUKOLTM, 0.25mm I.d., Supelco Co.)이 장착된 gas chromatograph(GC, HP5890 series II, Hewlett Packard Co.)로 분석하였다. Total gas 발생량은 배양에 사용된 삼각플라스크 고무마개에 연결된 3-way stopcock를 통하여 50ml 유리주사기로 측정하였다.

4) 통계 분석

본 실험에서 조사된 모든 성적은 SAS(2002)의 GLM procedure를 통하여 분산분석을 실시하였고, 추출 전 후에 관계없이 시료 간 비교와 추출 effect 및 사일리지 effect는 Duncan's multiple range test(1955)에 의하여 유의성을 검정하였다.

3. 결과

1) 사일리지의 성분 분석 및 단백질 분획

본 시험에 사용된 6종 사일리지의 주요 성분 함량(건물 기준)은 표 1-1에서와 같다. 조단백질(crude protein, CP) 함량(DM basis)은 호밀(RS, 9.76%)과 밀(WS, 8.29%), 트리티케일(TS, 7.31%), 청보리(BS, 9.93%) 및 귀리(OS, 9.92%) 사일리지에서 비교적 높은 반면 벧짚(RSS, 3.94%) 사일리지에서 가장 낮았다. 이러한 경향은 조지방 및 유기물 함량에서도 비슷하여 RSS에서 각각 1.70% 및 85.39%로 가장 낮았다. 그러나 다른 사일리지의 NDF(56.52%~72.34%) 및 ADF(32.44%~42.39%) 함량에 비하여 RSS 내의 함량이 각각 74.86% 및

47.22%로 비교적 높은 수준이었다.

Buffer 추출 후 조사된 사일리지의 단백질 분획(fractionation, 건물 기준)은 표 1-2에서와 같다. 먼저, 각 사일리지의 총 CP 함량 중 borate-phosphate buffer에 추출된 soluble CP(SP)의 경우 RSS의 2.11%에 비하여 RS(7.95%), WS(6.82%), TS(5.88%), BS(7.82%) 및 OS(8.06%)에서 높은 수준이었다. 또한 Licitra 등(1996)의 방법에 의해 산출된 단백질 fraction을 보면, NPN에 해당되는 A fraction은 RS(74.33%)에서 가장 큰 값을 보였으며, 그 다음으로는 OS(66.36%), WS(63.23%), 그리고 BS(53.11%)의 순이었고 TS 및 RSS의 NPN 함량은 48% 정도로 비교적 낮은 수준이었다. 이에 따라 TS(31.94%)와 BS(25.64%) 그리고 WS(19.01%)에서 순단백질(TP, B₁ fraction) 함량이 비교적 높은 것으로 나타났다. Buffer 불용성 단백질(IP) 중 ND 용액으로 추출될 수 있는 B₂ fraction은 RS(9.63%), RSS(8.89%), WS(7.03%) 및 OS(5.72%)에서 비교적 높았던 반면 TS(1.45%)와 BS(2.13%)에서 매우 낮았다. 이와는 달리 AD 용액으로 추출된 단백질(B₃ fraction)은 WS(4%)를 제외하고는 다른 사일리지에서 5.99~15.20%의 함량을 보였다. 불용성 단백질 중 체내 이용성이 거의 없는 것으로 알려지는 C fraction은 볏짚 사일리지(RSS)에서 27.07%로 다른 종류의 사일리지(1.40~9.93%)에 비하여 현저히 높은 수준을 보였다.

표 1-1. 여러 종류 사일리지의 성분 함량

성분 ¹⁾	사일리지 ²⁾ (% , DM basis)					
	RS	RSS	WS	TS	BS	OS
건물	38.02	55.12	45.62	46.72	42.81	36.35
조단백질	9.76	3.94	8.29	7.31	9.93	9.92
조지방	3.49	1.70	2.93	4.23	4.60	5.79
NDF	66.51	74.86	56.52	72.34	67.89	69.09
ADF	40.68	47.22	32.44	42.39	38.82	38.64
유기물	92.14	85.39	94.19	92.93	91.86	91.60

¹⁾ NDF, neutral detergent fiber; ADF, acid detergent fiber; OM, organic matter.

²⁾ RS, rye silage(호밀 사일리지); RSS, rice straw silage(볏짚 사일리지); WS, wheat silage(밀 사일리지); TS, triticale silage(트리티케일 사일리지); BS, barley silage(청보리 사일리지); OS, oat silage(호밀 사일리지).

2) 사일리지의 *in vitro* 발효특성, gas 발생량 및 분해율

여러 종류 사일리지의 배양시간에 따른 배양액의 pH의 변화는 Table 1-3에서 보는 바와 같다. Borate-phosphate buffer 추출 전·후의 모든 사일리지는 배양시간이 길어짐에 따라 배양액의 pH가 지속적으로 낮아졌다. 또한 배양 12시간 까지는 추출 전에 비하여 추출 후의 사일리지 배양액에서 높은(P<0.01~P<0.001) pH를 보였으나 시험이 종료되는 48시간에는 오히려

려 추출 전의 사일리지 배양액의 pH가 낮았다(P<0.01).

표 1-2. 여러 종류 사일리지의 단백질 분획

사일리지 ¹⁾	버퍼 용해도 (%, DM) ²⁾		단백질 분획 (% of total CP) ³⁾				
	가용성 단백질	불용성 단백질	A	B ₁	B ₂	B ₃	C
호밀	7.95	1.82	74.33	7.10	9.63	7.57	1.40
벼짚	2.11	1.83	48.59	5.02	8.89	10.52	27.07
밀	6.82	1.47	63.23	19.01	7.03	4.00	4.61
트리티케일	5.88	1.43	48.58	31.94	1.45	15.20	2.95
청보리	7.82	2.11	53.11	25.64	2.13	9.24	9.93
귀리	8.06	1.86	66.36	14.85	5.72	5.99	7.09

¹⁾ 표 1-1 참조.

²⁾ SP, borate-phosphate buffer soluble protein; IP, buffer insoluble protein.

³⁾ A, NPN; B₁, SP-NPN; B₂, 100-SP-NPN; B₃, NDIP-ADIP; C, ADIP.

표 1-3. 사일리지의 버퍼 추출이 배양액의 pH에 미치는 효과

Time (h)	추출 전						추출 후						SEM ²⁾	Pr>F ³⁾	Effect ⁴⁾	
	호밀	벼짚	밀	트리 티케 일	청보 리	귀리	호밀	벼짚	밀	트리 티케 일	청보 리	귀리			EE	SE
1	6.85 ^{ab}	6.97 ^a	6.48 ^{ab}	6.85 ^{ab}	6.88 ^{ab}	6.87 ^{ab}	6.97 ^a	6.94 ^a	6.91 ^a	6.97 ^a	6.97 ^a	6.97 ^a	0.02 3	0.23 8	**	NS
3	6.66 ^{ab}	6.79 ^a	6.47 ^{ab}	6.61 ^{ab}	6.68 ^{ab}	6.67 ^{ab}	6.82 ^a	6.83 ^a	6.74 ^a	6.84 ^a	6.79 ^a	6.83 ^a	0.03 8	0.03 3	**	NS
6	6.52 ^{ab}	6.65 ^{ab}	6.30 ^c	6.48 ^{ab}	6.51 ^{ab}	6.54 ^{ab}	6.70 ^{ab}	6.70 ^{ab}	6.61 ^{ab}	6.72 ^a	6.78 ^{ab}	6.73 ^a	0.11 4	0.00 3	***	NS
12	6.45 ^{ab}	6.43 ^{ab}	6.20 ^b	6.33 ^{bc}	6.39 ^{ab}	6.44 ^{ab}	6.56 ^a	6.57 ^a	6.48 ^{ab}	6.54 ^a	6.52 ^a	6.56 ^a	0.03 6	0.16 7	***	NS
24	6.35 ^{ab}	6.49 ^{ab}	6.10 ^c	6.24 ^{ab}	6.30 ^{ab}	6.34 ^{ab}	6.33 ^{ab}	6.40 ^{ab}	6.32 ^{ab}	6.32 ^{ab}	6.31 ^a	6.38 ^{ab}	0.02 5	0.01 6	NS	NS
48	6.28 ^{ab}	6.39 ^{ab}	6.06 ^c	6.16 ^{bc}	6.24 ^{ab}	6.28 ^{ab}	6.15 ^{bc}	6.25 ^{ab} c	6.17 ^{bc}	6.07 ^c	6.15 ^{bc}	6.16 ^{bc}	0.02 7	0.05 3	**	NS

¹⁾ 사일리지는 표 1-1 참조.

²⁾ SEM, Standard error of means. ^{a,b,c} Means in the same row with different superscripts differ.

³⁾ Pr>F, Probability level.

⁴⁾ EE, Buffer extraction effect; SE, Silage source effect.

, P<0.01; *P<0.001; NS, non significant.

Buffer 추출 전·후의 모든 사일리지에서 배양시간이 길어짐에 따라 배양액의 ammonia-N 농도 지속적으로 증가되었으며, 예상된 바와 같이 모든 사일리지에서 추출 전의 농도가 추출

후의 농도에 비하여 현저히($P<0.01\sim P<0.001$) 높은 것으로 나타났다(표 1-4). 그러나 배양액의 ammonia-N 농도는 buffer 추출 전 및 추출 후 사일리지에 의한 영향을 받지 않았다.

Buffer 추출 전 및 추출 후 사일리지 배양액의 총 VFA 농도와 각각의 VFA 조성 비율은 표 1-5에서 보는 바와 같다. Buffer 추출 전에는 모든 사일리지 배양액에서 배양시간이 길어질수록 총 VFA 농도가 감소하였으나 추출 후의 경우 다소 증가되었을 뿐이었다. 또한 모든 사일리지의 배양시간 별 농도를 보면 추출 후에 비하여 추출 전의 VFA 농도가 현저히 증가되었다($P<0.01\sim P<0.001$). 그러나 VFA 농도에서 사일리지간의 차이가 없는 것으로 나타났다. Acetate의 조성 비율을 보면, buffer 추출 전에 비하여 배양 24시간까지 추출 후 모든 사일리지에서 높았던($P<0.01\sim P<0.001$) 반면 propionate와 butyrate 비율은 배양 24시간까지 추출 전에 더 높은($P<0.001$) 것으로 나타났다.

표 1-4. 사일리지¹⁾의 버퍼 추출이 배양액의 암모니아 농도(mg/100ml)에 미치는 효과

배양 시간 (h)	추출 전						추출 후						SEM ²⁾	Pr>F ³⁾	Effect ⁴⁾	
	호밀	벼짚	밀	트리 티케 일	청보 리	귀리	RS	RSS	WS	TS	BS	OS			EE	SE
1	11.46	9.22	10.70	11.05	10.98	11.90	9.06	8.51	9.00	9.24	8.94	8.71	5.35	0.65 2	**	NS
3	15.61 ab	10.95 ab	12.33 ab	13.14 ab	14.74 ab	16.89 a	8.66 ^b	8.62 ^b	9.05 ^b	8.97 ^b	9.16 ^b	9.11 ^b	14.5 71	0.09 3	***	NS
6	19.38 a	13.77 ab	13.28 ab	15.23 ab	15.74 ab	17.52 a	9.81 ^b	9.79 ^b	9.58 ^b	10.01 b	9.85 ^b	10.72 b	12.6 62	0.01 6	***	NS
12	24.18 a	18.23 abc	16.11 bc	18.35 abc	20.46 ab	23.02 a	12.21 cd	12.16 cd	12.05 cd	11.19 d	12.52 cd	12.34 cd	10.7 89	0.00 01	***	NS
24	32.77 a	25.26 a	24.45 ab	25.80 a	28.01 a	30.41 a	15.56 bc	15.82 bc	16.49 bc	14.61 c	16.00 bc	15.97 bc	4.78 9	0.00 02	NS	NS
48	39.66 a	31.60 abc	30.75 abc	32.33 ab	34.33 a	36.46 a	20.02 c	21.23 bc	22.56 bc	19.74 c	22.73 bc	21.94 bc	6.14 9	0.00 2	**	NS

1) 표 1-1 참조.

2) SEM, Standard error of means. ^{a,b,c} Means in the same row with different superscripts differ.

3) Pr>F, Probability level.

4) EE, Buffer 추출 효과; SE, 사일리지 effect.

, $P<0.01$; *, $P<0.001$; NS, non significant.

여러 종류의 사일리지를 총 48시간까지 배양했을 때 총 gas 발생량을 측정한 바 표 1-6에 서와 같다. 즉, 배양 12시간까지는 buffer 추출 전의 사일리지로부터 더 많은($P<0.01\sim P<0.001$) 양의 gas가 발생되었지만 그 후로(24~48시간)는 오히려 buffer로 추출된 후의 사일리지에서 발생량이 더 많은($P<0.01$) 것으로 나타났다. 그러나 사일리지간의 차이는 발견하지 못했다.

Nylon bag을 이용하여 buffer 추출 전·후의 사일리지에 대한 *in vitro* 분해율을 조사한 바 표 1-7에서와 같다. 즉, 추출 후에 비하여 추출 전 사일리지의 건물(DM)과 CP 분해율이 현저히($P<0.001$) 높았으나 NDF 분해율의 경우 오히려 추출 후의 사일리지에서 높게($P<0.001$) 나

타났다. 또한 buffer 추출 전 분해율에서는 다른 종류의 사일리지에 비하여 볏짚 사일리지의 건물, 조단백질 및 NDF 분해율이 상대적으로 낮았으며, 추출 후의 경우 볏짚의 조단백질 분해율이 가장 낮은 것으로 나타났다. 그러나 각 사일리지에 대한 추출 전후의 평균 분해율을 비교할 경우 사일리지간 차이가 없었다.

표 1-5. 사일리지¹⁾의 버퍼 추출이 배양액의 VFA 농도 및 조성 비율에 미치는 효과

VFA	추출 전						추출 후						SEM ²	Pr _{>F}	Effect ³⁾	
	호밀	볏짚	밀	트리티칼	청보리	귀리	호밀	볏짚	밀	트리티칼	청보리	귀리			El	SI
	1 h															
총 VFA	80.6	70.6 ^b	83.8 ^a	80.2 ^{ab}	85.5 ^a	66.8 ^c	41.5 ^d	39.6 ^d	43.4 ^d	42.3 ^d	41.0 ^d	39.3 ^d	5.04	0.0001	**	NS
조성 비율 (mmoles/100mmoles)																
C ₂	33.3 ^b	34.7 ^b	38.8 ^b	32.4 ^b	32.5 ^b	32.0 ^b	42.3 ^a	43.3 ^a	42.2 ^a	42.4 ^a	41.8 ^a	43.6 ^a	4.23	0.0001	**	NS
C ₃	14.9 ^a	14.8 ^a	15.7 ^a	16.2 ^a	15.3 ^a	16.6 ^a	11.6 ^b	11.7 ^b	11.4 ^b	11.4 ^b	11.1 ^b	11.1 ^b	0.77	0.0001	**	NS
C ₄	46.6 ^a	45.6 ^a	45.7 ^a	45.9 ^a	46.1 ^a	47.2 ^a	36.2 ^b	34.7 ^b	37.2 ^b	36.5 ^b	36.6 ^b	35.8 ^b	3.01	0.02	**	NS
C ₂ /C ₃	2.2 ^b	2.3 ^b	2.1 ^b	2.0 ^b	2.1 ^b	2.1 ^b	3.6 ^a	3.6 ^a	3.7 ^a	3.7 ^a	3.7 ^a	3.8 ^a	0.21	0.0001	**	NS
	3 h															
총 VFA	93.7 ^a	76.7 ^a	97.4 ^a	86.6 ^a	88.6 ^a	89.1 ^a	39.3 ^c	39.3 ^c	39.7 ^c	40.2 ^c	39.0 ^c	60.5 ^{bc}	0.76	0.0001	**	NS
조성 비율 (mmoles/100mmoles)																
C ₂	30.4 ^b	35.0 ^b	33.2 ^b	33.7 ^b	31.3 ^b	35.5 ^b	44.8 ^a	46.2 ^a	42.2 ^a	45.1 ^a	42.7 ^a	44.6 ^a	8.75	0.0001	**	NS
C ₃	14.5 ^a	15.1 ^a	15.2 ^a	15.4 ^a	15.4 ^a	15.2 ^a	11.2 ^b	11.5 ^b	10.9 ^b	11.1 ^b	11.1 ^b	11.1 ^b	2.15	0.0001	**	NS
C ₄	48.8 ^a	45.9 ^a	47.5 ^a	46.9 ^a	47.1 ^a	47.1 ^a	33.7 ^b	33.6 ^b	37.6 ^b	34.6 ^b	35.7 ^b	34.2 ^b	2.42	0.0001	**	NS
C ₂ /C ₃	2.1 ^b	2.3 ^b	2.2 ^b	2.2 ^b	2.0 ^b	2.1 ^b	3.9 ^a	4.0 ^a	3.8 ^a	4.0 ^a	3.8 ^a	4.0 ^a	0.30	0.0001	**	NS
	6 h															
총 VFA	94.5 ^b	92.6 ^b	107.2 ^a	101.2 ^a	105.7 ^a	101.8 ^a	41.79 ^c	40.5 ^c	44.2 ^c	40.0 ^c	43.6 ^c	43.5 ^c	4.74	0.0001	**	NS
조성 비율 (mmoles/100mmoles)																
C ₂	33.6 ^b	31.9 ^b	31.2 ^b	31.9 ^b	30.2 ^b	30.5 ^b	44.4 ^a	44.9 ^a	40.9 ^a	44.5 ^a	42.9 ^a	43.8 ^a	2.35	0.0001	**	NS
C ₃	13.7 ^a	13.4 ^a	14.2 ^a	14.0 ^a	13.4 ^a	14.5 ^a	11.3 ^b	11.4 ^b	10.1 ^b	11.0 ^b	10.8 ^b	10.7 ^b	0.75	0.0005	*	NS
C ₄	47.6 ^a	48.1 ^a	48.2 ^a	49.1 ^a	50.4 ^a	48.0 ^a	35.3 ^b	34.8 ^b	38.8 ^b	35.3 ^b	37.1 ^b	36.8 ^b	2.97	0.0002	*	NS
C ₂ /C ₃	2.4 ^a	2.3 ^b	2.1	2.2 ^b	2.2 ^b	2.0 ^b	3.9 ^a	3.9 ^a	3.8 ^a	4.0 ^a	3.9 ^a	4.1 ^a	1.57	0.0001	*	NS
	12 h															
총 VFA	90.0 ^a	89.7 ^a	106.5 ^a	109.2 ^a	111.8 ^a	106.3 ^a	45.9 ^b	45.3 ^b	50.3 ^b	47.6 ^b	50.9 ^b	46.6 ^b	9.34	0.0001	*	NS
조성 비율 (mmoles/100mmoles)																
C ₂	35.3 ^{ab}	34.0 ^c	32.3 ^c	32.0 ^c	32.0 ^c	32.3 ^c	42.2 ^a	41.6 ^{ab}	38.3 ^{ab}	41.9 ^{ab}	40.4 ^{ab}	42.3 ^a	2.96	0.0007	*	NS
C ₃	12.2 ^a	13.8 ^a	14.2 ^a	13.3 ^a	13.7 ^a	14.4 ^a	11.1 ^b	11.5 ^b	10.6 ^b	11.4 ^b	10.9 ^b	11.0 ^b	0.96	0.0001	*	NS
C ₄	48.3 ^{ab}	46.6 ^a	47.8 ^{ab}	47.8 ^{ab}	49.0 ^a	47.3 ^{ab}	39.3 ^c	38.0 ^c	41.4 ^{bc}	37.2 ^c	39.1 ^c	37.4 ^c	2.96	0.0003	*	NS

*

C ₂ /C ₃	2.9 ^b	2.5 ^b	2.2 ^b	2.2 ^b	2.3 ^b	2.2 ^b	3.7 ^a	3.6 ^a	3.5 ^a	3.6 ^a	3.6 ^a	3.8 ^a	0.22	0.00 01	*	NS
..... 24 h																
총 VFA	115.0 ^a	120.2 ^a	130.2 ^a	127.0 ^a	121.9 ^a	106.6 ^a	50.7 ^b	53.5 ^b	56.9 ^b	53.9 ^b	56.8 ^b	55.2 ^b	9.85	0.00 01	*	NS
조성 비율 (mmoles/100mmoles)																
C ₂	33.7 ^{ab}	26.4 ^c	31.0 ^{bc}	30.0 ^{bc}	30.1 ^{bc}	32.9 ^{ab}	40.0 ^a	36.6 ^a	36.8 ^{ab}	39.5 ^a	37.8 ^{ab}	39.4 ^{ab}	3.81	0.03 5	*	NS
C ₃	13.3 ^{ab}	13.4 ^a	12.8 ^{ab}	13.4 ^{ab}	13.3 ^{ab}	14.0 ^a	12.0 ^{abc}	11.7 ^{bc}	10.8	12.3 ^{abc}	13.3 ^{ab}	11.5 ^{bc}	0.85	0.02 6	*	NS
C ₄	47.2 ^{ab}	50.7 ^a	48.6 ^{ab}	50.0 ^a	50.5 ^a	47.7 ^{bc}	37.5 ^d	39.1 ^{dc}	41.5 ^{ab}	38.7 ^{dc}	40.3 ^{dc}	38.6 ^{dc}	3.78	0.01 2	*	NS
C ₂ /C ₃	2.5 ^b	2.1 ^c	2.8 ^{bc}	2.2 ^{bc}	2.2 ^{bc}	2.3 ^{cb}	3.1 ^a	3.3 ^a	3.4 ^a	3.2 ^a	3.3 ^a	3.3 ^a	0.22	0.00 01	*	NS
..... 48 h																
총 VFA	118.4 ^a	116.3 ^a	130.3 ^a	124.4 ^a	122.4 ^a	120.1 ^a	58.3 ^b	58.2 ^b	63.0 ^b	59.1 ^b	59.7 ^b	59.1 ^b	6.95	0.00 01	**	NS
조성 비율 (mmoles/100mmoles)																
C ₂	34.7	35.5	33.1	32.4	33.1	32.1	36.4	35.9	34.1	35.8	34.8	36.6	2.76	0.63 60	**	NS
C ₃	13.4	13.1	13.6	13.9	14.0	14.1	12.5	12.2	11.0	12.6	11.9	11.6	1.03	0.14 7	*	NS
C ₄	46.2	47.7	47.9	47.9	45.9	47.6	39.8	40.6	42.8	40.4	42.2	40.0	3.28	0.10 0	*	NS
C ₂ /C ₃	2.5 ^{dc}	2.4 ^{de}	2.3 ^{de}	2.3 ^{de}	2.3 ^{de}	2.2 ^e	2.8 ^a	2.9 ^{ab}	3.0 ^{ab}	2.8 ^{bc}	2.9 ^{ab}	3.14 ^{ab}	0.11	0.00 01	*	NS

1) 표 1-1 참조.

2) SEM, Standard error of means.

3) Pr>F, Probability level. ^{a,b,c} Means in the same row with different superscripts differ.

4) EE, Buffer extraction effect;; SE, Silage source effect.

, P<0.01; *P<0.001; NS, non significant.

4. 고찰

국내에서 생산된 여러 종류의 사일리지의 단백질 분획을 조사한 예는 없다. 이에 따라 본 시험에서는 먼저 사일리지의 성분을 분석하고(표 1-1) 아울러 Licitra 등(1996)의 방법에 따라 사일리지 내의 단백질 분획을 시도하였다. 뿐만 아니라, borate-phosphate buffer로 가용성 단백질과 불용성 단백질 함량을 측정하고 추출 전 후의 사일리지에 대하여 *in vitro* 방법으로 발효특성과 발효과정 중에 발생하는 gas 량 그리고 분해율을 조사하였다.

표 1-6. Effects of buffer extraction of silages¹⁾ on total gas production by incubation time

배양 시간 (h)	추출 전(ml)						추출 후(ml)						SEM ²⁾	Pr<F ³⁾	Effects ⁴⁾	
	호밀	벼짚	밀	트리 티케 일	칭보 리	귀리	호밀	벼짚	밀	트리 티케 일	칭보 리	귀리			EE	SE
1	51.5 ^{ab}	39.2 ^b	69.0 ^a	57.2 ^{ab}	57.2	53.7 ^b	37.7 ^b	36.2 ^b	45.5 ^{ab}	32.0 ^b	36.2 ^b	31.2 ^b	12.09	0.129	**	NS
3	45.2 ^b	28.7 ^{bc}	68.2 ^a	46.50 ^b	47.0 ^b	44.0 ^b	21.2 ^c	29.2 ^{bc}	22.5 ^c	21.2 ^c	23.0 ^c	19.2 ^c	8.040	0.001	***	NS
6	54.0 ^b	35.5 ^{cd}	69.50 ^a	53.7 ^b	55.0 ^b	49.0 ^{bc}	29.50 ^d	33.2 ^d	30.0 ^d	33.7 ^d	38.50 ^{cd}	26.2 ^d	6.500	0.000 ⁴	***	NS
12	67.0 ^{abc}	56.7	92.7 ^a	90.7 ^a	83.2 ^{abc}	87.7 ^{ab}	62.5 ^{bc}	66.2 ^{abc}	69.7 ^{abc}	78.5 ^{abc}	74.0 ^{abc}	75.2 ^{abc}	10.82	0.095	***	NS
24	85.0 ^{abc}	60.0 ^c	71.2 ^{bc}	81.2 ^{abc}	71.2 ^{bc}	83.5 ^{abc}	115.5 ^a	101.2 ^a _b	90.7 ^{abc}	95.0 ^{abc}	99.2 ^{abc}	90.5 ^{abc}	16.27	0.178	NS	NS
48	86.7	83.2	78.0	81.2	77.5	73.7	95.5	99.0	74.5	114.0	83.5	86.7	18.11	0.624	**	NS

¹⁾ 표 1-1 참조.

²⁾ SEM, Standard error of means. ^{a,b,c} Means in the same row with different superscripts differ.

³⁾ Pr>F, Probability level.

⁴⁾ EE, Buffer extraction effect; SE, Silage source effect.

, P<0.01; *P<0.001; NS, non significant.

표 1-7. Effect of borate buffer extraction of silages on *in vitro* degradability for 48h incubation

성분	추출 전 (% , DM basis)						추출 후 (% , DM basis)						SEM ¹⁾	Pr>F ²⁾	Effect ³⁾	
	RS	RSS	WS	TS	BS	OS	RS	RSS	WS	TS	BS	OS			EE	SE
건물	49.61 ^{ab}	32.39 ^d	52.26 ^a	47.63 ^a _{bc}	52.25 ^a	46.74 ^a _{bc}	34.49 ^d _e	31.64 ^e	36.50 ^d _e	36.48 ^d _e	36.67 ^c _{de}	41.26 ^b _{cd}	4.820	0.000 ₁	***	NS
조 단 백질	75.01 ^b	47.12 ^d	80.19 ^a _b	82.78 ^a	83.54 ^a	85.34 ^a	49.87 ^d	15.78 ^d	57.69 ^c	49.62 ^d	52.59 ^c _d	52.41 ^c _d	3.775	0.000 ₁	***	NS
NDF	26.24 ^{abc}	19.14 ^c	24.10 ^b _c	33.11 ^a _b	34.27 ^a _b	29.37 ^a _{bc}	34.67 ^a _b	33.09 ^a _b	30.41 ^a _{bc}	35.75 ^a _b	38.63 ^a	39.97 ^a	6.221	0.020	***	NS

¹⁾ SEM, Standard error of means. ^{a,b,c} Means in the same row with different superscripts differ.

²⁾ Pr>F, Probability level.

³⁾ EE, Buffer extraction effect; SE, Silage source effect.

***P<0.001; NS, non significant.

주지하는 바와 같이, 사일리지의 양질의 조사료에 해당됨에도 불구하고 일반적으로 단백질에 관한 한 손실이 불가피한 것으로 알려지고(Song과 Kennelly, 1989) 있는 바, 이는 사일리지 제조 시 발효로 인하여 다량의 단백질이 NPN으로 전변되기 때문이다. 본 시험에서 조사한 바, CP 함량이 낮은 벼짚 사일리지(RSS)의 borate-phosphate buffer 가용성 CP 함량이 총 CP 함량의 53.4%로 비교적 낮았지만 그 밖의 사일리지에는 80% 정도에 달할 만큼 높은 것으로 조사되었다(표 1-2). 또한 buffer 가용성 CP 함량 중 NPN에 해당되는 A fraction이 RSS와

TS 및 BS에서 약 48~53% 정도로 비교적 낮았던 반면 그 밖의 사일리지에서는 63%를 상회하였다(표 1-2). 그러나 볏짚 사일리지(RSS)의 경우 사실상 체내에서 이용이 불가능한 것으로 알려지는 C fraction이 무려 27% 정도로 높아 벼 수확 후 곤포 형태로 발효시켰다 하더라도 조사료 자원으로서의 사료적 가치는 여전히 낮은 것으로 여겨진다. 일찍이 Song과 Kennelly(1989)는 청보리 사일리지의 수용성 단백질 함량이 총 단백질의 75%에 달하였으며, 케놀라박으로 청보리 사일리지의 단백질 함량을 높여 유생산성을 개선시켰다고 보고하였다. 그동안 국내에서도 여러 종류의 사료작물에 대한 생산 시기(윤과 Kazuo, 2000; 김 등(2003)와 사료작물 종류에 따른 영양소 함량(박 등, 2008)을 조사한 바 있다. 윤과 Kazuo(2000)는 triticale, 밀 그리고 호밀 중에서 밀의 NDF 함량이 가장 낮았다고 하여 본 시험의 동일한 사일리지에서와 같은 경향을 보였다. 박 등(2008) 역시 보리, 귀리, 밀 및 triticale 중 밀의 NDF와 ADF 함량이 가장 낮았고, TDN 함량은 69.1%로 가장 높아 기타 동계사료작물에 비하여 사료가치가 가장 높았다고 하였다.

In vitro 시험을 통하여 borate-phosphate buffer로 추출 전 및 추출 후의 사일리지 발효특성과 gas 발생량 및 분해율을 조사하였는데, 측정 시간별 배양액의 pH(표 1-3)를 보면, 사일리지 종류에 따른 차이는 없었으나 buffer 가용성 물질이 포함된 추출 전의 사일리지에서 배양 12시간 까지 낮은 pH를 보이다가 배양 후기(48 시간)에는 오히려 추출 후의 사일리지에서 낮은 pH를 보였다. 그러나 추출 전의 볏짚 사일리지 배양액에서 다소 높은 경향의 pH를 보였는데, 이(2000)는 볏짚의 물리적 특성으로 인하여 NDF의 분해속도가 느리기 때문에 반추위액의 pH가 높은 수 있다고 추정된 바 있다. Ammonia-N의 농도(표 1-4)와 총 VFA 농도(표 1-5)는 배양이 종료될 때까지 추출 후에 비하여 추출 전의 모든 사일리지에서 높았는데, 이는 batch type의 *in vitro* 시험 성격 상 배양 초기에 추출 전의 사일리지 내 가용성 유기물이 다량 발효되어 누적되었기 때문으로 여겨진다. 그러나 배양액 내 각각의 VFA 조성 비율은 buffer 추출 전과 추출 후 사이에 다소 다른 경향을 보였는데, 추출 전에 비하여 추출 후 사일리지의 acetate 비율이 높았던 반면 propionate와 butyrate 조성 비율은 오히려 낮아진 것으로 나타났다. 또한 사일리지를 배양하는 동안 발생된 gas의 총량(표 1-6)은 배양액의 pH에서와 같이 추출 전의 사일리지에서 배양 12시간까지 더 많이 발생된 반면 그 이후로는 추출 후의 사일리지에서 더 많이 발생되었다. 사일리지를 borate-phosphate buffer로 추출하기 전과 추출한 후 이들을 대상으로 한 발효 특성 조사에 관한 보고된 시험 결과를 찾을 수 없다. 그러나 본 시험에서 여러 종류의 사일리지에 대한 buffer 추출 전·후 발효특성으로 보아 다음과 같이 결과를 종합할 수 있다. 즉, 단백질을 포함한 buffer 가용성 물질은 사일리지의 초기 발효를 크게 촉진할 수 있는 것으로 보이며, 가용성 물질이 소진되는 후기 발효 시에는 섬유소 중심의 발효가 가속화될 수 있는 것으로 여겨진다. 비록 조사되지는 않았지만 또 다른 측면에서 살펴보면, 발효 초기에는 가용성 물질을 발효시키는 미생물의 활동이 크지만 후기에는 섬유소를 포함한 불용성 유기물을 이용하는 미생물의 활동성이 더 증가될 수 있는 것으로 여겨진다. 일찍이 Hungate(1966)는 반추위 미생물의 substrate에 대한 적응력이 매우 높아 사료 종류나

사료의 성분에 따라 미생물 분포가 크게 달라질 수 있다고 서술한 바 있다.

사료작물의 *in vitro* 분해율을 보면, 건물, 조단백질 및 NDF에서 buffer 추출 전과 추출 후의 차이가 현저한 반면 볏짚 사일리지에서 가장 낮은 값을 제외하고는 사료작물간 큰 차이가 없었다(표 1-7). 볏짚 사일리지 분해율이 다른 사일리지에 비하여 낮은 것은 수확 시기에 따른 볏짚의 물리적 특성(이, 2000)에서 기인된 것으로 생각된다. Han과 Garrett(1986)의 보고에 의하면, 볏짚의 NDF 함량이 매우 높을 뿐만 아니라 반추위에서 거의 소화가 되지 않는 silica 및 lignin 등이 다량 함유되어 있기 때문에 볏짚의 건물과 NDF 분해율이 낮다고 하였다. 특이한 점은, 조단백질의 경우 추출 후에 비하여 추출 전의 분해율이 현저히 높았으나 NDF 분해율은 오히려 추출 후의 사일리지에서 더 높았는데, 이 또한 발효특성에서 고찰한 바와 같이 buffer 추출에 의해 가용성 물질이 소진된 상태에서 발효가 개시되었기 때문에 배양 초기부터 섬유소 분해에 관련된 미생물이 더욱 활발하게 작용한 때문으로 여겨진다.

본 시험을 통하여 조사된 결과로 미루어 보아 볏짚을 제외한 사료작물의 사일리지 제조 시 가용성 물질이 80% 정도에 달하였으며, 총 단백질의 50-70%가 NPN인 것으로 밝혀졌다. 이러한 특성은 buffer 추출 전 후의 사일리지 발효특성에 그대로 반영되었는데, 사일리지의 가용성 물질에 의한 영향을 받는 발효 초기와는 달리 후기(24시간 이후)에는 불용성 물질 중심으로 발효가 진행되는 것으로 보인다. 그러나 사일리지의 가용성 탄수화물과는 달리 다량의 NPN으로 인한 단백질 손실이 예상되기에 사료작물 사일리지를 이용한 사료 배합에 따른 보완 대책이 요구된다.

○ 시험 2 : 시험용 사료작물의 성분 및 사일리지 발효특성

1. 재료 및 방법

1) 수확기 별 청보리 및 청호밀의 성분 분석

① 목적 : 2008년 5월 중 농가에서 관행적으로 정하는 청보리와 청호밀 수확시기를 중심으로 각각 1주일 전과 1주일 후에 수확한 후 이들 동계사료작물의 수확시기별 주요 성분 함량을 조사하기 위해 실시되었다.

② 성분 분석방법

먼저, 수확기별 청보리와 청호밀을 냉동 건조한 다음 1mm 크기로 분쇄하였으며, 일반 성분은 AOAC 방법 (1995)으로 분석하였으며, NDF 함량은 Van Soest 등(1991)의 방법에 준하여 분석하였다.

2) 청보리 및 청호밀 사일리지의 성분 분석, *in vitro* 발효 및 분해 특성 조사

① 목적

2008년 5월에 생산된 청보리 및 청호밀로 조제된 이들 silage의 일반 성분을 분석하고 발효 성장 및 분해특성을 평가하기 위하여 실시되었다.

② 사일리지 성분 분석

청보리 및 청호밀 사일리지의 일반 성분은 다음과 같은 방법으로 분석되었다. 먼저, 사일리지를 냉동 건조한 다음 일반 성분은 AOAC 방법 (1995)으로 분석하였으며, DNF 및 ADF 함량은 Van Soest 등(1991)의 방법에 준하여 분석하였다. 사일리지의 pH 및 암모니아 농도는 증류수 40ml에 사일리지 5g을 넣고 4시간 동안 agitation한 다음 pH 및 암모니아 농도 측정에 이용하였다. 젖산 농도는 40 ml ethanol에 5g 사일리지를 넣은 다음 6시간 동안 agitation시킨 후 GC를 이용하여 측정하였다.

③ *In vitro* 발효특성 및 분해율

종류(청보리 및 청호밀) 사일리지를 *in vitro* 방법으로 48시간까지 배양한 후 배양액의 발효 특성(pH, 암모니아 농도 및 VFA) 및 분해율을 조사하였다. *In vitro* 배양을 위해 반추위 누관이 장착된 Holstein 암소 2두에서 아침 사료 급여 2시간 후에 반추위 내용물을 채취하였다. 사료는 1일 8kg(건물기준)의 젖소 건유기용 시판 배합사료와 세절한 볏짚을 60:40의 비율(건물 기준)로 혼합한 다음 4kg씩 동일한 양으로 나누어 아침(08:00)과 저녁(18:00)에 급여하였다. 배합사료의 조단백질, 조지방 및 TDN 함량은 각각 12.5, 3.92 및 70%였고 볏짚의 경우 조단백질, 조지방, 및 NDF 함량은 각각 3.45, 2.58 및 53.2%였다(건물 기준). 2두의 소로부터 채취된 반추위 내용물을 동일한 무게 비율로 혼합한 후 4겹의 거즈로 거른 다음, 다시 반추위 내용물과 위액을 1:2의 비율로 혼합하고 사료에 부착된 미생물을 분리시키기 위해 Waring blender(Fisher 14-509-1)로 3분간 blending 하였다. 이후, 반추위 내용물을 6겹의 거즈로 걸러 배양을 위한 반추위액으로 이용하였으며, 준비된 반추위액은 30초간 고 순도의 CO₂ gas로 충전한 다음 항온수조에서 39°C 온도를 유지하였다.

여과한 반추위액과 L 당 2.0g NaCl, 0.5g (NH₄)₂SO₄, 1.0g K₂HPO₄, 1.0g KH₂PO₄, 0.265g CaCl₂·2H₂O 및 0.409g MgSO₄·7H₂O이 포함된 인공 타액(McDougall, 1948)를 1:1(v/v)의 비율로 혼합하여 배양액으로 이용하였으며, 배양이 시작될 때까지 항온수조를 이용하여 39°C로 유지시켰다. Borate-phosphate buffer 추출 전·후의 건조시킨 사일리지를 1mm 크기로 분쇄한 다음 약 3g을 nylon bag(5 x 10cm)에 넣고 bag 고정 장치가 연결된 고무마개를 이용하여 삼각플라스크(500ml) 안에 고정하였다. 그 후 준비된 배양액(300ml)을 각각의 배양용 플라스크에 넣은 후 진탕배양기(VS-8480SR)를 이용하여 39°C에서 48시간동안 배양을 하였다. 배양기간 동안 진탕속도는 135times/min으로 유지하였다. 사일리지의 *in vitro* 분해율은 동일한 조건에서 반복 당 2회로 3회에 걸쳐 조사되었다.

④ 시료의 채취 및 분석

발효특성을 조사하기 위해 배양 개시 후 1, 3, 6, 12, 24 및 종료 시(48 시간)에 배양액을 채취하였으며, 채취 즉시 pH를 측정하였다. 또한 휘발성지방산(VFA) 분석을 위해 0.8ml 배양액에 0.2ml의 25% phosphoric acid를 첨가하고 분석 시까지 -20℃에서 냉동 보관하였다. 시험사료(사일리지)의 일반성분은 AOAC(1995) 방법에 따라 분석하였으며, NDF 및 ADF 함량은 Van Soest 등(1991)이 제시한 방법에 따라 분석하였다.

배양액의 ammonia-N의 농도는 Faweett과 Scott(1960)의 방법을 이용하여 spectrophotometer(Berkman, DU-650)로 분석하였다. 또한 휘발성지방산(volatile fatty acid, VFA)은 냉동 보관된 시료를 해동한 다음 internal standard로 0.2ml의 2% pivalic acid를 넣어 잘 혼합하고 12,000×g에서 15분간 원심분리 한 후, 상층액을 취하여 30m capillary column(NUKOL™, 0.25mm I.d., Supelco Co.)이 장착된 gas chromatograph(GC, HP5890 series II, Hewlett Packard Co.)로 분석하였다.

⑤ 통계 분석

본 실험에서 조사된 모든 성적은 SAS(2002)의 GLM procedure를 통하여 분산분석을 실시하였고, Duncan's multiple range test(1955)에 의하여 시료 간 차이에 대한 유의성을 검정하였다.

2. 결과

1) 수확기 별 청보리 및 청호밀의 성분 분석

2009년 5월에 수확한 청보리와 청호밀의 성분 분석 결과는 표 2-1에서와 같다. 즉, 건물 함량은 청보리가 32.59%~34.85% 그리고 청호밀이 31.75%~33.07%로서 수확시기가 다소 늦어질수록 건물 함량이 다소 증가되는 경향을 보였다. 그러나 조단백질 함량은 청보리 및 청호밀 모두에서 각각 9.06% 및 9.86%로서 수확적기에 가장 높은 수준을 보였다. 수확시기가 다소 늦어질수록 조지방 함량이 다소 감소되었지만 청보리 및 청호밀간의 차이가 없었다. 청보리의 NDF 함량(53%~56%)이 청호밀(65%~70%)보다 낮은 것으로 조사되었다.

2) 청보리 및 청호밀 사일리지의 성분 분석

청보리와 청호밀 사일리지의 화학적 조성(성분)을 보면 표 2-2와 같다. 사일리지 제조 이전의 청보리 및 청호밀의 성분과는 달리 청보리 사일리지의 건물 함량이 32.14%로 청호밀 사일리지(31.73%)보다 다소 높았다. 청보리 사일리지의 조지방(5.36%)과 ADF(42.12%) 함량은 청호밀의 값(각각 4.65% 및 39.39%)보다 다소 높았다. 사일리지 발효특성을 보면(표 2-2), 청보리 사일리지의 pH(4.64)가 청호밀 사일리지(4.32)에 비해 다소 높은 경향을 보였으나 청호밀 사일리지의 젖산 함량(3.27mg/g, 사일리지 건물)과 암모니아 농도(25.2mg/g, 사일리지 건물)가 다소 높은 편이었다.

표 2-1. 수확시기에 따른 청보리와 청호밀의 성분 (% DM basis)

사료작물	Harvesting time	건물	조단백질	조지방	NDF	조회분
청보리	수확적기 1주일 전	32.59	8.69	4.10	53.46	5.97
	수확적기	34.21	9.06	3.78	54.74	6.46
	수확적기 1주일 후	34.85	8.26	3.67	56.63	5.25
청호밀	수확적기 1주일 전	31.75	9.22	4.15	70.59	5.23
	수확적기	32.60	9.86	3.97	69.52	5.31
	수확적기 1주일 후	33.07	9.76	3.85	65.25	4.52

표 2-2. 사료작물 사일리지의 성분 함량(% DM basis) 및 발효특성

사일리지	성분 함량(DM, %)						발효특성		
	건물	조단백질	조지방	NDF	ADF	조회분	pH	Lactate (mg/g,DM)	Ammonia (mg/g, DM)
청보리	32.14	7.97	5.36	66.42	42.12	9.48	4.64	3.25	23.1
청호밀	31.73	8.69	4.65	68.39	39.34	10.42	4.32	3.27	25.2

앞에서 조사한 사일리지 조제 전의 성분과 사일리지 조제 후의 성분 및 발효특성 차이는 작물의 특성이라기보다는 대부분 사료작물의 수확 시기에 의한 차이 때문인 것으로 보인다. 한편, 본 시험에 사용된 사일리지의 pH(4.3 ~ 4.6)로 보아 발효가 진행 중인 것으로 보인다.

사료작물을 사일리지로 조제할 경우 상당한 부분의 가용성 탄수화물과 단백질이 미생물에 의해 분해되어 다른 형태로 전환된다. 특히, 일반적으로 사료작물 단백질의 60 ~ 70%가 암모니아 등의 NPN으로 전환되어 사료작물의 단백질 이용효율을 떨어뜨린다. 사료작물의 경우 대체로 단백질 함량이 10% 미만(건물 기준)임을 감안할 때 단백질 손실이 적지 않을 것으로 예상된다.

3) 청보리 및 청호밀 사일리지의 *in vitro* 발효 및 분해 특성

두 종류(청보리 및 청호밀) 사일리지를 *in vitro* 방법으로 48시간까지 배양한 후 배양액의 발효특성(pH, 암모니아 농도 및 VFA) 및 분해율을 조사하였다. 배양액의 pH(Figure 2-1) 및

암모니아 농도(Figure 2-2)는 사일리지의 종류에 의한 영향을 받지 않았다.

건조시킨 두 종류의 사일리지를 48까지 nylon bag에 넣어 배양한 다음 Qrskov and McDonald (1979) 계산식을 적용하여 주요 성분의 예상 분해율을 추정된 결과 표 2-3과 같다. 즉, 대부분의 성분에서 청호밀 사일리지의 분해율이 다소 높았으나 두 종류의 사일리지간 차이는 매우 작았다.

청보리 사일리지와 청호밀 사일리지를 48시간까지 배양하여 VFA 농도와 조성을 조사한 바, 표 2-4에서 보는 바와 같다. 청보리 사일리지의 경우 12시간까지는 청호밀사일리지에 비하여 총 VFA 농도가 다소 높은 경향을 보였으나 그 이후로는 두 종류의 사일리지 간 차이가 없었다. 주요 지방산(acetate, propionate 및 butyrate)의 조성에서도 두 종류의 사일리지에 의한 차이가 발견되지 않았다.

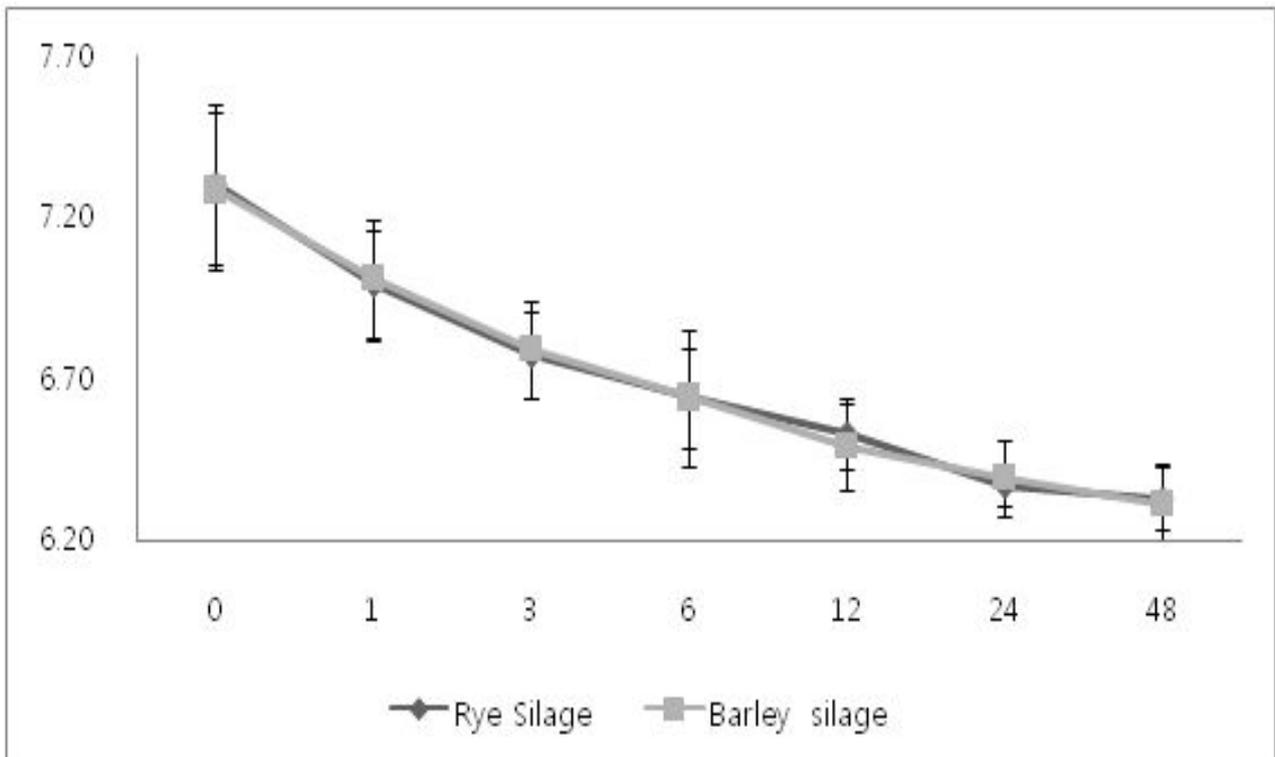


그림 2-1. 사료작물에 따른 배양액의 pH.

3. 고찰

본 시험은 청보리와 청호밀의 수확 시기 별 성분 함량의 변화 및 청보리 사일리지 및 청호밀 사일리지의 성분 함량 분석과 *in vitro* 발효특성 및 분해율 조사를 통하여 2 종류 동계사료작물의 이용방법 확립을 위한 기초 자료를 도출하기 위해 실시되었다. 본 시험에서는 사료작물 생산지역에서 관행적으로 수확해오던 시기(수확 적기)를 중심으로 1주일 전 및 1주일 후에 청

보리 및 청호밀을 수확하여 시험에 이용하였다.

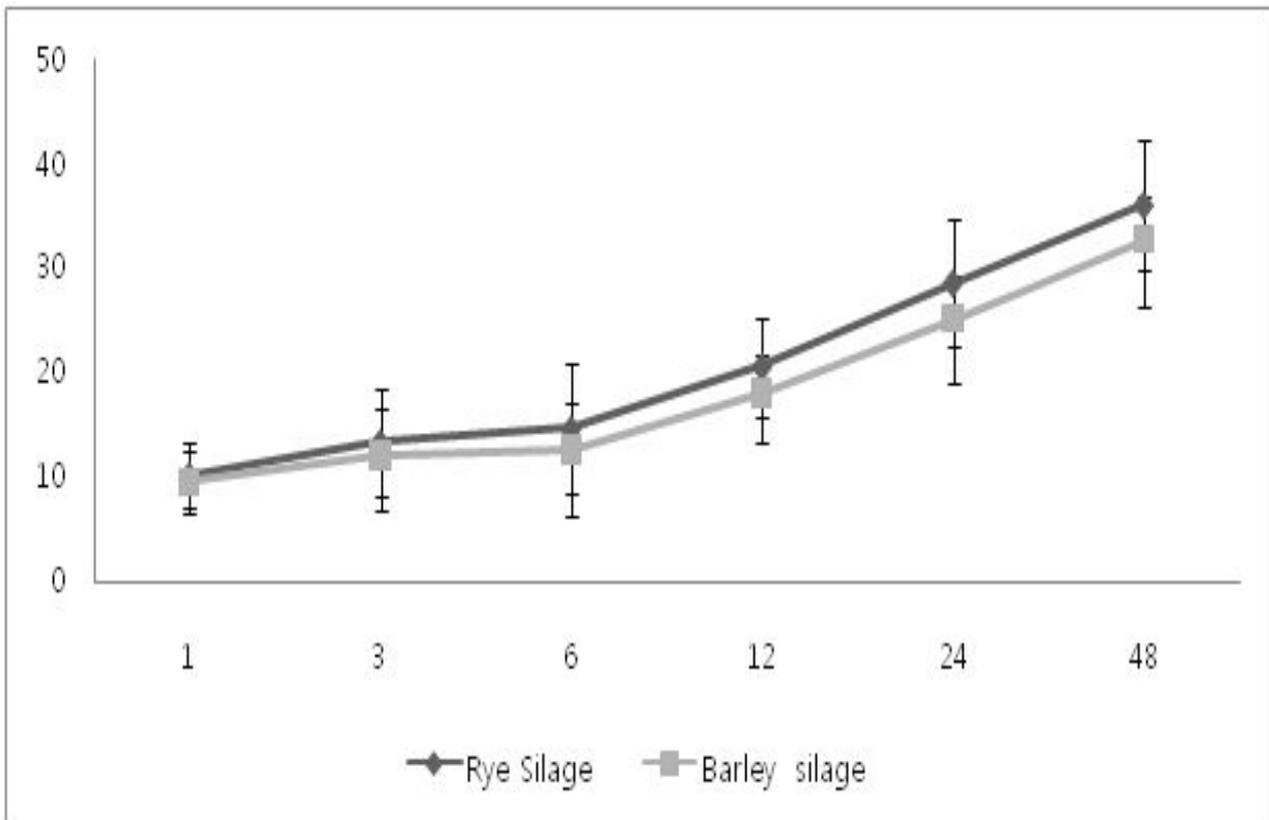


그림 2-2. 사료작물에 따른 배양액의 암모니아 농도(mg/100ml).

표 2-3. 사료작물 사일리지의 *in vitro* 분해율

성분	사일리지(% DM)		SEM ¹⁾	Pr>F ²⁾
	청호밀	청보리		
건물	50.59	49.27	1.310	0.653
조단백질	75.02	73.89	1.757	0.472
NDF	30.95	29.78	1.906	0.725
유기물	47.09	45.78	1.403	0.688

¹⁾ Standard error of the means.

²⁾ Probability level.

일반적으로 건물 수량과 수분 함량, 그리고 영양소 이용율 등이 수확시기를 결정하는 주요 요인으로 작용되어 왔다. 청보리 품종(윤 등, 2009)과 청호밀(황 등, 1985)의 경우 수확시기가 늦을수록 건물과 TDN 수량이 증가하는 것으로 보고된 바 있으나, 김 등(1988) 및 송 등(1982)은 청호밀의 경우 수확 시기가 늦어질 경우 양분과 에너지 축적량이 급격히 감소한다는 보고도 있다. 따라서 수확 시기가 너무 늦을 경우 사료작물 내 주요 성분의 체내 이용율이 감소될 수 있는 것으로 사료된다. 본 시험 결과, 동일한 재배지에서 채취되었음에도 불구하고 수확시기가 늦어질수록 수분 함량이 다소 감소된 것을 제외하고는 성분 조성에서의 일관적인 변화는 없는 것으로 보여(표 2-1), 조사된 2주 동안 청보리 및 청호밀을 수확을 할 경우 성분 중심의 품질에는 거의 영향을 받지 않을 것으로 여겨진다.

이와는 별도로 사일리지로 조제된 청보리와 청호밀의 성분을 비교한 바, 청보리 사일리지에 비해 청호밀 사일리지에서 조단백질 함량이 다소 높은 반면 ADF 함량은 다소 낮은 것으로 나타났다(표 2-2). 그 결과 배양액의 pH는 차이가 없었지만(Figure 2-1) 암모니아 농도는 청호밀 사일리지에서 다소 높은 경향을 보였다(Figure 2-2). 그러나 두 종류의 사일리지 간 배양액의 VFA 농도 및 조성 비율과 유효 분해율에서 차이를 보이지 않은 것은 성분에서 큰 차이가 없었기 때문으로 여겨진다.

표 1-4. 사료작물 사일리지에 따른 배양액의 VFA 농도 및 조성

VFA	사일리지		SEM ¹⁾	Pr>F ²⁾
	청호밀	청보리		
----- 1 h -----				
총 VFA(mmoles/100ml)	72.70	73.84	70.590	0.248
조성 비율 (moles/100moles)				
Acetate (C ₂)	33.90	34.30	1.051	0.930
Propionate (C ₃)	14.54	15.29	0.629	0.616
Butyrate	45.22	44.53	1.509	0.941
C ₂ /C ₃	2.33	2.25	0.097	0.545
----- 3 h -----				
총 VFA(mmoles/100ml)	79.66	82.65	4.477	0.207
조성 비율 (moles/100moles)				
Acetate (C ₂)	33.45	33.68	1.445	0.232
Propionate (C ₃)	15.15	14.62	0.586	0.691
Butyrate	44.94	45.25	1.516	0.446
C ₂ /C ₃	2.21	2.32	0.121	0.256
----- 6 h -----				
총 VFA(mmoles/100ml)	87.77	91.56	4.934	0.405
조성 비율 (moles/100moles)				
Acetate (C ₂)	36.05	34.10	1.417	0.757
Propionate (C ₃)	14.31	13.86	0.440	0.375
Butyrate	44.14	46.64	1.496	0.826
C ₂ /C ₃	2.51	2.46	0.116	0.445
----- 12 h -----				
총 VFA ³ (mmoles/100ml)	92.96	100.88	4.877	0.216
조성 비율 (moles/100moles)				
Acetate (C ₂)	35.60	34.19	1.339	0.842
Propionate (C ₃)	13.89	13.41	0.549	0.575
Butyrate	44.39	47.25	1.416	0.771
C ₂ /C ₃	2.56	2.56	0.115	0.539
----- 24 h -----				
총 VFA(mmoles/100ml)	106.37	105.83	7.242	0.402
조성 비율 (moles/100moles)				
Acetate (C ₂)	33.90	33.74	1.173	0.967
Propionate (C ₃)	13.20	13.58	0.491	0.869
Butyrate	46.30	46.92	1.568	0.973
C ₂ /C ₃	2.56	2.48	0.139	0.961
----- 48 h -----				
총 VFA(mmoles/100ml)	112.11	112.11	5.597	0.802
조성 비율 (moles/100moles)				
Acetate (C ₂)	34.89	34.63	1.216	0.987
Propionate (C ₃)	13.48	13.70	0.438	0.642
Butyrate	45.34	45.67	1.31	0.985
C ₂ /C ₃	2.59	2.51	0.104	0.672

¹⁾ Standard error of the means. ²⁾ Probability level.

○ 시험 3. 청보리 및 청호밀 사일리지의 소 체내 이용율 및 TDN 평가

1. 연구 목적

본 연구는 소를 대상으로 국내에서 생산된 다양한 종류 사일리지의 체내 이용율을 조사하고 각 사일리지의 TDN 값을 평가하고자 실시되었다.

2. 재료 및 방법

1) 시험 사료 및 사양관리

본 실험을 위해 2009년에 생산되어 곤포형태로 포장된 청보리 사일리지(barley silage, BS), 호밀 사일리지(rye silage, RS), 이탈리아 라이그라스 사일리지(Italian ryegrass silage, IRGS) 및 수단그라스(수수 × 수단그라스 교잡종) 사일리지(Sudangrass silage, SGS)를 이용하였다. 본 연구에 이용된 모든 조사료는 전북 고창 지역에서 생산된 것으로서 청보리는 황숙기 초기에 수확하였으며, 호밀은 출수기에 수확하여 곤포사일리지로 제조하였다. 또한 이탈리아 라이그라스의 경우 조생종으로 출수 후기 ~ 개화기 때에 수확되었고, 수단그라스는 7월 중 ~ 하순에 수확된 것을 곤포사일리지로 제조하였다. 시험 전 교내 시험장소로 모든 사일리지를 옮겨온 뒤 보관시 변질을 방지하기 위하여 1일 섭취량 기준으로 밀봉 포장하여 급여직 전까지 5℃로 유지되는 컨테이너에서 보관하였다. 네 종류 사료작물 사일리지의 체내 이용성 및 가소화영양소총량(TDN, total digestible nutrient) 평가를 위해 반추위 누관이 장착된 젖소 건유우 4두(평균 670 ± 14kg)를 대상으로 4 × 4의 Latin square 방법으로 대사시험을 실시하였다. 대사시험은 period 별 적응기간 10일, 시료 채취기간 4일씩 총 4 period에 걸쳐 실시되었다.

시험사료인 사료작물 사일리지 급여량 결정을 위해 대사시험 용 4두를 대상으로 각각의 시험사료를 3일간씩 교체 급여하여 최소 섭취량을 정하였으며, 정해진 1일 섭취량인 5kg(건물 기준)을 균등하게 나누어 오전 9시 및 오후 6시에 급여하였다. 전체 시험기간 동안 물과 미네랄 블록은 자유로이 섭취토록 하였다.

2) 시험사료의 반추위 내 분해율 및 전장소화율 조사

각 사일리지를 건조후 2mm 크기로 분쇄한(Wiley mill, Arther Hill Thomas Co, Philadelphia, PA) 후 각각의 사료를 nylon bag(5×10cm, pore size 45μm)에 5g 정도 넣은 후 반추위 누관이 장착된 시험축의 반추위에 0, 1, 3, 6, 12, 24, 48 및 72시간 동안 반추위에서 배양시켰다. 정해진 시간에 따라 각각의 nylon bag을 꺼낸 다음 흐르는 물로 씻은 다음 60℃에서 72시간 동안 건조시켜 건물 함량을 측정하였다. 배양 후 nylon bag 내에 남은 사료는 일반성분 및 중성세제 불용성 섬유소(NDF, neutral detergent fiber) 분석 시까지 냉장 저장되었다. 반추위 내 시험사료의 주요 성분 별 유효 분해율(ED, effective degradability)은 Ørskov와 McDonald(1979)의 방법에 따라 계산되었는데, 이때 passage rate는 0.05로 하였다.

또한 사일리지의 전장소화율을 조사하기 위해 전 시험기간 동안 급여 시 Cr_2O_3 를 표시제(0.2%, 건물기준)로 첨가, 급여하였다.

3) 시료의 채취 및 분석

시험사료의 반추위 내 발효성상을 조사하기 위하여 사료 급여 직전 및 사료 급여 1, 3, 6 및 9시간 후에 반추위 fistula를 통하여 반추위액을 각각 100ml 정도 채취한 후 즉시 반추위 pH를 측정하였다. 그 후 4겹의 거즈로 위액을 여과시킨 다음 암모니아 농도 분석을 위해 반추위액 1ml를 채취하여 분석 전 까지 -20°C 에 냉동 보관하였으며, 휘발성지방산(VFA, volatile fatty acid) 분석을 위해 0.8ml 배양액에 0.2ml의 25% phosphoric acid를 첨가하고 분석 시까지 -20°C 에서 냉동 보관하였다.

반추위액의 암모니아 농도는 Fawcett와 Scott(1960)의 방법에 따라 발색 반응을 시킨 후 spectrophotometer(Mecasys Co. Korea, Optizen 3220uv)를 이용하여 분석 하였다. 또한 휘발성지방산 분석을 위해 0.8ml 배양액에 0.2ml의 25% 인산 용액을 첨가하고 분석 시까지 -20°C 에서 냉동 보관하였다. 휘발성지방산은 냉동 보관된 시료를 해동한 다음 internal standard로 0.2ml의 2% pivalic acid를 넣어 잘 혼합하고 $12,000\times g$ 에서 15분간 원심분리 한 후, 상층액을 취하여 30m capillary column(NUKOLTM, 0.25mm I.d., Supelco Co.)이 장착된 gas chromatograph(GC, HP5890 series II, Hewlett Packard Co.)로 분석하였다. 이동상으로는 헬륨(He) 가스가 이용되었으며, injector와 FID 검출기의 온도는 모두 200°C 로 유지되었고 split ratio는 1 : 50으로 하였다.

전장소화율 측정을 위해 분은 대사시험 용 시험축의 직장에서 grab sampling 법을 이용하여 오전사료 급여 후부터 저녁 사료 급여 시까지 2시간 간격으로 채취한 다음 동일한 비율로 혼합 한 후 분석 시까지 -20°C 에서 냉동 보관하였다. 시험사료(사일리지), 시험사료의 반추위 배양 후 분해되지 않은 사료 및 분의 일반성분은 AOAC(1991) 방법에 준하여 분석하였고 가용무질소물(NFE, nitrogen free extract) 함량은 건물에서 조단백질, 조지방, NDF 및 조회분 함량을 뺀 값으로 계산하였고, Cr_2O_3 는 Charlot(1964) 방법으로 분석하였다. 사료의 NDF 및 산성세제 불용성 섬유소(ADF, acid detergent fiber) 함량은 Van Soest 등(1991)의 방법에 준하여 분석하였으며, TDN 값은 김 등(2009)이 제시한 방법에 준하여 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{TDN} = \text{가소화 단백질} + \text{가소화 탄수화물} + \text{가소화 조지방} \times 2.25$$

이때 가소화 탄수화물은 사료의 조섬유 대신 NDF 함량을 이용하였고, 아울러 NFE 소화율을 측정한 다음 이들 두 성분의 가소화 값을 더하여 이용 하였는데, 이는 NFE가 거의 탄수화물로 구성된 것으로 전제한 것이다. 시험사료로 이용된 사일리지의 일반 성분 함량은 표 1에서와 같다.

4) 통계 분석

본 실험에서 조사된 모든 성적은 SAS(2002)의 GLM procedure를 통하여 분산분석을 실시하였고, 시험사료 간 통계적인 차이에 대한 유의성은 Duncan's multiple range test(1955)에 의하여 검정하였다.

3. 결과

1) 시험사료의 화학적 조성

본 시험에 사용된 4종류 사일리지의 주요 성분 함량(건물 기준)은 표 3-1에서와 같다. 조단백질 함량은 호밀 사일리지(10.78%)에서 가장 높았고 그 다음으로 이탈리아 라이그라스 사일리지(10.03%) 및 청보리 사일리지(8.61%)의 순으로 높았으며 수단그라스 사일리지의 함량이 7.73%로 가장 낮았다. 조지방 함량은 청보리 사일리지, 이탈리아 라이그라스 사일리지 및 수단그라스 사일리지에서 4% 정도로 다른 종류의 호밀 사일리지(3.78%)에 비하여 다소 높은 경향을 보였다. 중성세제 불용성 섬유소(NDF, neutral detergent fiber) 함량은 이탈리아 라이그라스와 수단그라스에서 각각 61.12% 및 66.98%로 호밀 사일리지(57.51%) 및 청보리 사일리지(53.74%)에 비해 높은 것으로 나타났다. 가용무질소물 함량은 청보리 사일리지에서 25.45%로 가장 높은 반면에 수단그라스 사일리지에서 9.33%로 가장 낮은 값을 보였다. 이와는 달리 조회분은 수단그라스 사일리지에서 12.57%로 가장 높은 함량을 보였다.

표 3-1. 여러 종류 사일리지의 성분 조성 (% , DM)

사일리지	건물	조단백질	조지방	NDF	조회분	가용무질소물
청호밀	35.08	10.78	3.78	57.51	8.30	19.63
청보리	30.03	8.61	4.01	53.74	8.19	25.45
이탈리아라이그라스	32.07	10.03	4.26	61.12	7.49	16.83
수단그라스	25.45	7.73	4.39	66.98	12.57	9.33

3) 사일리지의 반추위 내 발효특성 및 분해율

여러 종류 사일리지를 급여한 후 시간이 경과함에 따라 반추위액의 pH가 3시간까지 낮아진 후 점차 높아지는 경향을 보였으나 사일리지 간 차이는 보이지 않았다(표 3-2). 각각의 사일리지 급여 후 3시간 까지 반추위액의 암모니아 농도가 증가하다가 그 이후부터 점차 감소하는 경향을 보였다(표 3-3). 사일리지 간 암모니아 농도는 급여 후 특정 시간대에서만 차이를 보였는데, 3시간에서 다른 종류의 사일리지를 섭취한 경우와 비교할 때 수단그라스 사일리지를 섭취한 소의 반추위액에서 7.28mg/100ml로 가장 낮았다($p < 0.049$).

표 3-2. 사료작물 사일리지에 따른 반추위액의 pH

시간(h)	사일리지				SEM ¹⁾	Pr>F ²⁾
	청호밀	청보리	이탈리안 라이그라스	수단그라스		
- 0.5	7.04	6.97	7.03	6.98	0.047	0.314
1	6.85	6.84	6.87	6.88	0.444	0.989
3	6.57	6.51	6.59	6.54	0.165	0.397
6	6.76	6.69	6.62	6.74	0.065	0.132
9	6.97	6.86	6.90	6.85	0.079	0.301

¹⁾ Standard error of the means.

²⁾ Probability levels.

표 3-3. 사료작물 사일리지에 따른 반추위액의 암모니아 농도 (mg/100ml)

시간(h)	사일리지				SEM ¹⁾	Pr>F ²⁾
	청호밀	청보리	이탈리안 라이그라스	수단그라스		
- 0.5	6.97	6.67	6.53	6.92	0.807	0.062
1	9.95 ^a	7.95 ^{ab}	8.50 ^{ab}	7.28 ^b	1.204	0.049
3	14.04	12.70	13.23	12.41	2.442	0.065
6	13.82	12.27	12.51	11.22	1.070	0.078
9	9.35	8.48	7.24	7.78	2.135	0.089

^{1), 2)} 표 3-2 참조.

* Means in the same row with different superscripts differ.

여러 종류의 사일리지를 급여한 후 반추위액 채취 시간에 따른 총 휘발성지방산 농도와 주요 휘발성지방산(acetate, propionate 및 butyrate) 조성 비율은 표 3-4에서 보는 바와 같다. 대체로 사료 급여 후 3시간까지는 모든 사일리지에서 총 휘발성지방산 농도가 증가하였으며, 그 이후 시간에서는 점차 감소하는 경향을 보였지만 처리간 차이는 없었다.

Acetate(C₂) 조성 비율은 다른 종류의 사일리지에 비해 수단그라스 사일리지 급여 1시간 (p<0.018), 3시간(p<0.004) 및 6시간(p<0.019) 후에 채취한 반추위액에서 높은 수준을 보였다. 이와는 달리 propionate(C₃) 조성 비율은 사일리지 급여 후 6시간까지 호밀 사일리지와 청보리 사일리지를 섭취한 소에서 높은(p<0.001 ~ p<0.042) 반면에 수단그라스 사일리지를 섭취한 소에서 가장 낮았다.

표 3-4. 사료작물 사일리지에 따른 반추위액의 VFA 농도 및 조성 비율

VFA	사일리지 ¹⁾				SEM ²⁾	Pr>F ³⁾
	청호밀	청보리	이탈리안 라이그라스	수단그라스		
----- 0.5h -----						
총 VFA(mmoles/100ml)	53.18	59.75	60.01	57.91	2.789	0.664
조성 비율(mmole/100mmoles)						
Acetate(C ₂)	73.50	73.64	74.99	76.13	2.584	0.139
Propionate(C ₃)	17.25 ^a	16.31 ^{ab}	16.19 ^{ab}	15.26 ^b	0.295	0.013
Butyrate	8.35	9.87	8.87	8.10	0.691	0.088
C ₂ /C ₃	4.26 ^b	4.51 ^{ab}	4.63 ^{ab}	4.99 ^a	0.079	0.042
----- 1h -----						
총 VFA(mmoles/100ml)	69.65	71.28	69.63	65.08	2.352	0.398
조성 비율(mmole/100mmoles)						
Acetate(C ₂)	69.36 ^b	69.54 ^b	69.60 ^b	77.07 ^a	1.185	0.018
Propionate(C ₃)	17.49 ^a	16.60 ^{ab}	15.67 ^b	15.61 ^b	0.859	0.038
Butyrate	11.40 ^b	14.06 ^a	9.57 ^b	6.21 ^c	0.953	0.005
C ₂ /C ₃	3.97 ^c	4.19 ^b	4.44 ^{ab}	4.94 ^a	0.235	0.008
----- 3h -----						
총 VFA(mmoles/100ml)	72.33	74.08	70.57	66.36	3.681	0.757
조성 비율(mmole/100mmoles)						
Acetate(C ₂)	71.54 ^b	70.25 ^b	71.24 ^b	76.79 ^a	2.863	0.004
Propionate(C ₃)	16.91 ^a	17.18 ^a	15.39 ^{ab}	14.15 ^b	1.617	0.001
Butyrate	9.74 ^a	10.55 ^a	9.09 ^a	7.97 ^c	0.972	0.007
C ₂ /C ₃	4.24 ^{bc}	4.09 ^a	4.63 ^c	5.43 ^b	0.180	0.001
----- 6h -----						
총 VFA(mmoles/100ml)	62.28	64.58	58.80	56.61	3.135	0.855
조성 비율(mmole/100mmoles)						
Acetate(C ₂)	71.41 ^b	71.89 ^b	72.09 ^b	75.48 ^a	2.762	0.019
Propionate(C ₃)	16.63 ^a	16.86 ^b	15.90 ^a	15.01 ^a	1.560	0.042
Butyrate	9.50 ^{ab}	10.83 ^a	8.75 ^{ab}	7.44 ^b	0.792	0.027
C ₂ /C ₃	4.29 ^b	4.26 ^b	4.53 ^b	5.02 ^a	0.420	0.050
----- 9h -----						
총 VFA(mmoles/100ml)	54.25	58.61	61.13	56.42	5.355	0.327
조성 비율(mmole/100mmoles)						
Acetate(C ₂)	73.16	72.34	73.62	74.35	3.352	0.208
Propionate(C ₃)	16.09	15.47	17.27	17.54	2.576	0.055
Butyrate	9.69	11.03	8.00	7.95	2.744	0.082
C ₂ /C ₃	4.55	4.68	4.27	4.23	0.936	0.056

1) ,2) and 3) 표 3-2 참조.

* Means in the same row with different superscripts differ.

이로 인하여 C₂/C₃ 비율은 호밀 사일리지와 청보리 사일리지 급여구에서 현저히 낮은(p<0.001

~ p<0.050) 것으로 나타났다. Butyrate 조성 비율은 사일리지 급여 후 대부분의 반추위액 채취 시간(1 ~ 6시간)에 걸쳐 청보리 사일리지를 섭취한 소에서 가장 낮은(p<0.007 ~ p<0.027) 것으로 나타났다.

반추위 내 사일리지의 유효분해율을 조사한 바 표 3-5에서와 같다. 먼저, 건물 분해율은 호밀 사일리지에서 59.64%로 가장 높았으며, 그 다음으로 청보리 사일리지(56.12%) 및 이탈리아 라이그라스 사일리지(55.64%)에서 높았고 수단그라스 사일리지의 유효분해율이 54.02%로 가장 낮았다(p<0.048). 이러한 경향은 조단백질(p<0.014) 및 유기물(p<0.039)의 반추위 내 유효분해율에서도 비슷한 것으로 조사되었다. 그러나 반추위 내 NDF 유효분해율에서는 사일리지간 차이가 없었다.

표 3-5. 사료작물 사일리지의 반추위 내 유효 분해율(Effective degradability, ED, %)

성분 별 유효 분해율	사일리지 ¹⁾				SEM ²⁾	Pr>F ³⁾
	청호밀	청보리	이탈리안 라이그라스	수단그라스		
건물(EDDM)	59.64 ^a	56.12 ^b	55.64 ^b	54.02 ^c	4.910	0.048
조단백질(EDCP)	85.75 ^a	83.34 ^b	81.12 ^b	70.71 ^c	6.402	0.014
NDF(EDNDF)	34.24	32.57	30.71	29.71	5.910	0.137
유기물(EDOM)	61.94 ^a	58.64 ^b	57.25 ^{bc}	54.97 ^c	6.739	0.039

1) ,2) and 3) 표 3-2 참조.

* Means in the same row with different superscripts differ.

4) 사일리지의 전장소화율 및 TDN value

사일리지의 전장소화율 및 TDN 값은 표 3-6에서 보는 바와 같다. 수단그라스 사일리지 내 건물(p<0.032), NDF(p<0.034) 및 유기물(p<0.041)의 전장소화율은 다른 종류의 사일리지에 비하여 현저히 낮았으나 다른 세 종류의 사일리지 간에는 차이가 없었다. 또한 호밀 사일리지의 조단백질 전장소화율이 다른 종류의 사일리지에 비하여 비교적 높은 것으로 나타났다. 조단백질, 조지방 및 탄수화물인 NDF와 NFE의 전장소화율을 이용하여 산출된 TDN 값은 호밀 사일리지가 61.1%로 가장 높았으며(p<0.001), 청보리 사일리지, 이탈리아 라이그라스 사일리지 및 수단그라스 사일리지의 TDN 값은 각각 57.1, 57.9 및 50.7%인 것으로 조사되었다.

표 3-6. 사료작물 사일리지의 전장소화물 및 TDN 함량

성분	사일리지(%) ¹⁾				SEM ²⁾	Pr>F ³⁾
	청호밀	청보리	이탈리안 라이스라스	수단그라스		
건물	69.3 ^a	67.4 ^a	65.3 ^a	59.2 ^b	2.545	0.032
조단백질	65.9	55.6	54.9	56.7	5.732	0.062
조지방	46.6	36.1	51.6	46.2	4.389	0.077
NDF	58.1 ^a	56.7 ^a	55.2 ^{ab}	52.2 ^b	1.422	0.034
가용 무질소물	95.7	80.3	98.0	99.8	7.248	0.083
유기물	71.1 ^a	68.9 ^a	67.1 ^a	61.7 ^b	1.332	0.041
TDN	61.1 ^a	57.1 ^b	57.9 ^b	50.7 ^c	1.105	0.001

1) 2) and 3) 표 3-2 참조.

* Means in the same row with different superscripts differ.

4. 고찰

본 시험은 전북 고창지역에서 생산, 조제된 4 종류 사료작물 사일리지의 소 체내 이용성 및 TDN 값을 평가하기 위해 실시되었다. 소에 대한 각 사일리지의 1일 급여량(5kg, 건물 기준)은 본 대사시험이 종료될 때까지 거의 잔량이 없었다. 사료작물의 사료적 가치가 수확시기(윤 및 Kazuo, 2000; 김 등, 2003) 및 품종(박 등, 2008)에 따라 다르다는 연구 결과가 보고된 바 있다. 송 등(2009)이 조사한 결과에 의하면 청보리 사일리지(유연)와 호밀 사일리지(곡우)의 조단백질 함량이 생육 시기에 따라 각각 9.23 ~ 13.23% 및 9.50 ~ 12.46%로 출하시기가 늦어짐에 따라 조단백질 함량이 줄어든 반면 NDF 함량은 각각 46.44 ~ 59.42% 및 55.12 ~ 56.4%로 출하시기가 늦어짐에 따라 증가되었다. 또한 이 등(2009)은 생산지역에 따라 청보리 사일리지의 조단백질 함량(7.7 ~ 10.5%)과 NDF 함량(44.9 ~ 50.5%)이 달라졌고, 수확시기에 따라 조단백질(7.6 ~ 9.6%) 및 NDF(46.1 ~ 54.2%) 함량 역시 달랐다고 보고하였다. 본 시험에서 이용된 청보리 사일리지와 호밀 사일리지의 조단백질 및 NDF 함량이 각각 8.61%와 10.78%, 그리고 53.74% 및 57.51%로서 송 등(2009) 및 이 등(2009)이 보고한 함량의 범위에 있는 것으로 보인다.

본 시험에서 조사된 반추위액의 pH(표 3-2)는 배합사료(Shinekhuu 등, 2009a) 위주로 급여한 경우에 비해 비교적 높은 수준이었지만 각 사료작물 사일리지의 사료 성분(표 3-1)에 의한 영향을 크게 받지 않았으며, 사일리지 섭취 후의 시간 경과에 따른 차이도 비교적 작은 것으로 여겨진다. 그러나 반추위액의 암모니아 농도는 일부 반추위액 채취시간(3시간)에서 사료작물 사일리지 간 차이가 있었으며(표 3-3), 조단백질 함량이 높은 호밀 사일리지 및 이탈리아 라

이그라스 사일리지를 섭취한 소의 반추위액에서 다소 높은 경향을 보임으로서 시험사료에 의한 영향을 받은 것으로 여겨진다. Shinekhuu 등(2009b)이 여러 종류의 사료작물 사일리지를 대상으로 *in vitro* 발효시험을 실시한 바, 본 시험에서의 결과와 비슷한 경향을 보였다.

일반적으로 반추위액의 휘발성지방산 농도 및 조성은 사료의 급여 형태 및 급여량에 의한 영향을 받는 것으로 알려진다. 본 시험에서는 총 휘발성지방산 농도가 사료작물에 의한 영향을 받지 않은 것으로 나타났지만(표 3-4) 수단그라스 사일리지를 급여했을 때 반추위액의 acetate 조성 비율이 가장 높았는데, 이는 사용된 사료작물 사일리지 중 NDF 함량이 가장 높은(표 3-1) 것과 관련이 있는 것으로 여겨진다. 반추위액의 propionate 및 butyrate 조성 비율은 호밀 사일리지 및 청보리 사일리지 급여구에서 높은 경향을 보였는데, 본 시험에서 이러한 결과를 뒷받침 할 수 있는 것으로는 이탈리아 라이그라스 사일리지 및 수단그라스 사일리지에 비하여 이들 사일리지 내에 가용성 탄수화물인 NFE 함량이 상대적으로 높았기(표 3-1) 때문인 것으로 보인다. 그러나 butyrate 조성 비율과 사일리지 내 NFE 함량과의 관계는 차후 시험을 통해 확인되어야 할 것으로 사료된다.

사료작물 사일리지의 특성 상 사일리지 조제 시 다량의 조단백질이 암모니아로 전변되기 때문에(Shinekhuu 등, 2009b) 사일리지간 반추위 내 조단백질 분해율을 비교하는 것은 큰 의미가 없다고 할 수 있다. 그러나 반추위 내 사일리지의 유효분해율(ED)이 사일리지의 NDF 함량과 관련이 있는 것으로 보인다(표 3-5). 이는 NDF 함량이 가장 높은 수단그라스 사일리지에서 건물, 조단백질 및 유기물(OM, organic matter)의 유효분해율 값이 가장 낮았으며, NDF의 유효분해율 역시 낮은 경향을 보였기 때문이다. 사일리지 성분의 전장소화율(표 3-6)은 반추위 내 사일리지 성분의 유효분해율 값에서와 비슷한 경향을 보였는데, NDF 함량이 가장 높은 수단그라스 사일리지의 건물, NDF 및 유기물의 전장 소화율이 다른 사일리지에 비하여 나타났다. 송 등(2009)이 ADF 값을 이용하여 산출한 결과 청보리 사일리지 및 호밀 사일리지의 건물소화율이 각각 60.8% 및 55% 정도였다. 또한 Shinekhuu 등 (2009b)이 *in vitro* 방법으로 호밀 및 보리 사일리지 내 주요 성분 분해율을 조사한 바, 건물과 조단백질 분해율은 보리에서 높았지만 NDF 분해율은 호밀에서 높았다고 보고하였다. 김 등(2007)이 이탈리아 라이그라스의 *in vitro* 소화율을 조사한 바, 54.4 ~ 63.3%의 범위에서 과중 방법에 따라 다르게 나타났다고 하였다. 이밖에도 정 등(2009)이 흑염소를 대상으로 청보리, 호밀 및 이탈리아 라이그라스 사일리지를 각각 40, 36 및 40% 첨가하여 조제된 사일리지 TMR의 전장소화율을 평가한 결과와 큰 차이는 없었지만 보리 사일리지의 건물과 NDF 소화율이 상대적으로 높았다고 보고하였는데, 본 시험에서도 이와 비슷한 경향을 보였다(표 3-6).

각 사료작물 사일리지의 TDN 값은 당초 사료의 가소화 조단백질과 가소화 조지방 그리고 가소화 탄수화물을 이용하여 계산하는데, 본 시험에서는 조섬유 및 NFE 대신 NDF 및 NFE 성분 함량과 소화율을 측정하여 가소화 탄수화물로 이용하였다. 이 때 NDF를 이용해도 될 수 있다는 근거는 반추동물에서 NDF가 사실상 섬유소의 기능을 하고 있을 뿐만 아니라 조섬유와 NDF간 탄수화물 함량 차이가 또 다른 형태의 탄수화물인 NFE에 그대로 반영되기 때문이었으

며, 따라서 가소화 탄수화물에 각각의 NDF와 NFE 값에 대한 소화율을 측정하고, 이들 값을 이용하여 TDN을 산정하는데 문제가 없는 것으로 여겨지기 때문이었다. 그 결과, 호밀사일리지의 TDN이 가장 높았으며, 그 다음으로 이탈리아인 라이그라스 사일리지 및 청보리 사일리지 순으로 낮아졌으며, 수단그라스 사일리지의 TDN 값이 가장 낮았다. 윤 등(2009)이 4종류의 보리 품종의 ADF 함량을 이용하여 TDN 값을 산출한 결과 62 ~ 65%였으며, TDN 값이 수확 시기에 따라 달랐다고 하였다. 또한 송 등(2009)의 보고에 의하면 ADF 함량을 이용하여 계산된 청보리 및 호밀 사일리지의 TDN 함량은 생육시기에 따라 각각 60.41 ~ 67.78% 및 52.59 ~ 58.83%의 값을 보였다고 하였다. 뿐만 아니라, 이 등(2009)에 의하면 청보리 사일리지의 TDN 함량이 수확시기에 따라 62.7 ~ 66.2%를 보였다고 하였다. 이밖에도 수수 x 수단그라스 교잡종(Sordan 79)의 TDN 함량이 수확연도에 따라 50 ~ 53%였으며(최 등, 2009), 이탈리아인 라이그라스의 TDN 함량이 63.1 ~ 68.2%이었다고 보고된 바 있다(황 등, 2008). 본 시험을 통하여 조사된 수수 x 수단그라스 교잡종 사일리지의 TDN 함량은 최 등(2009)이 보고한 값과 비슷하였지만 청보리 사일리지의 경우 송 등(2009) 및 이 등(2009)이 보고한 값에 비하여 다소 낮았다(표 3-6). 이탈리아인 라이그라스 사일리지의 TDN 값 역시 황 등(2008)에 의해 산출된 값보다 다소 낮은 경향을 보였다. 그러나 국내에서 생산된 사료작물이나 사일리지의 TDN 함량은 ADF 함량을 이용하여 산출된 값인데 반하여 본 시험에서 조사된 TDN 함량은 실제 소를 대상으로 사일리지 성분의 전장소화율을 이용하여 계산된 값이다. 사료작물의 주요 성분 함량이 수확시기나 품종은 물론 조사 방법 등에 의한 영향을 받을 수 있기 때문에 각종 요인이 고려된 다수의 시험을 통하여 보다 정확한 TDN 함량을 조사할 필요가 있는 것으로 사료된다.

○ 시험 4. 거세 한우 비육 전기용 청보리 및 청호밀 silage TMR의 체내 이용성 조사

1. 연구 목적

본 연구는 반추위 누관이 장착된 소 3두를 이용하여 볏짚, 청호밀 및 청보리 사일리지의 borate buffer 추출 전, 후 반추위내 분해율과 이들 사일리지로 자체 제조한 TMR의 체내 이용성을 조사하고자 실시하였다.

2. 재료 및 방법

1) 시험 동물, 시험사료 및 사양관리

시험 동물로는 반추위 누관이 장착된 홀스타인 소 3두를 이용하였으며, 시험은 3 x 3 Latin square design 방법으로 실시하였다. 전체 처리구에 걸쳐 시판 농후사료와 볏짚 또는 사일리지의 비율을 70:30의 비율로 혼합하여 사용하였다 (급여상태 기준). 시험사료의 전장 소화율 측정을 위해 전체 시험기간 동안 시험 사료에 Cr_2O_3 를 0.2% 수준으로 첨가하여 급여하였다. 시험동물은 시험기간 동안 각각의 대사실에서 관리되었으며, 1일에 각각의 TMR 8kg (건물 기준)을 2회로 나누어 급여하였다. 시험기간으로는 3 period, period 당 14일(사료 적응기간 10일, 시료 채취기간 4일)로 하여 총 42일간 실시하였다.

2) 시험사료의 반추위 내 분해율 및 전장소화율 조사

반추위 분해율 조사를 위해 볏짚 TMR과 건조된 청호밀 및 청보리 사일리지 TMR을 Wiley mill(Arther Hill Thomas Co, Philadelphia, PA)로 분쇄(2mm screen)한 다음 시료를 5g 씩 nylon bag(5×10cm, pore size 45 μ m)에 넣은 후 0, 1, 3, 6, 12, 24, 48 및 72시간 동안 반추위에서 배양시켰다. 정해진 시간에 따라 각각의 nylon bag을 꺼낸 다음 흐르는 물로 씻은 다음 60°C에서 72시간 동안 건조시켜 건물 함량을 측정하였다. 배양 후 nylon bag 내에 남은 사료는 일반성분 및 중성세제 불용성 섬유소(NDF, neutral detergent fiber) 분석 시까지 냉장 저장되었다. 반추위 내 시험사료의 주요 성분 별 유효 분해율(ED, effective degradability)은 Ørskov와 McDonald(1979)의 방법에 따라 계산되었는데, 이때 passage rate는 0.05로 하였다.

3) 조사 항목 및 시료 분석

TMR 사료 급여에 따른 반추위 내 발효특성(pH, 암모니아 농도 및 VFA)을 조사하기 위해 반추위액은 시료 채취기간인 각 period 종료 4일 전부터 2일간 아침사료 급여 직전(0 h) 및 급여 후 1, 3, 6 및 9시간에 채취하였다. 또한 시험사료의 전장소화율 측정을 위해 시료 채취기간인 각 period 종료 2일 전부터 2일간 아침사료 급여 후 3 및 9시간 후에 신선한 fecal sample을 직장으로부터 약 0.5kg씩 채취하여 처리구별로 합하였다.

반추위액의 pH는 정해진 시간에 배양액을 채취한 즉시 pH meter로 측정하였으며, 시험사료와 반추위액의 암모니아 농도 및 휘발성지방산(VFA), 그리고 시료의 일반성분은 in vitro 시

험에서와 동일한 방법으로 분석하였다. 시료(분)의 Cr₂O₃는 AOAC(1995) 방법에 준하여 분석하였다.

4) 통계 분석

조사된 일체의 성적은 SAS (1985)의 GLM procedure를 이용하여 분석하였으며, 처리 간 성적은 S-N-K(Steel과 Torrie, 1980) 방법으로 비교하였다. 그러나 처리간 성적을 비교할 때 시험동물과 period 효과는 배제하였다.

3. 결과

반추위 누관이 장착된 소 3두를 이용하여 볏짚 TMR과 두 종류의 사일리지 TMR을 급여하고, 반추위 내 발효특성과 사일리지의 반추위내 분해율, 그리고 사일리지 TMR의 전장소화율을 조사한 결과를 볏짚 TMR 급여구와 비교하면 다음과 같다. 먼저, 사료 급여 직전 및 급여 후 1, 3, 6 및 9시간 후의 위액으로부터 반추위액의 pH를 조사한 바, 전체 채취기간에 걸쳐 사료(처리)간 큰 차이는 없었으나 볏짚 TMR에서 가장 높은 경향을 보인 반면 청호밀 사일리지 TMR에서 가장 낮은 경향을 보였다 (그림 4-1).

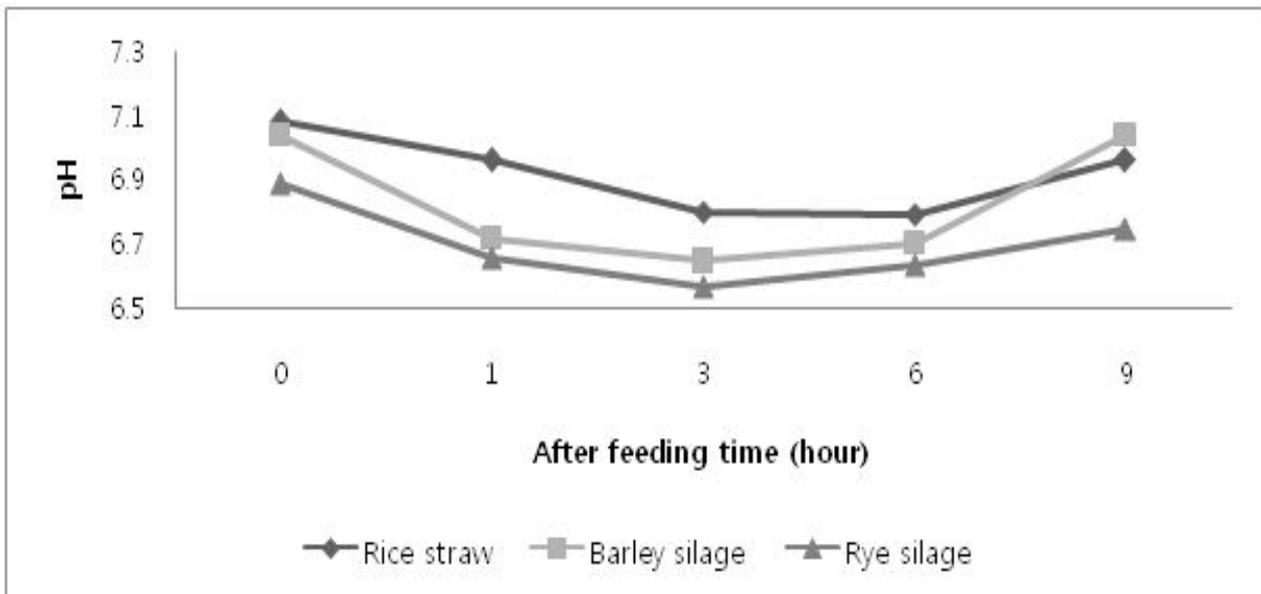


그림 4-1. 사일리지 TMR에 따른 반추위액의 pH.

이와는 달리 암모니아 농도의 경우 사료 급여 3시간 이후에는 볏짚 TMR을 급여한 소의 반추위액에서 대체로 낮은 경향을 보인 반면 사일리지 TMR 간에는 거의 차이가 없었다(그림 4-2). 청보리 사일리지 TMR과 청호밀 사일리지 TMR, 그리고 관행사료(배합사료 및 볏짚)를 소에게 급여한 후 여러 시간대에 걸쳐 반추위액을 채취, VFA 농도와 조성을 조사한 바, 표 3-1에서 보는 바와 같다. 사료급여 후 초기(1시간)에는 관행 사료 급여구 총 VFA 농도가

TMR 사료 급여구에 비하여 다소 높은 경향을 보였는데, 이는 관행사료 급여구에서 배합사료가 다량 포함된 상태이기 때문인 것으로 보인다. 그러나 6시간 이후에는 두 종류의 TMR을 급여한 처리구의 총 VFA 농도가 관행사료 급여구에 비하여 다소 높은 비율을 보였다. 두 종류의 TMR 간에는 차이가 없는 것으로 나타났다. 주요 지방산(acetate, propionate 및 butyrate)의 조성의 경우 acetate 비율은 청보리 사일리지 TMR 급여구에서 다소 높은 반면 propionate 비율은 다소 낮은 것으로 나타났다. Butyrate 조성 비율은 처리간 차이가 없었다.

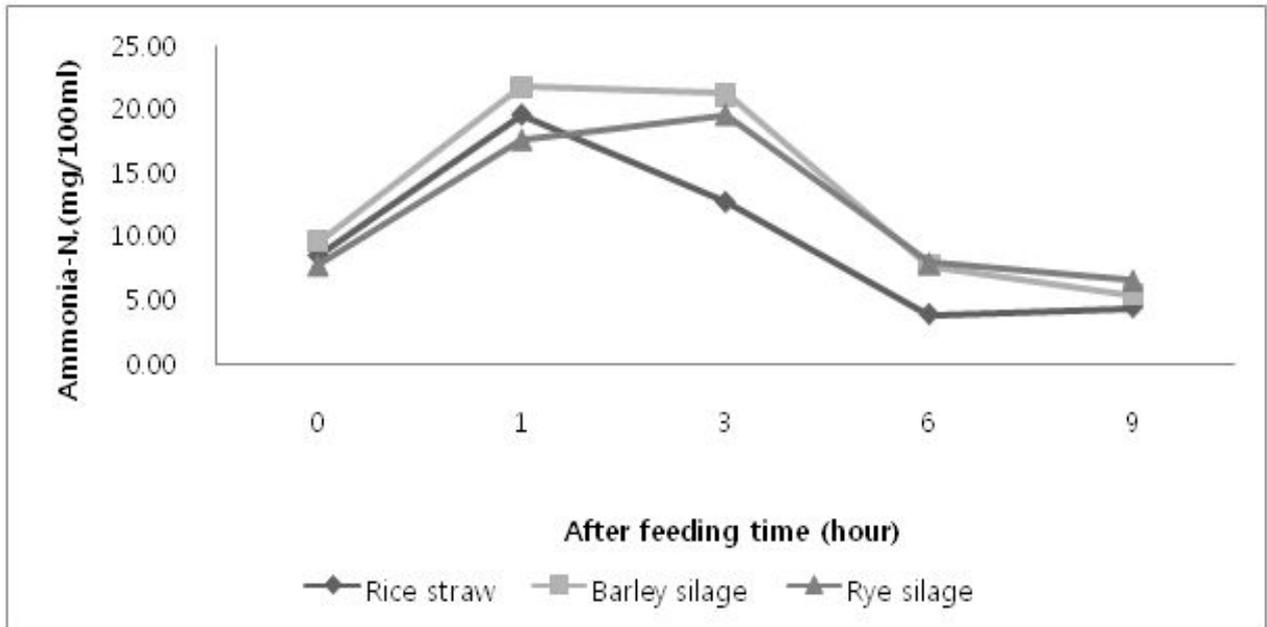


그림 4-2. 사일리지 TMR에 따른 반추위액의 암모니아 농도(mg/100ml).

볏짚과 청보리 사일리지 및 청호밀 사일리지의 반추위 내 유효 분해율(effective degradability, ED)을 보면(표 4-2), 건물($P < 0.024$), NDF($P < 0.024$) 및 ADF($P < 0.045$)에 있어서 볏짚 TMR에 비하여 사일리지 TMR에서 높은 것으로 조사되었으며 조단백질 분해율 역시 사일리지 TMR에서 높은 경향을 보였다. 특히, 섬유소에 속하는 NDF와 ADF 분해율이 청호밀 사일리지에 비하여 청보리 사일리지에서 더 높았다.

볏짚 사일리지와 두 종류의 동계 사료작물 사일리지 TMR의 전장 소화율을 관행사료(배합사료+볏짚)와 비교한 결과는 표 4-3에서 보는 바와 같다. 건물, 조단백질 및 조지방의 전장소화율에 있어 사료작물 TMR 급여구에서 높은 경향을 보였으며, 특히 NDF($P < 0.048$) 및 ADF($P < 0.041$)의 소화율은 사일리지 TMR 급여구에서 현저히 높은 결과를 보였다. 그러나 사일리지 TMR 간에는 조사된 성분에서 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 4-1. 사일리지 TMR에 따른 반추위액의 총 VFA 농도 및 VFA 조성 비율

VFA	TMRs			SEM ¹⁾	Pr>F ²⁾
	벼짚	청보리	청호밀		
----- 0.5 h -----					
총 VFA (mmoles/100ml)	94.10	94.34	98.33	10.787	0.803
조성 비율 (moles/100moles)					
Acetate (C ₂)	66.46	69.29	66.91	1.371	0.386
Propionate (C ₃)	17.49	15.63	16.38	1.096	0.529
Butyrate	9.13	9.43	9.80	0.648	0.883
C ₂ /C ₃	3.94	4.45	4.09	0.297	0.427
----- 1 h -----					
총 VFA (mmoles/100ml)	141.81	134.85	134.80	13.689	0.479
조성 비율 (moles/100moles)					
Acetate	62.26	65.70	61.62	1.803	0.120
Propionate	21.85	18.79	21.09	1.350	0.180
Butyrate	9.85 ^{ab}	10.49 ^a	11.43 ^a	0.746	0.006
C ₂ /C ₃	2.87	3.59	2.95	0.345	0.154
----- 3 h -----					
총 VFA(mmoles/100ml)	141.36	144.63	142.86	13.072	0.878
조성 비율 (moles/100moles)					
Acetate	63.76	66.19	63.98	1.197	0.182
Propionate	20.17	17.65	18.97	1.020	0.214
Butyrate	10.06	10.81	11.11	0.547	0.499
C ₂ /C ₃	3.23	3.77	3.38	0.240	0.166
----- 6 h -----					
총 VFA (mmoles/100ml)	116.19	127.52	132.27	16.347	0.931
조성 비율 (moles/100moles)					
Acetate	65.57	67.86	66.04	1.104	0.405
Propionate	18.76	16.45	17.71	0.802	0.167
Butyrate	10.37	10.68	10.64	0.662	0.937
C ₂ /C ₃	3.55	4.13	3.73	0.190	0.110
----- 12 h -----					
총 VFA(mmoles/100ml)	107.61	112.81	121.81	10.390	0.085
조성 비율 (moles/100moles)					
Acetate	65.57	69.59	68.56	1.066	0.103
Propionate	18.70	16.04	16.46	0.748	0.080
Butyrate	9.74	9.25	9.94	0.604	0.547
C ₂ /C ₃	3.54	4.36	4.19	0.217	0.079

1), 2) 표 2-4 참조.

표 4-2. 사일리지 TMR의 반추위 내 유효분해율 (%)

성분	TMRs			SEM ¹⁾	Pr>F ²⁾
	벧짚	청보리	청호밀		
건물	36.04 ^b	48.12 ^a	44.84 ^a	2.701	0.024
조단백질	73.15	82.51	82.51	4.587	0.053
NDF	20.35 ^b	41.05 ^a	38.76 ^a	1.662	0.024
ADF	23.21 ^b	38.99 ^a	36.46 ^a	1.347	0.045

^{1), 2)} 표 2-4 참조.

표 4-3. 사일리지 TMR의 전장소화율 (%)

성분	TMRs			SEM ¹⁾	Pr>F ²⁾
	벧짚	청보리	청호밀		
건물	62.70	65.25	66.82	5.273	0.465
조단백질	74.62	78.53	80.42	6.516	0.397
조지방	80.13	81.38	77.80	7.402	0.286
NDF	34.31 ^b	41.44 ^a	43.39 ^a	3.033	0.048
ADF	20.28 ^b	23.02 ^a	24.15 ^a	2.752	0.041

^{1), 2)} 표 2-4 참조.

4. 고찰

Harrison과 Blauwiekel(1994) 및 Kellems 등(1991)에 의하면 섬유질 배합사료가 반추위 내 사료의 발효 환경 및 사료의 이용성을 개선시켰으며, 대사성 질병 발생을 감소시켰고 우유 생산성까지 개선시켰다고 보고하였다. 국내에서도 비육 후기의 거세한우를 대상으로 섬유질 배합사료 급여 효과를 조사한 바, 성장과 육질등급 등이 개선되었다고 보고한 바 있다(김 등, 2003; 이 등, 2003).

본 시험에서 사료의 반추위 내 발효 특성을 비교하고자 관행사료로 이용되어온 배합사료와 벧짚을 TMR 형태로 조제한 사료와 2 종류의 사일리지로 조제한 TMR 급여 효과를 비교하였다. 사일리지 TMR 급여구에 비하여 벧짚 TMR 급여구에서 반추위액의 pH는 다소 높은 경향을 보였지만(그림 4-1) 암모니아 농도는 다소 낮은 경향을 보였다(그림 4-2). 총 VFA의 경우 시험사료 간 차이는 없었지만 벧짚 TMR을 급여한 소에서 급여 후 1시간에 다소 높은 경향을 보였으나 3시간 후부터는 사일리지 TMR을 섭취한 소에서 다소 높은 경향을 보였다(표 4-1). 또한 C₂/C₃ 비율 역시 처리 간 유의적인 차이는 없었으나 벧짚 TMR 급여구에 비하여 사일리

지 TMR을 섭취한 소에서 다소 높은 경향을 보였는데, 이러한 결과는 대체로 TMR을 급여함으로써 C₂ 조성 비율이 다소 증가된 반면 C₃ 비율은 다소 낮아졌기 때문으로 보인다. 급여한 사료의 반추위 내 발효 성상을 반추위 내 분해율과 관련하여 고려할 필요가 있다. 즉, 반추위액의 VFA 농도 및 C₂ 조성비율에서는 볏짚 TMR에 비하여 사일리지 TMR을 섭취한 소에서 다소 높은 경향만을 보였으나(표 4-1) 반추위 내 건물의 유효분해율과 섬유소(NDF 및 ADF) 분해율은 사일리지 TMR 급여구에서 현저히 높은 것으로 나타났다(표 4-2). 반추위액의 암모니아 농도 역시 볏짚 TMR에 비하여 사일리지 TMR을 섭취한 소에서 다소 높은 경향을 보였으나(표 4-1) 반추위 내 조단백질의 유효분해율은 사일리지 TMR 급여구에서 현저히 높은 것으로 나타났다(표 4-2). 따라서 본 시험에서 조사된 3종류의 시험사료 급여로 인한 반추위 내 발효 성상은 사료의 특성이 어느 정도 반영된 결과라 할 수 있다. 관행사료(볏짚 TMR)에 비하여 반추위 내 분해율에서 개선된 사일리지 TMR이 전장소화율(표 4-3)에 상당 부분 반영된 것으로 보인다. 특히, 관행사료에 비해 반추위 내에서 사일리지 TMR의 높은 NDF 예상분해율(EDNDF)이 전장소화율에서도 높게 나타난 것으로 보여 사일리지 TMR의 이용성이 반추위 내 발효 환경과 밀접한 관계가 있음을 제시해준다.

본 시험에서와 같이 배합사료와 볏짚의 분리 급여와 청보리 및 청호밀 사일리지 TMR 급여 시 반추위 내 발효 특성에 관한 보고는 없었다. 그러나 김 등(2003)은 볏짚 중심의 섬유질 배합사료가 배합사료와 볏짚을 분리 급여한 관행사료 급여방법에 비하여 반추위액의 pH가 안정적이었고, VFA 농도 역시 높았다고 보고한 바 있다. 한편, 정 등(2009) 등이 흑염소를 대상으로 4 종류의 동계 사료작물 사일리지(청보리, 청호밀, 유채 및 이탈리아 라이그라스) TMR의 체내 이용성을 조사한 바, 청호밀 사일리지 TMR에 비하여 청보리 사일리지 TMR 내 주요 성분의 전장소화율이 더 높은 것으로 조사되어 본 시험의 연구 결과와는 다르게 나타났는데, 이는 대상 시험축 간의 차이는 물론 사료작물의 수확시기에서의 차이 때문일 수 있는 것으로 사료된다. 일반적으로 건물 수량과 수분 함량, 그리고 영양소 이용율 등이 수확시기를 결정하는 주요 요인이 되어 왔다. 청보리 품종(윤 등, 2009)과 청호밀(황 등, 1985)의 경우 수확시기가 늦을수록 건물과 TDN 수량이 증가하는 것으로 보고된 바 있으나, 청호밀의 경우 수확 시기가 늦어질 경우 양분과 에너지 축적량이 급격히 감소한다는 보고도 있다(김 등, 1988; 송 등, 1982). 따라서 수확 시기가 너무 늦을 경우 TMR 내 주요 성분의 체내 이용율이 감소될 수 있는 것으로 사료된다.

본 시험에서의 결과를 종합하면 다음과 같다. 즉, 거세한우 비육 전기용 배합사료와 볏짚을 분리 급여하는 관행적인 사료 급여방법에 비하여 사일리지 TMR의 체내 이용율이 개선되었으며, 청보리 사일리지 TMR 간에는 거의 차이가 없는 것으로 나타났다.

○ 시험 5. 거세 한우 비육 증기용 청보리 및 청호밀 silage TMR의 체내 이용성 조사

1. 연구 목적

본 연구는 국내에서 생산된 주요 동계 사료작물인 청보리 및 청호밀 사일리지를 이용하여 거세 한우의 비육 증기용으로 조제된 TMR의 소 체내 이용성을 배합사료 및 볏짚으로 구성된 관행 사료와 비교하고자 실시되었다.

2. 재료 및 방법

1) 시험사료

본 실험을 위해 전북 고창 지역에서 2009년에 생산되어 곤포형태로 저장, 발효시킨 청보리 사일리지(barley silage, BS) 및 청호밀 사일리지(rye silage, RS)로 제조된 거세한우 비육증기용 TMR을 이용하였다. 처리구에 따른 시험사료로는 배합사료 및 볏짚을 분리하여 급여하였거나(관행사료, Control), 청보리 사일리지 TMR(BS-TMR) 및 청호밀 사일리지 TMR(RS-TMR)을 이용하였다. 시험 전 교내 대사시험 장소로 필요한 양의 사일리지 TMR을 운송해온 다음 변질을 방지하기 위하여 5℃로 유지되는 컨테이너에서 보관하면서 급여하였다. 급여한 사료 및 조사료 자원의 일반성분 함량은 표 5-1에서와 같다.

표 5-1. 급여한 사료 및 조사료 자원의 일반성분 함량

사료	건물 (%)	성분 함량 (% , DM basis)					
		조단 백질	조지방	NDF	조회분	pH	젖산 (mg/100mg)
농후사료	90.1	12.8	6.40	34.2	6.30	-	-
볏짚	86.7	4.16	4.50	73.8	13.6	-	-
청보리 사일리지 -TMR	65.8	10.9	6.40	51.7	7.83	-	-
청보리 사일리지	40.2	9.93	4.60	67.8	9.14	4.58	3.5
호밀사일리지 -TMR	64.8	10.8	6.26	44.3	6.90	-	-
청호밀 사일리지	38.5	9.76	3.49	66.5	8.86	4.36	3.9

2) 시험동물 및 사양관리

시험 동물로는 반추위 누관이 장착된 건유중인 홀스타인 소(평균 650kg±25kg) 3두를 이용하였으며, 시험은 3 x 3 Latin square design 방법으로 실시하였다. 관행사료 급여구에는 1일 두당 7kg(비육 증기용 배합사료 5.6kg 및 볏짚 1.4kg, 건물 기준)을, 그리고 청보리 사일리지 TMR구 및 청호밀 사일리지 TMR 처리구에는 1일 두당 8kg(건물 기준)을 각각 동일한 양으로

2등분하여 2회(08:00 및 18:00)에 걸쳐 급여하였다. 두 종류의 사일리지 TMR 모두에 각각 기타 원료사료와 사일리지를 80:20의 비율(급여상태 기준)로 혼합하여 조제하였다. 시험동물은 시험기간 동안 각각의 대사실에서 관리되었으며, 물과 린칼볼릭은 자유로이 섭취토록 하였다. 시험기간을 3 period로 하되, period 당 14일(사료 적응기간 10일, 시료 채취기간 4일)로 하여 총 42일간 실시하였지만 각 period 사이에 3일간씩 운동장에서 자유로이 휴식을 취하도록 하였다.

3) 반추위 내 발효특성

시험사료의 반추위 내 발효성상을 조사하기 위하여 사료 급여 직전(0시간) 및 사료 급여 1, 3, 6 및 9시간 후에 반추위 fistula를 통하여 반추위액을 각각 100ml 정도 채취하였다. 그 후 4 겹의 cheese cloth로 위액을 여과시킨 다음 ammnoia-N 분석을 위해 반추위액 1ml를 채취하여 분석 전 까지 -20°C 에 냉동 보관하였으며, 휘발성지방산(VFA, volatile fatty acid) 분석을 위해 0.8ml 배양액에 0.2ml의 25% phosphoric acid를 첨가하고 분석 시까지 -20°C 에서 냉동 보관하였다.

4) 시험사료의 반추위 내 분해율

시험사료의 반추위 내 분해율을 조사하기 위해 Wiley mill(Arther Hill Thomas Co, Philadelphia, PA)을 이용하여 건조시킨 사일리지 TMR을 2mm 크기로, 그리고 배합사료는 1mm 크기로 분쇄하였다. 관행사료의 경우 소에게 급여한 사료와 같은 비율로 혼합하여 이용하였다. 각각의 준비된 사료를 nylon bag($5\times 10\text{cm}$, pore size $45\mu\text{m}$)에 5g 정도 넣은 후 0, 1, 3, 6, 12 24 및 48시간 동안 반추위에서 배양시켰다. 정해진 시간에 따라 반추위로부터 각각의 nylon bag을 꺼내어 흐르는 물로 씻은 다음 60°C 에서 72시간 동안 건조시켜 건물 함량을 측정하였다. 배양 후 nylon bag 내에 남은 사료는 일반성분 및 중성세제 불용성 섬유소(NDF, neutral detergent fiber) 분석 시까지 냉장 저장되었다. 반추위 내 시험사료의 주요 성분 별 유효 분해율(ED, effective degradability) 산출을 위해 Ørskov와 McDonald(1979)의 방법에 따라 iterative least square 방법을 이용하였는데, 이때 분해율 계산을 위한 매개 변수(parameter)로는 배양시 즉시 용해되는 부분(fraction a)과 반추위 내에 무한정 배양시킬 경우 분해될 수 있는 부분(fraction b), 그리고 fraction b의 시간당 분해율(k)을 계산하였다. 그 후 시험사료 주요 성분의 반추위내 ED 값은 Orskov와 McDonald(1979)의 식($\text{ED} = a + (\text{bxk})/(\text{k} + \text{r})$)을 이용하여 계산하였으며, 가상 fractional outflow rate(r)는 0.05/h로 하였다.

5) 시험사료의 전장소화율

시험 개시 후부터 종료 시까지 시험사료의 전장 소화율 측정을 위해 시험 사료에 Cr_2O_3 를 0.2% 수준(건물 기준)으로 첨가하여 급여하였다. 시험사료의 전장소화율 측정을 위해 시료 채취기간인 각 period 종료 2일 전부터 2일간 아침사료 급여 후 3 및 9시간 후에 신선한 fecal

sample을 직장에서부터 약 0.5kg씩 채취하여 처리구별로 혼합한 후 분석 시까지 -20℃에서 냉동 보관하였다.

6) 시료 분석

반추위액의 pH는 정해진 시간에 배양액을 채취한 즉시 pH meter로 측정하였으며, 반추위액의 ammonia-N의 농도는 Fawcett와 Scott(1960)의 방법에 따라 발색 반응을 시킨 후 spectrophotometer(Mecasys Co. Korea, Optizen 3220uv)를 이용하여 분석 하였다. 또한 VFA 분석을 위해 0.8ml 배양액에 0.2ml의 25% phosphoric acid를 첨가하고 분석 시까지 -20℃에서 냉동 보관하였다. 휘발성지방산은 냉동 보관된 시료를 해동한 다음 internal standard로 0.2ml의 2% pivalic acid를 넣어 잘 혼합하고 12,000×g에서 15분간 원심분리 한 후, 상층액을 취하여 30m capillary column(NUKOL™, 0.25mm I.d., Supelco Co.)이 장착된 gas chromatograph(GC, HP5890 series II, Hewlett Packard Co.)로 분석하였다. 이동상으로는 헬륨(He) 가스가 이용되었으며, 주입부(injector)와 FID 검출기의 온도는 모두 200℃로 유지되었고 split ratio는 1 : 100으로 하였다.

시험사료와 반추위 배양 후 분해되지 않은 사료 및 분의 일반성분(CP, crude protein; EE, ether extract)은 AOAC(1995) 방법에 준하여 분석하였고 Cr₂O₃는 Charlot(1964) 방법으로 분석하였다. 사료의 NDF 및 산성세제 불용성 섬유소(ADF, acid detergent fiber) 함량은 Van Soest 등(1991)의 방법에 준하여 분석하였다.

7) 통계 분석

본 실험에서 조사된 모든 성적은 SAS(2002)의 GLM procedure를 통하여 분산분석을 실시하였고, 시험사료 간 통계적인 차이에 대한 유의성은 Duncan's multiple range test(1955)에 의하여 검정하였다.

3. 결과

1) 반추위 내 pH 및 암모니아 농도

반추위 누관이 장착된 소 3두를 이용하여 한우 거세우 비육 중기용 관행사료와 두 종류의 사일리지 TMR을 급여하고, 반추위 내 발효특성과 사일리지의 반추위내 분해율, 그리고 사일리지 TMR의 전장소화율을 조사한 결과를 관행사료(배합사료 및 볏짚) 급여구와 비교하면 다음과 같다. 먼저, 사료 급여 직전 및 급여 후 1, 3, 6 및 9시간 후에서 반추위액의 pH를 조사한 바 급여 후 3시간까지 점차 낮아지다가 그 후로는 증가하는 경향을 보였으며, 전체 채취시간에 걸쳐 시험사료간 유의적인 차이는 없었지만 대조구 사료에 비하여 사일리지 TMR 급여구에서 다소 높은 경향을 보였다(그림 5-1).

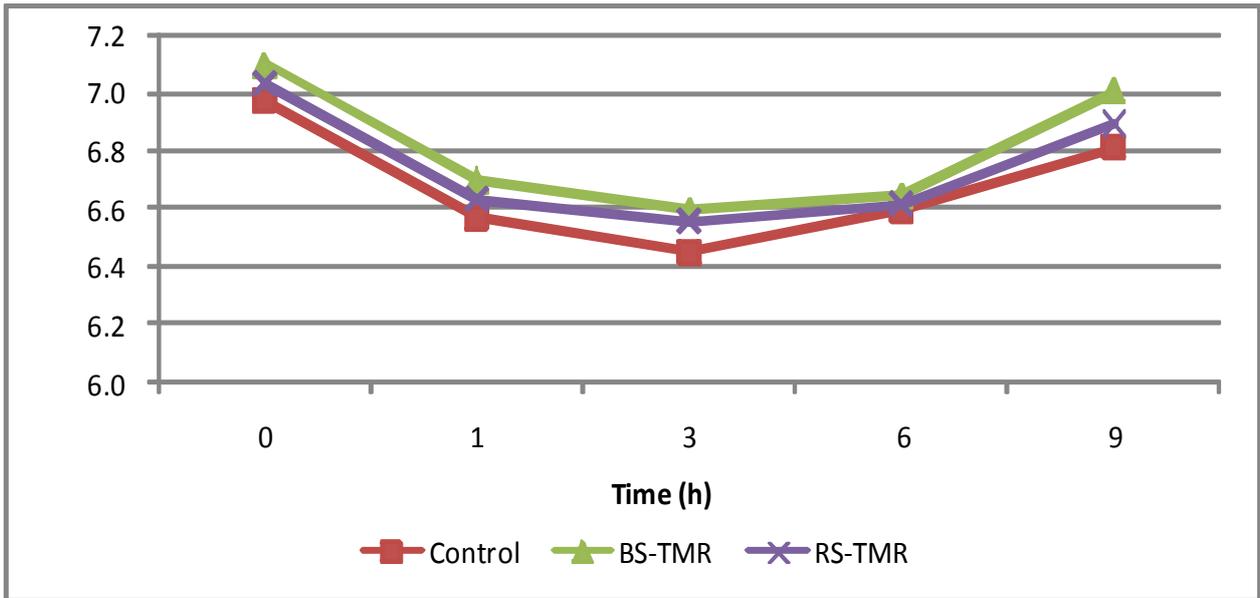


Figure 5-1. 시험사료 급여에 따른 반추위액 pH의 변화(Control, 농후사료와 볏짚 급여구; BS-TMR, 청보리 사일리지 TMR 급여구; RS-TMR, 청호밀 사일리지 TMR 급여구). No significant ($P>0.05$) difference at all sampling times among treatments.

또한 반추위액의 암모니아 농도는 전체 처리구에 걸쳐 사료 급여 1시간까지 증가하다가 그 이후 6시간까지 감소하는 경향을 보였다. 처리간 암모니아 농도에서 차이가 없는 것으로 나타났으나 사료 급여 후 3시간부터 청보리 사일리지를 급여한 소의 반추위액에서 다소 낮은 경향을 보였다(그림 5-2).

2) 반추위 내 VFA 농도 및 조성

예상된 바와 같이 acetate(C_2)의 조성 비율은 반추위액의 모든 채취시간에 걸쳐 TMR을 급여한 처리구에서 높은 경향을 보였으며, 특히 대조구인 관행사료 급여에 비하여 TMR 사료 급여 직전($p<0.005$) 및 급여 후 9시간($p<0.048$)에서 현저히 높은 비율을 보였다(표 5-2). Propionate(C_3) 조성 비율의 경우 사료 급여 후 1시간에 대조구 사료에 비하여 사일리지 TMR을 섭취한 소에서 높은($p<0.046$) 반면 butyrate(C_4) 조성 비율은 대조구에서 다소 높은 경향을 보였으며, 특히 사료 급여 1시간 후에 TMR 사료 급여구에 비하여 현저히($p<0.029$) 높은 것으로 나타났다.

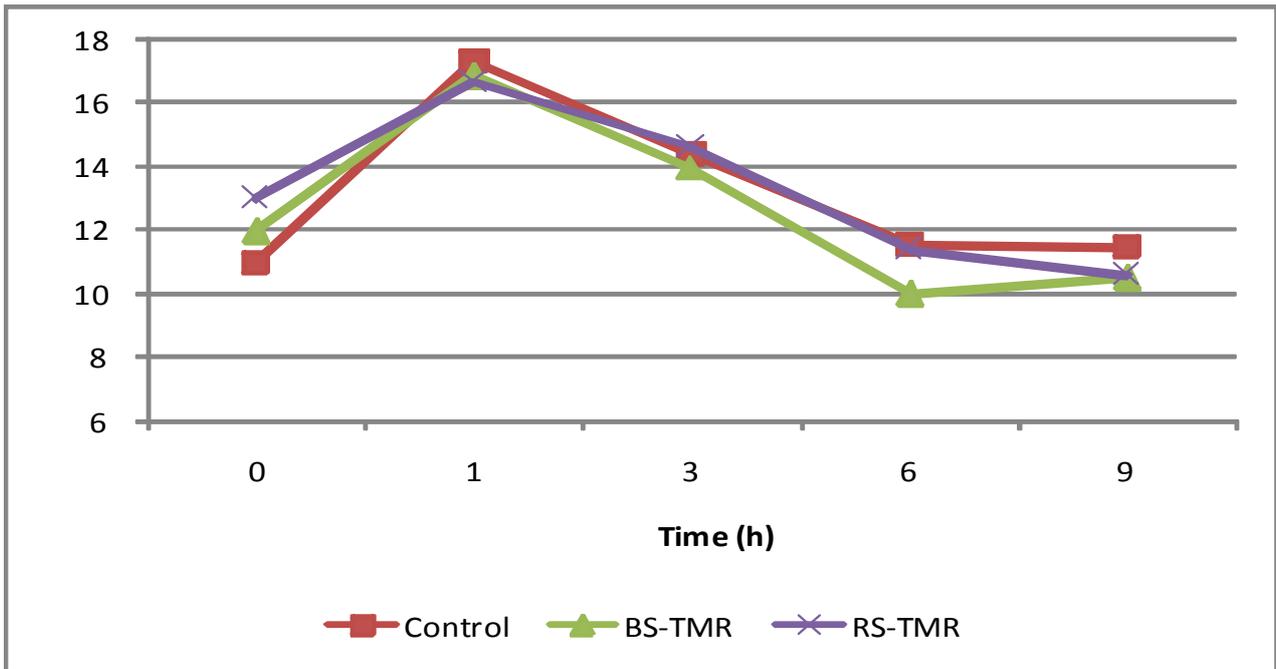


그림 5-2. 시험사료 급여에 따른 반추위액 암모니아 농도(mg/100ml) 변화(Control, 농후사료와 볏짚 급여구; BS-TMR, 청보리 사일리지 TMR 급여구; RS-TMR, 청호밀 사일리지 TMR 급여구). No significant ($P>0.05$) difference at all sampling times among treatments.

이러한 주요 VFA의 조성 비율로 인하여 사료급여 직전과 급여 후 6시간 및 9시간 후에는 C_2/C_3 비율이 TMR 섭취구에서 다소 높은 반면 1시간 및 3시간에서는 대조구에서 다소 높은 경향을 보였다.

3) 사료의 반추위 내 유효분해율

비육 중기용 청보리 사일리지 TMR과 청호밀 사일리지 TMR, 그리고 관행사료(배합사료 및 볏짚)의 반추위 내 분해관련 parameter 및 유효 분해율(ED)을 조사한 바, 그 결과는 표 5-3에서와 같다. 즉, 건물(DM)의 경우 분해관련 parameter(a, b 및 c)에서는 급여한 사료간 차이가 없었으나, 청호밀 사일리지 TMR에서 건물의 유효분해율(EDDM)이 다소 높은 것으로 나타났다. 조단백질(CP)은 TMR에 비하여 관행사료(대조구)의 b 값이 다소 높았으나 유효분해율(EDCP)은 오히려 청호밀사일리지 TMR(RS-TMR)에서 더 높은 경향을 보였다. 또한 NDF의 경우 관행사료에 비하여 청보리 및 청호밀 사일리지 TMR에서 높은 b 값($p<0.039$) 및 c 값($p<0.006$)으로 인하여 TMR의 유효분해율(EDNDF)이 관행사료보다 높은($p<0.049$) 것으로 나타났다.

표 5-2. 시험사료(TMR) 급여에 따른 반추위액의 총 VFA 농도 및 조성 비율¹⁾

VFA	대조구	청보리사일리지	청호밀사일리지	SEM ²⁾	Pr>F ³⁾
		-TMR	-TMR		
----- 0h -----					
총 VFA (mmoles/100ml)	98.59	83.62	92.03	4.684	0.156
조성 비율 (moles/100moles):					
Acetate (C ₂)	61.03 ^b	68.21 ^a	66.739 ^a	0.983	0.005
Propionate (C ₃)	20.43	17.25	18.00	1.041	0.157
Butyrate	11.10	9.27	10.42	0.514	0.112
C ₂ /C ₃	2.99	3.98	3.76	0.263	0.082
----- 1h -----					
총 VFA (mmoles/100ml)	103.58	114.42	120.90	8.688	0.417
조성 비율 (moles/100moles):					
Acetate (C ₂)	56.58	58.60	58.52	0.939	0.299
Propionate (C ₃)	21.12 ^b	25.05 ^a	23.87 ^{ab}	0.871	0.046
Butyrate	15.58 ^a	11.78 ^b	12.15 ^b	0.809	0.029
C ₂ /C ₃	2.70	2.35	2.45	0.135	0.246
----- 3h -----					
총 VFA (mmoles/100ml)	114.86	117.21	127.68	8.823	0.462
조성 비율 (moles/100moles):					
Acetate (C ₂)	59.79	62.11	60.46	1.051	0.341
Propionate (C ₃)	19.92	21.17	22.02	1.389	0.587
Butyrate	14.13	12.00	11.64	0.690	0.085
C ₂ /C ₃	3.03	2.95	2.79	0.218	0.737
----- 6h -----					
총 VFA(mmoles/100ml)	110.01	109.28	121.38	7.119	0.215
조성 비율 (moles/100moles):					
Acetate (C ₂)	58.76	63.92	62.42	1.492	0.115
Propionate (C ₃)	19.74	18.80	20.34	1.514	0.777
Butyrate	14.44	11.85	12.10	0.605	0.043
C ₂ /C ₃	3.02	3.41	3.14	0.285	0.626
----- 9h -----					
총 VFA(mmoles/100ml)	97.39	95.35	98.30	5.506	0.460
조성 비율 (moles/100moles):					
Acetate (C ₂)	60.74 ^b	67.99 ^a	64.31 ^{ab}	1.669	0.048
Propionate (C ₃)	19.13	17.28	19.12	1.090	0.438
Butyrate	13.34	10.50	11.59	1.010	0.214
C ₂ /C ₃	3.34	4.54	3.50	0.387	0.136

¹⁾ 처리별 사료, 그림 4-1 참조.

²⁾ and ³⁾ 표 2-4 참조.

4) 사료의 전장소화율

비육 중기용 청보리 사일리지 TMR과 청호밀 사일리지 TMR, 그리고 관행사료(배합사료 및 볏짚)를 소에게 급여하여 전장소화율을 조사, 비교한 결과 표 5-4에서 보는 바와 같다. 즉, 조사된 모든 주요 성분(DM, CP, EE 및 NDF)에서 관행사료에 비하여 사일리지 TMR의 소화율이 다소 높았으며, TMR 중 청호밀 사일리지 TMR(RS-TMR)의 소화율이 NDF를 제외한 성분에서 청보리 사일리지 TMR보다 소화율이 다소 높은 경향을 보였다.

표 5-3. 시험사료¹⁾ 급여에 따른 반추위 내 시험사료의 degradation parameters(a, b, and c) 및 유효분해율

Parameters ²⁾ 및 유효분해율	대조구	청보리사일리지 -TMR	청호밀사일리지 -TMR	SEM ³⁾	Pr>F ⁴⁾
건물 :					
a	19.80	20.55	21.55	1.337	0.685
b	59.43	57.31	58.92	3.314	0.897
c	0.06	0.06	0.07	0.016	0.895
EDDM, %	50.46	50.69	54.21	3.175	0.680
조단백질 :					
a	16.05	19.27	16.21	0.925	0.149
b	70.75	64.13	55.20	7.741	0.460
c	0.03	0.03	0.05	0.013	0.219
EDCP, %	42.42	41.99	44.01	1.895	0.380
NDF :					
a	6.37	7.32	5.10	1.564	0.645
b	48.64 ^a	59.75 ^b	59.59 ^b	3.228	0.039
c	0.02 ^b	0.04 ^a	0.05 ^a	0.002	0.006
EDNDF, %	28.2 ^b	34.48 ^a	34.63 ^a	1.104	0.048

¹⁾ 시험사료, 표 5-2 참조.

²⁾ a, Intercept representing rapidly soluble fraction in the rumen; b, fraction of degradable at time infinity; c, rate constant of disappearance of fraction "b". ^{3), 4)} 표 2-4 참조

표 5-4. 시험사료¹⁾ 내 주요 성분의 전장소화율(%)

성분	Control	BS-TMR	RS-TMR	SEM ²⁾	Pr>F ³⁾
건물	60.05	61.45	65.26	4.420	0.7045
유기물	64.71	64.98	69.19	4.332	0.7271
조단백질	55.05	56.95	59.98	4.178	0.1520
조지방	71.65	72.93	73.56	5.243	0.9662
NDF	46.63	55.64	53.11	4.194	0.2089

¹⁾ 시험사료, 그림 4-1 참조. ^{2), 3)} 표 2-4 참조.

4. 고찰

본 연구는 동계 사료작물(청보리 사일리지 및 청호밀 사일리지) TMR의 사료적 가치(체내 이용성) 조사를 통하여 거세 한우에 대한 동계사료작물의 이용방법 확립을 위한 기초 자료를 도출하기 위해 실시되었다. 소와 같은 반추동물에서 조사료는 그 자체의 영양적 가치의 의미를 크게 증가하여 가축의 정상적인 소화 생리를 유도할 뿐만 아니라 반추동물 축산물 생산에도 매우 중요한 역할을 한다. 이에 따라 소위 섬유질 배합사료(완전혼합사료, TMR)의 사료적 가치가 평가되고, 여러 각도에서 그러한 사료의 유익함이 증명되어 왔다. 즉, 섬유질 배합사료를 급여함으로써 반추위 내 사료의 발효 환경 및 사료의 이용성이 개선되었으며, 동시에 대사성 질병 발생이 감소됨은 물론 (우유)생산성까지 개선되는 효과를 보였다(Harrison과 Blauwiekel, 1994; Kellems 등, 1991). 국내에서도 조 등(2000) 등에 의해 청보리 사일리지가 거세 한우의 성장과 사료이용성 및 육질에 미치는 효과를 조사하는 등 그동안 젖소에 주로 이용되던 청보리 사일리지를 한우에 응용할 수 있는 기초 연구도 실시한 바 있다. 그 후로도 비육 후기의 거세한우를 대상으로 섬유질 배합사료 급여 효과를 조사한 바, 성장과 육질등급 등이 개선된 효과를 보였다고 보고한 바 있다(김 등, 2003; 이 등, 2003).

본 시험에 이용된 청보리 및 청호밀 사일리지의 건물 함량이 각각 40.2% 및 38.5%로 비교적 높았음에도 불구하고 pH는 각각 4.58 및 4.36, 그리고 젖산 함량은 각각 3.5 및 3.9mg/100mg(건물 기준)으로 조사되었다(표 5-1). 일반적으로 발효에 적합한 수분 함량이 70% 정도가 바람직 하지만(Song 및 Kennelly, 1989) 그러한 분석치로 미루어 보아 본 시험에 이용된 청보리 및 청호밀 사일리지가 거의 정상적으로 발효된 것으로 보인다. 그러나 사일리지 조제 중 발효로 인하여 청보리 및 청호밀 사일리지의 가용성 질소(NPN) 함량이 각각 74.3% 및 53.1%로 조사된 바(Shinekhuu 등, 2009) 단백질의 이용율이 감소될 소지는 있는 것으로 예상되었다.

본 시험에서 사료의 반추위 내 발효 특성을 비교하고자 관행적으로 급여한 사료와 2 종류의 사일리지를 이용한 TMR 급여 효과를 비교한 바 반추위액의 pH(그림 5-1) 및 암모니아 농도(그림 5-2)에서는 급여 사료간 차이가 없었다. 그러나 총 VFA의 경우 대조구 사료에 비해 보리 사일리지 TMR(BS-TMR)에서 급여 후 3시간부터 다소 낮은 수준을 보인 반면 청호밀 사일리지 TMR(RS-TMR)에서는 전체 위액 채취 시간에 걸쳐 높은 경향을 보였다(표 5-2). 또한 예상된 바와 같이 대조구 사료에 비하여 TMR 급여 시 C₂ 비율이 높은 경향을 보였으나 C₄ 비율은 오히려 다소 낮은 경향을 보였다(표 5-2). 특이한 점은 TMR 급여 후 3시간까지 대조구 사료 급여에 비해 C₃의 비율이 다소 증가된 경향을 보였다는 점이다. 급여한 사료의 발효 성상은 반추위 내 분해율과 관련하여 고려될 필요가 있다. 즉, 표 5-1의 성분 분석치를 이용하여 계산할 경우 관행 방법으로 급여(대조구, 1일 두당 7kg, 건물 기준)한 사료에서는 1일 두당 평균 CP 섭취량이 0.785kg이었으며, 1일 두당 8kg(건물 기준)을 급여한 BS-TMR과 RS-TMR의 경우 CP 섭취량이 각각 0.792kg 및 0.794kg로 대조구와 비슷한 수준이었다. 그러나 NDF 섭취량은 BS-TMR과 RS-TMR에서 각각 4.142kg 및 3.548kg으로 대조구

(2.949kg)에 비하여 현저히 높은 수준을 보였다. 여건 상 TMR의 배합을 표를 제시하기는 어렵지만 반추위액의 처리간 비슷한 암모니아 농도(Figure 5-2)는 CP 섭취량 및 반추위 내 CP 분해율(표 5-3)에서 차이가 없었기 때문인 것으로 보이며, 대조구 대비 TMR 처리구에서의 현저히 높은 NDF 섭취량 역시 C_2 비율(표 5-2) 및 NDF 분해율과 관련이 있는 것으로 여겨진다.

따라서 본 시험에서 조사된 3종류의 시험사료 급여로 인한 반추위 내 발효 성상은 사료의 특성이 비교적 잘 반영된 결과라 할 수 있다. 특히, 대조구 사료에 비해 사일리지 TMR 급여로 인하여 상대적으로 높아진 pH가 반추위 내 발효 환경의 안정화로 이어져 NDF분해율이 증가되었고 아울러 총 VFA 농도 역시 다소 증가된 것으로 여겨진다. 관행사료에 비하여 반추위 내 분해율에서 다소 개선된 사일리지 TMR이 전장소화율(표 5-4)에 상당 부분 반영된 것으로 보인다. 특히, 관행사료에 비해 반추위 내에서 사일리지 TMR의 높은 NDF 예상분해율(EDNDF)이 전장소화율에서도 높게 나타난 것으로 보여 사일리지 TMR의 이용성이 반추위 내 발효 환경과 밀접한 관계가 있음을 제시해준다. 본 시험에서와 같이 배합사료와 볏짚의 분리 급여와 청보리 및 청호밀 사일리지 TMR 급여 시 반추위 내 발효 성상에 관한 보고는 없었다. 그러나 김 등(2003)은 볏짚 중심의 섬유질 배합사료가 배합사료와 볏짚을 분리 급여한 관행사료 급여방법에 비하여 반추위액의 pH가 안정적이었고, VFA 농도 역시 높았으며 C_3 조성 비율에도 처리간 차이 없이 C_2 함량이 다소 증가됨으로서 전반적인 발효여건이 개선되었다고 보고한 바 있다. 또한 이 등(2003)에 의하면 습식 TMR 및 발효 TMR이 건식 TMR에 비하여 반추위액의 pH, 암모니아 농도 및 VFA 농도 등의 발효 성상에서 보다 안정적이었다. 또한 반추위 내 시험사료의 발효특성에서 습식 TMR에 비하여 발효 TMR에서 더 바람직한 결과를 보였으며, 전장소화율 역시 개선되었다고 보고한 바 있어 본 시험에서와 같이 습식 형태의 사일리지 TMR에 대한 긍정적인 급여 효과를 뒷받침하고 있다. 한편, 정 등(2009) 등이 흑염소를 대상으로 4 종류의 동계 사료작물 사일리지(청보리, 청호밀, 유채 및 이탈리아인 라이그라스) TMR의 체내 이용성을 조사한 바, 청호밀 사일리지 TMR에 비하여 청보리 사일리지 TMR 내 주요 성분의 전장소화율이 더 높은 것으로 조사되어 본 시험의 연구 결과와는 다르게 나타났는데, 이는 대상 시험축 간의 차이는 물론 사료작물의 수확시기에서의 차이 때문일 수 있는 것으로 사료된다. 일반적으로 건물 수량과 수분 함량, 그리고 영양소 이용율 등이 수확시기를 결정하는 주요 요인이 되어 왔다. 청보리 품종(윤 등, 2009)과 청호밀(황 등, 1985)의 경우 수확시기가 늦을수록 건물과 TDN 수량이 증가하는 것으로 보고된 바 있으나, 청호밀의 경우 수확시기가 늦어질 경우 양분과 에너지 축적량이 급격히 감소한다는 보고도 있다(김 등, 1988; 송 등, 1982). 따라서 수확 시기가 너무 늦을 경우 TMR 내 주요 성분의 체내 이용율이 감소될 수 있는 것으로 사료된다. 본 시험에서의 결과를 종합하면, 거세한우 비육 중기용 배합사료와 볏짚을 분리 급여하는 관행적인 사료 급여방법에 비하여 사일리지 TMR의 체내 이용율이 개선되었으며, 청보리 사일리지 TMR에 비하여 청호밀 사일리지 TMR의 체내 이용율이 다소 향상된 것으로 나타났다. 그러나 청보리 사일리지와 청호밀 사일리지의 성분 함량과 체내 이용율

등을 감안할 때 2 종류 사료작물의 수확시기가 체내 이용율의 차이를 유발시킬 가능성이 있어 향후 동계 사료작물의 수확시기에 따른 사일리지 TMR의 이용성에 대한 연구가 요구된다.

○ 시험 6. 거세 한우 비육 후기용 청보리 및 청호밀 silage TMR의 체내 이용성 조사

1. 연구 목적

본 연구는 국내에서 생산된 주요 동계 사료작물인 청보리 및 청호밀 사일리지를 이용하여 거세 한우의 비육 후기용으로 조제된 TMR의 소 체내 이용성을 배합사료 및 볏짚으로 구성된 관행 사료와 비교하고자 실시되었다.

2. 재료 및 방법

1) 시험사료

본 실험을 위해 전북 고창 지역에서 2010년에 생산되어 곤포형태로 저장, 발효시킨 청보리 사일리지(barley silage, BS) 및 청호밀 사일리지(rye silage, RS)로 제조된 거세한우 비육중기용 TMR을 이용하였다. 처리구에 따른 시험사료로는 배합사료 및 볏짚을 분리하여 급여하였거나(관행사료, Control), 청보리 사일리지 TMR(BS-TMR) 및 청호밀 사일리지 TMR(RS-TMR)을 이용하였다. 시험 전 교내 대사시험 장소로 필요한 양의 사일리지 TMR을 운송해온 다음 변질을 방지하기 위하여 5℃로 유지되는 컨테이너에서 보관하면서 급여하였다. 급여한 사료 및 조사료 자원의 일반성분 함량은 표 6-1에서와 같다.

2) 시험동물 및 사양관리

시험 동물로는 반추위 누관이 장착된 건유중인 홀스타인 소(평균 650kg±25kg) 3두를 이용하였으며, 시험은 3 x 3 Latin square design 방법으로 실시하였다. 관행사료 급여구에는 1일 두당 8kg(비육 후기용 배합사료 7.2kg 및 볏짚 0.8kg, 건물 기준)을, 그리고 청보리 사일리지 TMR구 및 청호밀 사일리지 TMR 처리구에는 1일 두당 7.8kg(건물 기준)을 각각 동일한 양으로 2등분하여 2회(08:00 및 18:00)에 걸쳐 급여하였다. 두 종류의 사일리지 TMR 모두에 각각 기타 원료사료와 사일리지를 80:20의 비율(급여상태 기준)로 혼합하여 조제하였다. 시험동물은 시험기간 동안 각각의 대사틀에서 관리되었으며, 물과 린칼불력은 자유로이 섭취토록 하였다. 시험기간을 3 period로 하되, period 당 14일(사료 적응기간 10일, 시료 채취기간 4일)로 하여 총 42일간 실시하였지만 각 period 사이에 3일간씩 운동장에서 자유로이 휴식을 취하도록 하였다.

표 6-1. 급여한 사료 및 조사료 자원의 일반성분 함량

사료	건물 (%)	성분 (% , DM basis)			
		조단백질	조지방	NDF	조회분
농후사료	89.2	12.0	6.23	27.3	6.23
벼짚	87.9	4.16	3.05	71.5	12.41
청보리사일리지 TMR ¹⁾	65.4	11.6	5.56	38.2	6.43
청호밀사일리지 -TMR ²⁾	64.2	11.8	5.36	37.7	6.89

^{1), 2)} 표 5-2 참조.

3) 반추위 내 발효특성

시험사료의 반추위 내 발효성상을 조사하기 위하여 사료 급여 직전(0시간) 및 사료 급여 1, 3, 6 및 9시간 후에 반추위 fistula를 통하여 반추위액을 각각 100ml 정도 채취하였다. 그 후 4 겹의 cheese cloth로 위액을 여과시킨 다음 ammonia-N 분석을 위해 반추위액 1ml를 채취하여 분석 전 까지 -20℃에 냉동 보관하였으며, 휘발성지방산(VFA, volatile fatty acid) 분석을 위해 0.8ml 배양액에 0.2ml의 25% phosphoric acid를 첨가하고 분석 시까지 -20℃에서 냉동 보관하였다.

4) 시험사료의 반추위 내 분해율

시험사료의 반추위 내 분해율을 조사하기 위해 Wiley mill(Arther Hill Thomas Co, Philadelphia, PA)을 이용하여 건조시킨 사일리지 TMR을 2mm 크기로, 그리고 배합사료는 1mm 크기로 분쇄하였다. 관행사료의 경우 소에게 급여한 사료와 같은 비율로 혼합하여 이용하였다. 각각의 준비된 사료를 nylon bag(5×10cm, pore size 45 μ m)에 5g 정도 넣은 후 1, 3, 6, 12, 24 및 48시간 동안 반추위에서 배양시켰다. 정해진 시간에 따라 반추위로부터 각각의 nylon bag을 꺼내어 흐르는 물로 씻은 다음 60℃에서 72시간 동안 건조시켜 건물 함량을 측정하였다. 또한 0 시간의 경우 시험사료가 들어있는 nylon bag을 반추위에서 직접 배양하지 않고 흐르는 물로 깨끗이 세척한 다음 성분 분석에 이용하였다. 정해진 시간 배양 후 nylon bag 내에 남은 사료는 일반성분 및 중성세제 불용성 섬유소(NDF, neutral detergent fiber) 분석 시까지 냉장 저장되었다. 반추위 내 시험사료의 주요 성분 별 유효 분해율(ED, effective degradability) 산출을 위해 Ørskov와 McDonald(1979)의 방법에 따라 iterative least square 방법을 이용하였는데, 이때 분해율 계산을 위한 매개 변수(parameter)로는 배양시 즉시 용해되는 부분(fraction a)과 반추위 내에 무한정 배양시킬 경우 분해될 수 있는 부분(fraction b), 그리고 fraction b의 시간당 분해율(k)을 계산하였다. 그 후 시험사료

주요 성분의 반추위내 ED 값은 Orskov와 McDonald(1979)의 식($ED = a + (bxk)/(k+r)$)을 이용하여 계산하였으며, 가상 fractional outflow rate(r)는 0.05/h로 하였다.

5) 시험사료의 전장소화율

시험 개시 후부터 종료 시까지 시험사료의 전장 소화율 측정을 위해 시험 사료에 Cr_2O_3 를 0.2% 수준(건물 기준)으로 첨가하여 급여하였다. 시험사료의 전장소화율 측정을 위해 시료 채취기간인 각 period 종료 2일 전부터 2일간 아침사료 급여 후 3 및 9시간 후에 신선한 fecal sample을 직장으로부터 약 0.5kg씩 채취하여 처리구별로 혼합한 후 분석 시까지 $-20^{\circ}C$ 에서 냉동 보관하였다.

6) 시료 분석

시험사료와 반추위 배양 후 분해되지 않은 사료, 전장 소화율 시험을 위한 분 및 한우고기의 일반성분(CP, crude protein; EE, ether extract)은 AOAC(1995) 방법에 준하여 분석하였고 분의 Cr_2O_3 는 Charlot(1964) 방법으로 분석하였다. 사료와 분의 NDF 함량은 Van Soest 등 (1991)의 방법에 준하여 분석하였다.

반추위액의 pH는 정해진 시간에 배양액을 채취한 즉시 pH meter로 측정하였으며, 반추위액의 ammonia-N의 농도는 Fawcett와 Scott(1960)의 방법에 따라 발색 반응을 시킨 후 spectrophotometer(Mecasys Co. Korea, Optizen 3220uv)를 이용하여 분석 하였다. 또한 휘발성지방산(VFA) 분석을 위해 0.8ml 배양액에 0.2ml의 25% phosphoric acid를 첨가하고 분석 시까지 $-20^{\circ}C$ 에서 냉동 보관하였다. 휘발성지방산은 냉동 보관된 시료를 해동한 다음 internal standard로 0.2ml의 2% pivalic acid를 넣어 잘 혼합하고 $12,000 \times g$ 에서 15분간 원심분리 한 후, 상층액을 취하여 30m capillary column(NUKOLTM, 0.25mm I.d., Supelco Co.)이 장착된 gas chromatograph(GC, HP5890 series II, Hewlett Packard Co.)로 분석하였다. 이동상으로는 헬륨(He) 가스가 이용되었으며, 주입부(injector)와 FID 검출기의 온도는 모두 $200^{\circ}C$ 로 유지되었고 split ratio는 1 : 100으로 하였다.

7) 통계 분석

본 실험에서 조사된 모든 성적은 SAS(2002)의 GLM procedure를 통하여 분산분석을 실시하였고, 시험사료 간 통계적인 차이에 대한 유의성은 Duncan's multiple range test(1955)에 의하여 검정하였다.

3. 결과

1) 시험사료 별 영양소 섭취량

시험 설계에 따라 매일 처리 별 정해진 양의 사료를 급여한 바, 전량 섭취된 것으로 조사되었다. 이에 따라 조단백질 섭취량은 0.90 ~ 0.91kg으로 처리간 차이가 없었으나 조지방 섭취

량과 유기물(organic matter, OM) 섭취량은 두 종류의 사일리지 TMR 급여구에 비해 배합사료와 볏짚을 분리 급여한 대조구에서 다소 많이 섭취한 것으로 나타났다. 그러나 NDF의 경우 TMR 급여구에서 다소 높았다(표 6-2).

표 6-2. 시험사료에 따른 영양소 섭취량

Feeds *	건물 섭취량 (kg/일)	성분 (kg/day)			
		조단백질	조지방	NDF	유기물
대조구	8.0	0.90	0.48	2.54	7.45
청보리사일리지 -TMR	7.8	0.90	0.43	2.98	7.30
청호밀사일리지 -TMR	7.8	0.91	0.41	2.94	7.26

* 표 5-2 참조.

2) 반추위 내 pH 및 암모니아 농도

반추위 누관이 장착된 소 3두를 이용하여 한우 거세우 비육 후기용 관행사료와 두 종류의 사일리지 TMR을 급여하고, 반추위 내 발효특성과 사일리지의 반추위내 분해율, 그리고 사일리지 TMR의 전장소화율을 조사한 결과를 관행사료(배합사료 및 볏짚) 급여구와 비교하면 다음과 같다. 먼저, 사료 급여 직전 및 급여 후 1, 3, 6 및 9시간 후에서 반추위액의 pH를 조사한 바 급여 후 6시간까지 점차 낮아지다가 그 후로는 증가하는 경향을 보였으며, 전체 채취시간에 걸쳐 시험사료간 유의적인 차이는 없었다(그림 6-1).

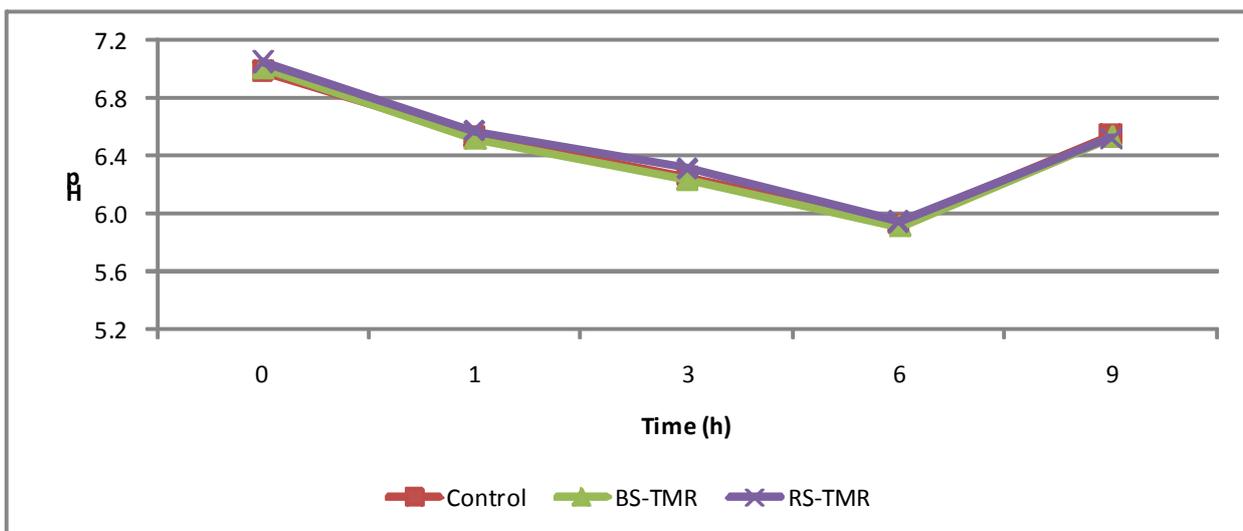


그림 6-1. 시험사료 급여에 따른 반추위액의 pH 변화. 처리구, 표 5-2 참조. No significant ($P>0.05$) difference at all sampling times among treatments.

또한 반추위액의 암모니아 농도는 전체 처리구에 걸쳐 사료 급여 3시간까지 증가하다가 그 이후 9시간까지 감소하는 경향을 보였다. 처리간 암모니아 농도에서 차이가 없는 것으로 나타났으나 사료 급여 후 3시간에서 관행사료를 급여한 소의 반추위액에서 다소 낮은 경향을 보였다(그림 6-2).

3) 반추위 내 VFA 농도 및 조성

반추위액의 총 VFA 농도는 오전사료 급여 후 3시간까지 증가된 후 점차 낮아졌으나 급여사료간 차이는 없었다(표 6-3). 그러나 비육 중기 사료의 경우와는 달리 acetate(C₂)의 조성 비율은 사료 급여 후 1시간에서 청보리 사일리지를 섭취한 처리구(BS-TMR)에서 낮은 (P<0.033) 값을 제외하고는 대부분의 채취시간에서 처리간 차이가 없는 것으로 나타났다. 뿐만 아니라, propionate(C₃) 및 butyrate 조성비율과 C₂/C₃ 비율은 모든 채취시간에서 처리간 차이가 없었다.

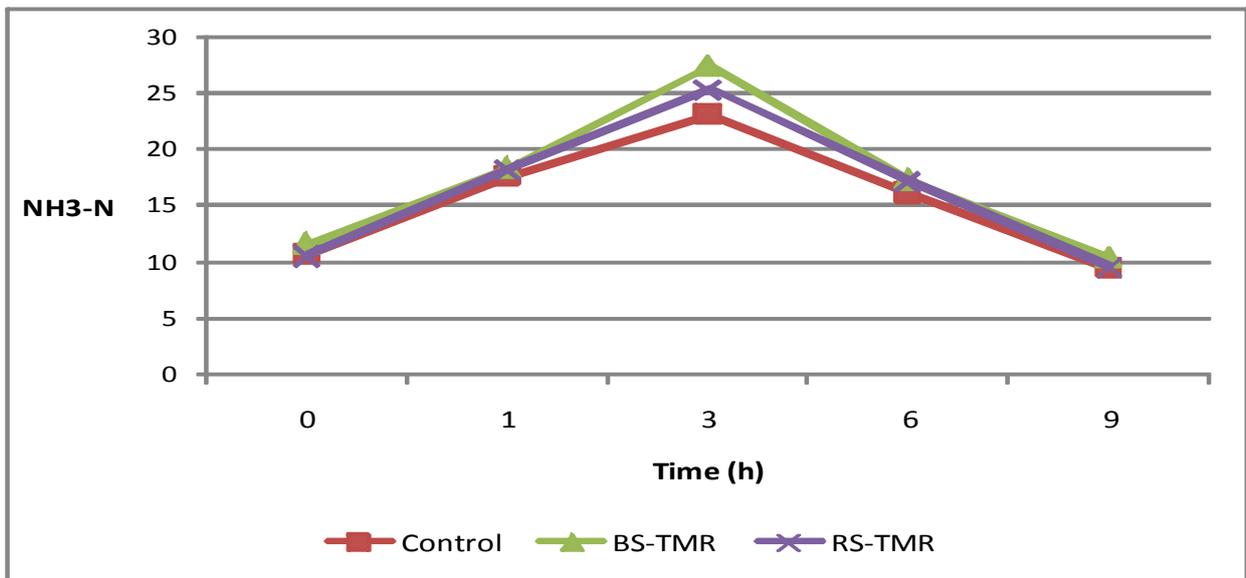


그림 6-2. 시험사료 급여에 따른 반추위액 암모니아 농도(mg/100ml) 변화. 처리구, 표 5-2 참조. No significant (P>0.05) difference at all sampling times among treatments.

4) 사료의 반추위 내 유효분해율

비육 후기용 청보리 사일리지 TMR과 청호밀 사일리지 TMR, 그리고 관행사료(배합사료 및 볏짚)의 반추위 내 분해관련 parameter(a, b 및 c) 및 유효 분해율(ED)을 조사한 바, 건물, 조단백질 및 NDF의 분해관련 parameter 중 a 값과 각 성분의 유효분해율이 관행사료에 비하여 사일리지 TMR에서 다소 높은 경향을 보였으나 시험사료간 차이가 없는 것으로 조사되었다(표 6-4).

표 6-2. 시험사료 급여에 따른 반추위액의 총 VFA 농도 및 조성 비율¹⁾

VFA	시험사료 ¹⁾			SEM ²⁾	Pr>F ³⁾
	대조구	청보리사일리지 -TMR	청호밀사일리지 -TMR		
----- 0 h -----					
총 VFA (mmoles/100ml)	92.26	93.17	92.54	4.170	0.964
조성 비율 (moles/100moles)					
Acetate (C ₂)	63.67	63.24	63.51	0.810	0.817
Propionate (C ₃)	28.58	28.38	28.40	0.950	0.960
Butyrate	6.60	7.32	7.25	1.228	0.742
C ₂ /C ₃	2.23	2.23	2.24	0.081	0.984
----- 1 h -----					
총 VFA (mmoles/100ml)	102.56	102.88	102.99	2.033	0.964
조성 비율 (moles/100moles)					
Acetate (C ₂)	60.53 ^a	59.44 ^b	60.84 ^a	0.508	0.033
Propionate (C ₃)	29.67	28.83	29.75	0.928	0.451
Butyrate	8.39	10.09	8.41	1.298	0.260
C ₂ /C ₃	2.04	2.06	2.04	0.056	0.883
----- 3 h -----					
총 VFA (mmoles/100ml)	107.72	108.82	107.65	1.314	0.513
조성 비율 (moles/100moles)					
Acetate (C ₂)	59.22	58.68	60.24	0.999	0.229
Propionate (C ₃)	31.02	30.05	30.94	0.797	0.321
Butyrate	8.26	9.34	7.73	1.557	0.480
C ₂ /C ₃	1.91	1.95	1.95	0.040	0.419
----- 6 h -----					
총 VFAn(mmoles/100ml)	101.90	102.70	101.58	2.365	0.840
조성 비율 (moles/100moles)					
Acetate (C ₂)	60.98	60.45	61.53	0.956	0.435
Propionate (C ₃)	30.25	29.74	30.47	0.460	0.213
Butyrate	7.46	8.58	6.92	1.331	0.360
C ₂ /C ₃	2.02	2.03	2.02	0.009	0.151
----- 9 h -----					
총 VFAn(mmoles/100ml)	94.28	95.49	93.94	1.766	0.560
조성 비율 (moles/100moles)					
Acetate (C ₂)	62.86	62.65	63.90	0.571	0.075
Propionate (C ₃)	29.14	28.60	29.70	0.492	0.089
Butyrate	6.93	7.65	5.51	1.088	0.124
C ₂ /C ₃	2.16	2.19	2.15	0.023	0.146

¹⁾ 표 5-1 참조.

^{2), 3)} 표 2-4 참조.

표 6-3. 시험사료¹⁾ 급여에 따른 반추위 내 시험사료의 degradation parameters(a, b, and c) 및 유효분해율(effective degradability, ED)

Parameters 및 유효분해율 (ED, %)	시험사료 ¹⁾			SEM ²⁾	Pr>F ³⁾
	대조구	청보리사일리지 -TMR	청호밀사일리지 -TMR		
건물 :					
a	5.94	6.59	6.39	0.532	0.546
b	71.79	71.64	72.31	0.545	0.519
c	0.081	0.080	0.080	0.001	0.233
EDDM	50.38	50.73	50.67	0.531	0.764
조단백질 :					
a	10.04	11.39	10.62	1.154	0.566
b	76.45	74.41	76.18	1.609	0.519
c	0.091	0.094	0.094	0.004	0.760
EDCP	59.44	60.54	60.39	1.371	0.729
NDF :					
a	1.397	2.060	1.815	0.642	0.627
b	48.36	47.02	47.25	1.351	0.621
c	0.066	0.069	0.069	0.003	0.560
EDNDF	28.82	29.32	29.12	0.525	0.667

¹⁾ 표 5-2 참조.

^{2), 3)} 표 2-4 참조.

5) 사료의 전장소화율

비육 증기용 청보리 사일리지 TMR과 청호밀 사일리지 TMR, 그리고 관행사료(배합사료 및 볏짚)를 소에게 급여하여 전장소화율을 조사, 비교한 결과 표 6-4에서 보는 바와 같다. 즉, 조사된 모든 주요 성분(DM, CP, EE 및 NDF)에서 관행사료에 비하여 사일리지 TMR의 소화율이 다소 높은 경향을 보였으며, 청보리 사일리지 TMR(BS-TMR)와 청호밀 사일리지 TMR(RS-TMR) 간에는 조사된 모든 성분에서 차이가 없는 것으로 나타났다.

4. 고찰

본 연구는 시험 3 및 4에서와 같이 청보리 사일리지 및 청호밀 사일리지 TMR의 사료적 가치 조사를 통하여 비육 후기 거세 한우에 대한 동계사료작물의 이용방법 확립을 위해 실시되었다. 반추동물에서 조사료는 그 자체의 영양적 가치뿐만 아니라 가축의 정상적인 소화 생리를 유도하고 고기와 우유 생산에도 매우 중요한 역할을 한다.

표 6-4. 시험사료의 전장소화율(%)

성분	시험사료 ¹⁾			SEM ²⁾	Pr>F ³⁾
	대조구	청보리사일리지-TMR	청호밀사일리지-TMR		
건물	63.96	65.42	65.07	1.279	0.404
유기물	71.41	71.73	71.61	1.322	0.957
조단백질	53.10	54.37	54.15	1.363	0.533
조지방	72.63	73.29	73.06	0.904	0.679
NDF	48.25	49.33	49.13	1.198	0.537

¹⁾ 표 5-2 참조.

^{2), 3)} 표 2-4 참조.

Harrison과 Blauwiel (1994) 및 Kellems 등(1991)은 젖소에 TMR을 급여한 결과 반추위 내 사료의 발효 환경 및 사료의 이용성이 개선되었으며, 대사성 질병 발생이 감소되었고 우유 생산성까지 개선되었다고 보고하였다. 국내에서도 청보리 사일리지가 거세 한우의 성장과 사료 이용성 및 육질에 미치는 효과가 조사된(조 등, 2000) 바 있어 그동안 젖소에 주로 이용되던 청보리 사일리지를 한우에 응용할 수 있는 기초 자료가 도출된 바 있다. 그 후로도 비육 후기의 거세한우를 대상으로 섬유질 배합사료 급여 효과를 조사한 바, 성장과 육질등급 등이 개선된 효과를 보였다(김 등, 2003; 이 등 2003).

본 시험에서 사료의 반추위 내 발효 특성을 비교하고자 관행적으로 급여한 사료와 2 종류의 사일리지를 이용한 TMR 급여 효과를 비교한 바 반추위액의 pH(그림 6-1)는 급여 사료간 차이가 없었으며, 암모니아 농도(그림 6-2) 역시 급여 후 3시간에서 관행사료 급여구에서 다소 낮은 경향을 보였을 뿐 대체로 급여 사료간 차이가 없었다. 총 VFA 농도와 주요 휘발성지방산(acetate, propionate 및 butyrate) 조성 비율 역시 대조구 사료를 비롯한 모든 처리구간 거의 차이가 없는 것으로 나타났다(표 6-2).

여건 상 TMR의 배합을 표를 제시하기는 어렵지만 반추위액의 처리간 비슷한 암모니아 농도(Figure 6-2)는 CP 섭취량 및 반추위 내 CP 분해율(표 6-3)에서 차이가 없었기 때문인 것으로 보이며, 대조구 대비 TMR 처리구에서의 현저히 높은 NDF 섭취량 역시 C₂ 비율(표 2) 및 NDF 분해율과 관련이 있는 것으로 여겨진다.

따라서 본 시험에서 조사된 3종류의 시험사료 급여로 인한 반추위 내 발효 성상은 사료의 특성이 비교적 잘 반영된 결과라 할 수 있다. 특히, 대조구 사료에 비해 사일리지 TMR 급여로 인하여 상대적으로 높아진 pH가 반추위 내 발효 환경의 안정화로 이어져 NDF분해율이 증가되었고 아울러 총 VFA 농도 역시 다소 증가된 것으로 여겨진다. 관행사료에 비하여 반추위 내 분해율에서 다소 개선된 사일리지 TMR이 전장소화율(표 4)에 상당 부분 반영된 것으로 보

인다. 특히, 관행사료에 비해 반추위 내에서 사일리지 TMR의 높은 NDF 예상분해율(EDNDF)이 전장소화율에서도 높게 나타난 것으로 보여 사일리지 TMR의 이용성이 반추위 내 발효 환경과 밀접한 관계가 있음을 제시해준다. 본 시험에서와 같이 배합사료와 볏짚의 분리 급여와 청보리 및 청호밀 사일리지 TMR 급여 시 반추위 내 발효 성상에 관한 보고는 없었다. 그러나 김 등(2003)은 볏짚 중심의 섬유질 배합사료가 배합사료와 볏짚을 분리 급여한 관행사료 급여 방법에 비하여 반추위액의 pH가 안정적이었고, VFA 농도 역시 높았으며 C₃ 조성 비율에도 처리간 차이 없이 C₂ 함량이 다소 증가됨으로서 전반적인 발효여건이 개선되었다고 보고한 바 있다. 또한 이 등(2003)에 의하면 습식 TMR 및 발효 TMR이 건식 TMR에 비하여 반추위액의 pH, 암모니아 농도 및 VFA 농도 등의 발효 성상에서 보다 안정적이었다. 또한 반추위 내 시험사료의 발효특성에서 습식 TMR에 비하여 발효 TMR에서 더 바람직한 결과를 보였으며, 전장소화율 역시 개선되었다고 보고한 바 있어 본 시험에서와 같이 습식 형태의 사일리지 TMR에 대한 긍정적인 급여 효과를 뒷받침하고 있다.

한편, 정 등(2009) 등이 흑염소를 대상으로 4 종류의 동계 사료작물 사일리지(청보리, 청호밀, 유채 및 이탈리아 라이그라스) TMR의 체내 이용성을 조사한 바, 청호밀 사일리지 TMR에 비하여 청보리 사일리지 TMR 내 주요 성분의 전장소화율이 더 높은 것으로 조사되어 본 시험의 연구 결과와는 다르게 나타났는데, 이는 대상 시험축 간의 차이는 물론 사료작물의 수확시기에서의 차이 때문일 수 있는 것으로 사료된다. 일반적으로 건물 수량과 수분 함량, 그리고 영양소 이용률 등이 수확시기를 결정하는 주요 요인이 되어 왔다. 청보리 품종(윤 등, 2009)과 청호밀(황 등, 1985)의 경우 수확시기가 늦을수록 건물과 TDN 수량이 증가하는 것으로 보고된 바 있으나, 청호밀의 경우 수확 시기가 늦어질 경우 양분과 에너지 축적량이 급격히 감소한다는 보고도 있다(김 등, 1988; 송 등, 1982). 따라서 수확 시기가 너무 늦을 경우 TMR 내 주요 성분의 체내 이용률이 감소될 수 있는 것으로 사료된다.

본 시험에서의 결과를 종합하면, 거세한우 비육 중기용 배합사료와 볏짚을 분리 급여하는 관행적인 사료 급여방법에 비하여 사일리지 TMR의 체내 이용률이 개선되었으며, 청보리 사일리지 TMR에 비하여 청호밀 사일리지 TMR의 체내 이용률이 다소 향상된 것으로 나타났다. 그러나 청보리 사일리지와 청호밀 사일리지의 성분 함량과 체내 이용률 등을 감안할 때 2 종류 사료작물의 수확시기가 체내 이용률의 차이를 유발시킬 가능성이 있어 향후 동계 사료작물의 수확시기에 따른 사일리지 TMR의 이용성에 대한 연구가 요구된다.

○ 시험 7. 거세 한우에 대한 청보리 사일리지 및 청호밀 사일리지 TMR 급여가 증체 및 육질 특성에 미치는 효과

1. 연구 목적

청호밀 및 청보리 사일리지를 이용하여 제조한 TMR 급여가 거세 한우의 섭취량, 증체, 육질 및 육량 등급, 그리고 육질 특성 등에 미치는 효과를 구명함으로써 궁극적으로는 보다 효율적으로 동계사료작물을 이용한 TMR 사료와 사양관리 프로그램을 개발, 보급하기 위해 본 연구를 실시하였다. 이를 위하여 두 종류의 사일리지 생산과 TMR 제조 공장 설비, 그리고 완벽한 사육시설을 구비한 시험사육장(고창부안축협, 사진 7-1)을 이용하였다.



사진 7-1. 한우 사양시험 개시. 고창부안축협과의 연구 협약, 청보리 및 호밀, 조제된 곤포형 사일리지 및 사양시험 개시, 2008. 10)

2. 재료 및 방법

1) 시험 동물, 시험 설계, 시험사료 및 사양관리

거세한우 송아지(평균 7.5개월령) 총 80두를 대상으로 하여 사료 급여형태 및 급여기간에 따라 다음과 같이 총 5개 처리구를 두었다(표 7-1).

즉, 성장 단계 별로 계획된 급여 프로그램에 따라 배합사료와 볏짚을 분리급여하는 관행사양구, 청보리 사일리지 TMR 또는 청호밀 사일리지 TMR을 비육 중기까지 자유채식토록 하고 비육 후기에는 관행사양구와 동일한 방법으로 사료를 급여하는 처리구, 그리고 청보리 사일리지 TMR 또는 청호밀 사일리지 TMR을 비육 후기까지 자유채식토록 하는 처리구를 두었다. 각 처리 당 거세된 송아지 16두 썩을 배치하였으며, 처리 당 거세한우 송아지를 4두씩 4개의 pen에 수용하였으며, 완전임의배치 방법으로 처리구를 배치하였다. 시험축은 시험농장 자체에서 생산된 송아지와 입식된 송아지로 구성되었는데, 입식된 송아지의 경우 현지 사정상 송아지 구입시기가 다소 늦어졌고, 입식 후 거세 후의 회복기간 등이 길어지는 등의 이유로 불가피하게 시험축 간 연령의 차이가 발생되었다. 이에 따라 거세 한우 송아지의 시험 개시 연령 범위가 처리에 따라 6.5 ~ 8.5개월령이 되었다. 그러나 처리별 4개 pen 중 각 pen을 비슷한 연령(체중)의 송아지로 배치함으로써 처리간 평균 체중의 차이를 줄였다. 본 시험은 2008년 9월 25일 전북 고창부안축협 시험농장에서 적응기간을 거쳐 2008년 10월 13일부터 2010년 8월 26일까지 총 680일간 실시되었다.

표 7-I. 거세한우 사양시험을 위한 시험 설계

성장단계 (월령)	사료	처리구				
		대조구	청보리사일리지-TMR	청보리사일리지-TMR	청호밀사일리지-TMR	청호밀사일리지-TMR
			I	II	I	II
육성기 (6~12)	농후사료 및 볏짚	○	-	-	-	-
	청보리사일리지-TMR	-	○	○	○	○
	청호밀사일리지-TMR	-	○	○	○	○
비육 전기 (13~18)	농후사료 및 볏짚	○	-	-	-	-
	청보리사일리지-TMR	-	○	○	○	○
	청호밀사일리지-TMR	-	○	○	○	○
비육 중기 (19~24)	농후사료 및 볏짚	○	○	-	○	-
	청보리사일리지-TMR	-	-	○	-	○
	청호밀사일리지-TMR	-	-	○	-	○
비육 후기 (25~30)	농후사료 및 볏짚	○	○	-	○	-
	청보리사일리지-TMR	-	-	○	-	○
	청호밀사일리지-TMR	-	-	○	-	○
평균 개시 월령		8	8	8	8	8
평균 개시체중, kg		201.25	201.25	206.44	211.81	200.44
처리별 시험축, 두		16	16	16	16	16
처리별 pen 당 두수		4	4	4	4	4

관행사료 급여구의 배합사료는 농협 김제 배합사료공장에서 주문 생산된 것을 이용하였으며, 본 시험에서 동계사료작물(청보리 및 청호밀) 사일리지는 2008년 ~ 2010년간에 걸쳐 관행에 따라 매년 5월 중순에 수확되어, 사일리지로 가공된 것을 이용하였다. 청보리와 청호밀 사일리지를 이용한 TMR은 본 연구에서 자체적으로 계획한 사료급여 프로그램(2007년 한우사양표준 및 그 밖의 사료급여 기준 참고)에 따라 제조되었다(표 7-2). 또한 사료급여 프로그램을 적용할 경우 예상되는 체중 변화(증체에 따른 월령별 체중)은 그림 7-2와 같다.

본 시험에 사용된 TMR 시험사료 제조를 위해 두 종류의 사일리지 외에 옥대 펠렛, 맥주박, 단백질, 보충사료, 옥수수 프레이크, 당밀, 비타민 및 광물질 mix, 석회석 및 소금 등을 이용하였다. 각 성장단계 별 시험사료 TMR의 배합율표는 표 7-3 ~ 표 7-6과 같으며, 영양소 함량은 표 7-7에서와 같다. 그러나 배합사료의 배합율은 제조회사의 공개 불가로 밝히지 못했다. 사료사료의 관행 급여구 송아지에는 성장단계 및 체중을 고려하여 1일 급여량(배합사료)을 조절, 급여하였고, 벗짚의 경우 육성기에는 두당 2.0kg(건물 기준)을, 비육 전기와 비육 중기에는 1일 두당 1.5kg(건물 기준) 급여하였으며, 비육 후기에는 1일 두당 1.0kg(건물 기준) 급여하였다. 시험사료는 관행상양구의 경우 오전 8시와 오후 5시에 1일 사료급여량을 동일한 양으로 2회로 나누어 급여하였으며 TMR 급여구의 소에는 1일 1회 급여하되 사료를 자유채식토록 하였다. 전체 처리구에 걸쳐 물과 린칼블록은 자유로이 섭취토록 하였다.

2) 조사 항목 및 시료 분석

청보리 또는 청호밀 사일리지 TMR과 관행사료 급여구에서 사용한 농후사료(배합사료) 및 벗짚은 성장단계 별로 시험 개시 전 및 그 후 2개월 간격으로 성분(일반 성분 및 NDF 함량 등)을 *in vitro* 시험(시험 1 및 시험 2)에서와 동일한 방법으로 분석하였다. 체중은 시험 개시 직전과 개시 후 종료될 때까지 1개월 간격으로 측정하였으며, 관행사료급여구의 벗짚을 포함한 모든 처리구의 사료 섭취량은 아침 사료 급여 전 잔량을 수거하여 조사되었다.

표 7-2. 성장단계별 거세 한우의 사료급여 프로그램 (육성기)

6~12 개월령			6	7	8	9	10	11	12
목표치	체중, kg		161	181	202	223	245	268	292
	일당증체량, kg		0.65	0.68	0.70	0.73	0.77	0.80	0.80
대조구 (관행사양구)	농후사료	TDN	71% (건물 기준)						
		조단백질	13% (건물 기준)						
	급여량 (kg/일)	TDN	3.13	3.49	3.70	3.99	4.27	4.56	4.77
		조단백질	0.52	0.58	0.62	0.67	0.72	0.78	0.81
		농후사료 (건물 기준)	3.50	4.00	4.30	4.70	5.10	5.50	5.80
		벧짚	2.0kg (건물 기준)						
1일 사료(건물) 급여량, kg		5.0	5.50	5.80	6.20	6.60	7.00	7.30	
청보리 및 청호밀 사일리지 TMR	TMR	TDN	65% (건물 기준)						
		조단백질	11% (건물 기준)						
	사료 급여방법		자유 채식 TMR 내 사일리지 : 40% (급여상태 기준)						

(비육 전기)

13~18 개월령			13	14	15	16	17	18	
목표치	체중, kg		315	340	365	395	425	456	
	일당증체량, kg		0.83	0.87	0.93	0.98	1.00	1.05	
대조구 (관행사양구)	농후사료	TDN	72% (건물 기준)						
		조단백질	12% (건물 기준)						
	급여량 (kg/일)	TDN	5.11	5.33	5.55	5.91	6.19	6.55	
		조단백질	0.80	0.84	0.88	0.94	0.98	1.04	
		농후사료 (건물 기준)	6.20	6.50	6.80	7.30	7.70	8.20	
		벧짚	1.5kg (건물 기준)						
1일 사료(건물) 급여량, kg		7.70	8.00	8.30	8.80	9.20	9.70		
청보리 및 청호밀 사일리지 TMR	TMR	TDN	69% (건물 기준)						
		조단백질	11% (건물 기준)						
	사료 급여방법		자유 채식 TMR 내 사일리지 : 30% (급여상태 기준)						

(비육 중기)

19~24 개월령			19	20	21	22	23	24
Target	체중, kg		486	513	539	565	590	614
	일당증체량, kg		1.00	0.90	0.87	0.85	0.82	0.80
대조구 (관행사양구)	농후사료	TDN	73% (건물 기준)					
		조단백질	11% (건물 기준)					
	급여량 (kg/일)	TDN	6.86	7.16	7.30	7.45	7.45	7.45
		조단백질	1.01	1.05	1.07	1.10	1.10	1.10
		농후사료 (건물 기준)	8.80	9.20	9.40	9.60	9.60	9.60
		볏짚	1.5kg (건물 기준)					
1일 사료(건물) 급여량, kg		9.80	10.20	10.40	10.60	10.60	10.60	
청보리 및 청호밀 사일리지 TMR	TMR	TDN	71%					
		조단백질	10.5% (건물 기준)					
	사료 급여방법		자유 채식 TMR 내 사일리지 : 20% (급여상태 기준)					

(비육 후기)

25~30 개월령			25	26	27	28	29	30
목표치	체중, kg		638	662	683	702	720	738
	일당증체량, kg		0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.60
대조구 (관행사양구) 청보리사일리지 TMR I, 청호밀사일리지 TMR I	농후사료	TDN	74% (건물 기준)					
		조단백질	10% (건물 기준)					
	급여량 (kg/일)	TDN	7.32	7.18	7.10	6.95	6.82	6.66
		조단백질	0.98	0.96	0.95	0.93	0.91	0.89
		농후사료 (건물 기준)	9.60	9.40	9.30	9.10	8.90	8.70
		볏짚	1.0kg (건물 기준)					
1일 사료(건물) 급여량, kg		10.10	9.90	9.80	9.60	9.40	9.20	
청보리사일리지 TMR II, 청호밀사일리지 TMR II	TMR	TDN	72% (건물 기준)					
		조단백질	10% (건물 기준)					
	사료 급여방법		자유 채식 TMR 내 사일리지 : 10% (급여상태 기준)					

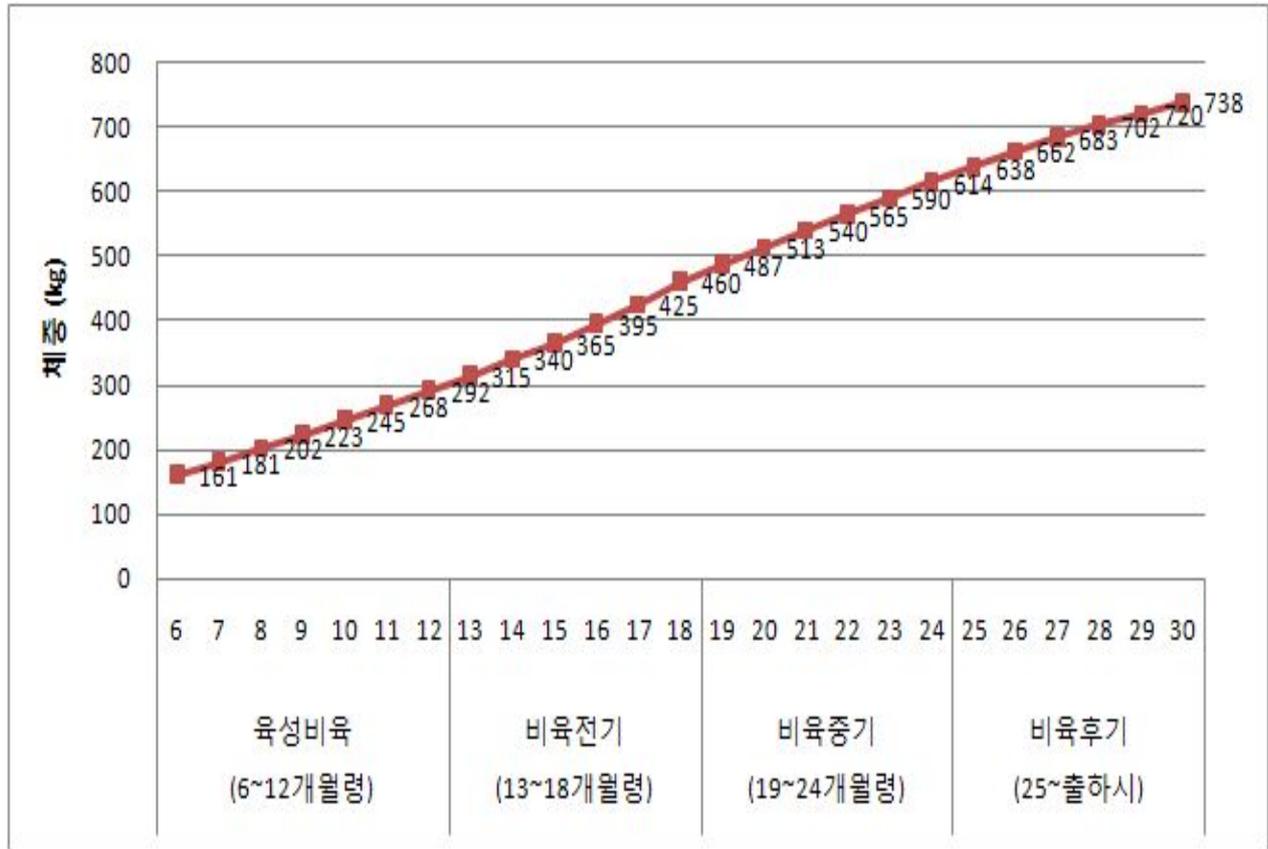


그림 7-2. 사료급여 프로그램에 따른 거세 한우의 예상 체중.

도체등급은 도축 후 냉각실에서 18 ~ 20°C에서 예냉된 도체의 13번째 갈비부위 절개면에서 축산물 품질관리원의 등급판정 기준에 따라 조사되었다. 또한 한우고기 시료(배최장근근)의 일반성분은 AOAC(1995) 분석방법에 준하여 수행하였다. 먼저, 시료를 믹서기로 고르게 분쇄한 다음 잘 혼합한 후 그 일부를 냉동 건조하여 수분 함량을 조사하였다. 지방 함량은 soxhlet 방법으로 조사하였으며 단백질은 Kjeltac System(Kjeltac Auto 2400/2460, Foss Tecator AB, Höganäs, Sweden)을 이용하여 분석하였고, 회분은 회분분석기(MAS 7000, CEM Corp., Matthews, NC, USA)를 이용하여 측정하다.

믹서기로 고르게 분쇄된 한우 거세우의 배최장근 내 지방산 조성을 조사하기 위해 일부를 Folchet al.(1957)의 방법에 따라 chloroform/methanol (2:1,v/v)에 넣은 다음 균질기(homogenizer, PT-MR3100, Switzerland)를 이용하여 지방을 추출하였다. 추출된 지방이 포함된 chloroform을 질소 gas 주입하에 50°C의 Dri-Bath(Typel 6500, USA)에서 chloroform을 증발시켰다. 지방의 methylation은 Lepage and Roy(1986)의 방법에 따라 실시되었으며, 1mm를 취하여 GC용 vial에 옮긴 다음 GC(Agilent 6890N Agilent Co.)를 이용하여 지방산을 분석하였다. 이 때 fused silica capillary column (100m 0.25 mm, i.d. 0.20mm thickness, Supelco, SPTM-2560, USA)을 사용하였으며, injector와 detector 온도를 모두 250°C로 유지시켰다. 그리고 initial column 온도를 175°C로 하여 30 분간 유지시켰으며, 그 후 분 당

15°C가 증가되도록 하였으며, 최종 220°C에서 40mins 유지되도록 하였다. 지방산 분석을 위해 carrier gas로 ultra pure helium를 사용하였으며, 지방산 standard(Sigma Chemical Co.)로 다양한 지방산을 식별하였다.

한우 도체(배최장근)의 이화학적 특성은 처리별로 도축된 한우의 배최장근을 취하여 조사항목별로 분석하였다.

먼저, 보수력(water holding capacity)은 원심분리법(Laakkonen et al., 1970)을 이용하였는데, 분쇄된 시료 0.5±0.05g을 원심분리관의 상부 filter 관에 넣은 다음 80°C water-bath에 넣고 20분간 가열한 후 10분간 방냉시켰다. 그 후 상부 filter관을 원심분리관 하부에 넣고 2000rpm에서 10분간 원심분리하였다. 원심분리 후 남은 시료를 가열 전 시료무게 비율로 표시하였다.

육즙손실(drip loss)은 육질손실은 2cm 두께의 우육 슬라이스를 원형(중량 100±5g)으로 정형한 후 polypropylene bag에 넣고 진공포장하여 4°C 냉장고에서 24시간 보관하면서 발생된 드립 감량을 측정하여 초기시료의 무게비율(%)로 측정하였다.

가열감량은 3cm 두께의 우육 슬라이스를 원형(중량 150±5g)으로 정형한 후 polypropylene bag에 넣고 진공포장하여 70°C water-bath에서 40분간 가열한 후 30분간 방냉시킨 다음, 가열 후 감량된 무게를 초기시료의 무게비율(%)로 측정하였다.

전단력(Shear force test)은 Wheeler 등(2000)의 방법에 따라 시료를 70°C water-bath에 넣고 40분간 가열한 후 30분간 방냉시킨 다음 시료를 가로×세로×높이를 각각 1×2×1cm가 되도록 절단하여 Rheo meter(Model Compac-100, SUN SCIENTIFIC Co., LTD.)의 Shearing, Cutting Test로 Max weight를 측정하였다. 사용 프로그램은 R.D.S(Rheology Data System) Ver 2.01을 이용하였다. 표 Speed는 110mm/min, Graph Interval은 20msec, Load cell(max)는 10kg의 조건으로 하였다.

한우고기(배최장근)의 pH는 10g에 증류수 100ml을 가한 후 측정하였다. 모든 시료는 homogenizer(Bihon seiki, Ace, Japan)로 7000rpm에서 30초간 균질시킨 후, pH meter(Mteeler Delta 340, Mettler-tolede, Ltd, UK)로 측정하였다.

한우고기(배최장근)의 표면육색은 백색판(L*, 89.39; a*, 0.13; b*, -0.51)으로 표준화시킨 Spectro Colormeter(Model JX-777, Color Techno. System Co., japan)로 측정하였는데, 이때 광원은 백색형광등(D65)을 사용하여 Hunter Lab 표색계의 L*, a*, b*값으로 나타냈다.(L*=명도, a*=적색도, b*=황색도).

3) 통계 분석

조사된 일체의 성적은 SAS (1985)의 GLM procedure를 이용하여 분석하였으며, 처리 간 성적은 S-N-K(Steel과 Torrie, 1980) 방법으로 비교하였다.

표 7-3. 거세한우 육성기 용 청보리 및 청호밀 사일리지 TMR 배합율표 (% , 원물 기준)

원료사료 명	청보리 사일리지 TMR	청호밀 사일리지 TMR
기초사료 ¹⁾	26.67	26.67
소맥피	5.00	5.00
당밀	3.00	3.00
맥주박	5.00	5.00
옥대 펠렛	18.87	18.87
청보리 사일리지	40.00	-
청호밀 사일리지	-	40.00
석회석	0.93	0.93
비타민-미네랄 첨가제 ²⁾	0.13	0.13
소금	0.40	0.40
계	100.00	100.00

표 7-4. 거세한우 비육전기 용 청보리 및 청호밀 사일리지 TMR 배합율표 (% , 원물 기준)

원료사료 명	청보리 사일리지 TMR	청호밀 사일리지 TMR
옥수수	20.30	20.30
단백피	7.50	8.00
기초사료 ¹⁾	10.00	10.00
면실	2.00	2.00
맥주박	6.500	5.00
옥대	15.00	16.00
당밀	6.00	6.00
청보리 사일리지	30.00	-
청호밀 사일리지	-	30.00
석회석	0.50	0.50
소금	0.20	0.20
비타민-미네랄 첨가제 ²⁾	2.00	2.00
계	100.00	100.00

¹⁾ 기초사료 조성 : 옥수수 40.0%, 임자박 20.0%, 주정박 10.0%, 소맥피, 20.0%, 팜박 10.0% (총 100%, 원물 기준)

²⁾ 비타민-미네랄 첨가제 : vitamin A, 8,000,000 IU 이상/kg;
 vitamin D3, 600,000 IU 이상/kg
 vitamin E, 20,000 IU 이상/kg
 Mn, 100mg 이상/kg

표 7-5. 거세한우 비육중기 용 청보리 및 청호밀 사일리지 TMR 배합율표 (%, 원물 기준)

원료사료 명	청보리 사일리지 TMR	청호밀 사일리지 TMR
옥수수	29.00	29.00
단백피	3.30	3.50
기초사료 ¹⁾	10.00	10.00
맥주박	15.00	13.80
옥대	14.00	15.00
당밀	6.00	6.00
청보리 사일리지	20.00	-
청호밀 사일리지	-	20.00
석회석	0.50	0.50
소금	0.20	0.20
비타민-미네랄 첨가제 ²⁾	2.00	2.00
계	100.00	100.00

표 7-6. 거세한우 비육후기 용 청보리 및 청호밀 사일리지 TMR 배합율표 (%, 원물 기준)

원료사료 명	청보리 사일리지 TMR	청호밀 사일리지 TMR
옥수수	35.40	35.60
단백피	15.00	15.00
면실	3.00	3.00
맥주박	23.50	23.20
옥대	6.00	6.00
당밀	6.00	6.00
청보리 사일리지	10.00	-
청호밀 사일리지	-	1.00
석회석	0.40	0.50
소금	0.20	0.20
비타민-미네랄 첨가제 ²⁾	0.50	0.50
계	100.00	100.00

표 7-7. 성장단계별 거세한우 시험사료의 영양소 함량*

성장단계	사료	TDN (%)	수분 (%)	성분 (% DM)			
				조단백질	조지방	NDF	조회분
육성기	농후사료	71.00	10.97	12.88	3.64	26.87	7.80
	볏짚	43.66	14.53	4.13	1.16	70.25	11.23
	청보리 사일리지 TMR	65.78	36.28	11.10	4.81	50.77	12.36
	청보리 사일리지 TMR	67.96	35.29	11.53	4.40	53.42	11.67
비육 전기	농후사료	71.50	11.09	12.76	7.69	27.06	7.21
	볏짚	43.66	14.53	4.13	1.16	70.25	11.23
	청보리 사일리지 TMR	68.39	34.43	10.74	5.38	48.77	13.68
	청보리 사일리지 TMR	69.52	36.46	11.27	5.35	44.78	14.96
비육 중기	농후사료	72.00	11.40	11.37	9.74	27.62	5.89
	볏짚	43.66	14.53	4.13	1.16	70.25	11.23
	청보리 사일리지 TMR	70.56	33.94	10.38	8.61	42.53	5.61
	청보리 사일리지 TMR	71.04	36.15	10.47	8.81	40.93	7.62
비육 후기	농후사료	73.00	11.21	10.52	6.23	27.34	6.23
	볏짚	43.66	14.53	4.13	1.16	70.25	11.23
	청보리 사일리지 TMR	71.51	37.34	10.79	8.56	38.20	6.43
	청보리 사일리지 TMR	71.85	35.91	10.85	8.36	37.73	6.89

* 볏짚은 한국표준사료성분표(2007)의 영양소 함량을 이용하였으며, TMR의 영양소 함량은 사료 배합율 표에 의거하되 원료사료와 각 사일리지의 TDN 함량은 한국표준사료성분표(2007) 값을 이용하여 계산 하였음. 배합사료는 농협 김제 배합사료공장에서 생산된 것을 이용하였음.

3. 결과

1) 증체량, 사료섭취량 및 사료효율

2008년 10월 13부터 680일에 걸쳐 동계사료작물(청보리 및 청호밀) 사일리지 TMR 급여가

거세 한우의 증체 및 육질 특성에 미치는 효과(사양 성적)를 조사하고 관행사양 방법의 시험 결과와 비교하였다. 본 시험기간에서 전체 처리에 한우 송아지의 연령이 고르게 분포되었지만, 시험사료는 기본적으로 각 성장 단계 기준(연령)에 따른 사료급여 프로그램의 급여량을 기준으로 하여 급여하였다. 한우 거세우의 각 성장 단계별 증체와 사료섭취량 및 사료효율은 표 7-8에서 보는 바와 같다.

먼저, 138일간에 걸친 육성기 동안 총 증체량은 관행사양구인 대조구, 청보리 사일리지 TMR I(BS-TMR I), 청보리 사일리지 TMR II(BS-TMR II), 청호밀 사일리지 TMR I(RS-TMR I) 및 청호밀 사일리지 TMR II(RS-TMR II)에서 각각 80.0, 90.2, 82.9, 85.5 및 85.0kg으로 시험사료 간 차이는 없었다. 이에 따라 동일한 기간에서의 평균 일당증체량은 대조구, BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 0.58, 0.65, 0.60, 0.61 및 0.61kg으로 시험사료 간 차이를 보이지 않았다. 육성기간 동안 처리 별 평균 1일 건물섭취량을 보면, 대조구, BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 7.14, 6.97, 7.06, 7.64 및 7.44kg으로 조사되었는데, 이로 인하여 BS-TMR I 처리구를 제외하면 다른 TMR 섭취구에 비하여 대조구의 사료효율이 다소 높은 것으로 나타났으나 시험사료 간 차이는 없는 것으로 나타났다.

또한 182일간에 걸친 비육전기 동안 총 증체량은 관행사양구인 대조구, BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 150.8, 171.0, 166.6, 161.0 및 167.8kg으로 시험사료 간 차이는 없었지만 사일리지 TMR 급여구의 한우 거세우 대부분의 총 증체량이 관행사양구인 대조구에 비해 높은 경향을 보였다. 동일한 기간에서의 평균 일당증체량은 대조구, BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 0.83, 0.94, 0.92, 0.89 및 0.93kg으로 시험사료 간 차이를 보이지 않았다. 비육전기 동안 처리 별 평균 1일 건물섭취량을 보면, 대조구, BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 8.32, 9.50, 9.44, 9.63 및 9.57kg으로 대조구에 비해 사일리지 TMR 급여구에서 높았으나($P<0.04$), 사일리지 급여구에서의 다소 높은 일당증체량으로 인하여 사료효율에서는 시험사료 간 큰 차이가 없었다.

비육중기(178일) 동안 총 증체량은 관행사양구인 대조구, BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 126.7, 152.8, 154.0, 147.5 및 146.0kg으로 시험사료 간 차이는 없었지만 사일리지 TMR 급여구의 한우 거세우 대부분의 총 증체량이 관행사양구인 대조구에 비해 높았으나($P<0.0001$) 사일리지 TMR 급여구 간에는 차이가 없었다. 동일한 기간에서의 평균 일당증체량은 대조구, BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 0.72, 0.86, 0.86, 0.83 및 0.82kg으로 대조구 사료를 섭취한 한우에 비해 사일리지 TMR을 섭취한 한우 거세우에서 높은($P<0.0002$) 것으로 나타났으나 사일리지 TMR 급여구 간에는 차이가 없었다. 비육중기 동안 처리 별 평균 1일 건물섭취량을 보면, 대조구, BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 9.18, 10.18, 10.14, 10.16 및 10.19kg으로 대조구에 비해 사일리지 TMR 급여구에서 높았으나($P<0.0001$), 사일리지 급여구에서의

높은 일당증체량으로 인하여 사료효율에서는 시험사료 간 차이가 없었으며 사일리지 TMR 급여구 간에도 차이가 없는 것으로 나타났다.

비육후기(182일) 동안 총 증체량은 관행사양구인 대조구, BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 122.3, 115.2, 111.0, 110.0 및 125.7kg으로 BS-TMR II를 제외하고는 대조구 사료를 섭취한 한우에서 다소 높았다. 동일한 기간에서의 평균 일당증체량은 대조구, BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 0.67, 0.63, 0.61, 0.60 및 0.69kg으로 총 증체량에서와 비슷한 경향을 보였다. 비육후기 동안 처리 별 평균 1일 건물섭취량을 보면, 대조구, BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 11.69, 8.97, 10.01, 9.07 및 10.12kg으로 대조구에서 가장 높았으며($P<0.0001$), 그 다음으로 RS-TMR II, BS-TMR II 순으로 높았고 BS-TMR에서 가장 낮았다. 그러나 대조구의 한우에서의 높은 건물섭취량에 비하여 처리간 차이가 없었던 일당증체량으로 인하여 사료효율은 가장 저조한($P<0.032$) 것으로 나타났다. 건물섭취량과 사료효율에서는 사일리지 TMR 급여구 간에 차이가 없었다.

본 시험이 시작되기 전 계획된 사료급여 프로그램에 따른 체중 증가량과 체중 변화를 예측 하였던 바(표 7-2 및 그림 7-2), 본 시험 기간 중 1개월 간격으로 조사된 체중을 바탕으로 도출된 시험사료 별 체중변화를 보면 그림 7-3에서와 같다. 계획과는 달리 시험축 구입 등으로 개시 월령의 체중에서 다소 차이가 있었으나 30개월령의 종료 체중은 대조구의 한우를 제외하고는 당초 예상했던 체중(730kg 정도)와 매우 비슷한 것으로 나타났다.

2) 사료비

총 680일간에 걸쳐 한우 거세우에서 섭취한 시험사료비를 성단계별로 추정 한 결과는 표 7-9에서 보는 바와 같다.

먼저, 육성기(138일) 동안 급여한 처리구 별 시험사료인 대조구, BS-TMR 및 RS-TMR의 건물 kg 당 사료비는 각각 528, 452 및 439원이었으며, 1일 건물 섭취량으로 계산된 사료비는 대조구, BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 3,770, 3,150, 3,191, 3,353 및 3,266원으로 관행사료 급여구(대조구)에서 다소 높았다. 육성기간 동안 한우 거세우에 급여한 두당 사료비는 대조구, BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 520,206, 434,700, 440,358, 462,714 및 450,708원으로 추정되었는 바, 이를 대조구 사료비에 비교할 경우 육성기간 동안 BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 85,506, 79,848, 57,492 및 69,498원의 사료비가 적게 소요된 것으로 나타났다. 또한 처리별 증체 kg 당 사료비를 비교하면 대조구, BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 6,503, 4,819, 5,312, 5,412 및 5,302원으로서 관행사료비에 비하여 사일리지 TMR 처리구에서 1000원 이상 적게 소요된 것으로 추정되었다.

표 7-8. 성장단계별 시험사료의 섭취량 및 증체량

성장 단계	조사 항목	시험 사료 ¹⁾					SEM ²⁾	Pr>F ³⁾
		대조구	청보리사 일리지 TMR-I	청보리사 일리지 TMR-II	청호밀사 일리지 TMR-I	청호밀사 일리지 TMR-II		
육성기 (08.10.13 ~ 09.02.24)	개시체중, kg	201.5	201.3	206.8	211.8	200.5	14.894	0.979
	종료체중, kg	281.5	291.5	289.7	297.3	285.5	15.710	0.962
	총 증체량, kg	80.0	90.2	82.9	85.5	85.0	3.998	0.524
	일당증체량, kg	0.58	0.65	0.60	0.61	0.61	0.029	0.509
	건물섭취량, kg/일	7.14	6.97	7.06	7.64	7.44	0.278	0.431
	사료요구율	12.31	10.72	11.77	12.52	12.20	0.653	0.444
비육 전기 (09.02.25 ~ 09.08.25)	개시체중, kg	281.5	291.5	289.7	297.3	285.5	15.710	0.962
	종료체중, kg	432.3	462.5	456.3	458.3	453.3	14.466	0.625
	총 증체량, kg	150.8	171.0	166.6	161.0	167.8	6.091	0.198
	일당증체량, kg	0.83	0.94	0.92	0.89	0.93	0.034	0.225
	건물섭취량, kg/일	8.32 ^b	9.50 ^a	9.44 ^a	9.63 ^a	9.57 ^a	0.031	0.040
	사료요구율	10.02	10.11	10.26	10.84	10.30	0.498	0.775
비육 중기 (09.08.26 ~ 10.02.24)	개시체중, kg	432.3	462.5	456.3	458.3	453.3	14.466	0.625
	종료체중, kg	559.0	615.3	610.3	605.8	599.3	15.928	0.146
	총 증체량, kg	126.7 ^b	152.8 ^a	154.0 ^a	147.5 ^a	146.0 ^a	3.168	0.0001
	일당증체량, kg	0.72 ^b	0.86 ^a	0.86 ^a	0.83 ^a	0.82 ^a	0.018	0.0002
	건물섭취량, kg/일	9.18 ^b	10.18 ^a	10.14 ^a	10.16 ^a	10.19 ^a	0.027	0.0001
	사료요구율	12.93	11.84	11.79	12.24	12.43	0.284	0.063
비육 후기 (10.02.25 ~ 10.08.26)	개시체중, kg	559.0	615.3	610.3	605.8	599.3	15.928	0.146
	종료체중, kg	681.3	730.5	721.3	715.8	725.0	14.531	0.181
	총 증체량, kg	122.3	115.2	111.0	110.0	125.7	5.367	0.2380
	일당증체량, kg	0.67	0.63	0.61	0.60	0.69	0.029	0.229
	건물섭취량, kg/일d	11.69 ^a	8.97 ^c	10.01 ^b	9.07 ^c	10.12 ^b	0.041	0.0001
	사료요구율	17.44 ^a	14.23 ^b	16.41 ^{ab}	15.12 ^{ab}	14.67 ^{ab}	0.763	0.032

¹⁾ 청보리사일리지 TMR-I 및 청호밀사일리지 TMR-I은 비육 중기까지 급여, 비육 후기에는 대조구와 동일한 사료 급여.

^{2), 3)} 표 2-4 참조.

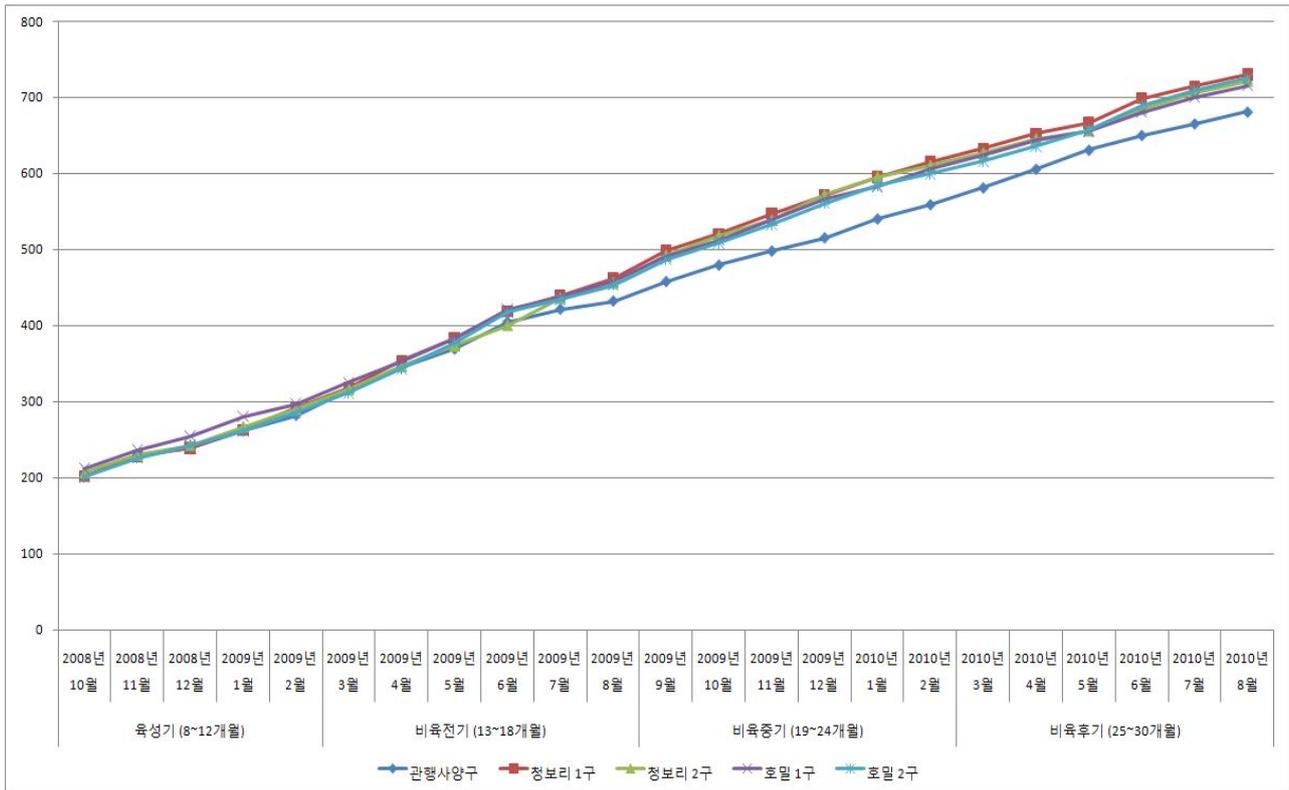


그림 7-3. 시험사료 급여에 따른 거세한우의 체중 변화.

비육전기(182일) 동안 급여한 처리구 별 시험사료인 대조구, BS-TMR 및 RS-TMR의 건물 kg 당 사료비는 각각 452, 458 및 447원이었으며, 1일 건물 섭취량으로 계산된 사료비는 대조구, BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 3,761, 4,351, 4,324, 4,305 및 4,278원으로 관행사료 급여구(대조구)에 비하여 사일리지 TMR 섭취구에서 다소 높았다. 비육전기 동안 한우 거세우에 급여한 두당 사료비는 대조구, BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 684,502, 791,882, 786,968, 783,510 및 778,596원으로 추정되었는 바, 이를 대조구 사료비에 비교할 경우 비육전기 동안 BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 107,380, 102,466, 99,008 및 94,094원의 사료비가 더 소요된 것으로 나타났다. 또한 처리별 증체 kg 당 사료비를 비교하면 대조구, BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 4,545, 4,636, 4,727, 4,864 및 4,637원으로서 관행사료비(대조구)에 비하여 사일리지 TMR 처리 별로 100원 ~ 300원 정도 더 많이 소요된 것으로 추정되었다.

비육중기(178일) 동안 급여한 처리구 별 시험사료인 대조구, BS-TMR 및 RS-TMR의 건물 kg 당 사료비는 각각 450, 451 및 460원 이었으며, 1일 건물 섭취량으로 계산된 사료비는 대조구, BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 4,131, 4,592, 4,573, 4,674 및 4,687원으로 비육전기에서와 같이 관행사료 급여구(대조구)에 비하여 사일리지

TMR 섭취구에서 다소 높았다. 비육중기 동안 한우 거세우에 급여한 두당 사료비는 대조구, BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 775,318, 817,376, 813,994, 831,972 및 834,286원으로 추정되었는 바, 이를 대조구 사료비에 비교할 경우 비육중기 동안 BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 82,058, 78,676, 96,654 및 98,968원의 사료비가 더 소요된 것으로 나타났다. 또한 처리별 증체 kg 당 사료비를 비교하면 대조구, BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 5,794, 5,346, 5,296, 5,656 및 5,718원으로서 관행사료비(대조구)에 비하여 사일리지 TMR 처리구에서 다소 적게 소요된 것으로 추정되었다.

비육후기(182일) 동안 급여한 처리구 별 시험사료에서 대조구, BS-TMR I 및 RS-TMR I의 경우 3처리 모두 대조구와 동일한 사료를 사용하여 건물 kg 당 사료비는 444원이었으며, BS-TMR II과 RS-TMR II의 사료비는 각각 492 및 481원이었다. 또한 1일 건물 섭취량으로 계산된 사료비는 대조구, BS-TMR I, BS-TMR I, RS-TMR I 및 RS-TMR II의 사료비는 각각 5,190, 3,983, 4,925, 4,027 및 4,868원으로 육성기에서와 같이 관행사료 급여구(대조구)에 비하여 사일리지 TMR 섭취구에서 다소 낮았다. 비육후기 동안 한우 거세우에 급여한 두당 사료비는 대조구, BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 944,580, 724,906, 896,350, 732,914 및 885,976원으로 추정되었는 바, 이를 대조구 사료비에 비교할 경우 비육중기 동안 BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 219,674, 48,230, 211,666 및 58,604원의 사료비가 더 적게 소요된 것으로 나타났다. 또한 처리별 증체 kg 당 사료비를 비교하면 대조구, BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 7,736, 6,426, 8,208, 6,805 및 7,215원으로서 관행사료비(대조구)에 비하여 BS-TMR II 처리구에서 다소 높게 소요되었지만 다른 TMR 처리구에서는 다소 적게 소요된 것으로 나타났다.

한우 거세우를 대상으로 실시한 전체 사양시험 기간(680일) 동안의 시험사료 급여에 따른 증체와 사료섭취량, 그리고 사료비를 종합하면 표 7-10에서 보는 바와 같다. 시험 개시 시 처리 간 평균 체중에서 차이가 크지 않았으나, 종료 시 체중은 대조구보다 더 큰 경향을 보여 총 증체량에서 관행사료 급여(대조구)의 479.8kg에 비해 대조구, BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 평균 49.4, 34.7, 24.2 및 447.7kg이 더 증체된 것으로 조사되었다. 이에 따라 평균 일당증체량 역시 사일리지 TMR 섭취구의 사료에서 다소 높았다. 평균 1일 건물 섭취량은 대조구, BS-TMR II 및 RS-TMR I 처리구 간에는 차이가 없었으나 대조구에 비해 BS-TMR I 처리구에서 다소 적은 반면 RS-TMR II 처리구에서 다소 높은 것으로 나타났다.

표 7-9. 거세한우 성장단계별 사료비

성장 단계	조사 항목	시험사료				
		대조구	청보리사일리지 TMR-I	청보리사일리지 TMR-II	청호밀사일리지 TMR-I	청호밀사일리지 TMR-II
육성기 (08.10.13~ 09.02.24)	사료비* 원 / 건물 kg	528	452	452	439	439
	사료비, 원/건물 섭취량/일	3,770	3,150	3,191	3,353	3,266
	사료비, 원/138일	520,206	434,700	440,358	462,714	450,708
	대조구 대비 사료비, (원/두)	0	-85,506	-79,848	-57,492	-69,498
	성장단계별 총 증체량, kg	80.0	90.2	82.9	85.5	85.0
	사료비, 원/kg 증체	6,503	4,819	5,312	5,412	5,302
비육 전기 (09.02.25~ 09.08.25)	사료비 ²⁾ , 원 / 건물 kg	452	458	458	447	447
	사료비, 원/건물 섭취량/일	3,761	4,351	4,324	4,305	4,278
	사료비, 원/182일	684,502	791,882	786,968	783,510	778,596
	대조구 대비 사료비, (원/두)	0	+ 107,380	+ 102,466	+ 99,008	+ 94,094
	성장단계별 총 증체량, kg	150.6	170.8	166.5	161.1	167.9
	사료비, 원/kg 증체	4,545	4,636	4,727	4,864	4,637
비육 중기 (09.08.26~ 10.02.24)	사료비 ²⁾ , 원 / 건물 kg	450	451	451	460	460
	사료비, 원/건물 섭취량/일	4,131	4,592	4,573	4,674	4,687
	사료비, 원/178일	775,318	817,376	813,994	831,972	834,286
	대조구 대비 사료비, (원/두)	0	+ 82,058	+ 78,676	+ 96,654	+ 98,968
	성장단계별 총 증체량, kg	126.9	152.9	153.8	147.1	145.9
	사료비, 원/kg 증체	5,794	5,346	5,296	5,656	5,718
비육 후기 (10.02.25~ 10.08.26)	사료비 ²⁾ , 원 / 건물 kg	444	444	492	444	481
	사료비, 원/건물 섭취량/일	5,190	3,983	4,925	4,027	4,868
	사료비, 원/182일	944,580	724,906	896,350	732,914	885,976
	대조구 대비 사료비, (원/두)	0	-219,674	-48,230	-211,666	-58,604
	성장단계별 총 증체량, kg	122.1	112.8	109.2	107.7	122.8
	사료비, 원/kg 증체	7,736	6,426	8,208	6,805	7,215

* 농후(배합)사료는 김제 배합사료공장에서 제조되었으며 사료비는 고창-부안축협에서 통보해온 가격임. TMR 사료비 역시 고창-부안축협에서 통보해온 가격임.

총 사양기간 동안의 각 처리 별 사료비 총액에서는 관행사양구(대조구)에 비해 비육 중기까지 사일리지 TMR을 섭취하고 비육 후기에는 관행사양구와 동일한 사료를 섭취한 BS-TMR I 및 RS-TMR I 처리구에서 다소 적게 소요된 반면 비육 후기까지 사일리지 TMR을 섭취한 처리구(BS-TMR II 및 RS-TMR II)에서는 다소 더 많이 소요된 것으로 추정되었다. 두 종류의 사일리지 TMR 섭취로 인하여 증가된 증체량과 처리 간 비슷한 총 사료비로 인하여 전체 사양기간에서 두당 kg 증체에 소요된 사료비는 대조구의 6,033원에 비하여 BS-TMR I, BS-TMR II, RS-TMR I 및 RS-TMR II에서 각각 평균 801, 324, 456 및 410원이 더 적게 소요된 것으로 계산되었다

표 7-10. 전체 사양기간 동안 시험사료별 거세한우의 사료섭취량, 증체 및 사료비 평가

조사항목	시험사료				
	대조구	청보리사일리지 TMR-I	청보리사일리지 TMR-II	청호밀사일리지 TMR-I	청호밀사일리지 TMR-II
개시체중, kg	201.5	201.3	206.8	211.8	200.5
종료체중, kg	681.3	730.5	721.3	715.8	725.0
총 증체량, kg	479.8	529.2	514.5	504.0	524.5
일당증체량, kg	0.705	0.778	0.756	0.741	0.771
건물섭취량, kg/일	9.21	9.02	9.29	9.22	9.45
사료 전환율	13.06	11.59	12.29	12.44	12.26
총 사료비, 원/두	2,884,606	2,768,864	2,937,670	2,811,110	2,949,566
사료비, 원/kg 증체/두	6,033	5,232	5,709	5,577	5,623
대조구 대비 사료비, 원/kg 증체/두	0	- 801	- 324	- 456	- 410

3) 도체 특성

본 사양시험이 종료된 후 도축장에서 계측된 절식 체중과 도체중, 등지방 특성과 육질 및 육량 특성이 조사된 바 표 7-11에서와 같다. 도축 직전 계측된 체중(절식 체중)의 경우 급여한 시험사료에 따른 증체 경향이 그대로 반영되어 관행사양구(대조구)에 비해 사일리지 TMR을 섭취한 한우 거세우의 절식 평균 체중이 현저히($P < 0.0006$) 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과는 도체중에서도 비슷하게 나타나 반영되어 대조구에 비해 도체중이 현저히($P < 0.001$) 큰 것으로 조사되었다. 등지방 두께 및 배최장근 면적 역시 대조구에 비해 사일리지 TMR을 섭취한 한우 거세우에서 높은 경향을 보였으나 큰 차이는 보이지 않았다. 그러나 근내지방도의 경우 청보리 사일리지 TMR을 섭취한 한우 거세우가 대조구 사료를 섭취한 소에 비해 다소 낮았으며, 평균 육량지수에서 사일리지 TMR을 섭취한 소에 비해 대조구의 소에서 더 높은($P < 0.047$) 것으로 나타났다. 이에 따라 대조구의 소가 사일리지 TMR을 섭취한 소에 비하여 육량 A 등급에서 더 많은 두수를 보였다. 그러나 육질 1등급 이상의 경우 시험사료에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다.

표 7-11. 시험사료 섭취에 따른 거세한우의 도체특성 및 등급 평가

조사 항목	시험 사료					SEM ¹⁾	Pr<F ²⁾
	대조구	청보리사	청보리사일	청호밀사일	청호밀사일		
		일리지 TMR-I	리지 TMR-II	리지 TMR-II	리지 TMR-II		
절식체중, kg	660.9 ^b	705.9 ^a	698.3 ^{ab}	698.8 ^{ab}	708.9 ^a	47.15	0.0006
냉도체중, kg	397.3 ^b	426.8 ^a	425.5 ^a	423.9 ^a	427.1 ^a	31.40	0.001
등지방두께, mm	10.75	13.81	12.38	13.69	13.38	3.892	0.153
배최장근 면적, cm ²	89.75	90.56	90.63	90.50	92.56	8.346	0.855
마블링 score	5.81	4.75	4.75	5.44	5.81	1.976	0.328
육량지수	66.83 ^a	64.32 ^b	65.10 ^{ab}	64.32 ^b	64.32 ^b	2.702	0.047
육질 등급: (1 ⁺⁺ : 1 ⁺ : 1: 2)	3:6:4:3	2:3:8:3	1:5:5:5	1:8:4:3	3:6:5:2	-	-
육량등급 : (A : B : C)	5:11:0	2:10:4	2:13:1	3:9:4	3:9:4	-	-

1), 2) 표 2-4 참조.

4) 배최장근의 이화학적 특성

각 처리 별로 7두 ~ 9두를 대상으로 조사한 바, 시험사료 급여에 따른 한우 배최장근 (*longissimus dorci*)의 수분, 조단백질, 조지방 및 조회분 함량은 섭취한 사료에 의한 영향을 받지 않은 것으로 나타났다(표 7-12). 배최장근의 보수력, 육즙 손실, 가열감량, pH 및 전단력은 표 7-13에서와 같다. 즉, 보수력의 경우 다른 처리에 비해 RS-TMR II의 소에서 다소 낮았으며, 육즙 손실과 가열감량은 대조구의 한우에서 다소 낮은 경향을 보였으나 시험사료 간 큰 차이를 보이지는 않았다. 또한 배최장근의 pH는 시험사료에 의한 영향을 받지 않은 반면 전단력은 사일리지 TMR을 섭취한 한우에 비해 관행사양 방법으로 비육된 한우에서 현저히 (<0.046) 낮았으나 사일리지 TMR을 섭취한 처리구 간에는 차이가 없었다.

배최장근의 밝음 정도와 적색도 그리고 황색도를 측정할 때, 조사된 항목 모두가 대조구의 한우가 다소 낮은 경향을 보였으며, 사일리지 TMR 처리구 간에는 비슷한 경향을 보였다(표 7-14).

표 7-12. 시험사료 급여에 따른 거세한우 배최장근의 화학적 조성

조사 항목	시험사료					SEM ¹⁾	Pr<F ²⁾
	대조구1	청보리사일	청보리사일	청호밀사일	청호밀사일		
		리지 TMR-I	리지 TMR-II	리지 TMR-I	리지 TMR-II		
조사 두수 :	7	9	7	8	7		
성분 함량 (% , fresh basis) :							
수분	61.44	62.90	63.90	61.46	61.18	3.721	0.558
조단백질	56.32	58.27	58.34	58.02	58.60	2.125	0.752
조지방	40.61	39.33	38.89	39.47	39.05	1.356	0.108
조회분	2.05	2.37	2.74	2.50	2.32	0.051	0.788

1), 2) 표 2-4 참조.

표 7-13. 시험사료 급여에 따른 거세한우 배최장근의 육질 특성

조사 항목	시험 사료					SEM ¹⁾	Pr<F ²⁾
	대조구	청보리사일	청보리사일	청호밀사일	청호밀사일		
		리지 TMR-I	리지 TMR-II	리지 TMR-I	리지 TMR-II		
보수력, %	52.89	53.92	54.61	51.31	48.78	5.186	0.235
육즙 손실, %	3.28	3.60	3.53	4.07	3.70	1.146	0.767
가열 감량, %	22.53	24.69	25.57	24.63	23.17	2.593	0.221
pH	5.39	5.42	5.40	5.39	5.38	0.036	0.455
전단력, (kg/cm ²)	2084 ^b	2553 ^a	2190 ^{ab}	2193 ^{ab}	2390 ^{ab}	418.8	0.046

1), 2) 표 2-4 참조.

표 7-14. 시험사료 급여에 따른 거세한우 배최장근의 색

항목 ¹⁾	시험 사료					SEM ²⁾	Pr<F ³⁾
	대조구	청보리사일리	청보리사일리	청호밀사일	청호밀사일		
		TMR-I	TMR-II	TMR-I	TMR-II		
Hunter L	38.78	40.73	40.38	42.10	39.31	3.395	0.399
Hunter a	17.86	19.22	19.92	18.78	19.25	1.594	0.235
Hunter b	9.87	10.99	10.40	10.34	10.64	1.234	0.524

¹⁾ L : lightness, a : redness, b : yellowness

^{2), 3)} 표 2-4 참조.

5) 배최장근의 지방산 조성

한우 거세우 배최장근 지방의 모든 지방산 조성은 시험사료 섭취에 의한 영향을 받지 않은 것으로 나타났다(표 7-15). 예상된 바와 같이 oleic acid의 조성 비율이 47.23 ~ 48.91%의 범위로서 가장 큰 비율을 보였으며, 그 다음으로는 palmitic acid(26.24 ~ 29.68%)와 stearic acid(9.89 ~ 11.20%)의 비율을 보였다. 전체 지방산에서 포화지방산(saturated fatty acid, SFA)가 차지하는 비율이 모든 처리에서 40.21 ~ 42.52%였으며 불포화지방산(unsaturated fatty acid, USA)의 비율은 56.53 ~ 59.01%인 것으로 조사되었다. 또한 불포화지방산 중 단일불포화지방산(monounsaturated fatty acid, MUFA)의 비율은 54.04 ~ 56.08%의 범위였다. 조사된 한우 거세우에서의 포화지방산에 대한 불포화지방산의 비율(UFA/SFA)은 1.38 ~ 1.48 범위로 나타나며, 포화지방산에 대한 단일불포화지방산 비율(MUFA/SFA)은 1.28 ~ 1.40의 범위인 것으로 조사되었다.

일반적으로 한우 지방의 지방산 중 oleic acid 함량이 육우나 수입산 쇠고기에 비해 높은 것으로 알려져 왔다. 본 시험에서 조사된 배최장근의 oleic acid 함량은 47.23 ~ 48.91%의 범위를 보였는데, 이러한 함량은 송 등(1998)이 24개월령 비거세 한우에서 조사한 oleic acid 함량(46.2%)보다 다소 높은 수준이었으며, Wang 등(2006)이 25개월령의 한우 거세우 배최장근 지방의 지방산 중 oleic acid 함량이 44.7%인 것으로 나타나 이 결과 역시 본 시험에서 다소 높은 것으로 나타났다. 한우 지방조직의 부위에 따른 지방산 조성의 차이가 있다는 보고(Wang 등, 2006)가 있지만 비육 연령에 따른 차이는 보고된 바 없다. 그러나 위의 두 보고(송 등, 1998; Wang 등, 2006)가 각각 24개월령 및 25개월령의 한우를 대상으로 조사된 것에 비해 본 시험의 경우 30개월령의 거세 한우를 대상으로 조사되었다는 점에서 추후 연령이 지방산 조성에 미치는 효과를 조사할 필요가 있는 것으로 여겨진다.

표 7-15. 시험사료 급여에 따른 거세한우 배최장근의 지방산 조성

지방산	시험 사료					SEM ¹⁾	Pr>F ²⁾
	대조구	청보리사일리지 TMR-I	청보리사일리지 TMR-II	청호밀사일리지 TMR-I	청호밀사일리지 TMR-II		
C14:0	3.45	3.32	3.28	3.39	3.11	0.071	0.864
C14:1	1.21	1.21	1.06	1.2391	0.98	0.047	0.613
C16:0	26.36	27.10	29.68	26.24	27.62	0.259	0.392
C16:1	5.40	5.48	5.18	5.39	5.12	0.106	0.819
C18:0	9.89	10.11	11.20	10.57	11.13	0.150	0.061
C18:1	48.91	48.49	47.23	48.88	48.10	0.348	0.751
C18:2	2.25	2.32	1.86	2.34	2.41	0.914	0.268
C18:3	0.37	0.33	0.35	0.39	0.40	0.021	0.821
C20:1	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.004	0.413
C20:4	0.18	0.21	0.20	0.18	0.17	0.010	0.860
C22:1	0.15	0.24	0.29	0.21	0.25	0.018	0.198
C24:1	0.09	0.09	0.10	0.08	0.08	0.004	0.689
Others	0.09	0.61	0.53	0.61	0.44	0.070	0.387
포화지방산	40.21	40.93	42.52	40.59	41.84	0.328	0.257
불포화지방산	58.97	58.66	56.53	59.01	57.72	0.319	0.193
다중불포화지방산	56.08	55.73	54.04	56.01	54.70	0.312	0.357
불포화지방산/포화지방산	1.48	1.44	1.34	1.46	1.38	0.019	0.262
다중불포화지방산/포화지방산	1.40	1.37	1.28	1.39	1.31	0.018	0.322

^{1), 2)} 표 2-4 참조.

4. 고찰

본 연구는 거세 한우에 대한 동계 사료작물(청보리 사일리지 및 청호밀 사일리지) TMR의 사료적 가치(이용성)를 조사하고, 한우에 대한 동계사료작물의 이용방법을 확립하기 위해 2008년 10월 13일부터 2010년 8월 26일까지 실시되었다. 이에, 주요 동계사료작물인 청보리와 청호밀의 사일리지 제조 전 및 제조 후의 두 종류 사료작물의 성분 분석은 물론 *in vitro* 및 *in situ* 반추위내 분해율과 발효특성, 그리고 사일리지 TMR의 전장 소화율 등을 조사하고자 실시되었다. 뿐만 아니라, 거세 한우 송아지를 대상으로 사료의 관행 급여 방법(배합사료 및 볏짚 급여)과 두 종류 사일리지 TMR의 사료적 가치를 증체와 육질, 그리고 사료비 측면에서 비교하기 위해 실시되었다.

2000년대에 들어 국내에서도 총체보리(청보리) 생산 및 이용이 권장되고, 청보리 사일리지의 사료적 가치가 조사되기 시작했다. 조 등(2000)은 거세 한우 송아지 40두를 대상으로 총체보리 담근먹이가 거세 한우의 성장과 사료이용성에 미치는 효과를 조사한 바, 증체량과 사료이용효율 등에서 기존의 사료 관행 급여구에 비해 개선된 효과를 보였다고 보고하였다. 그 후로 김 등(2003)에 의해 섬유질 배합사료 급여가 비육 후기의 거세한우를 대상으로 반추위 내 발효성상과 소화율 및 산육성에 미치는 효과 등이 조사된 바, 반추위 내 발효여건 및 성장과 육질등급 등이 개선된 효과를 보였다고 보고한 바 있다. 이러한 효과는 이 등(2003)에 의해서도 확인되었다. 또한 조 등(2008)이 거세한우를 대상으로 섬유질배합사료의 증체효과 및 도체특성 등을 조사한 바, 생산성과 도체특성의 개선효과, 그리고 생산비 절감효과가 있음을 보고하였다. 이밖에도 면양(이 등, 2002)과 흑염소(황 등, 2008)에 의해 각각 청예사료작물과 청보리 사일리지의 사료적 가치가 조사되어 사료 이용성 측면에서 긍정적인 결과가 있었음이 발표되기도 했다.

그러나 한우 사육농가에서는 2005년 이전까지 농후사료(배합사료) 중심으로 사육(비육) 해왔고, 그 이후에서야 청보리를 중심으로 TMR이 본격적으로 도입하기 시작했다. 특히, 정부에 의한 유희농경지 활용 촉진을 위해 그동안 식용을 위해 재배되었던 보리를 소의 조사료에 이용토록 권장되어 왔다. 때마침, 지난 3 ~ 4년 전에 국제 곡물가격이 폭등하게 되어 축산물 생산비 역시 크게 증가함에 따라 다른 가축에 비해 더 많은 량의 수입 원료 사료와 조사료를 섭취하는 소 산업에 위기가 닥쳐왔다. 이에 따라 국내의 부존자원을 적극 활용토록 함으로서 소 산업 침체의 돌파구를 마련하는 계기의 일환으로 동계 사료작물 등을 이용하는 방법의 개발이 요구되었다. 원료사료의 수입으로 인한 외화의 절약은 물론 유희 농경지 활용 면적을 확대시켜 경지 농가의 소득을 더 높이는 일거양득이 가능했기에 정부는 소 사육에 사료작물의 활용을 적극적으로 추진하기에 이르렀다. 따라서 정부에서의 사료작물 생산량 증가에 대한 권장 및 지원은 소를 위한 것 보다 농경지 소유 농가의 소득 향상에 더 우선적인 정책 목표를 둔 측면도 없지 않다.

일련의 시험 결과를 종합, 분석하면 다음과 같다. 먼저, 수확시기 별 청보리와 청호밀의 성분을 분석한 결과(표 2-1) 관행적으로 수확한 시기에 비해 전, 후 1주일일 성분 중 수확시기

가 늦어질수록 수분 함량이 다소 감소되기는 했지만 성분 함량에 크게 영향하지는 않은 것으로 조사되어 관행 수확 적기를 중심으로 2주일 이내에 수확할 경우 사일리지 조제에 큰 문제는 없을 것으로 보인다. 그러나 두 종류의 사료작물 중 조단백질 함량과 NDF 함량은 청호밀에서 다소 높은 것으로 나타났다. 특히, 수분 함량 측면에서 청보리와 청호밀 모두 65% 이상으로 조사된 바, 사일리지 조제 시 필요한 정상적인 발효에 별 문제가 없을 것으로 여겨진다. 또한 조제된 사일리지의 경우 청보리 사일리지에 비해 청호밀 사일리지의 단백질 함량이 다소 높았을 뿐 기타 성분 및 pH를 비롯한 발효 특성에서 거의 차이가 없었다(표 2-2). 특히, pH의 범위가 4.6 이내로 되어 비교적 안정적인 발효가 이루어졌다고 할 수 있다.

일반적으로 청예 목초나 사료작물을 사일리지로 가공할 경우 탄수화물보다는 단백질의 질적 손실을 피하기 어려운 것으로 알려진다. 그 이유는 청예 목초나 사료작물 내 단백질의 상당량이 미생물에 의한 발효과정 중 암모니아와 같은 NPN으로 전변되기 때문이다. 실제로 Shinekhuu(2010)가 조사한 바에 의하면 CNCPS 방법에 준하여 borate buffer로 가용성 단백질을 추출한 결과, 조단백질 함량에서는 사일리지 조제 전에 비하여 청보리가 2.83%로서 64.5% 손실되었으며, 청호밀의 경우 2.42%로서 72.2%가 줄어든 것으로 나타났다. 뿐만 아니라 조지방에서도 사일리지 조제 전에 비하여 청보리가 3.05%로서 43.1% 손실되었으며, 청호밀의 경우 2.74%로서 58.9%가 줄어든 것으로 나타나 두 종류의 사료작물을 발효시키는 동안 주요 영양소의 손실량이 매우 컸다. 이에 비하여 상대적으로 이용율이 낮은 NDF 및 ADF 함량은 23 ~ 24% 정도 증가된 것으로 나타났는데, 이는 단순히 발효 중 단백질과 같은 다른 주요 성분 함량이 달라짐으로서 나타나는 현상이라 할 수 있다. 물론, 일부 가용성 단백질이 사일리지 조제에 따른 발효기간 중에 미생물 단백질 합성에 이용될 수 있는 것으로 알려진다. 그러나 가용성 단백질(청보리 사일리지, 총 단백질의 67.7%; 청호밀 사일리지, 총 단백질의 75.8%)의 대부분이 암모니아 형태로 전변되고, 생성된 암모니아의 일부만이 반추위미생물 단백질 합성에 이용될 뿐 흡수된 다음 소의 체내에서 이용될 수 없기 때문에(하 등, 2005) 그만큼 사일리지의 단백질 손실로 간주할 수 있다. 따라서 두 종류의 사일리지를 이용할 경우 특히 단백질 손실량에 대한 대책이 필요한 것으로 보인다. 그러나 가용성 물질 함량 및 *in vitro* 발효특성과 분해율 등 전체적으로 보아 두 종류간 사료적 가치에서의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다(그림 2-1, 그림 2-2, 표 2-3 및 표 2-4).

또한 평균 8개월 정도 연령의 거세 한우 송아지를 대상으로 680일간 한우 사양시험을 실시한 결과, 사료 급여시 연령 증가에 따른 증체(체중 증가 변화, 그림 7-3)는 본 연구에서의 사양프로그램에 따른 예상 체중 증가(그림 7-2)와 거의 같은 경향이어서 본 연구의 사양프로그램에 큰 문제는 없는 것을 확인할 수 있었다.

전체적으로 증체는 사료섭취량에 의한 영향을 받은 것으로 나타났다. 4개 성장단계 중 육성기와 비육전기 및 비육후기의 경우 관행사양구(농후사료와 볏짚은 계획에 따라 정해진 양을 급여)의 한우에 비해 사일리지 TMR 처리구의 한우에서 섭취량과 증체량이 다소 높았으나 비육후기에서는 반대의 경향을 보였다(표 7-8). 이러한 결과는 관행사양구의 경우 비육전기 동

안 사료섭취량이 예상보다 다소 적어 증체 역시 다소 둔화되었는데, 비육후기에 들어 섭취량 증가에 따른 보상성장을 보인 것으로 여겨진다. 또한 비육중기까지 청호밀 사일리지 TMR I을 섭취한 한우의 경우 비육 후기에서도 청보리 사일리지 TMR 섭취구의 소에 비해 섭취량이 크게 다르지 않았으나 청보리 사일리지 TMR I과 청호밀 사일리지 TMR I의 한우는 비육 후기에 관행사료의 섭취량이 다소 감소됨으로서 비육중기까지에 비해 증체량 역시 감소된 것으로 나타났다.

시험사료 별 시험 개시 시부터 종료 시까지의 증체 및 사료비를 보면(표 7-6), BS-TMR I 처리구에서 건물 섭취량이 다소 적었음에도 불구하고 평균 일당증체량은 관행사양구에 비해 더 높았다. 또한 BS-TMR II 및 RS-TMR I 처리구의 두당 1일 평균 건물 섭취량이 관행사양구와 비슷했으나 일당증체량은 개선되었으며, RS-TMR II의 경우 관행사양구에 비해 건물 섭취량과 일당증체량 모두에서 높은 것으로 나타났다. 이런 결과로 미루어 보아 사료효율은 전반적으로 적어도 비육 중기까지 사일리지 TMR을 섭취함으로써 관행적으로 사료를 급여하는 경우에 비해 증체에 효율적인 것으로 여겨진다. 조원모 등(2000)은 총체보리 담근먹이가 거세한우의 증체량과 사료 이용효율 등에서 기존의 사료 관행 급여구에 비해 개선된 효과를 보였다고 하였으며, 김경훈 등(2003)도 섬유질 배합사료가 비육 후기 거세한우의 성장에서 개선된 효과를 보였다고 보고한 바 있어 본 연구 결과를 뒷받침하였다. 그 후로도 조영무 등(2008)이 거세한우를 대상으로 섬유질 배합사료를 급여한 바, 관행사료 급여방법에 비해 증체가 개선되었다고 하였다.

사료비(표 7-9)의 경우 육성기에서는 관행사료의 건물 kg 당 사료비가 TMR에 비해 다소 높았으나 비육전기 및 비육후기에서는 관행사양구에 비해 TMR 급여구의 사료비가 더 높았다. 그러나 비육후기의 경우 이러한 경향이 반전되어 관행사양구의 사료비가 더 크게 소요되었는데, 특히 BS-TMR I 및 RS-TMR I 처리구의 사료비가 크게 낮은 것으로 나타났다. 전체 사양기간 동안의 사료비(표 6-6)에서는 관행사료비(2,884,606원)에 비해 BS-TMR II 및 RS-TMR II 처리구의 사료비가 다소 많이 소요되었으나 두당 kg 증체 당 사료비는 관행사양구에 비해 최소 324원(BS-TMR II)이 적게 소요되었으며 최대 801원(BS-TMR I)이 더 적게 소요된 것으로 나타났다. 사료비에서의 차이는 사료단가에 의해서 라기 보다는 대부분 섭취량에 의한 영향을 받은 것으로 보인다. 비육전기, 비육중기 및 비육후기의 건물섭취량이 그 예가 된다(표 7-8). 조영무 등(2008)이 거세한우를 대상으로 섬유질배합사료를 급여하고 관행사료 급여 시와 비교한 결과 생산비 절감효과가 있음을 보고한 바 있어 부분적으로 본 연구 결과를 뒷받침 해주었다. 그러나 본 연구에서와 같이 육성기에서 최대 비육후기까지 일관적으로 사료작물 사일리지 TMR을 급여하고 증체와 사료비를 관행사양 방법과 비교한 결과가 보고되지 않았다.

본 시험에 이용된 총 80두의 도체특성 및 육질과 육량 등급 판정 결과(표 7-11), 생체중과 도체중, 그리고 등지방두께 및 등심면적은 사양시험의 총 증체량(표 7-8)과 비슷한 경향을 보여 사일리지 TMR을 섭취한 한우 거세우에서 다소 높은 결과를 보였다. 근내지방도의 경우 청보리 사일리지 TMR을 섭취한 한우에서 관행사양구에 비하여 다소 낮은 것으로 나타났으나 호

밀 사일리지 TMR을 섭취한 한우와는 비슷한 결과를 보였으며 1등급 이상 출현율에서는 시험 사료 간 거의 차이가 없었다. 이와는 반대로 육량지수 및 육량등급은 관행사양구의 한우에서 다소 높은 경향을 보였다. 처리 간 조사 두수는 다소 다르지만 배최장근의 성분 함량(표 7-12)은 처리간 차이가 없었으나 이화학적 특성(표 7-13) 중 전단력은 관행사료 급여구에 비해 사일리지 TMR 급여구의 한우에서 다소 높은 경향을 보였으나, 배최장근의 밝기에서는 전체적으로 것으로 처리 간 거의 차이가 없었다. 현재까지 TMR, 특히 사일리지 TMR과 배최장근의 이화학적 특성 및 밝기 측면에서 관행사료와 비교한 결과가 보고된 바 없어 본 시험 결과를 객관적으로 평가하기는 어렵다. 그러나 홍 등(1996)은 거세한우 송아지를 대상으로 480일간 배합사료를 공통으로 급여하고 벃짚과 3종류의 담근먹이(옥수수, 청호밀 및 이탈리아 라이그라스)를 자유채식토록 한 후 도체특성에서 조사료 종류에 의한 차이를 조사한 바, 벃짚 급여에 비해 담근먹이 급여로 도체 지방과 등지방두께가 다소 증가된 반면 육색과 지방색 및 배최장근 단면적과 육량지수를 다소 낮춘 것으로 보고하였다. 본 시험에서도 사일리지 TMR이 육색에 다소 영향을 준 것으로 나타났는데, 이 부분에 대한 비교 검토가 요구된다 하겠다.

II. 제 1 협동 : 동계 사료작물을 포함하는 낙농용 TMR 모델 개발 (고려대학교)

시험 1. 곤포사일리지용 시료채취기 개발

원형곤포사일리지는 직경 125~130cm에 폭 130cm 전후로 내용물의 특성상 내 외부 간에 수분농도나 발효상태의 차이가 커서 품질평가나 연구를 목적으로 시료를 채취함에 있어 대표성 있는 시료채취가 매우 중요하며 필수적이다. 따라서 본 시험에서는 대표성 있는 시료를 채취하기 위한 시료채취기 3종 및 채취공이를 개발하여 그 성능시험을 실시하였다.

곤포용 시료채취기의 제작 및 시험 경과는 표 1-1과 같으며, 시료채취기와 채취용 공이를 개발하였다(그림 1-1).

표 1-1. 시료채취기 개발 및 제작 경과

일 자	목 적	내 용	비 고
2008. 5. 10	기존 시료채취기 성능개선	설계 의뢰	
2008. 7. 7		설계도 확인 및 수정	
2008. 8. 5		설계 확정 및 제작 의뢰	
2008. 8. 26	시료채취기 시제품 제작	모델 I 및 II 인수	
2008. 9. 4	1차 성능 비교시험	모델 I 와 II 의 비교	생벚짚 & 청보리사일리지
2008. 9. 11	시료채취기 개선	모델 III 인수	
2008. 10. 18	2차 성능 비교시험	모델 II 와 III 의 비교	생벚짚 & 청보리사일리지
2008. 11. 26	3차 성능 비교시험	모델 I 와 III 의 비교	생벚짚 & 청보리사일리지

- 곤포사일리지용 시료채취기 3종 -





(채취공이 1종)



그림 1-1. 곤포사일리지용 시료채취 장비

시험 2. 간이 수분정량법 개발

시료채취기 개발과 연계하여 신속한 수분정량을 위해 전자레인지에 이용한 간이 수분정량법 개발을 실시하였는데, 이 방법은 1984년 미국 위스콘신대학에서 개발한 기존 방법(Dantoin, V. and D. Rohweder, 1984: UW-Extension Service A3261)을 우리 실정에 맞게 개선한 것이다. 본 실험에서는 개선한 방법과 기존의 열풍건조법(AOAC, 1990)을 비교하여 정밀도를 비교하였다. 시료채취기의 모델(3종) 별 성능 비교시험에서 채취한 시료, 그리고 임의채취법으로 채취한 시료를 공시하여 2차에 걸쳐 수분정량 실험을 실시한 결과, 표 2-1 및 표 2-2와 같다. 조사 결과, 제1차 시험에서는 각 처리에 따른 통계적 유의차가 나타나지 않았으며($P>.05$), 전자레인지의 가동 도중에 소량의 일부시료가 연소되는 경우가 발생한 바 있으나, 시료 처리마다 냉각수를 교환하고 가열과 가열 사이에 따로 냉각 시간을 두면 방지할 수 있음을 확인되었다.

제2차 시험(표 2-2)에서도 옥수수사일리지를 제외한 나머지 시료에서는 건조 방법에 따른 통계적 유의차는 나타나지 않았다($P>.05$). 옥수수사일리지의 경우, 알곡이나 공이속 내부의 수분이 전자레인지를 통한 짧은 시간의 가열로는 완전히 빠져나오지 못해 다소 수치의 변이가 발생하는 것으로 추정되며 정확한 원인 추적을 위하여 시료 종류를 다양화 한 추가시험이 요구된다. 같은 전자레인지 건조법 간에도 종이봉투와 종이용기를 사용한 경우를 비교해 보면, 종이봉투 이용은 재료 내 수분이 봉투 밑면으로 이동하여 봉투에 흡수되는 현상을 보였다.

일반적으로 전자레인지는 대상물의 중심일 것으로 예상되는 지점에 전자파가 집중되어 가열을 하게 되는데, 종이봉투 방법은 수분이 바닥 쪽으로 모여 있어 충분히 가열되지 못하므로 건조시간이 지연되고 표준편차도 종이용기를 사용할 때보다 더 큰 경향을 보였으며, 가열시간 역시 통계적 유의차가 나타나지 않았다.

이상의 결과로 판단할 때, 전자레인지를 이용한 간이 수분정량법에서 얻어진 결과와 AOAC(1990)방법에 의거한 수분분석 결과 간에 통계적 유의차가 나타나지 않았는데, 생산 또는 유통 현장에서 청초나 사일리지의 수분을 신속 간편하고도 정확하게 정량하는 데 충분히 활용될 수 있음을 확인할 수 있었다.

표 2-1. 수분농도 측정방법에 따른 시료별 건물 농도 비교(1차 시험)

시 료 명	측정 방법	건물(%)*	총 가열시간
생뿔짚 (2008년 채취)	열풍건조	38.47 ± 3.58	48시간
	전자레인지	31.67 ± 3.10	10분
생뿔짚곤포사일리지 (2006년 제조, 08년 채취)	열풍건조	27.68 ± 2.04	48시간
	전자레인지	30.86 ± 1.36	10분

* 평균± 표준편차, n=3.

시료채취일: 2008. 10. 18. 채취 장소: 경기도 파주 A목장

표 2-2. 수분 정량방법에 따른 시료별 건물농도 비교(2차 시험)

시료명	측정 방법		건물(%) [*]	총 가열시간
청보리사일리지	열풍건조		31.79 ± 1.49	48시간
	전자레인지	종이봉투	34.43 ± 1.53	9분 50초
		종이용기	32.92 ± 0.75	9분 30초
옥수수사일리지	열풍건조		26.26 ± 1.51 ^b	48시간
	전자레인지	종이봉투	31.80 ± 1.50 ^{ab}	9분 40초
		종이용기	31.85 ± 1.07 ^a	9분 30초
청예 라이그라스	열풍건조		28.98 ± 1.18	48시간
	전자레인지	종이봉투	28.57 ± 1.40	9분 50초
		종이용기	28.33 ± 0.34	9분 30초
청예 귀리	열풍건조		37.12 ± 0.16	48시간
	전자레인지	종이봉투	38.20 ± 1.86	8분 50초
		종이용기	36.84 ± 1.92	8분 20초

^{*}평균 ± 표준편차, 반복수=2.

^{a, b} 서로 다른 윗첨자는 통계적 유의차가 있음을 의미함(p<0.05).

시료 채취일: 2008. 11. 26. 채취 장소: 경기도 이천 1목장

시험 3. TMR용 조사료로서 청보리 및 옥수수사일리지의 영양적 가치 평가

1) 공시 사일리지 및 TMR의 영양소 함량

공시한 2종의 사일리지 중 청보리사일리지는 전북 김제에서 2008년 5월 호숙기에 생산되어 곤포사일리지로 제조되었으며, 옥수수사일리지는 사양시험이 실시된 경기도 이천 소재 목장에서 2008년 8월 황숙기에 트렌치사일로에 제조된 것이다. 공시 TMR은 두 종류의 사일리지를 기초로 하되 관행으로 사용해오던 단미사료들을 원료로 하여 에너지와 단백질수준이 동일하도록 배합된 것으로 그 배합비(사료구성)와 성분함량을 표 3-1와 표 3-2에 각각 제시하였다.

공시 사일리지의 평균 수분농도와 영양소농도를 보면, 청보리곤포사일리지는 77.3%, 옥수수사일리지는 76.6% 정도로 일반적으로 권장하는 수분농도보다 높은 특성을 가졌으며, 공시한 두 종류 사일리지 중 청보리사일리지(BS)는 옥수수사일리지(CS)에 비해 조단백질과 NFC 함량은 통계적으로 유의하게 높았고, ADF함량은 유의적으로 낮음이 관찰되었으며(p<0.05), 타 성

분에서는 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 반면 공시 TMR의 경우, CS-TMR이 BS-TMR에 비해 회분과 조단백질의 함량이 각각 약 0.6% 및 0.9% 포인트 더 높다는 것이 유의적으로 인정되었다.

이는 공시 배합비를 볼 때, 배합사료는 시판용으로 조단백질과 칼슘 및 인의 함량이 다른 것으로 보이며, 다만 두 군 간에 이 세 농후사료의 배합량이 약간씩 다르지만 회분과 조단백질을 제외한 모든 성분은 통계적 차이가 인정되지 않는 수준으로 일치시켰다. 최 등(2008)도 청보리사일리지와 옥수수사일리지의 조단백, 조지방, NDF, ADF 함량에서 유사하였음을 보고하여, 본 시험의 결과와 일치하는 경향을 보인바 있다.

표 3-1. 공시 TMR의 배합비 (kg, 급여 기준)

원 료 명	두당 급여량	
	CS-TMR1	BS-TMR2
옥수수사일리지	15.00	-
청보리사일리지	-	15.00
티모시	1.00	1.50
틀페스큐	1.50	1.80
비트펄프	1.50	1.00
맥주박	2.00	2.00
연맥건초	2.00	1.80
면실	2.00	2.00
알팔파	2.00	2.20
배합사료(W사)	13.00	12.60
파쇄 옥수수	1.50	1.50
보호지방	0.20	0.20
합 계	41.70	41.60

¹ 옥수수사일리지(Corn silage; CS) TMR 급여군

² 청보리사일리지(Barley silage; BS) TMR 급여군

표 3-2. 공시 사일리지 및 TMR의 건물 및 영양소 조성 (% , 건물 기준)

사료	DM	Ash	OM	CP	EE	NDF*	ADF*	NFC*
BS ¹	22.73 ±1.06a	7.13 ±0.07a	92.87 ±0.10a	9.56 ±0.04a	2.14 ±0.05a	56.13 ±0.49b	33.65 ±0.43a	25.04 ±0.13a
CS ²	23.44 ±0.17a	6.99 ±0.11a	93.01 ±0.14a	9.02 ±0.07b	3.15 ±0.07a	60.32 ±0.50a	31.80 ±0.33b	20.52 ±0.24b
BS TMR	65.60 ±2.54a	7.60 ±0.16b	92.40 ±0.19a	15.75 ±0.07b	3.71 ±0.39a	46.44 ±2.01a	19.84 ±0.73a	26.50 ±0.34a
CS TMR	65.21 ±2.76a	8.19 ±0.10a	91.81 ±0.12a	16.64 ±0.11a	4.38 ±0.21a	45.18 ±2.01a	22.19 ±1.59a	25.61 ±0.27a

평균 ± 표준편차, 반복수=3. ^{a, b} 서로 다른 윗첨자는 통계적으로 유의미한 차이를 나타냄(p<0.05)

* NDF; 중성세제불용성섬유, ADF; 산성세제불용성섬유, NFC; 비섬유성탄수화물

¹ 청보리사일리지(Barley silage) ² 옥수수 사일리지(Corn silage)

공시 사일리지의 pH 및 β-캐로틴 함량을 표 3-3에서 보면, pH는 공히 4.0 전후로 대체로 우수한 발효과정을 거쳐 제조된 것임을 확인하였으며, β-캐로틴의 농도는 BS의 경우 4.08ppm, CS는 17.78 ppm으로 나타났는데, 한국표준사료성분표(2007)에 제시된 옥수수사일리지의 캐로틴 함량(16mg/kg)에 비해 약간 높은 수치이다.

표 3-3. 청보리 및 옥수수사일리지의 pH 및 β-캐로틴 분석

사료	pH	β-캐로틴 (ppm)
BS ¹	4.09 ± 0.08a	4.08 ± 0.01b
CS ²	3.86 ± 0.05b	17.78 ± 0.03a

평균± 표준편차. 반복수=3

^{a, b} 서로 다른 윗첨자는 통계적으로 유의미한 차이를 나타냄(p<0.05)

¹ 청보리사일리지 ² 옥수수사일리지

2) 공시 사일리지와 TMR의 *in vitro* 건물 및 유기물 분해율

BS가 CS에 비해 *in vitro* 건물분해율이 유의적으로 낮은 것으로 나타났는데(p<0.05), 이는 청보리사일리지의 ADF 함량이 옥수수사일리지에 비해 높은 데 기인한 것으로 해석된다. Ferreira와 Mertens(2005) 역시 옥수수사일리지에 있어 ADF 함량과 *in vitro* 건물분해율 간에 부(-)의 상관성이 있었음을 보고하였다.

(표 3-4)에서 제시된 바와 같이, *In vitro*로 측정된 공시 사일리지의 건물 및 유기물분해율은 CS가 BS보다 유의적으로 높은 값을 보였으나, 공시한 TMR 간에는 통계적 유의차는 관찰되지 않았다($P>.05$).

표 3-4. *In vitro* 건물 및 유기물 분해율 비교

사 료	IVDMD(%)*	IVOMD(%)*
BS ¹	65.72 ± 0.51b	64.83 ± 0.74b
CS ²	68.26 ± 1.38a	66.72 ± 1.36a
BS-TMR	78.15 ± 1.28a	77.04 ± 1.38a
CS-TMR	78.77 ± 1.16a	77.79 ± 1.30a

평균± 표준편차. 반복수=6

^{a, b} 서로 다른 윗첨자는 통계적으로 유의차가 있음을 의미함($p<0.05$)

* IVDMD: *In vitro* dry matter disappearance, IVOMD: *In vitro* organic matter disappearance

¹ 청보리사일리지(Barley silage) ² 옥수수사일리지(Corn silage)

시험 4. 착유우 사양시험을 통한 영양사료적 가치평가

1) 처리구 간 공시동물 및 급여사료 조건

공시 동물은 총 114두의 착유우를 비유일수, 산차, 유량 등을 기준으로 2개 군에 구분 배치하고, 한 군(처리)에게는 BS-TMR을, 다른 한 군은 CS-TMR을 급여하였다. 시험개시 시 공시축의 평균산차 및 비유일수는 표 4-1에서와 같으며, 두 우군 간 조단백질 및 TDN 섭취량은 표 4-2에 제시하였다.

표 4-1. 처리구간 공시축의 평균산차 및 비유일수 비교

사 료	산 차	비유일수(DIM)	유 량
BS-TMR ¹	2.2 ± 1.2*	245.6 ± 136.2	36.3 ± 1.1
CS-TMR ²	2.1 ± 1.6*	210.7 ± 153.5	35.0 ± 9.8

*평균±표준편차

두 처리구 간에 통계적 유의차가 나타나지 아니함($p>0.05$)

1, BS TMR; 청보리 사일리지 TMR 급여군; 2, CS TMR; 옥수수 사일리지 TMR 급여군

[표 9] 본 사양기간 중 처리구당 일평균 조단백질 및 TDN 섭취량 (kg, 건물기준)

표 4-2. 본 사양기간 중 처리구 당 일 평균 조단백질 및 TDN 섭취량 (kg, 건물기준)

항목	건물	조단백질	TDN
BS-TMR ¹	25.92	4.24	18.59
CS-TMR ²	26.09	4.20	18.57

1 청보리사일리지(Barley silage) TMR

2 옥수수사일리지(Corn silage) TMR

2) 청보리사일리지 TMR과 옥수수사일리지 TMR의 착유우에 대한 비교시험

젖소사양시험을 실시한 농장은 비교적 규모가 큰 젖소검정농가로서 자체 생산되는 옥수수사일리지를 주조사료로 자가 TMR을 제조 이용하는 전형적인 낙농목장이었다. 9월 8일부터 11월 7일까지는 예비사양기간(Covariate period)이며, 본 사양기간의 개시점은 11월 8일부터였다.

군 분류는 비유일수를 기준으로 동등한 배치를 시도한 관계로, 예비사양기간 동안 처리군은 건물섭취량(그림 4-1)과 산유량(그림 4-2)에 있어 거의 동일한 수준을 보임으로써 유전적 변이에 대한 결과수치 보정(data correction)은 불필요하였다. 시험기간 중 두 처리구의 1일 사료섭취량, 산유량 및 유성분의 변화를 조사 비교한 결과를 보면 다음과 같다.

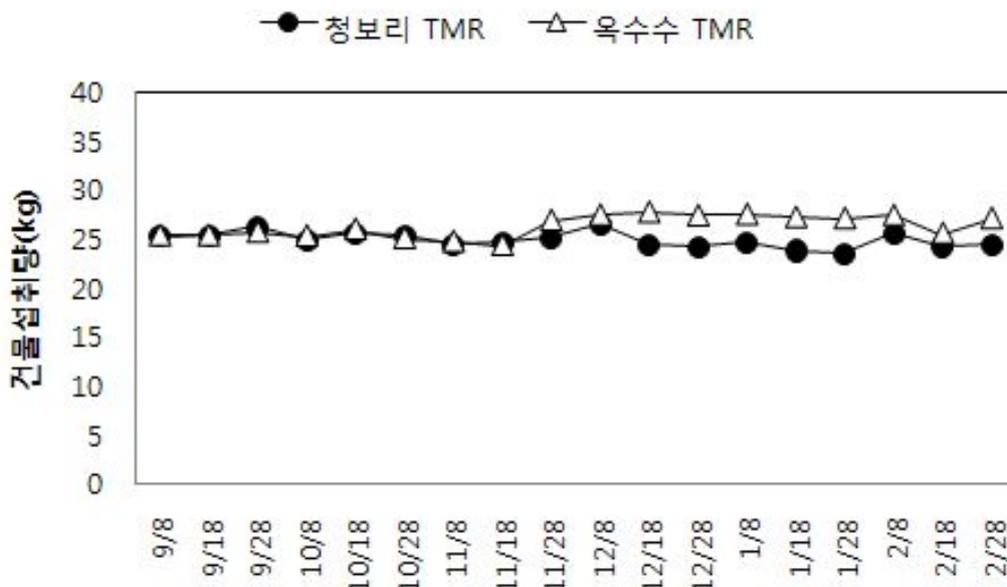


그림 4-1. 시험 기간 중의 일 평균 건물섭취량 변화

건물섭취량은 그림 2에 나타난 바와 같이, 공시 TMR을 급여하기 시작한 본 사양 기간 동안 CS-TMR군은 BS-TMR군에 비해 약 1~2kg 더 많은 양을 섭취한 것으로 나타났지만, 통계적 유의차는 나타나지 않았는데, 사료의 건물과 NDF 농도, 그리고 *In vitro* 유기물분해율 등에서 두 처리구 간에 유의차가 나타나지 않은 점을 감안할 때($P>.05$), 비유일수를 포함한 개체우간 변이 등 여러 요인이 복합적으로 섭취량에 영향을 미친 것으로 볼 수 있으며, 여기엔 기존부터 급여해온 옥수수사일리지에 대한 기호성도 관여되었을 것으로 판단된다.

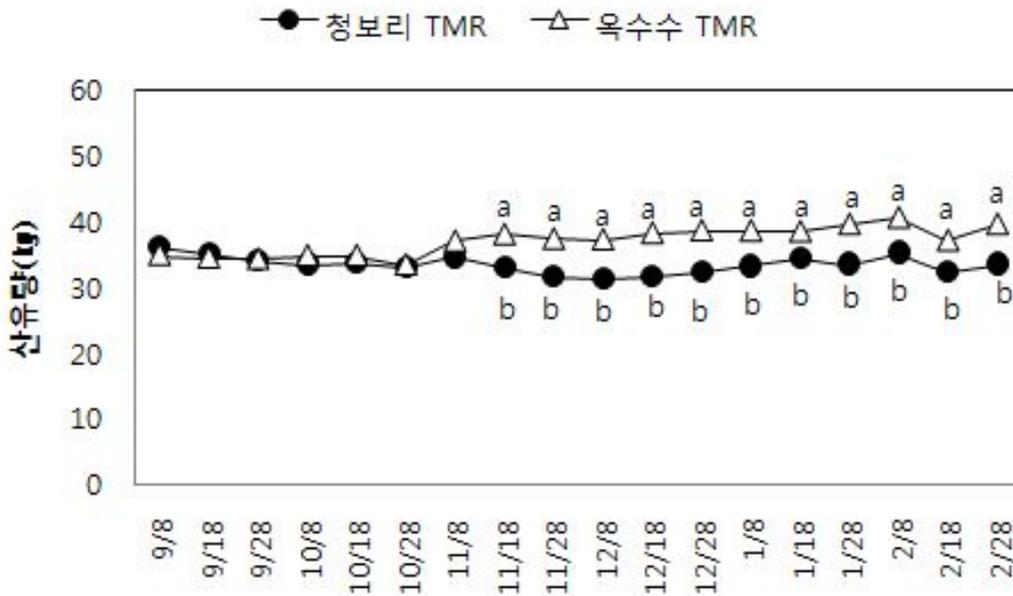


그림 4-2. 일 평균 산유량의 변화

산유량 및 4%지방보정유량은 본 사양기간 동안 유의적으로($P<.05$) CS-TMR군이 약 2~3kg 더 높게 나타났는데, 이는 사료섭취량과 관련이 있는 것으로 보인다. 착유우에 대한 유사 연구보고들을 살펴보면, 김 등(1987)은 호숙기에 제조한 청보리 사일리지를 급여했을 때 옥수수사일리지급여군보다 산유량이 높다고 보고한 반면, Miller 등(1967)과 Polan 등(1968), 최 등(2008)은 청보리사일리지의 급여가 옥수수 사일리지 급여에 비해 산유량이 영향을 받지 않거나 약간 감소한다고 보고하였고, Burgess 등(1973)의 시험결과에서는 옥수수사일리지 급여군이 청보리사일리지 급여군에 비해 더 높은 산유량을 보였다.

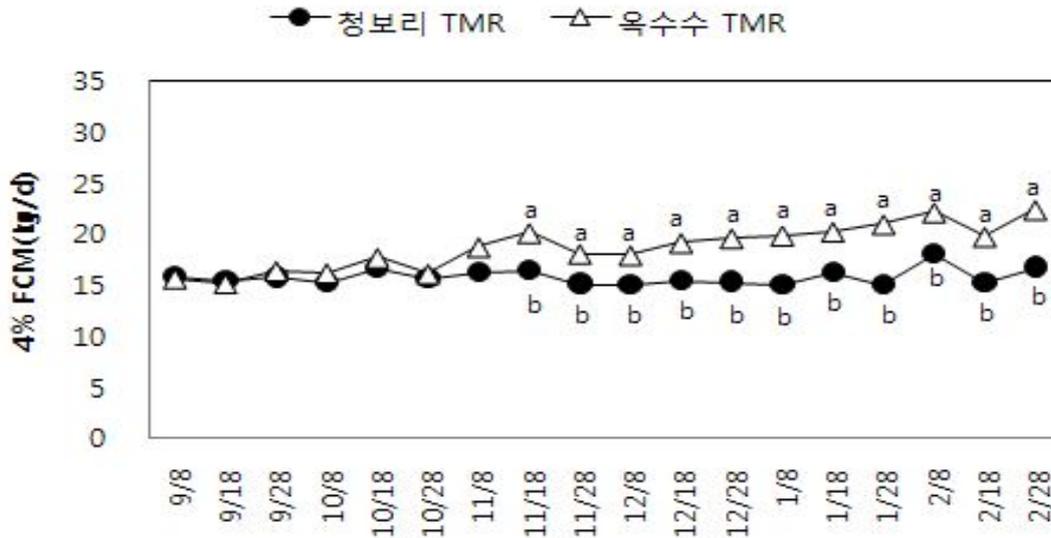


그림 4-3. 일 평균 4% 유지방보정유 생산량의 변화

유지방의 경우(그림 4-3), 전 시험기간에 걸쳐 거의 예외 없이 두 처리군 간에 거의 차이가 없는 일정한 농도변화를 나타내었는바, 이는 섬유질(NDF) 섭취수준이나 반추위 내에서의 발효의 규모가 유사하였음을 암시하고 있다. 김 등(1987)은 젖소 사양시험에서 두 사일리지 급여효과를 비교하였는바, 유지방농도에서는 통계적 유의차가 인정되지 않았으며, Burgess 등(1973), Fisher 등(1972), 최 등(2008)은 청보리사일리지 급여군과 옥수수사일리지 급여군 간에 유성분, 특히 유지방에 차이나 영향이 없다고 보고하여 본 연구에서와 일치하는 결과를 보였다.

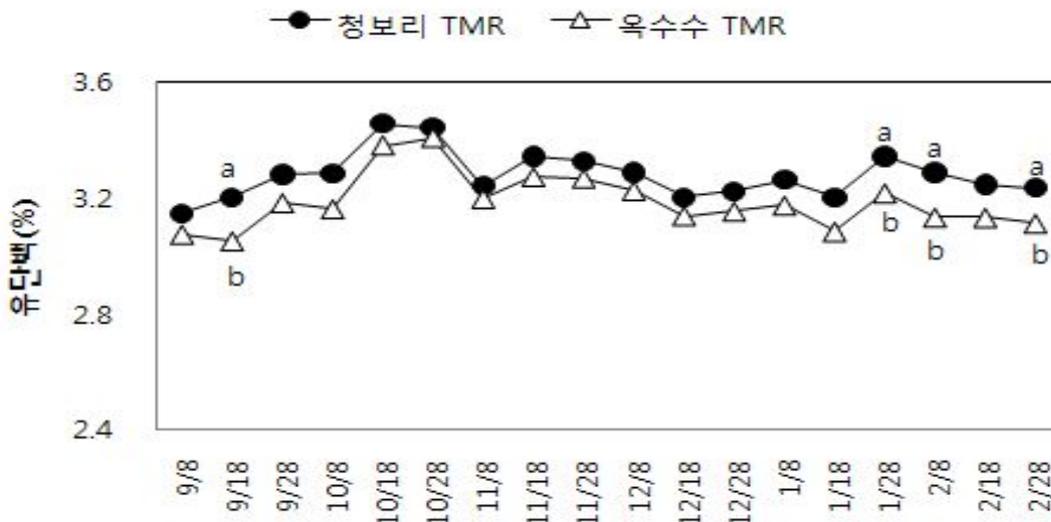


그림 4-4. 일 평균 유단백률의 변화

유단백의 경우(그림 4-4) 시험 초기 1회, 말기에 3회가 유의적으로 차이가 있는 것으로 나타났으나($P < 0.05$), 그 차이는 약 0.2%에 불과하였으며, 유당 역시 BS-TMR 급여군이 CS-TMR 급여군에 비해 유의적으로 낮게 나타났는데($P < 0.05$), 그 차이는 평균 0.2% 포인트 이하의 수준이었다.

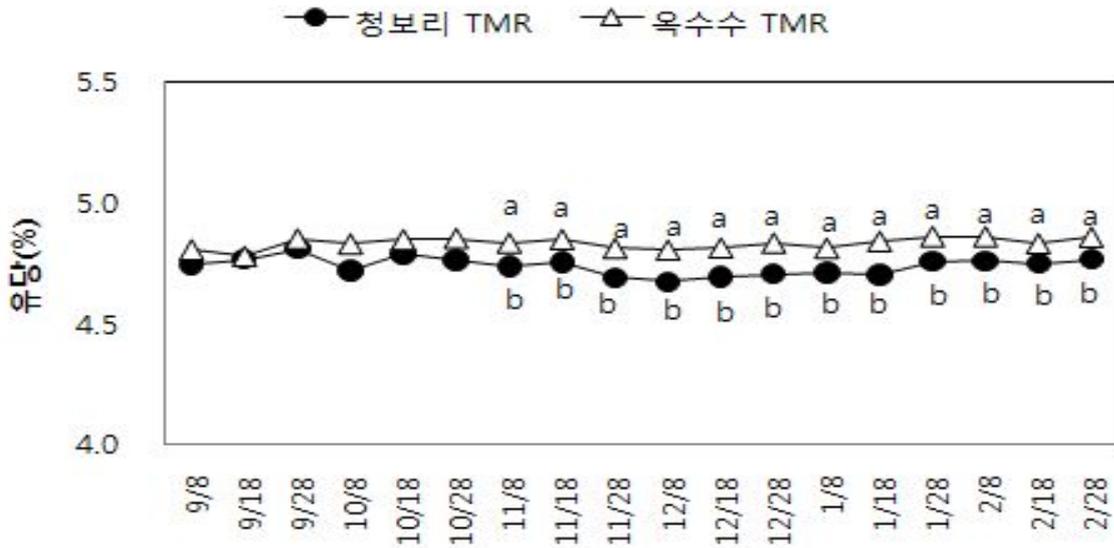


그림 4-5. 개체별 평균 유당의 변화

유당농도는(그림 4-5) 본 사양기간 내내 CS-TMR이 더 높은 수준에서 변화하였으나, 그 절대적 차이는 0.1% 정도로 크지 않은데, 일반적으로 유단백과 유당은 유지방에 비하면 급여사료의 영양특성에 따른 영향을 덜 받음이 기존 연구보고들을 통하여 알려져 있다(Palmquist, 1994).

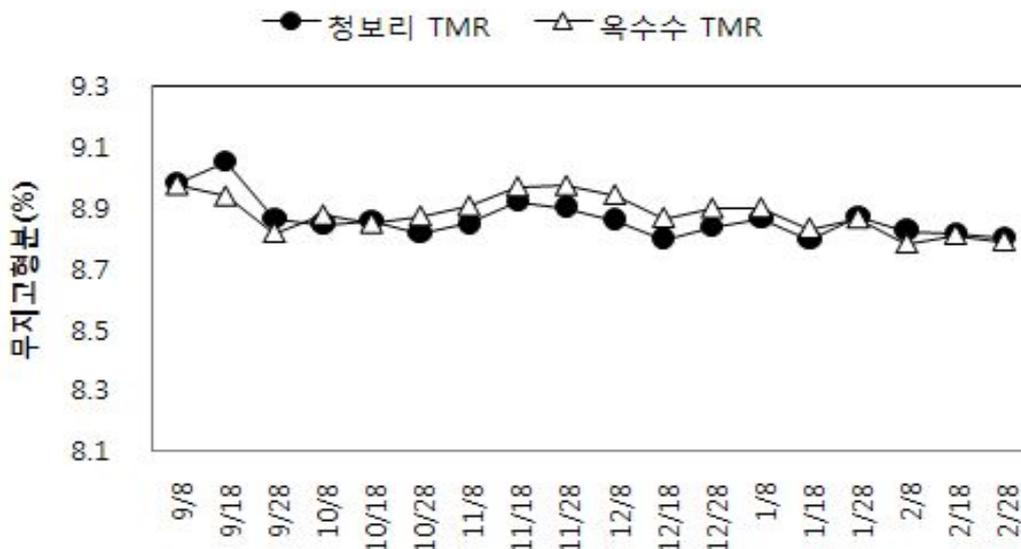


그림 4-6. 개체별 평균 무지고형분의 변화

무지고형분(SNF, 그림 4-6)의 농도는 전 시험기간에 걸쳐 처리군 간에 별 다른 차이를 보이지 않았다.

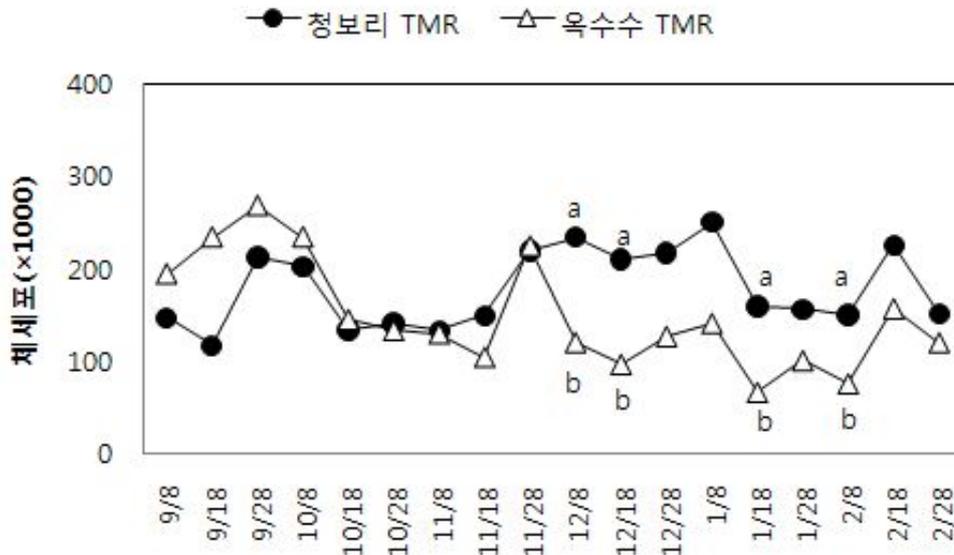


그림 4-7. 개체별 평균 체세포수의 변화

체세포수(SCC)의 변화(그림 4-7)는 본 사양기간에서 BS-TMR 급여군이 더 높은 수치를 보였으나, 유방염에 취약한 특정 개체가 관여할 수 있다는 속성상 급여 조사료의 차이에 의해서만 영향을 받은 것이라고 보기 어렵다.

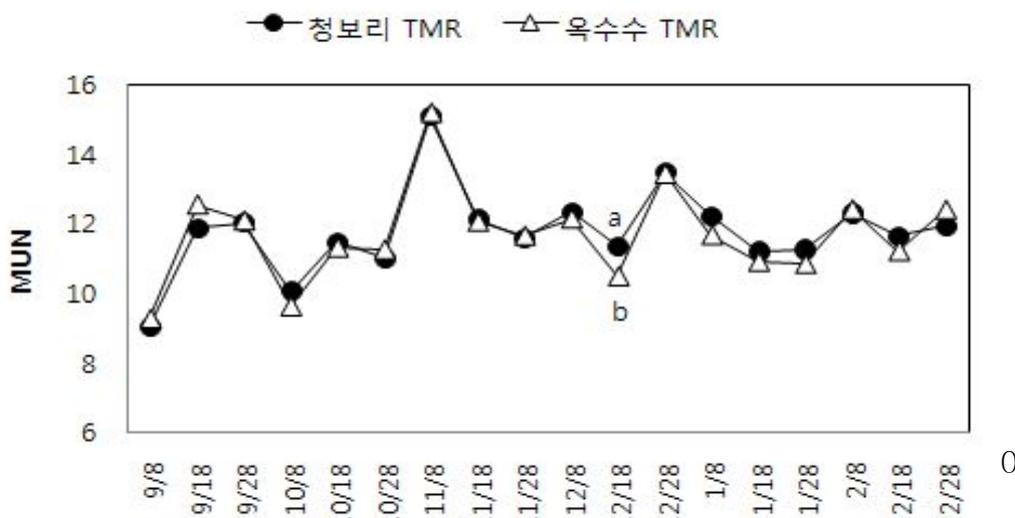


그림 4-8. 개체별 평균 MUN의 변화

유중요소태질소(MUN) 농도는 대부분 10.0~16.0mg/dl의 농도에 있어 국내에서의 조사 결과 적정수준으로 인정되어온 10~18mg/dl(손, 1999) 범위 내에서 변화하여 에너지와 단백질면에서 적절한 공급이 이루어졌음을 암시하였는데(그림 4-8), 두 처리구 간에 근사한 수준에서 변화하였음은 두 TMR에 함유된 단백질이 양(CP)과 구성(RDP 및 RUP) 면에서 근접하는 수준이었음을 의미한다.

3) 청보리사일리지 및 옥수수사일리지 TMR의 경제성 분석

P사에 납유를 하는 시험목장은 유대 수취에 있어 유량과 체세포수가 고려되는데, 두 처리군 모두 체세포수가 낮아 1등급으로 판정되어 우유 kg 당 870원의 유대를 수취하였는바, 이를 바탕으로 본 사양시험 기간 전체의 평균 산유량 및 두당 유대 수입을 계산한 결과는 표 4-3과 같다.

표 4-3. 비유시험 기간의 평균 산유량 및 두당 유대 수입

조사 항목	BS-TMR ¹	CS-TMR ²
두당 산유량(kg)	33.62	37.19
유대(원/kg)	870	870
두당 유대수입(원)	29,248	32,356

¹ 청보리사일리지 TMR 급여군

² 옥수수사일리지 TMR 급여군

본 젖소사양시험에 공시된 TMR의 배합비와 사양시험에서 얻어진 산유성적을 바탕으로 경제성을 분석해 본 결과, 두당 산유량에서는 평균 약 3.6kg이 차이를 보였는데, 그대로 환원하면 CS-TMR군과 BS-TMR군은 각각 두당 약 32,356원과 29,248원의 수입이 발생하며 그 차이는 약 3,108원으로 나타났다. 한편, 농장에서 구입한 TMR 원료가격을 기준으로 두 TMR의 배합량 및 섭취량에 따른 사료비와 유대와의 차액을 산출하였으며, 이때 유대 및 원료사료별 가격은 시가를 적용하였다(표 4-4, 표 4-5).

표 4-4. 공시 TMR의 원료별 시가 적용

(원/kg, 급여상태 기준)

원료 명	단가 (원/kg) ¹	원료명	단가 (원/kg) ¹
옥수수사일리지*	188	면실	620
청보리사일리지	167	알팔파	650
티모시건초	580	배합사료(W1)	572
틀페스큐짚	380	배합사료(W2)	494
비트펄프	480	배합사료(W3)	484
맥주박	80	과채 옥수수	472
연맥건초	580	보호지방	1800

¹ 2008년 11월 현재 농장구입가 기준

* TDN 농도 기준가격

[표12] TMR 섭취량에 따른 경제성 비교분석

조사 항목	BS-TMR ¹	CS-TMR ²
1일 사료섭취량(kg)	38.36	40.51
1일 건물섭취량(kg)	25.05	26.39
1일 두당 사료비(원, A)	15,783	16,098
1일 두당 유대수입(원, B)	24,248	32,356
조수익(원, B-A)	13,465	16,258

¹ 청보리사일리지 TMR 급여군

² 옥수수사일리지 TMR 급여군

본 분석결과에 따르면 BS-TMR 군이 CS-TMR 급여군에 비해 1일 두당사료비가 315원 적게 소요되었으며, 유대에서 사료비를 제한 조수입은 두당 2,793원으로 CS-TMR군이 더 높았다. 그러나 TDN kg당 사료비를 산출해본 결과(표 4-6), BS-TMR군은 CS-TMR군에 비해 1391원 더 싼 것으로 나타남으로써 농장 자체에서 생산된 옥수수사일리지가 아닐 경우에는 청보리사일리지를 사용함으로써 보다 저렴한 사료비를 달성할 수 있을 것으로 사료된다.

표 4-6. TDN 1 kg 당 사료비 분석(건물 기준)

조사 항목	BS-TMR ¹	CS-TMR ²
사료섭취량(kg)	25.05	26.39
TDN(%)*	71.60	72.30
TDN 섭취량(kg)	17.94	19.08
TMR 사료비(원)	15,637	17,028
TDN 가격(원/kg)	872	893

¹청보리사일리지TMR ²옥수수사일리지TMR

* 계산치임

결론적으로, 착유우 TMR용 조사료원으로 옥수수사일리지를 청보리사일리지로 대체할 경우, 전부를 대체하기보다는 한정된 비율을 대체하는 것이 바람직할 것으로 판단되며, 최 등(2008)도 이 점을 지적한 바 있다. 또한 원형곤포사일리지는 제조 당시의 환경이나 제조기술, 첨가제의 종류와 양에 따라 품질의 차이가 커질 수 있는바, 품질을 최적화하고 거래용의 품질등급화 방안의 마련이 시급하다고 사료된다.

시험 5. 청보리 사일리지의 영양사료적 가치 평가

1) 곤포사일리지 시료채취 및 수분정량법의 기술적 유효성 검증

본 실험연구를 수행하는 과정에서 당면하게 된 문제점은 논에서 생산되는 곤포사일리지의 수분농도를 비롯하여 품질에 있어 상당히 변이가 크다는 점이었다. 따라서 객관성 있는 품질 평가를 위하여 대표성 있는 시료 채취방법이 선결문제로 대두되었다. 이에 제1차년도 연구를 통해 개발된 곤포사일리지용 심부시료채취기 3종과 채취 공이를 사용하여 곤포시료의 채취방법을 표준화하였으며, 이를 그림 5-1에 제시하였다.

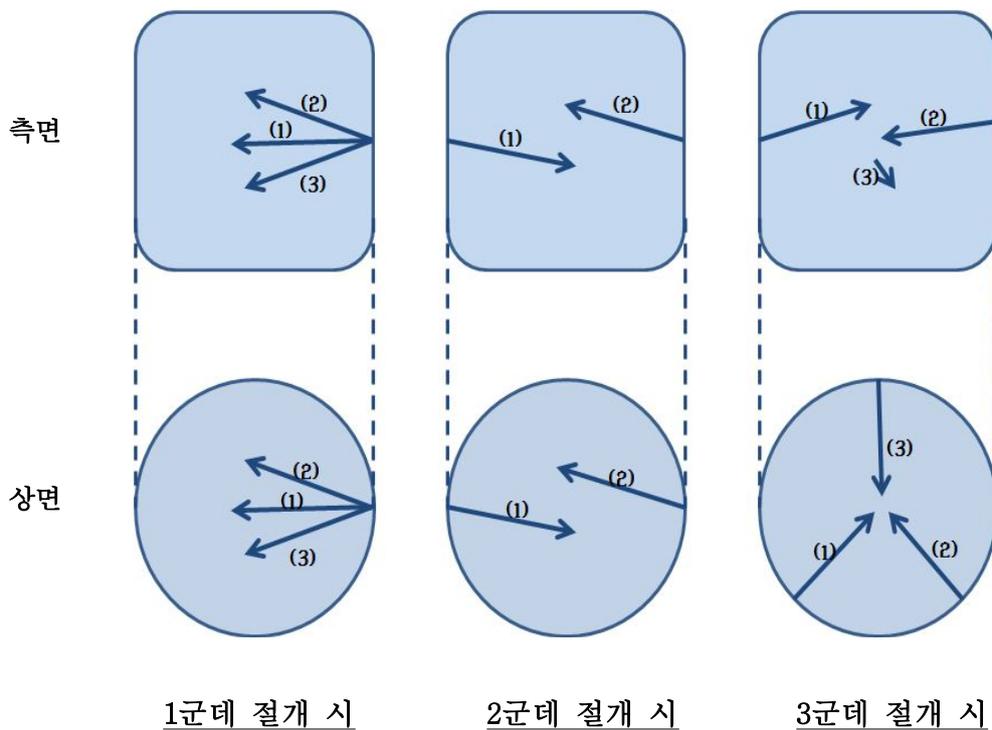


그림 5-1. 대표성 있는 시료채취를 위한 채취기(probe)의 적정 진입방향

제1차년도에는 현장에서 실제 적용이 가능하도록 신속·간편한 수분정량을 위해 전자레인지 를 이용한 간이수분정량법으로 미국 위스콘신대학에서 개발한 방법(University of Wisconsin-Extension: A3261. Measuring Moisture in Forage Using a Microwave Oven) 을 우리 실정에 맞게 개선한 방법(Modified UW Method, 이하 M-UWM)에 의거하여 측정된 결과를 전통적 열풍건조법(AOAC)으로 분석된 결과와 비교하였다. 이에 따라 제2차년도에서는 착유우 사양시험에 공시할 TMR에 포함시킬 청보리사일리지(BS)의 수분정량 작업을 실시하였다(표 5-1).

표 5-1. 청보리 사일리지 간이수분측정법 표준화 연구 개발 경과

채취시기	공시 시료	채취 장소
09.08.28	청보리 사일리지 시료 4종 (BS A~D)	경기도 남양주 K목장
09.10.05	청보리 사일리지 시료 2종 (BS E, F)	전북 김제 D낙협

채취한 시료들은 제1차년도 연구에서와 마찬가지로 AOAC법과 간이수분정량법을 사용하여 수분을 정량하였으며, 그 비교한 결과를 그림 5-2 및 표 5-2에 제시하였다. 대체로 AOAC 방법을 이용할 때 간이수분정량법보다 건물 함량이 다소 높은 값을 보이는 경향이 나타났으나 모든 곤포사일리지 시료에서 일률적인 경향을 보인 것은 아니었다.

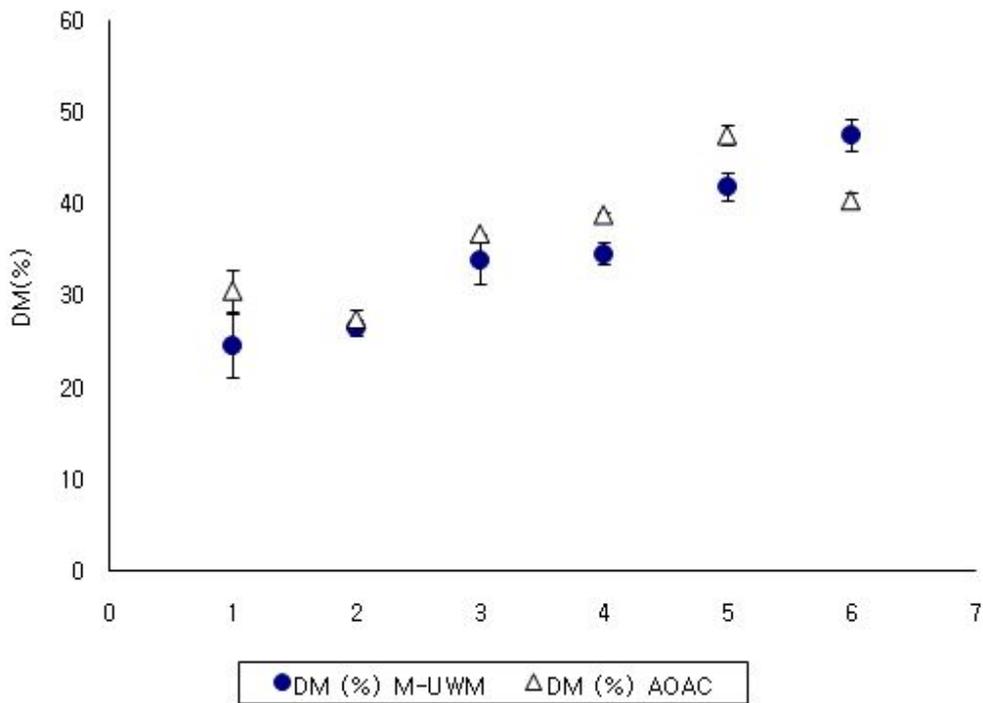


그림 5-2. 간이수분정량법(M-UWM)과 AOAC법을 통해 측정한 건물 함량 비교

평균 ± 표준편차, n=3

1~7: 09.08.21 경기도 남양주에서 채취(BS 및 R);

8~11: 09.10.05 전라북도 김제에서 채취(BS 및 R)

표 5-2. 청보리사일리지에 대한 수분정량법(M-UWM과 AOAC법) 간의 DM 농도 비교

시료	DM (%)	
	M-UWM	AOAC
BS-A	24.59 ± 3.49	30.49 ± 2.23
BS-B	26.61 ± 0.86	27.35 ± 1.05
BS-C	33.91 ± 2.51	36.71 ± 0.05
BS-D	34.61 ± 1.15	38.79 ± 0.39
BS-E	41.90 ± 1.56	47.50 ± 1.07
BS-F	47.49 ± 1.72	40.36 ± 0.87

평균 ± 표준편차, n=3

A~D: 09.08.21 경기 남양주에서 채취

E, F: 09.10.05 전북 김제에서 채취

2) 청보리 사일리지의 영양사료적 가치 평가시험

제2차년도 착유우 사양시험의 공시 조사료인 청보리 사일리지의 영양적 가치를 평가하기 위해 사일리지 발효효율의 지표가 되는 pH와 일반영양소 함량을 측정하였다. 시료는 열풍건조법(AOAC, 1990)으로 60℃에서 48시간 동안 건조하여 Disc mill로 1차 분쇄 후, Cyclone mill로 분쇄하여 0.5 mm screen을 통과한 것을 분석에 이용하였다. 건물, 조회분, 조지방, 조단백은 AOAC(1990)법에 의해, NDF와 ADF는 Goering과 Van Soest(1970) 방법에 의해 분석하였으며 이를 바탕으로 NFC를 계산하였다.

분석한 일반성분 함량은 표 5-3에 제시한 바와 같다. 청보리사일리지의 조회분 함량은 채취 시료에 따라서 차이가 크게 나타났는데, 이는 원형베일 제조조건에 따라 다소간에 토사가 혼입되었을 가능성을 암시하는 것이다. 건물농도는 27.4~40.4%의 범위로 상당히 커다란 변이를 나타냈으며, 이는 제조 당시의 일기나 예건방법에 의한 차이일 것으로 보인다. 일반적으로 호숙기에 수확한 청보리사일리지의 건물함량은 30%정도로 알려져 있으며(윤 등, 2009), 수확시기가 늦을수록 건물 함량이 증가하는 경향이 나타났다(황 등, 1985; 송 등, 2009).

조단백질 함량은 다른 관련 연구들(이 등, 2009; 김 등, 2009; 송 등, 2009)에서 보고된 값에 비해 다소 낮은 값을 보였는데, 이는 재료 자체의 N함량이 낮거나 발효과정에서 단백질이 비교적 더 많이 분해되었기 때문으로 해석되는데(김 등, 2009), 좀 더 원인을 명확히 밝히기 위해서는 추가적인 연구가 필요하다. 조지방 함량은 2.2~3.3%인 값이 나타났으며 수확시기가 늦을수록 조지방 함량은 증가하는 경향을 보였다고 이 등(2009)은 보고하였다. NDF와 ADF는 각각 52.1~65.5%, 23.37~30.81%의 범위를 나타냈으며, 이를 토대로 Holland 등(1990)의 공식에 의거하여 계산한 가소화영양소총량(Total Digestible Nutrients, TDN)은 65.13~70.44%

로 나타났다. 또한 pH는 4.0~4.6의 값을 보임으로써 공시 사일리지 모두 발효효율은 비교적 우수한 것으로 평가된다.

표 5-3. 청보리사일리지의 건물 및 영양성분 조성 (% , 건물 기준)

시료	DM	Ash	CP	EE	NDF	ADF	NFC	pH
BS-A	30.49c	7.16b	6.39e	2.58b	58.85b	30.09a	22.94c	4.57a
	±1.23	±0.07	±0.12	±0.44	±2.10	±0.26	±0.32	±0.21
BS-B	27.35d	6.90c	7.30c	2.74b	58.81b	29.70a	25.02b	4.62a
	±1.05	±0.08	±0.11	±0.21	±2.35	±0.89	±0.31	±0.14
BS-C	36.71b	11.24a	7.31c	2.74b	56.32b	30.78a	24.36b	4.03b
	±0.05	±0.12	±0.20	±0.12	±2.05	±0.31	±0.25	±0.15
BS-D	38.79ab	6.15d	7.74b	2.49b	52.16c	23.37b	31.18a	4.46a
	±0.39	±0.03	±0.08	±0.14	±1.27	±1.21	±0.24	±0.16
BS-E	37.50b	6.86c	6.85d	2.93ab	65.49a	30.81a	17.34d	4.32ab
	±1.07	±0.03	±0.10	±0.11	±0.33	±0.07	±0.18	±0.18
BS-F	40.36a	6.91c	8.95a	3.33a	56.45b	29.72a	24.25b	4.36ab
	±0.87	±0.05	±0.10	±0.22	±1.31	±0.96	±0.32	±0.15

평균 ± 표준편차, n=3, a, b, c, d, e 서로 다른 윗첨자는 통계적 유의차가 있음을 의미함(p<0.05)
A~D: 09.08.21 경기 남양주에서 채취; E, F: 09.10.05 전북 김제에서 채취

3) 공시 TMR의 배합설계

젖소 사양시험에 공시할 TMR은 관행 원료사료를 사용하면서 청보리 및 클라인그라스 건초만을 건물 기준으로 동일한 수준으로 혼합함으로써, 전체 TMR의 에너지와 조단백질 수준을 동일하게 배합하였다. 원료사료 및 영양소 조성은 표 5-4와 같다.

4) 공시 TMR의 사료영양적 가치 평가

공시 TMR의 영양소함량 분석방법은 앞서와 동일하며, 그 결과를 표 5-5에 제시하였다. 처리구간 영양소별 함량에서 통계적 유의차는 나타나지 않았다(p>0.05).

Moore(1970)의 방법에 의해 공시 TMR의 *In vitro* 건물분해율과 유기물분해율을 측정하였다. 툴페스큐 짚과 젖소 중송아지용 배합사료를 5:3의 비율로 1일 2회(08:00, 18:00) 급여한 Corriedale 면양 2두에게 1.6kg씩 2주간 급여하였으며, 배양 당일 아침사료 급여 2시간 후 stomach tube를 이용하여 반추위액을 채취한 다음, 4겹의 cheese cloth로 걸러 배양에 사용하였다. 한편 이 반추위액의 일부는 Menke와 Steingass(1988)에 의한 가스발생실험에도 이용하였으며 그 결과를 표 5-6에 제시하였는데, 세 가지 측정항목 공히 두 처리구간에 통계적 유의차는 나타나지 않았다(p>0.05).

이러한 결과는 배합비 상의 TDN함량 비교에서 나타난 바와 같이, 두 가지 처리구의 TMR이 에너지함량과 소화율에서 유사한 수준이었음을 시사하는 것이다.

표 5-4. 공시 TMR의 배합비 및 영양소 조성

(%, 급여 기준)

원료명(%)	BS-TMR ¹	KH-TMR ²
옥수수 후레이크	5.50	12.00
단백피	10.00	10.00
소맥피	12.00	4.00
면실	10.50	10.50
맥주박	9.00	9.00
알팔파 베일	8.00	8.00
DDGS	10.50	10.50
면실피	1.00	-
당밀	2.00	2.00
효모제	3.00	3.00
청보리 사일리지	27.00	-
클라인 건초	-	10.00
석회석	0.60	0.60
물	-	19.50
소금	0.10	0.10
비타민·미네랄 제	0.80	0.80
합 계	100.00	100.00
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>		
수분	34.96	34.65
TDN	48.73	48.74
조단백	12.00	11.66
RDP	8.78	8.86
RUP	3.22	2.80
조지방	4.35	4.26
NDF	25.80	25.31
ADF	13.90	13.45
조회분	5.08	5.14
Ca	0.49	0.50
P	0.40	0.35

¹ 청보리사일리지(whole crop barley silage) TMR

² 클라인그라스 건초(Kleingrass hay) TMR

표 5-5. 공시 TMR의 건물 및 영양소 조성

(% 건물 기준)

사료	DM	Ash	OM	CP	EE	NDF*	ADF*	NFC*
BS-TMR1	68.25	7.32b	92.68	14.91	5.98	48.94	23.28	22.30
	±1.80	±0.21	±0.21	±0.29	±0.53	±1.45	±1.78	±2.84
KH-TMR2	66.41	7.59a	92.41	14.97	5.98	51.12	23.41	18.85
	±2.15	±0.40	±0.40	±0.21	±0.33	±1.58	±1.81	±2.35
Pr> t	0.7683	0.0002	0.1536	0.2123	0.8791	0.1479	0.9013	0.3893

¹ 청보리사일리지(whole crop barley silage) TMR

² 클라인그라스 건초(Kleingrass hay) TMR

표 5-6. 공시 TMR의 *In vitro* 건물, 유기물 분해율 및 가스발생량 비교

사료	IVDMD(%)*	IVOMD(%)*	GF(mL)*
BS-TMR1	62.38±2.58	54.92±2.56	43.20±2.27
KH-TMR2	61.50±0.81	51.87±2.96	43.00±2.95
Pr> t	0.5557	0.3434	0.2306

평균± 표준편차, 반복수=6

* IVDMD: *In vitro* dry matter disappearance

IVOMD: *In vitro* organic matter disappearance

GF: *In vitro* gas formation(volume)

¹ 청보리사일리지(whole crop barley silage) TMR

² 클라인그라스 건초(Kleingrass Hay) TMR

5) 착유우에 대한 TMR 급여시험

청예맥류 사일리지를 포함하는 TMR의 젖소에 대한 사양가치를 조사하고 수입조사료 대체효과 및 적정 배합비율을 결정하고자, 경기도 남양주 소재의 고려대 부속목장에서 젖소에 대한 비유시험을 실시하였다. 사양시험에 공시한 Holstein 착유우를 산차, 비유일수, 산유량을 기준으로 KH-TMR(Kleingrass Hay TMR) 급여군과 BS-TMR(whole crop Barley Silage TMR) 급여군의 2개 군으로 구분하여 각 17두 씩 배치하였다. 시험결과에 대한 유전적 요인의 영향을 최소화하기 위한 일환으로 2009년 10월 1일부터 2009년 12월 2일까지 총 9주간을 공분산 기간(covariate preiod)으로 두어 두 처리군 공히 동일한 사양방식으로 예비사양을 하였으

며, 2주간에 걸쳐 공시사료로 단계적 전환을 실시한 1주 후인 12월 23일부터 본 사양에 들어가 총 13주간 시험을 진행하였다.

공시동물들은 개방식(free barn) 형태의 우사에 2개 군으로 분리 배치하였다. 사료섭취량은 전 시험기간 동안 주 1회 하루치 잔량(orts)을 수거 측정하여 급여량에서 제함으로써 실제섭취량을 구하였으며, 추후 일반영양소 분석을 통하여 영양소별 실제섭취량을 산출하였다.

착유는 2 x 4 Herringbone 타입 착유실에서 1일 2회(04:00 및 15:00) 실시하였으며, 주 1회 유량 측정 및 유성분 분석을 위한 우유시료를 개체별로 채취하여 한국중축개량협회 중앙유성분분석소에 분석을 의뢰하였다. 급수는 자유음수용 시설을 이용하였으며, 기타 사양관리는 농장 관행에 준하였다.

공시 청보리사일리지는 D낙농협동조합에서 2009년 5월에 제조한 것을 구입하였으며 이를 이용한 TMR의 제조 공급은 B사에 의뢰하였다. 공시 TMR의 배합비 설계는 B사의 배합프로그램을 이용하여 착유우 체중 630kg, 1일 산유량 30kg, 유지율 4.0%, 유단백 3.4% 기준으로 작성하였다(표 5-6). 클라인그라스건초는 미국산으로 TMR 제조사인 B사에서 관행으로 사용해온 수입조사료이다. 제조된 공시 TMR의 성분을 분석한 결과는 앞의 표 5-4에 제시한 바와 같다.

시험개시 시 공시동물의 평균 산차 및 비유일수는 표 5-7과 같으며, 공분산기간 동안 두 우군 공히 변동폭의 차이는 다소 있었으나 유량과 각 유성분에 있어서 비슷한 추세를 보여, 본시험 결과에 대한 공분산보정의 적용은 필요치 않은 것으로 사료되었다. 사양시험의 결과를 그림 5-3부터 그림 5-11에 제시하였다.

표 5-7. 처리구간 공시축의 평균 산차, 비유일수 및 평균 유량 비교

사 료	산 차	비유일수(DIM)	유 량(kg)
BS-TMR ¹	2.4 ± 0.4	223.4 ± 32.1	30.36 ± 2.44
KH-TMR ²	2.5 ± 0.4	219.2 ± 33.5	30.85 ± 1.86
Pr> t	0.8832	0.8910	0.6015

평균± 표준오차, 통계적인 유의차가 나타나지 아니함(p>0.05)

¹ 청보리사일리지(whole crop Barley Silage) TMR 급여군

² 클라인건초(Klein Hay) TMR 급여군

건물섭취량은 그림 5-3에 나타난 바와 같이 BS-TMR 급여군이 대체로 더 높은 수치를 보였으며, 전 시험기간 동안의 건물섭취량은 BS-TMR 급여군(27.17kg)이 KH-TMR 급여군(26.57kg)에 비해 더 많았음이 통계적으로 인정되었다(p<0.05). 이는 사일리지 고유의 향취 등에서 공시한 화분과 건초보다 기호성이 더 우수한 데 기인한 것으로 사료된다. Sormunen-Cristian과 Jauhiainen(2001)은 암양에게 티모시를 포함한 3가지 화분과 초종을 각

각 건초와 사일리지 형태로 급여한 실험에서 건물섭취량에 차이가 없었음을 보고하였는데, 본 시험에 공시한 초종은 같은 화분과임에도 불구하고 초종과 공시동물종이 달랐던 탓으로 둘 간에 기호성과 섭취량의 차이가 나타날 수 있을 것으로 해석된다.

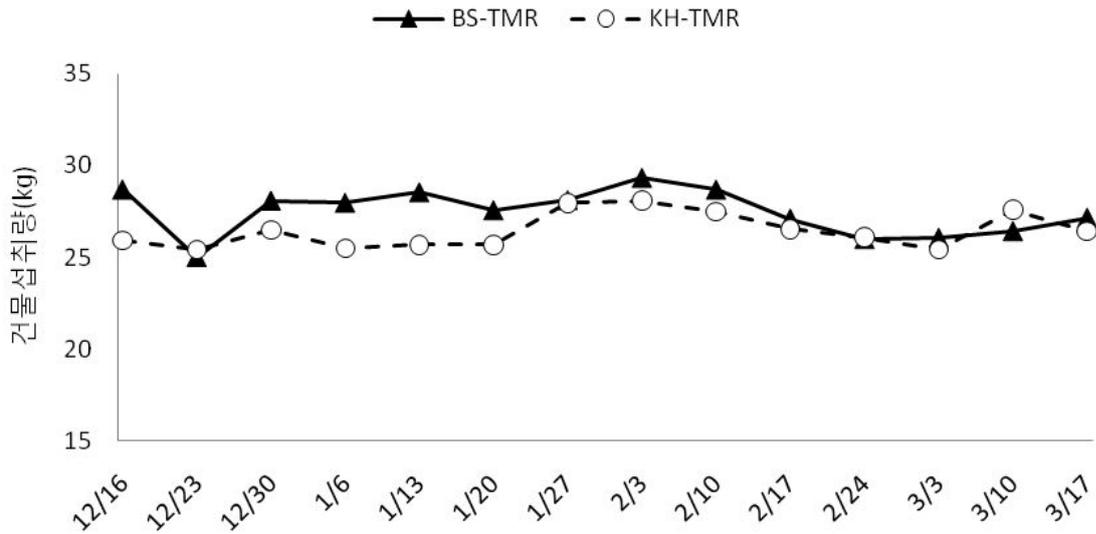


그림 5-3. 비유시험 기간 중의 일평균 건물섭취량 변화

두 우군의 일평균 조단백질, 섬유질(NDF) 및 에너지(TDN)의 섭취량에 있어서도 (표 5-8), 건물섭취량과는 대조적으로 조단백질은 약 80g, NDF는 30g, 그리고 TDN의 경우에는 0.29kg의 차이를 보임으로써 양 처리구가 상당히 비슷한 수준에서 이들 영양소를 섭취하였음을 확인할 수 있었다.

표 5-8. 본 사양기간 중 처리구당 일평균 조단백질 및 TDN 섭취량 (kg, 건물기준)

사료	건물	조단백질	NDF	TDN
BS-TMR ¹	27.17	4.05	13.66	13.24
KH-TMR ²	26.57	3.97	13.69	12.95

¹ 청보리사일리지(whole crop Barley Silage) TMR 급여군

² 클라인건초(Klein Hay) TMR 급여군

산유량(그림 5-4)은 1월 6일을 제외하고는 통계적인 유의차가 나타나지 않았으며, 또 시험 기간 전체의 평균산유량에 있어서도 구 처리구 간의 차이에 통계적 유의성은 얻어지지 않았다 ($p>0.05$). 동일 초종에서의 비교였지만, Khadem 등(2009)과 Beauchemin 등(1997), Calberry 등(2003)은 알팔파 건초와 알팔파 사일리지를 착유우에게 급여한 실험에서 건물섭취량과 산유량에 유의적인 차이가 없다고 보고하여 본 실험과 유사한 경향을 보였다.

산유량에는 영양적 요인 이외에도 개체별 생리적 조건에 따른 변이도 작용하며, 특히 그림 상으로 나타난 차이는 공시 TMR 중의 조사료에 기인한다고 보기가 어려울 것으로 해석된다.

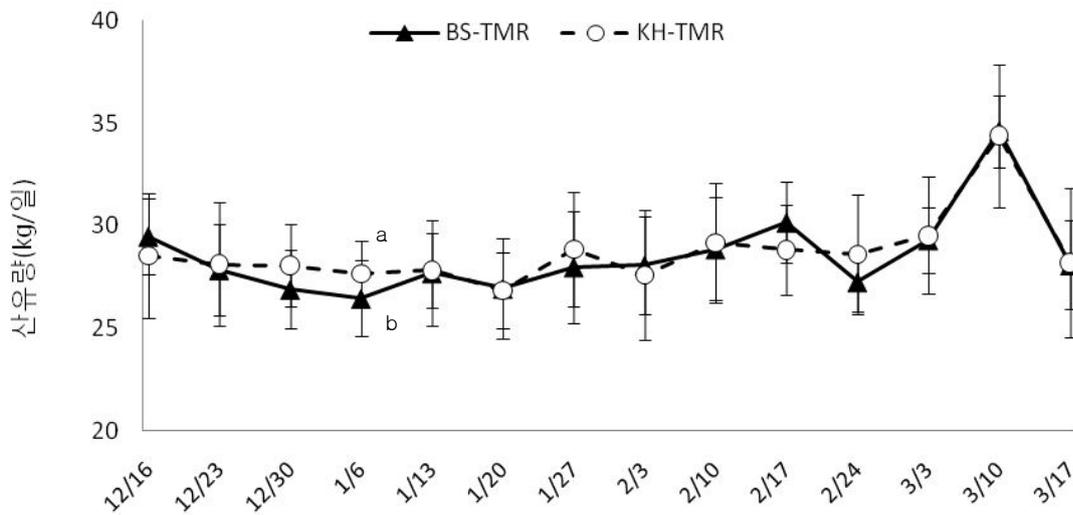


그림 5-4. 비유시험 기간 중의 일평균 산유량 변화

유성분 분석결과를 보면, 유지방의 경우(그림 5-5), 전 사양시험 기간에 걸쳐 두 처리군 간에 유의적인 차이는 나타나지 않았는데($p>0.05$), 이는 앞서 제시한 섬유질(NDF) 섭취수준에서 확인된 바와 같이(표 5-8) 반추위내 발효패턴 상으로 공시 TMR에 포함된 조사료의 차이가 유선에서의 지방합성 능력에 별 다른 차이를 주지 못하였음을 시사하는 것이다.

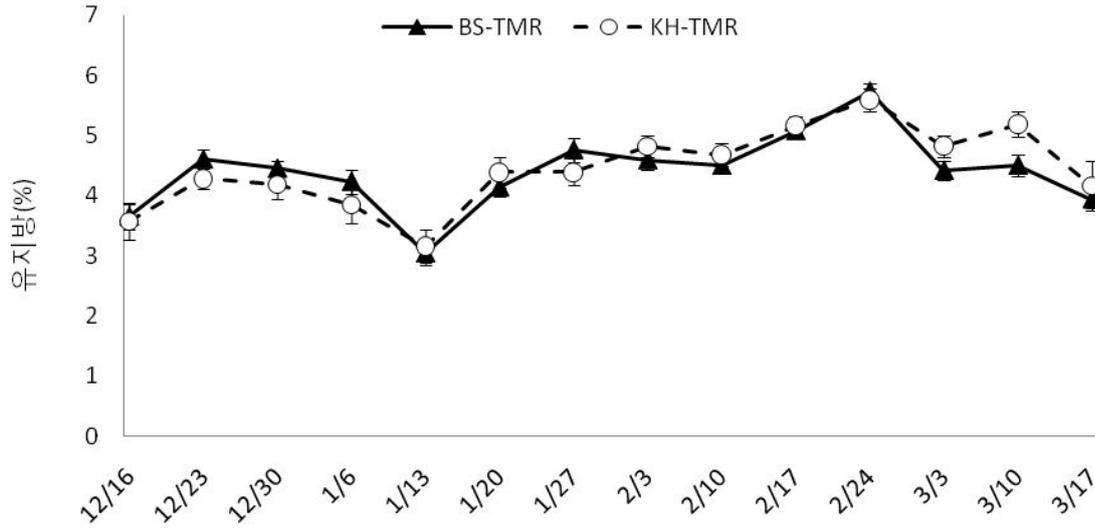


그림 5-5. 비유시험 기간 중의 일평균 유지율 변화

그래서인지 비유기간 동안의 4%지방 보정유량(그림 5-6)을 보면 충분히 예기되었던 바와 같이, 전 기간에 걸쳐 유의적인 차이를 보이지 않았다($p>0.05$). Beauchemin 등(1997) 역시 알팔파를 건초와 사일리지의 형태로 착유우에게 급여하였을 때 4%지방 보정유량에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다고 보고한 바 있다.

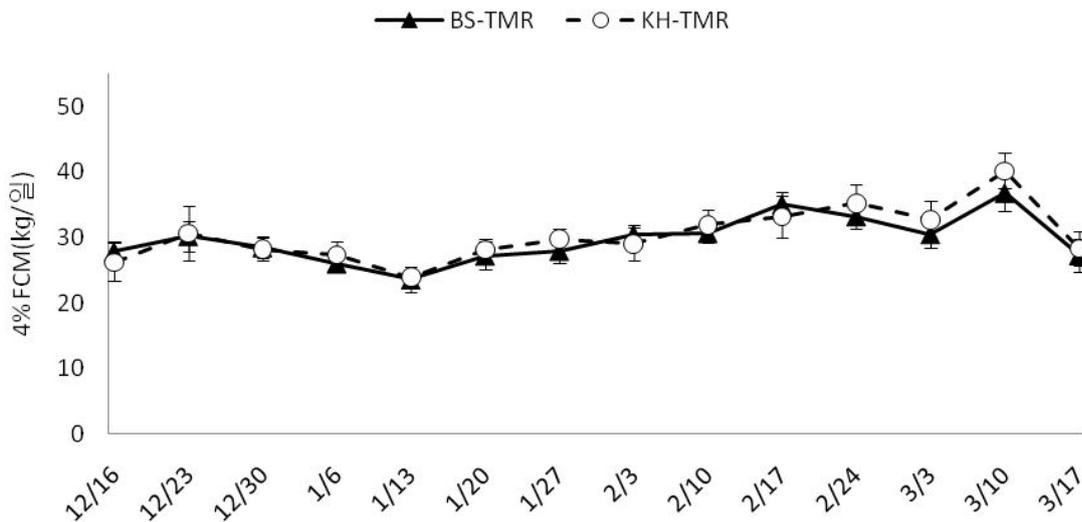


그림 5-6. 비유시험 기간 중의 일평균 4%지방 보정유량 변화

유단백질의 경우, 그림 5-7에서 보는 바와 같이 두 처리구가 전체 시험기간에 걸쳐 매우 근사한 수치의 농도를 보이며 통계적으로도 차이가 인정되지 않는 것으로 나타났다($p>0.05$). 유전적 요인을 제외하고는 유단백질에 가장 큰 영향을 미치는 것은 주로 사료를 통한 에너지 섭

취량인데(Kalscheur 등, 2006), 공시한 두 가지 TMR은 에너지 함량면에서 매우 근사하다는 점에서(표 5-5, 표 5-6) 이치에 맞는 결과로 받아들일 수 있겠다.

이러한 경향은 유당농도에서도 마찬가지로 나타났다(그림 5-8). 일반적으로 유단백과 유당은 유지방에 비해 급여된 사료의 특성에 따른 영향을 덜 받는 것으로 알려져 있는바(Jenkins 등, 2006; Palmquist, 1997), 본 시험에서 공시 TMR의 조사료에 따른 차이가 이들 유성분에 별다른 영향을 미치지 않은 것으로 풀이된다.

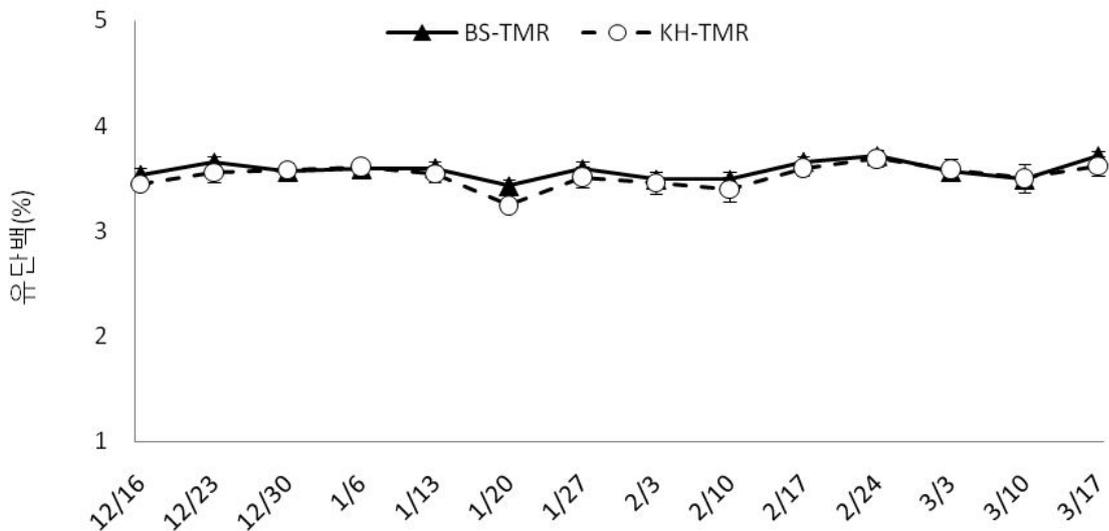


그림 5-7. 비유시험 기간 중의 일평균 유단백률 변화

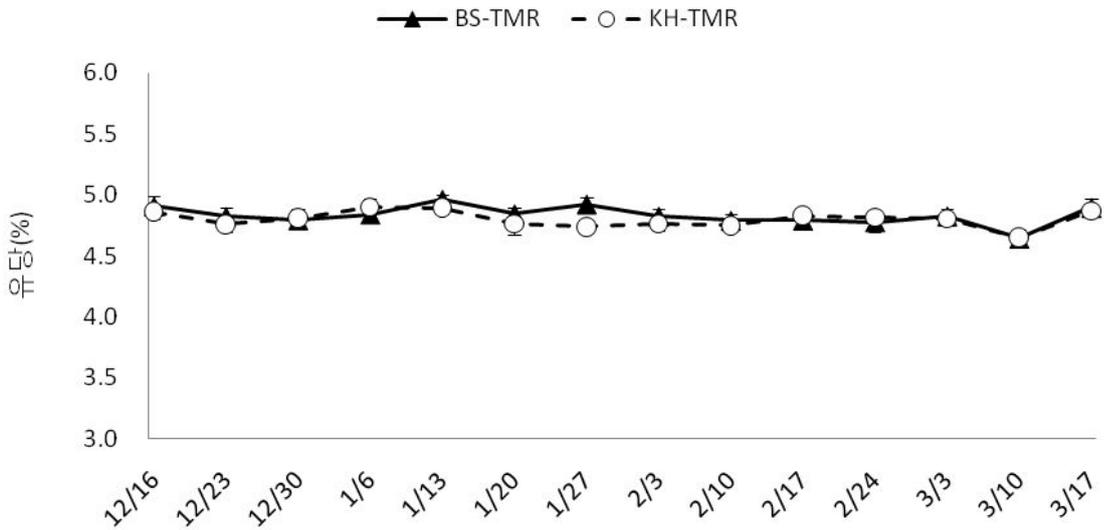


그림 5-8. 비유시험 기간 중의 일평균 유당농도 변화

무지고형분(SNF, 그림 5-9)의 경우, 주별로 볼 때에는 통계적으로 유의적인 차이가 관찰되지 않았음에도 불구하고($p>0.05$), 시험기간 전체에서 보면 청보리사일리지를 포함한 TMR급여군이 클라인그라스를 포함한 TMR 급여군에 비해 유의적으로 높은 것으로 나타났다($p<0.05$). SNF는 원유가격 산정기준에 포함된 기준항목은 아니지만 사료의 차이에서 유래한 차이라면 주목할 가치가 있을 것으로 보여진다.

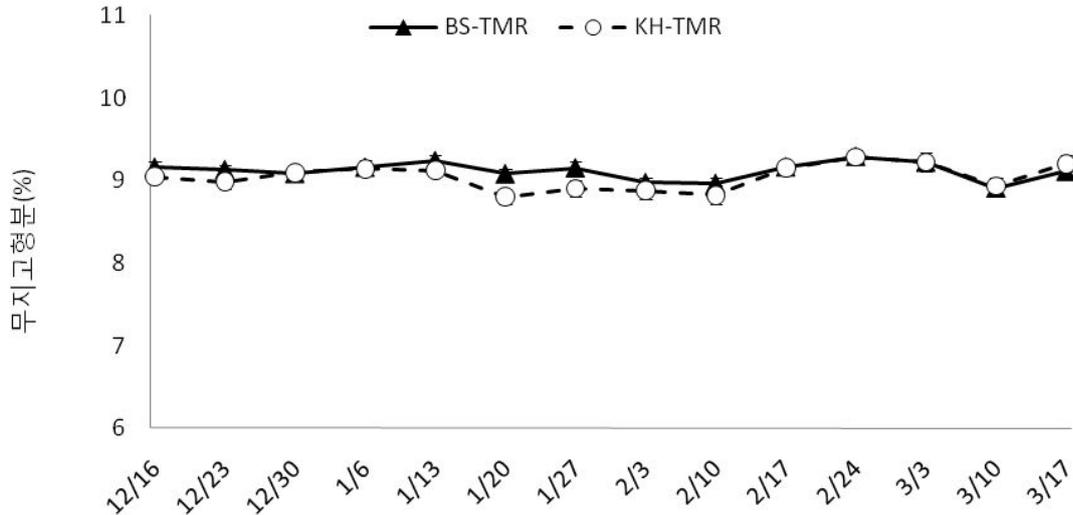


그림 5-9. 비유시험 기간 중의 일평균 무지고형분 농도 변화

체세포수(SCC, 그림 5-10)는 주로 유방염의 감염수준을 보여주는 지표로 일반적으로 변이가 큰데, 시험기간 동안 해당 목장에서 임상형 유방염이 출현한 사례는 없었으며, 대체로 유질 등급상으로 2등급 이상에 해당되는 범위에서 변화하였으며, 개체별 유성분 검사결과에서도 전 시험기간에 걸쳐 유의적 차이를 보이지 않았다($p>0.05$). 대부분의 착유우는 체세포수가 낮음에도 불구하고 일부 준임상형인 유방염보균우인 개체가 있는 경우 표준오차가 클 수 있지만, 조사료에 의하여 직접적으로 체세포수가 영향을 받았다고 보기는 어려울 것으로 사료된다.

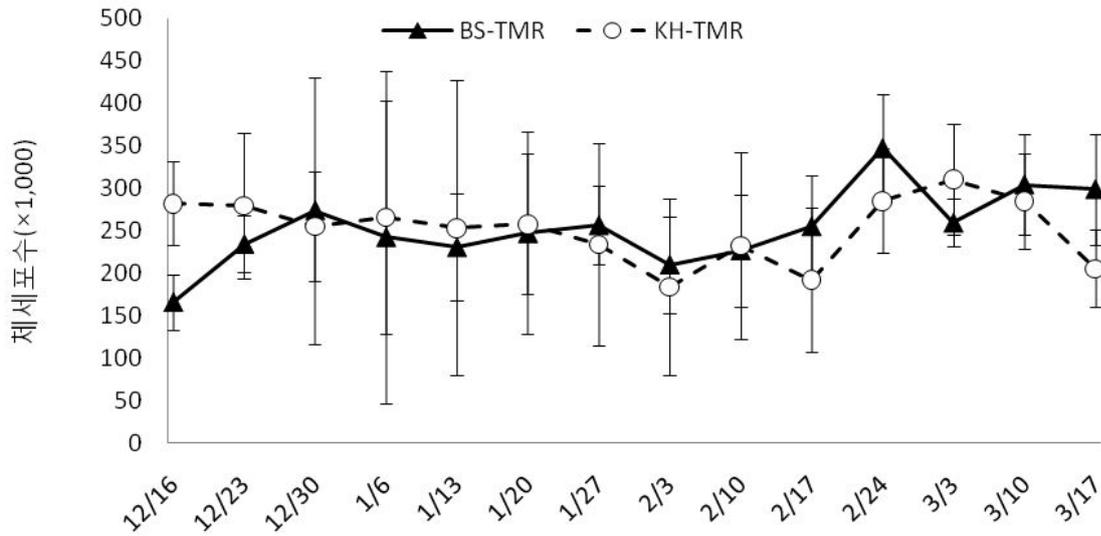


그림 5-10. 비유시험 기간 중의 개체별 평균 체세포수 변화

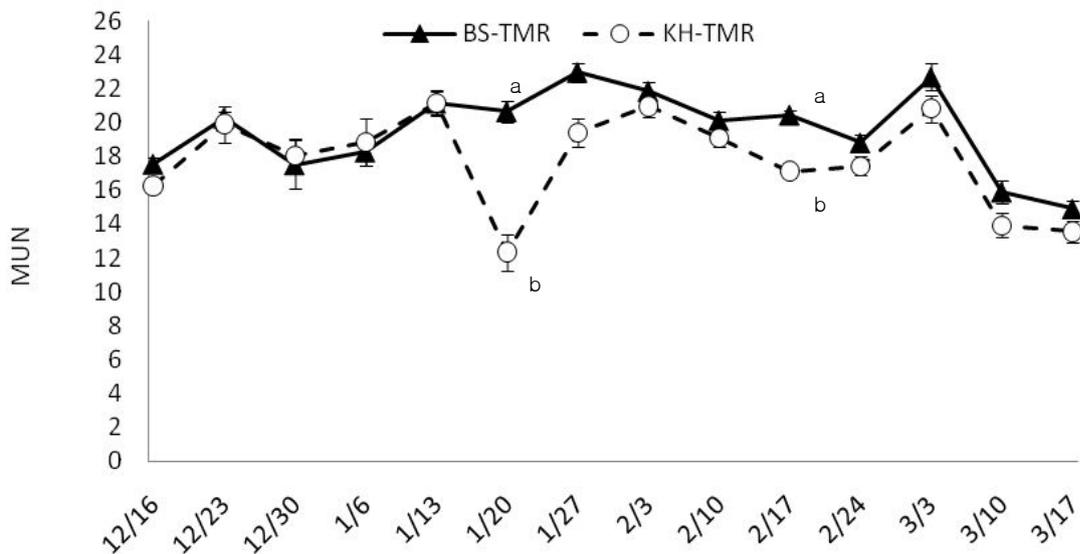


그림 5-11. 개체별 평균 MUN 변화

유중요소태질소(Milk Urea Nitrogen, 그림 5-11) 농도는 혈 중 요소농도를 반영하는 지표로서 사료를 통해 공급되는 에너지와 단백질의 균형을 보여주는 지표가 되며, 과도한 농도는 번식률 저하의 원인으로 작용한다. 단백질 급여수준 및 급여형태에 따라서 특정 기준이 있는 것은 아니나 정상적인 산유능력과 번식효율을 위해서는 10~18mg/dL가 적정수준으로 권장된다(손, 1999). 본 시험기간 중에는 대체로 10~23mg/dL의 범위에서 변화하여 변화폭이 비교적 큰 편이었으며, 2회의 측정치에서 두 처리군 간에 유의차가 인정되었다($p < 0.05$). 이를 제외하

면 대체로 두 처리군이 근사한 값과 변화경향을 보였다. 분석치에 의하면 TMR에 함유된 단백질(CP)의 농도는 BS-TMR이 KH-TMR보다 약 0.3% 단위 더 높았다. 또한 반추위분해성 단백질(RDP)의 농도를 계산 비교해보면(표 5-6), BS-TMR의 경우 총 단백질의 약 73.2%, KH-TMR은 약 76.0%가 RDP로 공급됨으로써 약 3%의 비교적 근소한 차이를 보였다. 가장 두드러진 차이를 보였던 1월 20일 시료의 경우, 같은 날 별도로 채취된 검정용 시료의 분석자료를 참고할 때 일부 개체의 유중요소태질소 값이 절반 정도로 나타남에 따라 분석과정에서의 측정오류도 고려에 넣을 필요가 있다고 사료된다.

6) BS-TMR 및 KH-TMR 급여효과에 대한 경제성 분석

유량, 유지방, 체세포수를 고려한 우유의 등급판정 결과, 시험기간 중 본 시험목장의 우유는 1등급이었다. 이에 따라 우유 1kg당 885원의 유대를 수취하는 바, 이를 바탕으로 본 사양시험 기간 전체의 평균 산유량 및 두당 유대 수입을 계산한 결과는 다음과 같다(표 5-9).

표 5-9. 비유시험 기간의 평균 산유량 및 두당 유대 수입

조사 항목	BS-TMR ¹	KH-TMR ²
두당 산유량(kg)	27.96	28.96
유대(원/kg)*	885	885
두당 유대수입(원)	24,745	25,631

¹ 청보리사일리지(whole crop Barley Silage) TMR 급여군

² 클라인건초(Klein Hay) TMR 급여군

* 1등급 기준

본 사양 시험에 공시된 TMR의 배합비(표 5-4)와 사양시험 기간 중에 얻은 산유성적을 바탕으로 경제성을 분석해본 결과를 보면, 두당 산유량에서는 평균 약1kg의 차이가 나타났고, 유대로 환원하면 BS-TMR 급여군과 KH-TMR 급여군은 각각 두당 약 24,745원과 25,641원의 수입이 발생하여 886원의 차이가 나타났다. 한편, TMR 배합공장에서 구입한 TMR 원료가격을 기준으로 두 TMR의 섭취량에 따른 사료비와 유대의 차액을 산출하였는데, 이때 유대 및 원료사료별 가격은 시가를 적용하였다(표 5-10).

표 5-10. 공시 TMR의 원료별 적용 시가¹

원료명	단가(원/kg)	원료명	단가(원/kg) ¹
청보리 사일리지	120	주정박	373
클라인그라스 건초	390	면실피	242
옥수수후레이크	292	당밀	256
단백피	273	발효원료	235
소맥피	279	석회석	35
면실	466	식염	165
맥주박	80	비타민미네랄제	810
알팔파 건초	386	-	-

¹ 2010년 3월 현재 TMR 제조사 구입 기준

표 5-11. TMR 섭취량에 따른 경제성 비교 분석

조사 항목	BS-TMR ¹	KH-TMR ²
1일 사료섭취량(kg)	39.63 ^b	40.14 ^a
1일 건물섭취량(kg)	27.17 ^a	26.57 ^b
1일 두당 사료비(원, A)	10,178	10,344
1일 두당 유대수입(원, B)	24,745	25,631
1일 두당 조수익(원, B-A)	14,567	15,287

¹ 청보리사일리지(whole crop barley silage) TMR 급여군

² 클라인건초(Kleingrass hay) TMR 급여군

^{a, b} 서로 다른 윗 첨자는 통계적으로 유의차가 있음을 의미함(p<0.05)

본 경제성 분석결과에 따르면, BS-TMR 급여군이 KH-TMR 급여군에 비해 1일 두당 사료비가 166원 적게 소요되었으며, 동시에 유대에서 사료비를 제외한 조수입은 1일 두당 720원이 적은 것으로 나타났다(표 5-11). 또한 TDN kg 당 사료비를 산출해본 결과(표 5-12)에 의하면, BS-TMR이 KH-TMR에 비해 1,298원 더 싼 것으로 나타났다.

표 5-12. TDN kg 당 사료비 분석

조사 항목	BS-TMR ¹	KH-TMR ²
건물섭취량(kg)	27.17	26.57
TDN(% , 건물)	75.04	74.57
TDN 섭취량(건물, kg)	20.39	19.81
TMR 사료비(원)	14,216	15,514
TDN 가격(원/kg)	697	783

¹ 청보리사일리지(whole crop barley silage) TMR 급여군

² 클라인건초(Kleingrass hay) TMR 급여군

이상의 분석결과를 기초로 할 때, 청보리사일리지를 착유우용 TMR의 기초 조사료로 이용하는 경우, 특히 조사료를 구입에 의존하는 TMR시스템의 경우에는 현재보다 청보리사일리지의 단가가 조금이라도 낮아진다면 충분한 경제성을 기대할 수 있다고 볼 수 있다. 이러한 결론은 특히 TMR 본래의 취지에 맞게 자가배합형 TMR을 운용하는 목장에서 충분히 검증될 수 있을 것으로 보인다. 여건과 노력 여하에 따라서 청보리사일리지를 자체적으로 생산 이용할 수 있다면, 현재 TMR에 주조사료로 포함시키는 수입건초를 청보리사일리지로 대체함으로써 보다 높은 수익성을 기대할 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 가능성과 당위성은 국제 사료가격이 하루가 다르게 급변하고 있다는 사실을 직시할 때 더욱 확신을 주는 결론이 될 수가 있겠다.

시험 6. TMR용 조사료로서 청보리 및 이탈리아라이그라스 사일리지의 비교 평가

연구사업의 경과와 함께 관련 동계작물의 제조현장에서 나타난 두드러진 경향은 동계 사료작물로서 호밀보다 이탈리아라이그라스(Italian Ryegrass, IRG) 생산의 증가세였다. 이는 동작물이 청보리와 유사한 재배조건을 가지면서도 동물의 기호성 등에서 우수하기 때문에 소비자가 선호경향을 보인다는 점에서 중요작물로 부상한 것이다. 이에 본 연구에서는 본래 청보리와의 비교대상으로 계획하였던 호밀사일리지 대신에 IRG사일리지를 TMR용 조사료로 공시하기로 계획을 변경하였다.

TMR용 조사료로 공시된 두 가지 사일리지의 영양적 가치평가의 결과는 다음과 같다.

1) 공시 사일리지와 영양소 분석치 비교

청보리사일리지와 IRG사일리지는 전북 김제 D낙농협동조합에서 2010년 5월 하순에 제조한 것을 구입 이용하였으며, 이를 이용한 TMR의 제조와 공급은 충북 음성 B사에 의뢰하였다.

공시한 두 초종 사일리지의 일반영양소 함량은 표 6-1에, 건물 및 유기물 분해율은 표 6-2에 제시된 바와 같다.

공시된 청보리 사일리지는 IRG에 비하여 단백질함량이 다소 낮았으나, NDF 함량은 더 높게 나타났으며, *In vitro*로 측정된 건물 및 유기물의 분해율에 있어서도 더 높은 값을 보였다. 그러나 모든 항목에서 두 초종 간에 통계적 유의차는 관찰되지 않았다($P>0.05$).

표 6-1. 공시 사일리지의 일반성분 비교

시료명	DM	ASH	EE	CP	NDF
청보리	32.48±1.90	7.36±0.67	2.98±0.16	7.88±0.29	57.64±1.22
IRG ¹	33.00±1.88	8.10±0.07	3.19±0.26	9.50±0.80	54.94±1.94

¹ Italian ryegrass

평균±표준편차, 반복수=3

표 6-2. 공시 사일리지의 *In vitro* 건물 및 유기물 분해율

시료명	IVDMD(%)*	IVOMD(%)**
청보리	57.04 ± 1.08	52.80 ± 1.92
IRG ¹	55.27 ± 2.61	49.98 ± 2.08

¹ Italian ryegrass

평균±표준편차, 반복수=6

* *In vitro* dry matter disappearance

** *In vitro* organic matter disappearance

2) 공시 TMR의 배합비 및 영양소함량

착유우 사양시험에 공시할 TMR의 배합비 설계는 배합프로그램을 이용하여 착유우 체중 630kg, 1일 산유량 30kg, 유지율 4.0%, 유단백 3.4% 기준으로 작성하였으며, 관용 원료사료를 사용하면서 청보리 및 IRG 사일리지만을 급여기준으로 동일한 수준으로 혼합하고, 전체 TMR의 에너지와 조단백질 수준이 동일하도록 나머지 원료의 배합률을 조정하였다.

제조는 충북 음성 B사에 의뢰하였으며, 원료사료 구성 및 영양소 조성은 표 6-3에서와 같다.

표 6-3. 공시 TMR의 배합비

(%, 급여기준)

원료명	BS-TMR ¹	IRG-TMR ²
옥수수	8.0	5.0
단백피	15.0	15.0
소맥피	9.3	11.6
면실	9.0	9.0
맥주박	10.5	9.0
알팔파 베일	10.0	10.0
주정박	6.7	5.5
옥대	-	3.0
당밀	2.0	2.0
효모제	3.0	3.0
IRG사일리지	-	25.0
청보리사일리지	25.0	-
석회석	0.6	0.4
소금	0.1	0.1
비타민·광물질제	0.8	1.4
합 계	100.0	100.0

¹ 청보리사일리지(Whole crop barley silage) TMR

² TMR 이탈리아안라이그라스 사일리지(Italian ryegrass silage) TMR

표 6-4. 공시 TMR의 영양소 조성

(%, DM 기준)

사료	DM	Ash	CP	EE	NDF*	ADF**
BS-TMR ¹	66.34	7.38	13.89	5.98	49.68	23.31
	±0.79	±0.14	±0.24	±0.53	±1.12	±1.45
IRG-TMR ²	64.42	7.84	13.68	5.98	48.35	25.78
	±0.19	±0.05	±0.17	±0.33	±1.05	±1.10
Pr> t	0.6446	0.0013	0.3217	0.7428	0.2362	0.8362

¹ 청보리사일리지(whole crop barley silage) TMR

² 이탈리아안라이그라스 사일리지(Italian ryegrass silage) TMR

* Neutral Detergent Fiber

**Acid Detergent Fiber

분석된 공시 TMR의 영양소함량은 표 6-4에 제시된 바와 같으며, 각 처리구간 영양소함량 간에 통계적 유의차는 얻어지지 않았다($p>0.05$).

3) 공시 TMR의 건물 및 유기물분해율 (*In vitro*)

공시 TMR의 *In vitro* 건물 및 유기물 분해율을 Moore(1970)의 방법에 의거하여 측정하였으며, 이때 배양액은 면양 2두에서 채취한 반추위액을 사용하였다.

청보리사일리지(BS)와 이탈리아라이그라스(IRG)사일리지의 건물분해율은 각각 평균 60.04%와 62.27%, 유기물분해율은 각각 52.80%와 49.98%로 나타났다. Gas Formation Test에서 생성된 가스량은 BS-TMR이 44.13mL, IRG-TMR이 45.72mL로 나타났으며(표 6-5), 세 가지 측정항목 공히 처리구간에 통계적 유의차가 관찰되지 않았다($p>0.05$).

표 6-5. 초종별 곤포사일리지의 *In vitro* 건물 및 유기물 분해율¹

사료	IVDMD(%)*	IVOMD(%)**	GF(mL)***
BS-TMR ²	63.04±1.81	52.80±2.04	44.13±2.81
IRG-TMR ³	62.27±1.37	49.98±2.19	45.72±2.65
Pr> t	0.4837	0.3926	0.2138

¹ 평균±표준편차, 반복수=6; ² Whole crop barley silage TMR; ³ Italian ryegrass silage TMR

* *In vitro* Dry matter disappearance

** *In vitro* Organic matter disappearance

*** *In vitro* Gas formation(volume)

4) 착유우에 대한 TMR 사양시험

두 가지 동계작물사일리지를 포함하는 공시 TMR의 젖소에 대한 급여효과를 관찰하고 수입 조사료 대체효과 및 적정 배합모형을 확인하고자, 경기도 남양주 소재의 고려대 부속목장에서 젖소에 대한 사양시험을 실시하였다. 비유중후기에 있는 Holstein 착유우 28두를 공시하여 산차, 비유일수, 산유량을 기준으로 IRG-TMR(Italian Ryegrass Silage TMR) 급여군과 BS-TMR(Whole Crop Barley Silage TMR) 급여군에 각 14두 씩 임의배치하고, 2010년 6월 24일부터 2010년 11월 5일까지 4주 간의 공분산 기간(covariate preiod)를 포함하여 총 17주간 사양시험을 실시하였다.

공시동물들은 개방식 우사에 2개 군으로 분리 배치하고, 사료섭취량은 전 시험기간 동안 주 1회 하루 잔량(orts)을 수거하여 실제섭취량을 구하였으며, Aliquot로 채취한 잔량을 실험실 분석을 통하여 영양소별 섭취량을 산출하였다. 착유는 2x4 헤링본 착유실에서 1일 2회(04:00 및 15:00) 실시하였으며, 개체별 유량은 매일 기록하고 주 1회 유성분 분석을 위해 시료를 개

체별로 채취하여 4℃에서 냉장 보관하였다가 익일 오전시료 채취 후 냉장상태로 한국종축개량 협회 중앙유성분 분석소로 운송하여 유단백, 유지방, 유당, 무지고형분(Solids-Not-Fat, SNF), 체세포수(Somatic Cell Count, SCC), 유중요소태질소(Milk Urea Nitrogen, MUN) 등의 분석을 의뢰하였다. TMR과 음수는 자유로이 섭취케 하였으며, 기타 사양관리는 목장의 관행에 준하여 실시하였다.

최종적으로 시험 당시의 사료가격과 유대를 바탕으로 하여 조수입을 분석하고 TDN kg당 가격을 계산하여 경제성 분석을 실시하였다.

시험개시 시 공시동물의 평균 산차 및 비유일수는 표 6-6과 같다. 공분산 기간 동안 양 군 모두 변동 폭의 차이는 다소 있으나 유량과 각 유성분에 있어서 비슷한 추세를 보였다. 따라서 본 사양시험 결과의 공분산기간 보정은 불필요한 것으로 나타났다. 사양시험 결과를 그림 6-1 부터 그림 6-9까지 제시하였다.

표 6-6. 처리구간 공시축의 평균 산차, 비유일수 및 유량¹

사료	산차	비유일수(DIM)	유량(kg)
BS-TMR ²	2.5±0.4	223.5±33.2	30.18±3.78
IRG-TMR ²	2.7±0.5	220.3±31.5	31.15±2.43
Pr> t	0.6794	0.7452	0.6330

¹ 평균±표준오차, 통계적인 유의차가 나타나지 아니함(p>0.05)

² 청보리사일리지(Whole crop barley silage) 급여군

³ 이탈리아라이그라스 사일리지(Italian ryegrass silage) 급여군

건물섭취량은 그림 6-1에 나타난 바와 같이 IRG-TMR 급여군이 전 시험기간에 걸쳐 더 높은 수치를 보였다. 즉 건물섭취량은 IRG-TMR 급여군(27.37kg)이 BS-TMR 급여군(26.57kg)에 비해 일평균 800g 더 많았으며 통계적 유의차가 인정되었다(p<0.05). TMR 구성성분 중 조사료 만을 비교할 때, 두 초종 간에 *In vitro* 건물 및 유기물 분해율이 유의적 차이를 보이지 않았음에도 불구하고 까락을 가진 청보리사일리지에 비하여 이탈리아라이그라스 사일리지의 기호성이 더 우수한 데 기인할 수 있을 것으로 사료된다.

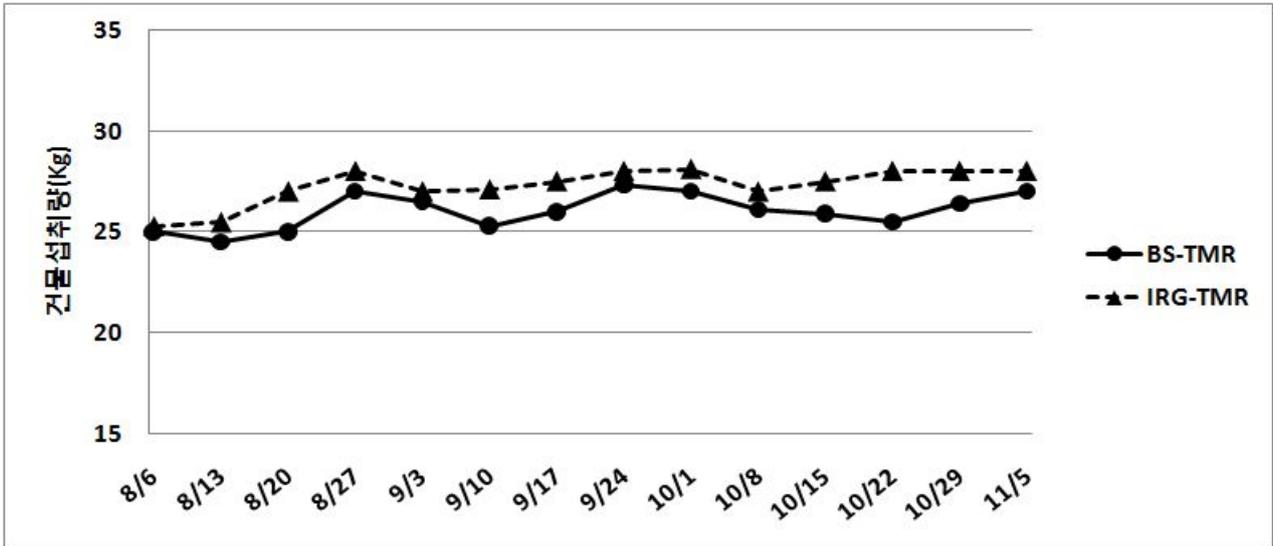


그림 6-1. 비유시험 기간 중의 일평균 건물섭취량 변화

처리구 간 일평균 조단백질, 섬유질(NDF) 및 가소화영양소함량(TDN)의 섭취량에 있어서도 차이가 나타났지만, 이와 대조적으로 조단백질은 약 50g, NDF는 30g, TDN은 0.73kg의 차이로 BS-TMR 급여군과 IRG-TMR 급여군 두 처리구가 비슷한 수준에서 이들 영양소를 섭취하였음을 확인할 수 있었다(표 6-7).

표 6-7. 본 사양기간 중 처리구당 일평균 조단백질 및 TDN 섭취량 (kg, 건물기준)

사료	건물	조단백질	NDF	TDN
BS-TMR1	26.57	3.69	13.20	18.20
IRG-TMR2	27.37	3.74	13.23	18.93

¹ 청보리사일리지(Whole crop barley silage) 급여군

² 이탈리아라이그라스 사일리지(Italian ryegrass silage) 급여군

두당 일평균 산유량(그림 6-2)은 BS-TMR 급여군이 30.83kg, IRG-TMR 31.36kg으로, IRG-TMR 급여군이 약 0.5kg 높게 나타났지만, 시험기간 전체 평균산유량에 있어서 9월 24일을 제외하고 두 처리구 간의 차이에 통계적 유의성은 관찰되지 않았다($p>0.05$). 동일 초종에서의 비교였지만, Khadem 등(2009)과 Beauchemin 등(1997), 그리고 Calberry 등(2003)은 알팔파 건초와 알팔파 사일리지를 착유우에게 급여한 실험에서 건물섭취량과 산유량에 유의적인 차이가 없다고 보고한 바, 본 실험에서도 이와 유사한 경향을 보였다.

산유량에는 사료영양적 요인 이외에도 개체우의 유전적, 생리적 신체조건에 따른 변이도 작용하며, 시험결과 그래프 상에 나타난 차이는 공시 TMR 중의 조사료가 직접적 원인으로 작용

한다고 보기가 어려울 것으로 사료된다.

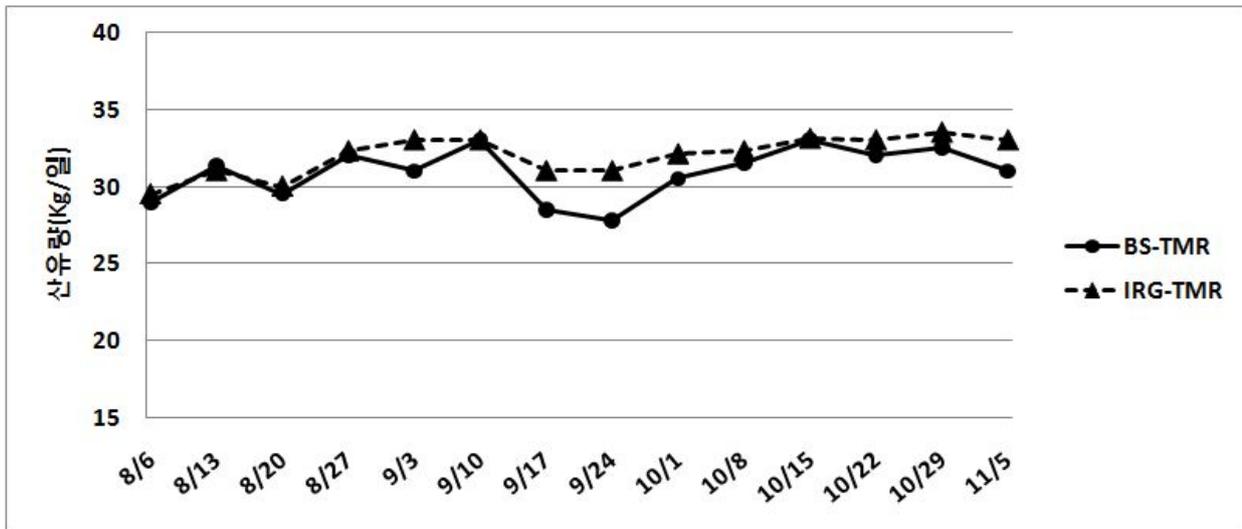


그림 6-2. 비유시험 기간 중의 일평균 산유량 변화

유지율의 경우, 그림 6-3에서 보는 바와 같이 시험 초기에는 유의적인 차이가 나타나지 않았지만, 4주차부터 BS-TMR 급여군과 IRG-TMR 급여군 사이에 유의적인 차이가 나타나기 시작하여($p < 0.05$) 급여 첫 주 때보다 마지막 주에는 평균 유지방농도가 약 0.12% 단위 증가를 보였다. 이 역시 두 급여군 사이의 사료섭취량 차이에 기인한 것으로 해석된다.

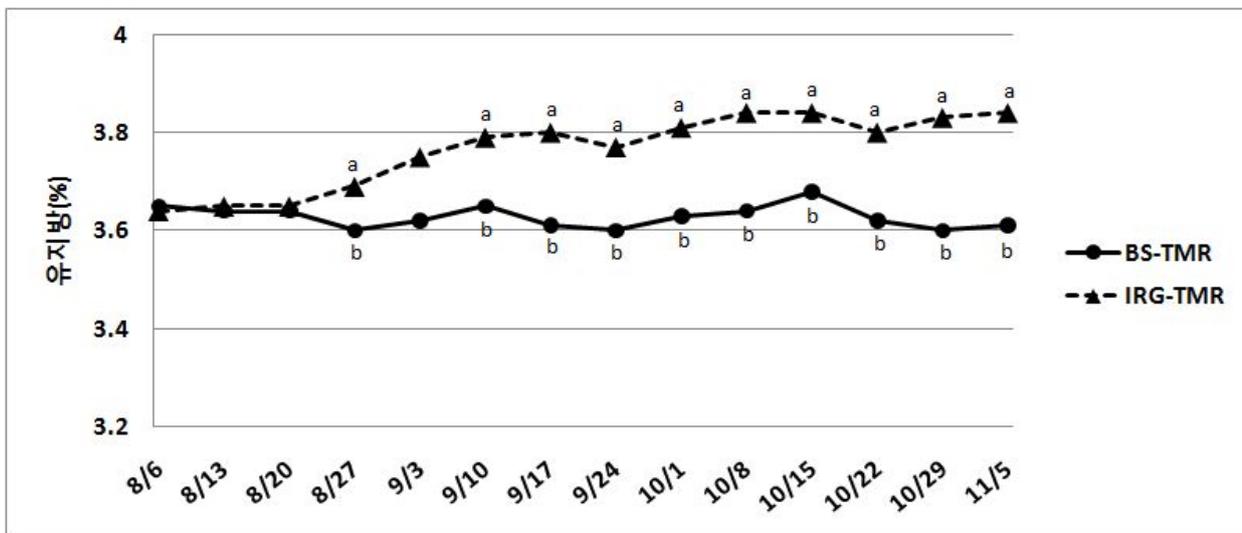


그림 6-3. 비유시험 기간 중의 일평균 유지율 변화

결과적으로, 4% 지방보정유량은 그림 6-4에 나타낸 바와 같이 본 사양기간 동안 IRG-TMR 군이 BS-TMR군보다 약 2.4kg 더 높게 나타나 유의적인($P < 0.05$) 차이를 보였다.

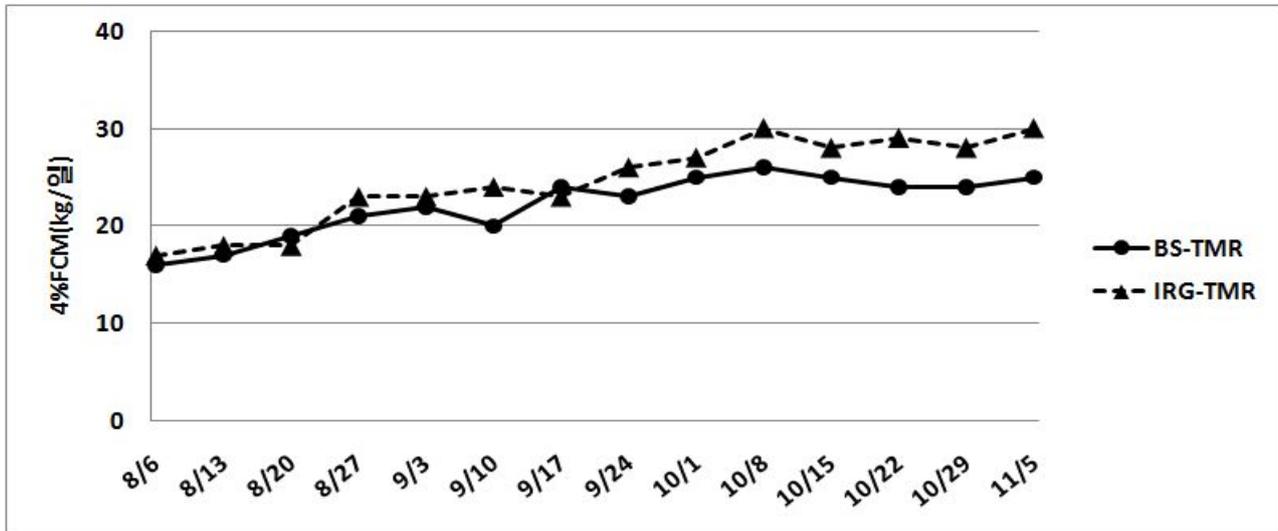


그림 6-4. 비유시험 기간 중의 일평균 4%지방보정 유량 변화

유단백 함량의 경우, 그림 6-5에서 보는 바와 같이 청보리사일리지 급여군 3.44%와 이탈리아 안라이그라스 급여군 3.48%로 두 처리구가 전체 시험기간에 걸쳐 매우 근사한 농도를 보이며 통계적으로도 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$). 선천적인 유전요인을 제외하고 우유의 단백질 농도에 가장 큰 영향을 미치는 것은 주로 먹이를 통한 에너지섭취량인데(Kalscheur 등, 2006), 공시한 두 가지 TMR은 에너지 함량 면에서 매우 근사하다는 점에서(표 6-6, 표 6-7, 표 6-9) 동일한 해석을 가능케 하는 결과로 인정할 수 있다. 일반적으로 유단백은 유지방에 비해 급여사료의 특성에 따른 영향을 덜 받는 것으로 알려져 있다(Jenkins 등, 2006; Palmquist, 1997).

시험기간 중 유당 변화를 보면(그림 6-6) BS-TMR 급여군이 평균 4.76%, IRG-TMR 급여군이 4.84%로 0.08% 차이가 났으나 둘 사이에 통계적 유의차는 없었다($P > 0.05$). 유당은 유단백과 마찬가지로 유지방에 비해 급여된 사료의 특성에 따른 영향을 덜 받는 것으로 알려져 있으며(Jenkins 등, 2006; Palmquist, 1997), 본 시험결과도 이와 비슷한 경향을 나타냈으므로 공시 TMR의 조사료에 따른 차이가 이들 유성분에 별다른 영향을 미치지 않는 것으로 보인다.

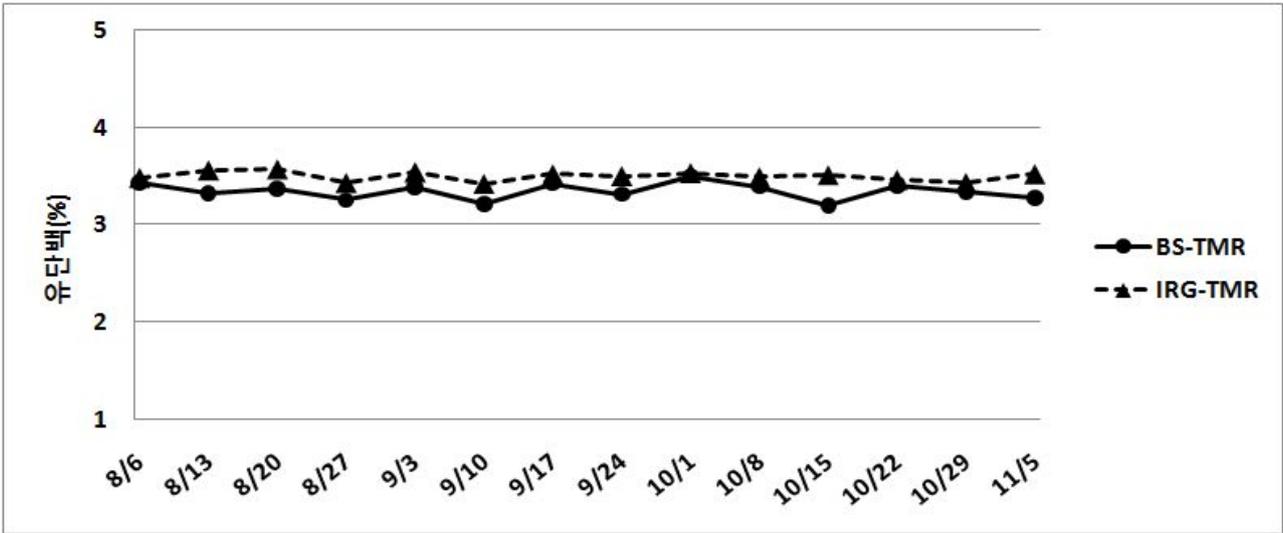


그림 6-5. 비유시험 기간 중의 일평균 유단백 함량 변화

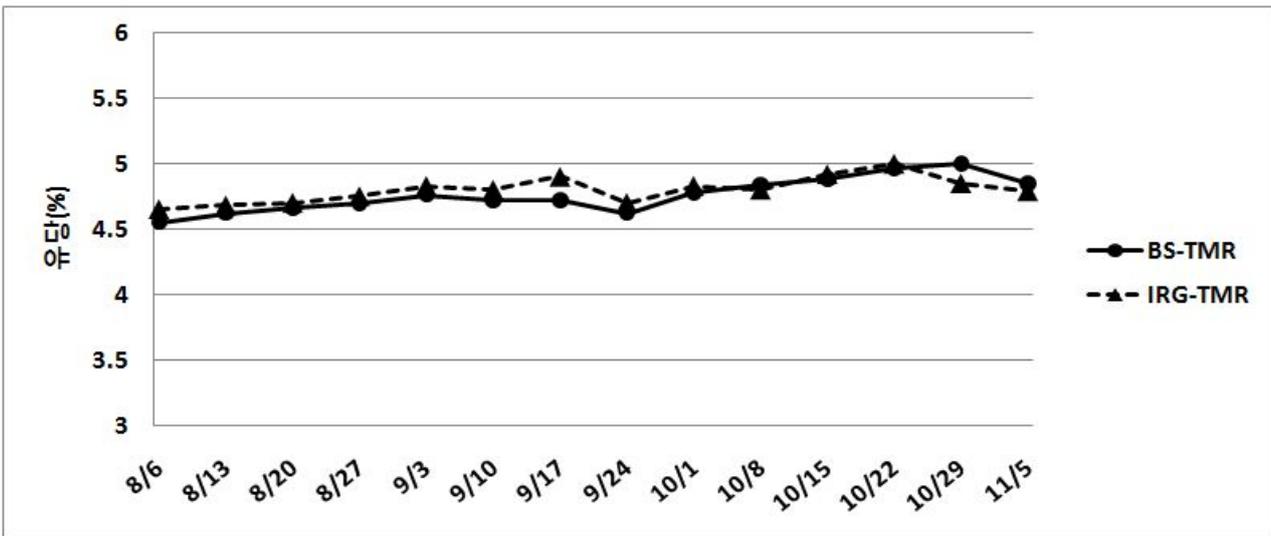


그림 6-6. 비유시험 기간 중의 일평균 유당농도 변화

본 시험기간 중 무지고형분(그림 6-7)의 경우 BS-TMR 급여군이 평균 9.06%, IRG-TMR 급여군이 8.92%로 IRG 급여군이 0.14% 유의적으로 높게 나타났다($p > 0.05$). 이는 두 급여군 간에 유지방의 유의차가 있기 때문인 것으로 사료되는바, 유지방과 무지고형분 농도는 대체로 반대 경향을 보이는 것으로 알려져 있다(Palmquist, 1994).

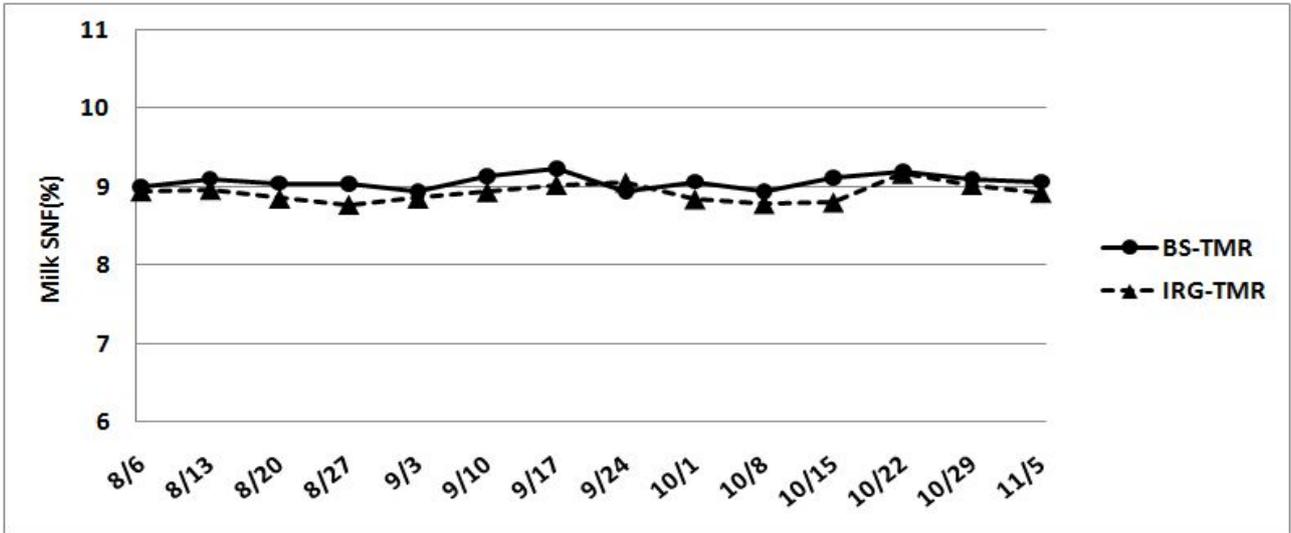


그림 6-7. 비유시험 기간 중의 일평균 무지고형분 변화

체세포수(그림 6-8) 분석에서는 BS 급여군이 6~8주차에 임상형 유방염의 출현으로 높게 나타난 것을 제외하고는 전체 평균에서는 유질 등급 2등급 이상에 해당되는 범위에서 변화하였으며, 개체별 유성분 검사결과에서도 전 시험기간에 걸쳐 유의적 차이를 보이지 않았다 ($p>0.05$). 체세포 수치에 관한 한, 유전적 생리적 요인과 함께 우사의 환경조건 등에 기인한 것으로밖에 추정할 수 없었으며, 조사료에 직접적으로 체세포수가 영향을 받았다고 보기는 어려울 것으로 보인다.

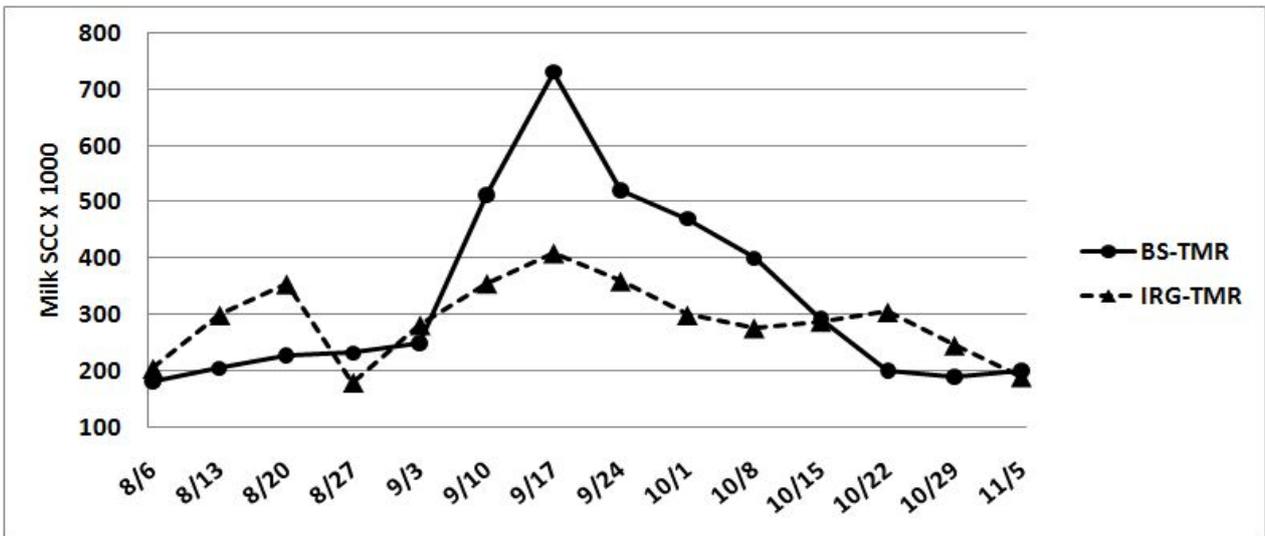


그림 6-8. 비유시험 기간 중의 개체별 평균 체세포수 변화

유중요소태질소(MUN)는 직접적으로 산량과 유대수입에 반영되는 원인은 아니지만, 혈 중 요소농도를 반영하는 지표로서 사료를 통해 공급되는 에너지와 단백질의 균형을 보여주는 중요한 항목으로, 과다한 MUN 농도는 번식률 저하의 원인으로 작용한다(손, 2000).

정상적인 번식과 산유능력을 위해서는 MUN 농도가 12~18mg/dl 수준의 범위에 있어야 하는데, 본 시험에서 주령별 평균에서 청보리사일리지 TMR 급여군은 15.20mg/dl, 이탈리아라이그라스 급여군은 14.86mg/dl 수준을 유지함으로써 적절한 수준의 단백질 공급이 이루어졌다고 할 수 있었으며 두 급여군 간의 통계적 유의차는 나타나지 않았다(그림 6-9). MUN의 수치변화에는 여러가지 요인이 작용하는 관계로(손, 2000), 본 시험에서 TMR에 포함된 공시 조사료가 직접적인 영향요인으로 작용하였다고 보기는 어려울 것으로 사료된다.

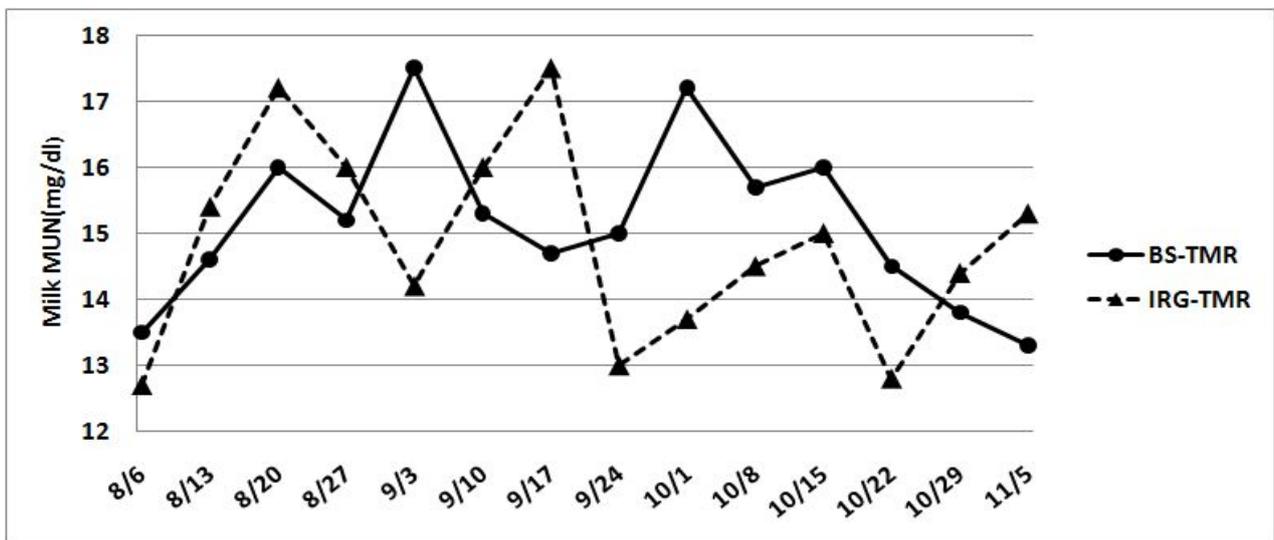


그림 6-9. 개체별 평균 MUN 변화

5) BS-TMR 및 IRG-TMR 급여효과에 대한 경제성 분석

산유량, 유지방, 체세포수 등을 고려한 우유 등급판정의 결과에서 시험기간 중 본 시험목장의 원유는 1등급이었다. 이에 따라 우유 2010년 10월 현재 1kg당 886원의 유대를 수취하였는 바, 이를 바탕으로 본 사양시험 기간 전체의 평균 산유량 및 두당 유대 수입을 계산해본 결과는 표 5-8에서와 같다.

본 사양 시험에 공시된 TMR의 배합비(표 6-3)와 사양시험 기간 중에 얻은 산유성적을 바탕으로 경제성을 분석해본 결과를 보면, 두당 산유량에서는 평균 약 0.5kg의 차이가 나타났으며, 이를 유대로 환원하면 BS-TMR 급여군과 KH-TMR 급여군은 각각 두당 약 27,377원과 28,343원의 수입이 발생하여 966원의 차이가 나타났다.

표 6-8. 비유시험 기간의 평균 산유량 및 두당 유대 수입

조사 항목	BS-TMR1	IRG-TMR2
두당 산유량(kg)	30.83	31.36
유대(원/kg)*	886	886
두당 유대수입(원)	27,377	28,343

¹ 청보리사일리지(Whole crop barley silage) 급여군

² 이탈리아라이그라스 사일리지(Italian ryegrass silage) 급여군

* 1등급 기준

한편, TMR 배합공장에서 구입한 TMR 원료가격을 기준으로 두 TMR의 섭취량에 따른 사료비와 유대의 차액을 산출하였으며, 이때 유대 및 원료사료별 가격은 시가를 적용하였다(표 6-9).

표 6-9. 공시 TMR의 원료별 적용 시가¹

원료명	단가(원/kg)	원료명	단가(원/kg) ¹
청보리사일리지	156	주정박(DDGS)	363
IRG사일리지	156	당밀	285
옥수수 후레이크	302	맥주박	80
옥수수 글루텐피드	266	알팔파 베일	425
밀기울	279	발효원료	250
면실	482	석회석	35
단백피	275	소금	205
소맥피	282	프리믹스	825
옥대	192		

¹

2010년 8월 현재 TMR 제조사 구입 기준

공시 TMR의 사료비 분석결과에 따르면, BS-TMR 급여군보다 IRG-TMR 급여군이 1일 두 당 사료비가 16원 적게 나타났으며, 유대에서 사료비를 제외한 조수입은 두당 982원 IRG-TMR군이 더 높았다(표 6-10).

표 6-10. TMR 섭취량에 따른 경제성 비교

조사 항목	BS-TMR ¹	IRG-TMR ²
1일 사료섭취량(kg)	38.38	39.90
1일 건물섭취량(kg)	26.57 ^a	27.37 ^b
1일 두당 사료비(원, A)	10,321	10,305
1일 두당 유대수입(원, B)	27,377	28,343
1일 두당 조수입(원, B-A)	17,056	18,038

¹ 청보리사일리지(whole crop barley silage) TMR 급여군

² 이탈리아라이그라스 사일리지(Italian ryegrass silage) 급여군

^{a, b} 서로 다른 윗 첨자는 통계적으로 유의차가 있음을 의미함(p<0.05)

그러나 TDN kg 당 사료비를 산출한 결과에 의하면(표 6-11), BS-TMR보다 IRG-TMR이 598원 비싼 것으로 나타났다.

표 6-11. TDN kg 당 사료비 분석

조사 항목	BS-TMR ¹	IRG-TMR ²
건물섭취량(kg)	26.57 ^a	27.37 ^b
TDN(% , 건물)	74.57	75.03
TDN 섭취량(건물, kg)	20.15	20.72
TMR 사료비(원)	14,616	15,214
TDN 가격(원/kg)	725	734

¹ 청보리사일리지(whole crop barley silage) TMR 급여군

² 이탈리아라이그라스 사일리지(Italian ryegrass silage) 급여군

^{a, b} 서로 다른 윗 첨자는 통계적으로 유의차가 있음을 의미함(p<0.05)

이탈리아라이그라스 사일리지를 TMR용 기초조사료로 이용한 경우, 착유우 평균 TDN kg당 사료비가 청보리사일리지를 이용하는 경우보다 비쌌지만, 산유량 및 유대수입, 조수입 등 비유 시험 성적을 감안하면 이탈리아라이그라스 급여가 경제적인 측면과 생산적인 측면 모두 양질의 섬유질 급원이 될 수 있음을 보여주는 것이다.

결론적으로 농장 상황과 여건에 따라서 이탈리아라이그라스 사일리지의 자체적 생산 이용이 가능하다면, 현재 대부분 수입에 의존하고 있는 TMR용 조사료를 대체함으로써 보다 높은 수익성을 기대할 수 있을 것으로 사료된다. 조사료는 생육시기와 기후 토양 등 환경적인 조건의 영향을 크게 받아 농후사료에 비해 영양소 함량의 편차가 크므로 국내에 유통되는 건초의 초종 간 비교시험을 통하여 사료가치와 경제성이 검증돼야 할 것이다.

III. 제 2 협동 : 동계사료작물을 이용한 TMR 제조기술 개발 (주, 바이오사료연구소)

시험 1. 동계사료 작물의 적정 입자도 및 성상 분석 조사

1) 연구 방법 및 내용

청보리 곤포 사일리지 20%를 함유하는 비육용 TMR을 제조할 때에 적정 입자도와 배합시간 별 성상을 조사 연구하기 위하여 표 1-1과 같은 배합비로 사료 배합시간을 10분, 15분, 20분으로 달리 제조하여 성상 분석을 실시하였다. 일반적으로 청보리 곤포사일리지는 세절하지 않은 Roll Bale(원형곤포사일리지)과 세절(15~20cm)하여 만든 Roll Bale(원형곤포사일리지)이 있는데, 본 실험에서는 세절 하지 않은 Roll Bale을 이용하였다.

청보리를 함유하는 비육TMR사료의 수분은 표 1-1처럼 맥주박과 물을 이용하여 수분 40%로 설계되었고 공시사료의 분석 성분 함량은 표 1-2와 같다.

표 1-1. 공시 TMR 배합비 (% , 급여 기준)

원료명	공시 TMR
청보리	20.0
맥주박	10.0
물	9.9
과옥쇄	10.0
단백피	20.0
야자박	10.0
소맥피	3.5
옥대펠릿	10.0
당밀	5.0
석회석	1.0
식염	0.3
첨가제	0.3
합계(%)	100.0

표 1-2. 공시 TMR의 영양소 함량 (% , 풍건물 기준)

항목	수분	조단백	조섬유	ADF	NDF	조회분	TDN *
결과	42.68	8.39	9.75	10.99	21.65	6.10	43.59

* 계산 값

TMR배합기에서 배출된 TMR의 BULK로부터 각 배합시간 구별로 시료를 300g 채취하였으며, 배합 후 생산되는 시료의 제1분획(전반=20/100), 제2분획(중반=50/100), 제3분획(후반=80/100)으로 생산되는 시료를 각각 3회 반복 채취하여 수행하였다. 총 27개의 시료를 Pennsylvania Sieve(4단)를 이용하여 Sieve 사용방법에 따라 조사하였고, 시료 채취 후 즉시 시행하였다.

본 실험에 사용된 배합기는 세진산업(주)에서 만든 12 m³ 크기의 공장용 TMR 배합기로 Batch 당 3톤을 생산할 수 있다. 이 배합기는 네개의 스크류가 달려있는 Auger형 배합기로서 스크류에는 세절용 칼날이 회전방향을 따라 8개가 달려 있으며, 스크류 회전 속도는 분당 12회로 25마력 전동기 두 개가 달려 있는 50마력 배합기이다.

2) 연구결과 및 고찰

표 1-3에서 보는 바와 마찬가지로 10분 배합구와 15분 배합구에서 1단과 2단계 잔류량이 유의적인 차이를 보인 것으로 나타났으며, 15분 배합구와 20분 배합구 사이에서는 유의적 차이가 나타나지 않았다(p<0.05). 이것은 배합시간이 짧을수록 사료원료간의 분리현상이 더욱 많은 것으로 사료된다. 즉 1단계에 남는 양은 10분구가 15분구에 비해 많은 것으로 나타났으나 2단계에 잔류하는 양은 10분구가 15분구보다 오히려 적은 것으로 나타났다. 다만 입자크기가 가장 큰 조사료가 남는 4단계에는 시간이 적을수록 많이 남는 경향을 보였으나 유의적인 차는 나타나지 않았다(p<0.05). 이것은 배합기의 조사료 분쇄능력에 따라 많은 차이가 있겠으나 입자도 및 성상에서 10분 이상의 배합시간으로도 어느 정도 청보리가 분쇄될 수 있음을 의미하는 것으로, 일반적으로 생뿔짚 곤포 사일리지 보다 훨씬 분쇄효율이 좋은 것으로 사료된다. 다만, 외관성상 검사 시 적은 양이지만 길이가 너무 긴 것들이 일부 사료에서 보여지는 바, 상업적 사료에 이대로 적용하기는 어려운 것으로 보여, 비록 유의적 차이는 없다 할지라도 15분 이상 배합하는 것이 권장되어야 할 것으로 판단된다.

표 1-3. 배합시간에 따른 잔류량 검사 (Pennsylvania sieve : 4단 검사) 단위 : g

	1단	2단	3단	4단
10분배합구	146.67 ± 6.16 ^a	119.56 ± 4.45 ^b	12.44 ± 1.33 ^a	20.67 ± 5.57 ^a
15분배합구	132.22 ± 12.71 ^b	125.89 ± 6.53 ^a	17.44 ± 4.22 ^a	20.67 ± 5.41 ^a
20분배합구	125.56 ± 12.95 ^b	130.44 ± 5.08 ^a	17.56 ± 2.19 ^a	18.89 ± 8.43 ^a

* 평균 ± 표준편차(SD)

^{a, b} 세로열 서로 다른 윗첨자는 통계적 유의차를 의미함(p<0.05).

시험 2. 수분 함량에 따른 배합효과 규명

1) 연구 방법 및 내용

TMR에 포함되는 조사료로서 청보리 곤포사일리지의 적합성을 알아보기 위해 TMR제조 효율에 관한 실험을 하였다. TMR 제조 시 혼합의 균일도를 실험하기 위해 NaCl 을 표지물질로 하는 CV test를 실시하였다.

공시 실험 사료는 표 2-1과 같이 M-40구(수분 40%), M-33구(수분33%), M-25구(수분 25%)로 조정하여 설계하였으며 청보리는 공히 20%씩 함유하도록 설계 하였다. 또한 공시 실험사료는 (주)바이오사료연구소의 관행 생산방식대로 10분의 Mixing time을 거쳐 생산하였다. 공시 실험 사료 성분은 표 2-2에 제시된 바와 같으며, 수분에 따라 혼합율의 유의적인 차이가 있을지를 조사하였다. 또한 CV TEST를 위한 NaCl 분석을 실시하기 위하여 대표성 있는 Sample을 확보하여 한국단미사료협회 사료분석소에 의뢰하였다.

표 2-1. 공시 실험사료 배합비율 (% , 급여 기준)

원료명	M-40구	M-33구	M-25구
청보리	20	20	20
맥주박	10	10	
물	9.9		
과옥쇄	10	10	10
단백피	20	20	20
야자박	10	10	10
소맥피	3.5	13.4	23.4
옥대펠릿	10	10	10
당밀	5	5	5
석회석	1	1	1
식염	0.3	0.3	0.3
첨가제	0.3	0.3	0.3
합계(%)	100	100	100

McCullough(1991)에 의하면 고능력우용 TMR의 가장 이상적인 건물 농도는55~65%이며 조사료로 사일리지만을 사용 할 때가 아니면 60%전후의 건물함량을 유지할 필요가 있다고 하였는데, 수분 20%정도의 사료에서 혼합효율이 일정하게 나타나는 지를 조사하기 위해 본 실험

험을 실시하였으며 이는 청보리 곤포 사일리지가 TMR에 사용되는 조사료들과 잘 조화하면서 적정수분을 유지하는데 상당한 도움을 줄 것으로 사료된다.

표 2-2. 공시 실험사료 성분표 (% , 풍건물 기준)

항목	수분	조단백	조섬유	ADF	NDF	조회분	TDN *	염도
M-40	42.68	8.39	9.75	10.99	21.65	6.10	43.59	0.83

* 계산 값

2) 연구결과 및 고찰

공시 실험 사료는 각 수분농도를 달리한 처리구별로 생산되는 사료의 제1분획(A=전반, 20/100), 제2분획(B=중반, 50/100), 제3분획(C=후반, 80/100)으로 생산되는 사료의 시료를 3회 반복 채취하여 실시하였다. 표 2-3에서 보는 바와 같이 M-40구의 경우는 배합기로부터 제품저장탱크로 넘어간 후 생산 전반에서 후반으로 가면서 M-25구나 M-30구와는 달리 유의차가 나타나는 것으로 보아($p < 0.05$) 혼합율이 좋아지게 되는 것으로 보여진다. 이것은 제품 저장 탱크에서 포장라인으로 넘어가면서 일종의 간접 혼합효과가 나타난다고 사료된다. 이는 수분 조정을 맥주박과 더불어 물을 일정량(9.9%) 투입하여 제조할 경우 바로 제조된 사료는 수분함량이 높을수록 또는 가수를 실시 할수록 제품 수분의 혼합 균일도는 저하될 수 있다는 것으로 사료된다.

수분 33%구는 맥주박만을 이용하였는데, 이 구에서는 전혀 유의적인 차이가 나타나지 않았으며($p < 0.05$), 맥주박을 전혀 사용하지 않은 25%구에서도 동일한 결과가 나타났다.

다만 NaCl 분석상에 수분차이나 생산분획별로 전혀 유의적인 차이가 나타나지 않았는데($p < 0.05$), TMR 생산에서 혼합균일도에는 아무런 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. CV분석의 결과에서 특히 수분변화나 생산분획별 단계에 따라서도 전혀 유의적인 차이가 나타나지 않음으로써 청보리 곤포사일리지를 육우용 TMR의 원료로 사용하여도 사료 혼합효율과 배합에는 전혀 지장이 없는 것으로 판단된다.

- 실험방법 : 청보리 20% 함유하는 비육용 TMR 1ton을 배합하면서 배합시간별 시료채취 후 절단

입자도 분석

- 방 법 : 배합시간 10분, 15분 및 20분 경과시 마다 시료 채취 후 입자도 분석

- 분석 및 조사 : Pensilvenia sieve를 이용하여 성상 분포도 조사하였으며, 배합시간별 잔류량 및 외관 검사를 실시하였음.

표 2-3. 수분함량에 따른 배합효율 분석 (단위 : %)

처리		수분			염분		
		A	B	C	A	B	C
M-40구	평균	40.58±0.83 ^b	42.06±1.22 ^{ab}	42.85±1.15 ^a	0.89±0.08 ^a	0.90±0.05 ^a	0.88±0.04 ^a
	C. V.(%)	2.05	2.91	2.69	8.78	5.5	4.61
M-33구	평균	32.06±0.98 ^a	32.41±0.88 ^a	32.21±0.01 ^a	0.91±0.08 ^a	0.92±0.04 ^a	0.92±0.03 ^a
	C. V.(%)	3.05	2.7	0.04	8.85	4.38	2.88
M-25구	평균	26.53±0.54 ^a	26.38±0.46 ^a	26.48±0.65 ^a	0.94±0.03 ^a	0.97±0.02 ^a	0.97±0.03 ^a
	C. V.(%)	2.05	1.74	2.46	3.06	2.39	2.59

* 평균 ± 표준편차(SD)
 a, b 가로열 서로 다른 윗 첨자는 통계적 유의차를 의미함(p<0.05).

시험 3. 공장형 TMR 생산을 위한 이용확대 방안 연구

1) 호밀 곤포사일리지사용 TMR의 수분함량에 따른 배합효과 연구

① 연구방법 및 내용

TMR사료에 이용되는 조사료로서 호밀 곤포사일리지의 배합효과를 규명하기 위해 TMR 제조 효율에 관한 실험을 청보리 곤포사일리지와 같은 방법으로 시행하였다. TMR 제조시 혼합의 균일도를 실험하기 위해 NaCl을 표지물질로 하는 염도분석을 실시한 후 CV-Test를 실시하였다.

공시 실험사료는 표 3-1과 같이 O-M35구(수분 35%), O-M27구(수분 27%), O-M19구(수분 19%)의 3구로 설계하였으며 호밀사일리지는 공히 20%씩 함유하도록 설계하였다. 공시 실험사료는 배합비대로 (주)바이오사료연구소의 관행 생산방식으로 10분의 Mixing time을 거쳐 생산되었고, 공시 실험사료의 사료성분은 [표6]에 제시된바와 같으며 수분에 따라 혼합율의 유의적인 차이가 있을지를 조사하였다.

또한 CV-Test를 위한 NaCl 분석을 실시하기 위하여 샘플을 제품 BIN에서 토출되는 순서대로 각구당 제1분획(전반=20/100), 제2분획(중반=50/100), 제3분획(후반=80/100)에서 3반복 채취하여 총 27개의 샘플을 염도 분석하였다.

본 실험은 호밀 곤포사일리지를 사용할 때 TMR사료의 수분 19%, 27%, 35%까지 혼합효율이 일정하게 나타나는지를 관찰하기위하여 시행되었으며 이는 호밀 곤포사일리지의 TMR용 수입조사료를 대치 할 수 있는지에 대한 도움이 될 것으로 판단하였다.

표 3-1. 호밀 곤포사일리지 실험사료 배합비 및 성분함량

(단위 : %)

원 료 명	실 험 구		
	O-M35	O-M27	O-M19
호 밀 사 일 리 지	20.0	20.0	20.0
맥 주 박	10.0	10.0	
물	9.9		
과 옥 쇄	10.0	10.0	10.0
단 백 피	20.0	20.0	20.0
야 자 박	10.0	10.0	10.0
소 맥 피	3.5	13.4	23.4
면 실 피 펠 렛	10.0	10.0	10.0
당 밀	5.0	5.0	5.0
석 회 석	1.0	1.0	1.0
식 염	0.3	0.3	0.3
바 이 오 울 인	0.3	0.3	0.3
합계(%)	100.0	100.0	100.0
성 분 명			
수 분	33.92 ± 0.76	26.16 ± 0.37	18.90 ± 0.20
조 단 백 질	10.01 ± 0.18	11.26 ± 0.12	12.48 ± 0.21
조 섬 유	13.49 ± 0.38	12.91 ± 0.62	14.71 ± 0.58
조 회 분	7.54 ± 0.28	6.91 ± 0.30	7.54 ± 0.28
N D F	27.74 ± 1.66	28.45 ± 1.50	29.94 ± 2.70
A D F	15.22 ± 0.98	15.24 ± 0.82	16.07 ± 1.09
염 도	1.11 ± 0.06	1.03 ± 0.04	1.03 ± 0.04

공시 실험사료는 표 3-1과 같이 O-M35구(수분 35%), O-M27구(수분 27%), O-M19구(수분 19%)의 3구로 설계하였으며 호밀사일리지는 공히 20%씩 함유하도록 설계하였다. 공시 실험사료는 배합비대로 (주)바이오사료연구소의 관행 생산방식으로 10분의 Mixing time을 거쳐 생산되었고, 공시 실험사료의 사료성분은 표 3-2에 제시된바와 같으며 수분에 따라 혼합율의 유의적인 차이가 있을지를 조사하였다.

또한 CV-Test를 위한 NaCl 분석을 실시하기 위하여 샘플을 제품 BIN에서 토출되는 순서대로 각구당 제1분획(전반=20/100), 제2분획(중반=50/100), 제3분획(후반=80/100)에서 3반복 채취하여 총 27개의 샘플을 염도 분석하였다.

본 실험은 호밀 곤포사일리지를 사용할 때 TMR사료의 수분 19%, 27%, 35%까지 혼합효율이 일정하게 나타나는지를 관찰하기위하여 시행되었으며 이는 호밀 곤포사일리지의 TMR용 수입조사료를 대치 할 수 있는지에 대한 도움이 될 것으로 판단하였다.

② 연구결과 및 고찰

공시 실험사료의 수분을 19%, 27%, 35%로 달리하여 제1분획(전반 20/100), 제2분획(중반 50/100), 제3분획(후반 80/100)으로 생산된 사료의 염도 분석결과는 [표 2]과 같이 나타났다. 표 3-2에서 보는바와 같이 O-M35구나 O-M27구에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았으며 O-M19구에서도 유의적인 차이는 없었다.(P<0.05) 그러나 맥주박과 물을 전혀 사용하지 않은 수분 19%구에서는 변동계수(C.V) 차이가 분획별로 높게 나타났다.

표 3-2. 호밀 곤포사일리지 TMR의 수분함량에 따른 염도 분석 (단위 : %)

처 리 구	염 도		
	제1분획(A)	제2분획(B)	제3분획(C)
O-M35	*1.04 ± 0.03 ^a	1.05 ± 0.05 ^a	1.01 ± 0.03 ^a
C.V(%)	2.88	4.76	2.97
O-M27	1.00 ± 0.03 ^a	1.03 ± 0.03 ^a	1.05 ± 0.03 ^a
C.V(%)	3.00	2.92	2.86
O-M19	1.14 ± 0.09 ^a	1.13 ± 0.01 ^a	1.06 ± 0.04 ^a
C.V(%)	7.90	0.89	3.78

* 평균 ± 표준편차(SP)

a, b 가로열 서로 다른 윗첨자는 통계적 유의차를 의미함(P<0.05)

이것은 호밀 곤포사일리지를 사용할 경우 수분함량이 낮아지면 오차가 크게 나타날 수 있는 가능성이 있다는 것을 보여주는 것으로 호밀 곤포사일리지를 이용할 경우엔 가급적 TMR 수분이 25% 이상으로 설정하는 것이 바람직한 것으로 사료된다. 그러나 일반적으로 호밀 곤포사일리지를 TMR에 20%정도 사용할 경우 배합효과는 크게 영향을 받지 않는 것으로 사료되며 수입조사료를 대체할 수 있을 것으로 판단된다.

2) 청보리 곤포사일리지의 TMR 사용비율에 따른 배합효과 연구

① 연구방법 및 내용

청보리 곤포사일리지의 TMR내 사용비율에 따른 배합효과를 규명하기위해 표 3-3과 같이 청보리 곤포 사일리지를 20%, 30%, 40% 사용하는 3개의 실험사료(B-U20구, B-U30구, B-U40구)를 만들어 실험에 사용하였다.

표 3-3. 청보리 곤포사일리지 실험사료 배합비 및 성분함량 (단위 : %)

배	합	비	실 험 구		
			B-U20	B-U30	B-U40
청	보	리	20.0	30.0	40.0
옥		대	25.0	15.0	5.0
옥	수	수	21.2	21.2	21.2
단	백	피	17.5	17.5	17.5
면		실	2.0	2.0	2.0
맥	주	박	6.5	6.5	6.5
당		밀	6.0	6.0	6.0
석	회	석	0.5	0.5	0.5
소		금	0.5	0.5	0.5
올		인	0.8	0.8	0.8
합계(%)			100.0	100.0	100.0
성	분	명			
수		분	25.53 ± 1.90	31.42 ± 1.62	36.21 ± 0.33
조	단	백	8.43 ± 0.16	8.08 ± 0.36	7.89 ± 0.14
조	지	방	2.54 ± 0.19	2.47 ± 0.15	2.77 ± 0.08
조	회	분	6.91 ± 0.22	6.98 ± 0.21	6.31 ± 0.13
조	섬	유	19.63 ± 3.18	14.39 ± 1.77	11.10 ± 0.23
N	D	F	42.37 ± 1.79	33.76 ± 2.17	28.27 ± 1.31
A	D	F	27.26 ± 1.11	19.36 ± 1.36	14.88 ± 1.00
염		도	0.86 ± 0.07	0.92 ± 0.05	0.99 ± 0.05

실험에 사용된 청보리 곤포사일리지는 비교적 수분이 높은(수분 65% 전후) 것으로 동진강낙 협으로부터 구입하여 사용하였으며 3개의 처리구별로 제품BIN에서 토출되는 순서대로 제1분획(전반=20/100), 제2분획(중반=50/100), 제3분획(후반=80/100)으로 나누어 각 처리별 3개의 Sample을 채취하여 총27개의 Sample을 분석하였다. 본 실험에서는 청보리 적정 사용량을 규명하고자 배합 효과를 분석하였다.

공시된 사료의 성분은 표 3-3과 같으며 전체 Sample의 NaCl 분석을 통해 CV-Test를 실시하였다.

2) 연구결과 및 고찰

공시 실험사료는 청보리의 사용량을 각각 20%, 30%, 40%를 사용하여 배합효과에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실시하였는데 결과는 표 3-4와 같이 나타났다. 본 실험에서는 청보리 사용량이 배합효과에 전혀 영향을 주지 않는 것으로 밝혀졌으며 공시 실험사료에서는 수분이

높은 맥주박 같은 부산물이나 물을 전혀 이용하지 않았는데 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다(P<0.05). 다만 비교적 변동계수(C.V) 수치가 일정하지 않은데 이는 배합시 수분이 높은 부산물 원료의 동시 사용이 제품의 배합 오차를 줄이는데 도움이 될 것으로 판단된다.

본 연구결과에서 보는바와 같이 청보리 곤포사일리지를 40%까지 사용해도 무난할 것으로 판단되나 동시에 배합효과를 높이기 위해서 부산물 등의 수분이 높은 원료를 동시 사용하는 것이 제품의 균질성을 높이는데 바람직한 것으로 사료된다.

표 3-4. 청보리 곤포사일리지의 사용비율에 따른 염도 분석 (단위: %)

처 리 구	염 도		
	제1분획(A)	제2분획(B)	제3분획(C)
B-U20	*0.84 ± 0.07 ^a	0.87 ± 0.04 ^a	0.88 ± 0.11 ^a
C.V(%)	8.34	4.68	12.56
B-U30	0.94 ± 0.09 ^a	0.93 ± 0.03 ^a	0.88 ± 0.02 ^a
C.V(%)	9.58	3.23	2.28
B-U40	0.96 ± 0.07 ^a	1.00 ± 0.02 ^a	1.01 ± 0.04 ^a
C.V(%)	7.30	2.00	3.96

* 평균 ± 표준편차(SP)

a. 가로열 서로 다른 윗첨자는 통계적 유의차를 의미함(P<0.05)

시험 4. 호밀 곤포사일리지의 적정입자도 및 성분분석 조사

1) 연구방법 및 내용

호밀 곤포사일리지 20%를 함유하는 비육TMR을 제조할 때 배합시간별 성상을 조사연구하기 위하여 표 4-1의 O-M35구와 같은 배합비로 사료배합시간을 A(10분), B(15분), C(20분)으로 달리 제조하여 실험하였다. 본 실험에서는 세절하지 않은 호밀 Roll Bale(원형곤포사일리지)를 이용하였으며 맥주박과 물을 이용하여 수분을 35% 전후로 보정하여 시행하였다. TMR 제품 bin에서 배출된 사료를 제1분획(전반=20/100), 제2분획(중반=50/100), 제3분획(후반=80/100)으로 구분하여 3회 반복 채취하여 총 27개의 샘플을 각각 500g씩 채취하여 Pennsylvania Sieve(4단)를 이용하여 잔류량 검사를 시행하였다. (사진 4-1 참조)

사진 4-1.ennsylvania Sieve를 이용한 잔류량 검사



참고로 본 실험에 이용된 배합기는 S사가 만든 12m³의 공장용 TMR 배합기로 Batch당 3t을 생산할 수 있다. 4개의 스크류가 달린 Auger형 Mixer로 스크류에는 세절용 칼날이 회전 방향을 따라 8개가 달려있으며 회전속도는 분당 12회로 50마력 배합기를 사용하였다. 일반적으로 TMR 공장에서 사용하는 배합기로서 대한민국에서 가장 많이 사용하는 형태로 칼날이 달려있어 세절기능이 있는 것이다.

② 연구결과 및 고찰

1차년도 실행한 청보리 곤포사일리지 실험과 동일한 배합비에서 청보리 곤포사일리지를 호밀 곤포사일리지로 단순 교체한 실험 배합비를 수행한 실험으로 청보리와는 다른 실험 결과가 확인되었다. Pennsylvania Sieve 검사결과 1, 2단 체에서 동일하게 유의적인 차이가 발생하였으며 역시 4단 체에서도 잔량이 유의적인 차이가 있음을 보여주고 있다(표 3-5, P<0.05).

입자크기가 큰 4단 체에는 시간이 지날수록 적게 남는 경향이 뚜렷이 나타났는데 15분 정도의 배합이 적합하다고 판단했던 청보리 사일리지와는 달리 적어도 15분 이상 20분 가까이 배합하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 이것은 일반적으로 호밀 곤포사일리지가 청보리 곤포사일리지 보다 stem의 질긴 정도가 강한 것으로 판단된다. 호밀의 Stem 두께는 가늘어도 청보리보다 배합기내에서 잘 세절되지 않는 것을 나타내므로 청보리보다 배합시간이 더 필요함을 나타내는 반증 자료라고 할 수 있다.

표 4-1. 호밀 곤포사일리지의 배합시간에 따른 잔류량 검사 (단위 : g)

처리구	잔 류 량			
	1단	2단	3단	4단
A(10분 배합구)	122.67±9.95 ^b	214.22±7.58 ^b	78.22±14.71 ^a	78.00±25.18 ^a
B(15분 배합구)	127.33±5.83 ^{ab}	216.89±8.84 ^{ab}	88.22±10.51 ^a	62.00±13.19 ^{ab}
C(20분 배합구)	132.44±8.71 ^a	223.56±9.15 ^a	86.67±16.52 ^a	48.89±10.11 ^b

- * 평균 ± 표준편차(SP), a, b 세로열 서로 다른 윗첨자는 통계적 유의차를 의미함(P<0.05)
 - Pennsylvania Sieve(4단 검사)를 이용

또한 외관상 검사에서도 15분 동안 배합한 구에서 너무 거친 느낌을 보여 상업적 사료에 적용하기 어려울 것으로 보이며 20분 정도의 배합시간이 요구되고 육안적 정상검사에서도 비교적 바람직한 것으로 사료된다.

시험 5. 동계 사료작물(청보리, 호밀)의 효율적 보관이용에 관한 실험

1) 연구방법 및 내용

동계 사료작물의 보관방법에 따른 수분의 변이를 보기위해 전북 소재 동진강낙협으로부터 호밀 곤포사일리지와 청보리 곤포사일리지를 구입하여 시행하였다. 호밀 곤포사일리지는 1일 정도 건조한 후 수확한 것으로 수분이 50% 전후였고, 청보리 곤포사일리지는 수분이 높은 것과 낮은 것 2가지 종류를 구입하여 실험에 사용하였다. 호밀 곤포사일리지를 각각 보관방법을 달리하였는데, 2개의 Roll은 황으로(LM-황1단), 2개의 Roll은 정상적인 종으로(LM-종1단), 2개의 Roll은 2단 적재를 하여(LM-종2단) 보관기간동안의 수분변화를 관찰하고자 하였다.

또한 청보리 곤포사일리지는 높은 수분 Roll 4개를 2개는 정상적인 모양으로 보관하였고(HM-종1단), 2개의 Roll은 2단 적재하여서(HM-종2단) 상호간 수분의 변화를 비교·측정하였다. 또한 낮은 수분 Roll 4개를 2개는 2단 적재하였고(LM-종2단), 2개의 Roll은 황으로 보관(LM-황1단)하여 보관기간동안 수분의 변화를 측정하였다.

2009년 8월 5일부터 12월 7일까지 4개월간에 걸쳐 매20일 마다 수분을 측정하였는데 수분 측정지점은 상, 중, 하의 가운데 부분을 측정하기 위해 노력하였고, 수분측정은 일본 KETT사 제품인 다용도 조사료 수분측정기(모델 HB300)로 실시하였다. Roll Bale은 세멘콘크리트바닥에 보관하였으며 실험기간동안 비를 맞으면서 햇볕에 노출된 자연 그대로 방치 보관하였다. (사진 5-1 참조)

사진 5-1. 곤포사일리지 보관



2) 연구결과 및 고찰

① 호밀 곤포사일리지

호밀 곤포사일리지는 청보리보다 비교적 한Roll당 무게가 무거웠는데 이는 Roll Bale을 만들 때 청보리보다 제품내 진압 공간이 적을 것이라는 것을 추측할 수 있다. 일반적으로 수분에 따라 Roll Bale의 무게가 차이가 있으나 본 연구에 사용된 호밀 곤포사일리지는 수분이 50% 전 후임에도 450~500kg을 유지하였으며 상대적으로 청보리 곤포사일리지는 수분이 60% 이상임에도 불구하고 450kg 전후의 무게를 갖고 있는 것으로 파악되었다. 이는 Roll Bale 제조시 청보리보다 호밀이 비교적 촘촘히 수확되고 내적 공간이 적어 공기를 적게 함유하고 진압이 잘 된다는 사실을 의미한다고 할 수 있다.

표 5-2에서 보는바와 같이 호밀 곤포사일리지는 종보관이나 횡보관 모두 비교적 유의적인 수분변화가 없는 것으로 관찰되었다.(P<0.05) 다만, LM-횡1단 보관 1구에서 보관시간이 지날 수록 점차 수분이 감소하는 현상이 관찰되었으며 이는 곤포사일리지 보관 시 횡보관 보다는 종보관이 적합하다는 것을 반증하는 것으로 사료된다.

표 5-2. 호밀 곤포사일리지의 수분변화 측정 실험 (단위 : %)

처 리 구	실 험 일 자						
	8/5	8/25	9/14	10/5	10/26	11/16	12/7
LM-횡1단	49±1.2 a	50.1±2.2 a	50.6±1.8 a	51.8±3.5 a	48.5±4.4 a	42.1±3.5 b	46.3±3.8 ab
LM-횡1단	44.4±3.8 a	41.7±5.8 a	42.6±4.6 a	44.3±3.2 a	43.2±5.5 a	41.5±7.1 a	44.6±5.5 a
LM-종1단	49.4±0.9 a	45.8±5.9 a	45.7±4.4 a	47.8±1.3 a	50.9±2.8 a	44.8±2.4 a	48.3±0.7 a
LM-종1단	50.1±1.8 a	50.4±1.3 a	51.2±3.5 a	51.0±2.2 a	49.7±4.9 a	48.6±2.6 a	50.6±3.1 a
LM-종2단	51.0±0.8 a	50.0±1.4 a	50.5±3.3 a	50.3±1.1 a	49.7±3.7 a	48.7±1.4 a	50.0±0.9 a
LM-종2단	50.3±1.4 a	49.3±0.6 a	48.9±0.2 a	49.8±0.7 a	51.3±2.8 a	48.1±3.6 a	51.0±1.1 a

* 평균 ± 표준편차(SP)

② 청보리 곤포사일리지

청보리 곤포사일리지를 보관하면서 점차 시간이 흐를수록 곰팡이 발생이 늘어나는 것을 육안으로 확인 할 수 있었는데 이는 청보리의 Bale 작업시 단단히 묶지 않으면 흔히 발생하는 일로 생각되며 사료적 가치가 급격히 감소되는 것으로 판단할 수 있다. 청보리가 호밀 곤포사일리지보다 부피당 무게가 적게 나가는 문제는 과연 Roll Bale 수확의 방법이 적합한 것인지 의문을 갖게 되고 보다 진압된 수확의 방법이 연구되고 제시되어야 할 것으로 판단된다. (사진 5-2 참조)

사진 5-2. 곰팡이가 발생하는 청보리 사일리지



표 -37. 청보리 곤포사일리지의 수분변화 측정 실험 (단위 : %)

처리구	실험 일자						
	8/5	8/25	9/14	10/5	10/26	11/16	12/7
HM-종1단	65.4±8.9 ab	68.5±11.8 ab	69.1±7.8 ab	70.5±6.8 a	53.4±6.7 b	55.6±5.8 ab	66.8±9.0 ab
HM-중1단	61.8±10.2 a	61.0±9.5 a	64.1±8.0 a	61.6±9.0 a	59.3±17.4 a	53.7±6.7 a	63.2±10.3 a
HM-중2단	67.8±10.6 a	55.9±1.1 b	57.5±1.9 ab	63.5±7.3 ab	52.5±2.7 b	52.4±3.6 b	59.4±6.5 ab
HM-중2단	62.2±10.2 a	62.3±10.9 a	63.7±7.9 a	65.5±8.4 a	54.7±6.5 a	58.5±1.6 a	61.4±8.6 a
LM-중2단	58.6±2.6 a	60.4±1.7 a	60.7±2.9 a	59.8±0.7 a	54.2±7.4 a	57.4±12.8 a	61.4±6.4 a
LM-중2단	55.9±1.2 abc	65.1±8.4 a	61.9±8.9 ab	63.9±7.9 a	51.4±1.5 bc	48.0±5.5 c	59.3±3.0 abc
LM-횡1단	62.7±11.1 a	57.5±1.2 abc	58.1±1.3 ab	60.3±4.2 a	48.5±1.4 c	50.8±3.0 bc	54.4±3.2 abc
LM-횡1단	60.8±10.9 a	68.2±10.9 a	68.7±10.2 a	59.7±3.9 a	63.1±14.7 a	53.4±6.5 a	56.3±10.6 a

* 평균 ± 표준편차(SP)

표 5-3에서 보는바와 같이 종1단 보관이라 하더라도 개체별로 차이가 많으며 수분이 많거나 적은 것도 보관상의 상태와는 관계없이 유의적인 차이가 많이 나타나는 것을 볼 수 있다.(P<0.05) 고수분 중2단 보관이나 저수분 중2단 보관도 역시 각 개체별로 차이를 보이는데 개체별 수분이 감소하는 구와 수분변화가 없는 구로 명확히 구분되는 현상을 볼 수 있다. 다만, 저수분 횡1단 보관에서는 유의적인 차가 없다 하더라도 2개의 구가 모두 수분이 감소하는 것으로 나타났는데 횡보관은 호밀에서와 같이 수분이 감소하는 경향을 보이는 것으로 나타났다. 따라서 중2단 적재를 하든 종1단 보관을 하든 큰 문제는 없을 것으로 보이나 호밀이 청보리보다 수분의 변화가 적은 것으로 나타났으며 청보리는 개체간 수분변화의 차이가 크게 나

타나는 것으로 확인되었다.

결론적으로 증보관이 횡보관보다 바람직한 것으로 판단되며 Bale 수확시 진압의 정도에 따라 개체별로 큰 차이가 나타나는 것으로 보아 곤포사일리지 제조시에 단단히 진압하면서 수확하는 것이 매우 중요한 수확 방법이라고 사료된다.

시험 6. 동계사료작물의 기호성 비교실험

1) 연구방법 및 내용

국내산 동계사료작물의 기호성을 비교하기 위해서 본 실험을 수행하였으며 본 기호성 비교 실험은 2011년 5월 9일부터 23일까지 15일간 충북 영동군 용산면 백자전리 665-14 김만호 씨 한우목장에서 실시하였다. 생후 12~14개월령의 거세한우를 3개 처리구 3반복으로 각 처리구당 5두씩 총 45두의 한우를 이용하여 실시하였다.

본 실험에 이용된 청보리, 호밀, 이탈리아라이그라스 곤포사일리지는 2010년도에 전라북도 동진강낙협에서 제조하여 보관하던 것으로 구입하여 사용하였다. 최초 1주일간의 섭취량은 계산하지 않았고 적응기간을 거친 후 15일간의 조사료 섭취량을 비교분석하였다. 실험기간동안 사료나 물은 관행대로 급여하였으며 1개 처리구당 두 가지의 조사료를 통베일째 급여하여 15일 후 잔량을 검사하는 방법으로 시행하였다.

2) 연구결과 및 고찰

표 6-1에서 보는바와 같이 A구에서 청보리와 IRG의 비교에서는 건물섭취량이 IRG가 유의적으로 높았으며 B구의 호밀과 IRG에서는 IRG가 유의적으로 높았다($P < 0.05$). 또한 C구의 호밀과 청보리의 비교에서는 호밀이 기호성이 우수한 것으로 나타났다. 일반적으로 청보리 보다는 국내산 호밀이나 IRG가 기호성이 우수한 것으로 나타났으며 동계사료작물의 경우 이용효율이 좋고 기호성이 좋은 IRG나 호밀이 바람직한 사료작물로 판단된다.

표 6-1. 동계사료작물 기호성 실험 채식량

단위: %, kg

분류	구분	수분(%)	섭취량(kg)	건물섭취량(kg)
A구	청보리	60.2±3.1	325± 7.6	129.0± 7.3 ^b
	IRG	71.5±2.2	493±18.5	140.3±13.7 ^a
B구	호밀	63.0±1.7	331± 7.5	122.7± 6.5 ^b
	IRG	71.5±2.2	461±23.3	130.9± 4.5 ^a
C구	호밀	63.0±1.7	437±20.8	161.4± 1.3 ^a
	청보리	60.2±3.1	255±23.4	101.7±17.1 ^b

IRG= Italian rye grass. $P < 0.05$

다만 실험기간중 급여되는 조사료의 상태에 따라 변이가 심하게 나타났으며 이로 인해 S.V 값의 변동폭이 커지는 것으로 나타났다. 이는 IRG에서 수분이 높아 특히 심하게 나타났으며 급여도중 건조되는 것으로 사료되고 장기간 급여하는 소농가에서는 부패까지 진행되게 되어 기호성에 악영향을 미치는 것으로 분석된다.

시험 7. 최저가격 TMR생산을 위한 동계사료작물의 경제성 비교

1) 연구방법 및 내용

2010년 5월에 생산된 동계사료작물(호밀, 청보리)의 시중 유통가격 대비 수입 조사료의 유통가격을 건물기준으로 TDN 및 RFV 대비 경제성을 평가하기 위해 시행하였다. 2010년 상반기 국내 수입된 조사료와 동계사료작물의 성분을 분석한 후 시중 유통되는 가격을 산정하여 건물, TDN, RFV 별 단가를 적용하여 분석하였으며, 유통단계별로 약간의 차이가 있을 수 있으나 적용가격은 일괄적으로 계산하였다.

2) 결과 및 고찰

2010년도 상반기에 국내에 수입되고 있는 조사료는 가격이 20%이상 올라있는 상태로 수입되고 있다. 이러한 현상은 옥수수 가격의 상승으로 인한 조사료 재배면적의 감소가 주요인이 되고 있는데 앞으로 지속적인 강세가 예상되고 있다. 2007년 이전만 하더라도 톨패스큐의 수입가격은 170\$/t 정도로 소비자가격은 kg당 250원 수준에서 거래되었다. 국내산 조사료는 대부분 kg당 120원 수준에서 거래되고 있는 실정으로 2010년도 이전과 비교하여 2010년도 이후에는 국제 조사료가격의 상승으로 인해 국내산 조사료가 경제성이 있는 것으로 분석되고 있다.

표 7-1과 표 7-2]에서 보는바와 마찬가지로 청보리와 호밀이 클라인건초나 톨패스큐와 비교해서 건물당 가격이 저렴하게 나타나고 있으며 kg당 TDN 가격 비교에서도 경제성이 있는 것으로 분석되고 있다.

표 7-1. 수입건초 평균 단가

품목	수입단가(\$/t)**	농가 도착가격(원)**
티머시건초	374	490
클라인건초	256	348
톨패스큐스트로	242	338

* 환율 1,150원/\$, 통관비, 운반비, 이윤포함

** 2010년 상반기 평균 수입단가 - 자료:한국단미사료협회

표 7-2. 국내산 조사료와 수입 조사료의 사료성분

분류	구분	수분	조단백질	NDF	건물기준(%)	
					ADF	TDN
국내산	벚짚	13.00	5.1	75.4	51.0	43.7
	청보리	67.41	7.1	67.4	32.0	63.6
	호밀	68.25	7.8	68.8	42.9	55.5
	이탈리안라이그라스	58.30	10.1	55.3	32.7	63.4
수입	티머시건초	11.01	10.4	64.5	37.4	59.5
조사료	클라인건초	11.00	11.0	72.6	35.3	60.9
	톨페스큐짚	10.84	5.2	72.2	45.2	55.6

표 7-3. 조사료의 건물 및 TDN 가격 비교

분류	수분(%)	원물가격(kg)	건물가격(kg)	건물기준(%)	
				TDN(%)	TDN가격(kg)
청보리	67.41	120	368	63.6	579
호밀	68.25	120	378	55.5	681
티모시건초	11.01	490	551	59.5	926
클라인건초	11.00	348	391	60.9	642
톨페스큐스트로우	10.84	338	379	55.6	682

하지만 양질의 조사료를 확보하고자하는 양축농가들은 조사료의 균일성과 품질에 있어서 수입 조사료를 선호하고 있는 것이 사실이며, 실제적으로 수입 조사료 가격이 10%만 내려가도 국내산 조사료의 경쟁력은 급락하게 된다.

조사료의 경제성 분석에서 고려해야 할 것은 건물가격과 TDN만이 아니라고 사료되는데 이는 NDF가 높을수록 섭취량이 떨어지므로 NDF가 낮은 조사료 생산이 중요한 조사료 생산 목표가 되어야 하는 것이다. 국내산 조사료인 호밀이나 청보리가 수입 클라인건초나 톨페스큐보다 NDF 함량은 낮으나 티모시보다는 높아서 기호성에 영향을 주기 때문에 국내산 조사료 생산에 있어서 NDF를 줄여서 생산하는 기술이 필요할 것이다.

결론적으로 조사료에서 TDN이나 조단백질을 얻기 위한 것이 아니라 양질의 조사료 즉 NDF가 낮은 기호성이 좋은 조사료를 얻기 위한 것이므로 이에 대한 연구검토가 이루어져야 한다. 이런 측면에서 국내산 이탈리아라이그라스는 청보리나 호밀보다 훨씬 양질의 조사료라고 할 수 있다.

표 7-4에서 보는바와 같이 RFV 상대가격으로 분석하여도 국내산 청보리나 IRG등은 품질대비 티머시건초등 수입조사료보다 우수한 것으로 평가된다. 또한 가격경쟁력이 있는 것으로 분석되고 있다. 다만 티머시 건초는 DMI가 높아 수입조사료 중 기호성이 좋다고 평가되어 농장에서 비싸도 선호하는 것으로 보여진다. 2010년이후 수입조사료 가격이 상승한 것이 가장 큰 경제성 우위효과로 나타난 것으로 판단된다.

표 7-4. 국내산 조사료와 수입 조사료의 RFV 수치와 가격비교

분류	구분	건물가격 (kg)	DDM(%)*	DMI(%)**	RFV***	RFV상대가 격****
국내산	벚짚	-	49.17	1.59	60.6	-
	청보리	368	63.97	1.78	88.3	4.17
	호밀	378	55.48	1.74	74.8	5.05
	이탈리안라이그라스	382	63.43	2.17	106.7	3.58
수입	티머시건초	551	59.8	1.86	86.2	6.39
조사료	클라인건초	391	61.4	1.65	78.5	4.98
	톨패스큐짚	379	53.7	1.66	69.1	5.48

* $DDM=88.9\%-(0.779 \times ADF\%)$

** $DMI(\text{체중의 } \%)=120 \div NDF\%$

*** $RFV(\text{상대적조사료가치}) = DDM \times DMI \div 1.29$

**** 건물가격/RFV

제 4 장 연구결과에 대한 종합고찰 및 사료 조제와 급여 프로그램

1. 제 1 세부과제 (주요 동계 사료작물의 성분 분석, 사료가치 평가 및 한우

사양프로그램 개발, 충북대학교) 연구 결과에 대한 종합 고찰 및 TMR 조제 시 권장 영양소 수준

주지하는 바와 같이 소와 같이 소와 같은 반추동물에서 조사료는 그 자체의 영양적 가치의 의미를 크게 능가하여 가축의 소화 생리적, 그리고 반추동물 축산물 생산에 매우 중요한 역할을 한다. 이에 따라 소위 섬유질 배합사료(완전혼합사료, TMR)의 사료적 가치가 평가되고, 여러 각도에서 그러한 사료의 유익함이 증명되었다. 즉, 섬유질 배합사료를 급여함으로써 반추위 내 사료의 발효 환경 및 사료의 이용성이 개선되었으며, 동시에 대사성 질병 발생이 감소됨은 물론(우유)생산성까지 개선되는 효과를 보였다(Nocek 등, 1986; Harrison 등, 1989; Kellems 등, 1991). 국내에서도 청예 사료작물을 이용한 완전 배합발효사료 급여가 우유생산성에 미치는 효과를 조사한 바, 긍정적인 효과가 있음이 증명되기도(이현준 등, 2003) 했다.

국내에서도 조원모 등(2000)보리 총체담근먹이가 거세 한우의 성장과 사료이용성 및 육질에 미치는 효과를 조사하는 등 그동안 젓소에 주로 이용되던 청보리 사일리지를 한우에 응용할 수 있는 기초 연구도 실시한 바 있다. 그 후로 김경훈 등(2003)에 의해 섬유질 배합사료 급여가 비육 후기의 거세한우를 대상으로 반추위 내 발효성상과 소화율 및 산육성에 미치는 효과 등이 조사된 바, 반추위 내 발효여건 및 성장과 육질등급 등이 개선된 효과를 보였다고 보고한 바 있다. 이러한 효과는 이덕윤 등(2003)에 의해서도 확인되었다. 또한 조영무 등(2008)이 거세한우를 대상으로 섬유질배합사료의 증체효과 및 도체특성 등을 조사한 바, 생산성과 도체특성의 개선효과, 그리고 생산비 절감효과가 있음을 보고하였다. 이밖에도 면양(이현준 등, 2002)과 흑염소(황보순 등, 2008)에 의해 각각 청예사료작물과 청보리 사일리지의 사료적 가치가 조사되어 사료 이용성 측면에서 긍정적인 결과가 있었음이 발표되기도 했다.

한편, 이미 서구에서는 1970년대에 청보리 등 동계 사료작물의 사료적 가치에 대한 연구가 진행되었다는 보고(Burgress 등, 1973)가 있으며, 보리 사일리지 급여 시 육량 및 육질등급이 향상되었다는 보고(Mowat와 Slumski, 1971)도 있다. 특히, 청보리 사일리지의 옥수수 사일리지를 대체할 수 있는 에너지원으로 권장되기도 했다(Fisher 등, 1972). 2000년대에 들어 국내에서도 총체보리(청보리) 생산 및 이용이 권장되고, 청보리 사일리지의 사료적 가치가 조사되기 시작했다. 조원모 등(2000)은 거세 한우 송아지 40두를 대상으로 보리 총체 담근먹이가 성장과 사료 이용성 및 육질에 미치는 효과를 조사한 결과 증체량과 사료 이용효율 등에서 기존의 사료 관행 급여구에 비해 개선된 효과를 보였다고 보고하였다. 이밖에도 부분적이고 한우를 대상으로 하는 시험 규모 역시 작았지만 청보리의 생산과 이용에 관한 다수의 보고도 있는 것으로 알려진다.

그러나 한우의 경우한우 사육농가에서는 2005년 이전까지 농후사료(배합사료) 중심으로 사육(비육) 해왔고, 그 이후에서야 청보리를 중심으로 TMR이 본격적으로 도입하기 시작했다. 특히, 정부에 의한 유희농경지 활용 촉진을 위해 그동안 식용을 위해 재배되었던 보리를 소의 조사료에 이용토록 권장되어 왔다.

때마침, 지난 2년여 간 국제 곡물가격이 폭등하게 되어 축산물 생산비 역시 폭등함에 따라 다른 가축에 비해 더 많은 량의 수입 원료 사료와 조사료를 섭취하는 소 산업에 위기가 닥쳐왔다. 이에 따라 국내의 부존자원을 적극 활용토록 함으로서 소 산업 침체의 돌파구를 마련하는 계기의 일환으로 동계 사료작물 등을 이용하는 방법의 개발이 요구되었다. 원료사료의 수입으로 인한 외화의 절약은 물론 유희 농경지 활용 면적을 확대시켜 경지 농가의 소득을 더 높이는 일거양득이 가능했기에 정부는 소 사육에 사료작물의 활용을 적극적으로 추진하기에 이르렀다. 따라서 정부에서의 사료작물 생산량 증가에 대한 권장 및 지원은 소를 위한 것 보다 농경지 소유 농가의 소득 향상에 더 우선적인 정책 목표를 둔 측면도 없지 않다.

본 연구는 정부(농림수산식품부)에서 개발한 기획과제의 일환으로 2008년 7월부터 2011년 6월까지 거세 한우에 대한 동계 사료작물(청보리 사일리지 및 호밀 사일리지) TMR의 사료적 가치(이용성)을 조사하고, 한우에 대한 동계사료작물의 이용방법을 확립함으로서 원료사료의 수입 대체효과는 물론 사료작물 생산량을 증가시킬 목적으로 개발된 연구과제이다. 이에, 주요 동계사료작물인 청보리와 호밀의 사일리지 제조 전 및 제조 후의 두 종류 사료작물의 성분 분석은 물론 *in vitro* 및 *in situ* 반추위내 분해율과 발효특성, 그리고 사일리지 TMR의 전장 소화율 등을 조사하였다. 뿐만 아니라, 거세 한우 송아지를 대상으로 사료의 관행 급여 방법(배합사료 및 볏짚 급여)과 두 종류 사일리지 TMR의 사료적 가치를 조사, 비교하였다.

먼저, 다양한 종류(6 종)의 사료작물 사일리지를 대상으로 단백질을 분획하고 borate-phosphate buffer 추출이 *in vitro* 발효 성상, gas 발생 그리고 분해율에 미치는 효과를 조사함으로서 향후 사료작물 사일리지의 이용을 위한 기초 정보(자료)를 확립한 바 있다(시험 1). 또한 청보리와 호밀의 사료 성분 분석 결과(시험 2-1) 조단백질 함량은 호밀에서 다소 높은 반면 조지방 함량은 청보리에서 다소 높은 것으로 나타났다. 사일리지의 경우 사일리지 조제 전의 청보리 및 호밀과 비슷한 양상을 보였다. 그러나 CNCPS 방법에서와 같이 borate buffer로 가용성 단백질을 추출할 경우 조단백질 함량에서는 사일리지 조제 전에 비하여 청보리가 2.83%로서 64.5% 손실되었으며, 호밀의 경우 2.42%로서 72.2%가 줄어든 것으로 나타났다. 조지방의 경우 사일리지 조제 전에 비하여 청보리가 3.05%로서 43.1% 손실되었으며, 호밀의 경우 2.74%로서 58.9%가 줄어든 것으로 나타나 두 종류의 사료작물을 발효시키는 동안 주요 영양소의 손실량이 매우 컸다. 이에 비하여 상대적으로 이용율이 낮은 NDF 및 ADF 함량은 23 - 24% 정도 증가된 것으로 나타났다. 물론, 일부 가용성 단백질과 조지방이 사일리지 조제에 따른 발효기간 중에 미생물 단백질 합성에 이용될 수 있다고 하지만, 가용성 단백질(청보리 사일리지, 총 단백질의 67.7%; 호밀 사일리지, 총 단백질의 75.8%)의 대부분이 암모니아 형태로 전변될 수 있기 때문에 그만큼 사일리지의 단백질 손실로 간주할 수 있다. 따

라서 두 종류의 사일리지를 이용할 경우 단백질은 물론 탄수화물 손실량에 대한 대책이 필요한 것으로 보인다. 그러나 가용성 물질 함량 및 *in vitro* 발효특성과 분해율 등 전체적으로 보아 두 종류간 사료적 가치에서의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

그러나 사일리지의 사료적 가치는 대부분 채취(수확) 시기와 채취 시 이물질의 포함 여부 등에 달려있으며, 사일리지를 이용한 TMR의 사료적 가치도 크게 영향을 받는다. 실제로 본 연구가 진행되는 동안 여러 번에 걸쳐 사일리지를 채취, 분석했으나 채취 시기별로 성분 함량이 균일하지 않음을 알 수 있었다(시험 2-2). 또한 사일리지 TMR 역시 수분 함량과 영양소 함량 등에서 균일하지 못한 점을 발견하였다. 이것은 기본적으로 사일리지 그 자체는 물론 사료의 혼합에 있어 여전히 문제가 있기 때문인 것으로 보인다. 따라서 향후에는 동계 사료작물 사일리지의 사료적 가치와 이용효율을 개선하기 위해서 적정 수확시기에 따른 이용율(영양소 함량 및 소화율)을 조사할 예정이며, 그러한 결과를 시험사료 제조에 반영토록 할 것이다.

본 과제로부터 도출된 중요한 결과 중 하나가 실제 소를 대상으로 한 대사시험을 통하여 여러 종류 사일리지의 체내 이용성과 각 사일리지의 TDN 함량을 도출하였다는 점이다. 그동안 국내에서 보고된 각동 조사료의 TDN 함량은 모두가 조사료의 ADF 함량을 근거로 계산식으로부터 산출된 것이었다.

대사시험(시험 4 - 시험 6)에서 관행사양에서 주로 사용하는 볏짚과 비교할 때 사일리지 TMR의 이용효율(발효특성 및 소화율 등)이 다소 높거나 비슷한 것을 확인할 수 있었는데, 이런 점으로 미루어 보아 거세 한우를 위한 성장단계 별 청보리 사일리지나 청호밀 사일리지를 이용하여 조제한 TMR 역시 한우의 정상적인 성장에 무리가 없는 사료로 이용될 수 있다고 여겨진다.

사양시험(시험 7)은 2008년 10월 13일부터 2010년 8월 26일까지 680일 동안 거세 한우 송아지 80두에 대한 동계 사료작물(청보리 사일리지 및 청호밀 사일리지) TMR의 사료적 가치(이용성)을 조사하고, 한우에 대한 동계사료작물의 이용방법을 확립함으로써 원료사료의 수입 대체효과는 물론 사료작물 생산량을 증가시킬 목적으로 실시되었다. 조사한 결과로 보아, 사양 시험의 경우 성장단계 별 사료의 종류에 따른 섭취량에 의한 영향을 더 많이 받은 것으로 보인다. 즉, 사료 섭취량이 많을수록 증체량이 더 높았는데, 이러한 결과는 대부분 사일리지 TMR에서 긍정적인 결과를 보였다. 그러나 사일리지 TMR 가격이 관행사료의 가격과 큰 차이가 없었다는 점에서 총 사료비는 비육후기까지 섭취량이 많았던 사일리지 TMR 처리구의 총 사료비가 더 많이 소요된 것으로 나타났다. 한우 증체 kg 당 사료비가 관행사양방법의 사료비에 비해 다소 낮았지만 비육 중기까지 사일리지 TMR을 급여한 후 비육후기에 관행사료로 전환된 처리구의 섭취량이 감소로 비육후기의 증체량이 다소 낮은 점으로 보아 출하 전까지 동일한 사료를 급여하는 것이 바람직할 수 있다는 것을 시사해준다. 본 시험의 결과로 보아 두 종류의 사일리지 TMR이 생산성과 사료비 절감의 가능성을 보였지만 관행사료에 비해 육질을 개선시키지는 못한 것으로 나타난 바, 이 점에서는 추후 재 시험을 할 필요가 있는 것으로 보인다. 전체적으로는 청보리 및 청호밀 사일리지 TMR의 사료적 가치는 거의 비슷한 것으로 나

타났다.

그러나 주요 조사료 자원으로서 청보리 또는 청호밀 사일리지를 이용하여 조제한 TMR을 거세한우에 급여한 결과, 종료체중이 당초 예상했던 체중과 비슷하였음에도 불구하고 사일리지 TMR을 급여한 한우에서 육성기와 비육 중기의 증체량(속도)가 동기간 예상(그림 7-2)했던 것보다 다소 둔화된 경향(그림 7-3)을 보였다. 관행사양구에 비하여 이 기간에서 다소 높은 증체율을 보인 것은 대체로 사일리지 TMR 급여구에서의 사료 섭취량이 다소 높았던(표 7-8) 때문으로 여겨진다. 이에 따라 아래“동계사료작물(청보리 및 청호밀) 사일리지 TMR 급여 시 성장단계별 거세 한우의 사료급여 모델”과 같이 육성기와 비육 전기의 주요 영양소(TDN 및 조단백질 함량)을 다소 증가시켜 본 연구에서의 증체율보다 육성기 및 비육전기의 증체량을 다소 증가시킬 필요가 있는 것으로 보인다.

○ 동계사료작물(청보리 및 청호밀) 사일리지 TMR 급여 시 성장단계별
거세 한우의 사료급여 모델

1. 육성기*

항 목			6~12 개월령
목표 평균 일당증체량, kg			0.65
청보리 및 청호밀 사일리지 TMR	TMR	TDN	68% (건물 기준)
		조단백질	13% (건물 기준)
	사료 급여방법		자유 채식 TMR 내 사일리지 : 40% (급여상태 기준)

* 본 연구과제에서 계획된 TDN 및 조단백질 함량보다 각각 3% 및 2% 상향조정 필요.

2. 비육 전기*

항 목			13~18 개월령
목표 평균 일당증체량, kg			0.93
청보리 및 청호밀 사일리지 TMR	TMR	TDN	70% (건물 기준)
		조단백질	11.5% (건물 기준)
	사료 급여방법		자유 채식 TMR 내 사일리지 : 30% (급여상태 기준)

* 본 연구과제에서 계획된 TDN 및 조단백질 함량보다 각각 1% 및 0.5% 상향조정 필요.

3. 비육 중기*

항 목			19~24 개월령
목표 평균 일당증체량, kg			0.85
청보리 및 청호밀 사일리지 TMR	TMR	TDN	71.5%
		조단백질	10.5% (건물 기준)
	사료 급여방법		자유 채식 TMR 내 사일리지 : 20% (급여상태 기준)

* 본 연구과제에서 계획된 TDN 함량보다 0.5% 상향조정 필요.

4. 비육 후기*

항 목			25 개월령 이후 출하시까지
목표 평균 일당증체량, kg			
청보리 및 청호밀 사일리지 TMR	TMR	TDN	72.5% (건물 기준)
		조단백질	10% (건물 기준)
	사료 급여방법		자유 채식 TMR 내 사일리지 : 10% (급여상태 기준)

* 본 연구과제에서 계획된 TDN 함량보다 0.5% 상향조정 필요.

2. 제 1 협동과제 (동계 사료작물을 포함하는 낙농용 TMR 모델 개발, 고려대학교) 연구결과에 대한 종합 고찰 및 동계조사료를 포함한 착유우용 TMR의 배합모델 예시

TMR용 원료로 적합한 조사료는 다즙질이어야 하는바, 이는 수분농도가 TMR 원칙의 하나인 균일한 혼합을 보장하는 요소이기 때문이다. 따라서 TMR 용도를 겨냥하는 한 수분농도가 높은 곤포사일리지는 초종을 무시하고서도 대부분 수입건초에 비해 훨씬 높은 이용효율을 기대할 수 있는 전형적인 조사료임에 틀림이 없다.

본 시험연구의 결과들을 종합해 볼 때 공시 사일리지 중 이탈리아라이그라스와 청보리는 수입 조사료를 대체할 수 있는 잠재성이 충분한 TMR용 조사료라고 인정된다. 착유우 TMR용 조사료로 청보리사일리지와 비교할 때 옥수수사일리지는 산유량면에서는 더 우수한 효과를 보인 반면, 유성분 농도, 두당 사료비 및 TDN kg 당 사료비에 있어서는 청보리사일리지가 더 유리할 수 있음이 확인되었다. 특히 청보리사일리지는 TMR용 주요 수입조사료의 하나인 클라인그라스 건초와 비교해서도 상대적 비용이 더 저렴하다는 것이 밝혀졌다.

이상의 연구결과들을 놓고 볼 때 동계작물을 중심으로 하는 청보리 곤포사일리지는 TMR용 조사료로서 수입조사료, 특히 수입건초를 대체하기에 충분한 영양적, 경제적 가치를 지니고 있음이 확인 검증되었다고 할 수 있다. 사일리지 제조 단계에서 더욱 양질의 사일리지를 제조할 경우 본 연구 결과보다 더욱 우수한 효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다. 다만 일반 청보리는 까락이 존재하여 기호성을 떨어뜨린다는 게 여전히 결점으로 남아있어 이를 개선하기 위한 신종종육성이 물론 필요하며, 동시에 기호성이나 수확량 면에서 우수한 이탈리아라이그라스가 대체용 초종으로 생산현장에서 빠르게 부상함을 볼 때, 국내산 종자의 보급확대를 위한 채종장 확보, 그리고 수확을 앞당기는 품종 개량이 앞으로의 연구주제로 매우 중요하다고 사료된다.

일회성 연구로만 그치는 것이 아니라 앞으로 더욱 실증적인 관련 연구를 수행할 수 있게 되기를 기대한다. 예를 들어 본 연구에서는 수입건초 중 클라인그라스 건초와 비교한 시험에 그쳤으나, 이에 비해 현재 더 고가로 수입되고 있는 타 초종의 화본과건초도 많이 있으므로 향후 다른 종류의 수입 건초와도 비교시험을 해볼 필요성이 대두된다.

곤포사일리지는 기상환경이나 제조기술, 첨가제의 종류와 양에 따라 품질의 차이가 커질 수 있으므로 품질을 최적화하는 생산기술을 체계적으로 영농현장에 보급하여야 할 것이다. 동시에 유통을 목적으로 생산 거래되는 조사료의 경우에는 실명제와 등급화에 의한 차등가격제가 정착되어 생산자와 소비자 모두의 욕구를 만족시키는 일이 시급하다고 사료된다.

본 연구의 결과를 바탕으로 동계조사료(청보리 사일리지 및 라이그라스 사일리지)를 이용한 착유우 용 TMR의 배합모델을 예시하면 아래와 같다.

○ 동계조사료를 포함한 착유우용 TMR의 배합모델 예시

1) 두당 1일 35kg 비유(유지율 4%)중인 착유우(630kg)용 TMR

▶ 청보리 사일리지 사용 - 예1

원료 사료	%, DM 기준
청보리 사일리지	13.15
티모시건초	5.27
연맥건초	12.64
알팔파베일건초	7.79
비트펄프	3.34
맥주박	2.15
통면실	7.05
파쇄옥수수	5.10
보호지방	0.77
주문배합사료(펠릿)	42.74
총 계	100.00
<u>영양소 농도(%, DM 기준)</u>	
DM	56.91
TDN	76.60
CP	15.47
RDP	9.59
RUP	5.88
EE	4.68
NDF	39.88
ADF	22.82
Ash	7.50
Ca	0.77
P	0.38

2) 두당 1일 35kg 비유(유지율 4%)중인 착유우(630kg)용 TMR

▶ 청보리 사일리지 사용 - 예2

원료 사료	%, DM 기준
청보리 사일리지	12.73
알팔파베일건초	11.50
옥수수후레이크	7.58
단백피	14.87
소맥피	17.84
통면실	14.95
맥주박	3.93
주정박	4.58
면실피	1.49
당밀	2.97
효모제	1.31
석회석	0.94
식염	0.16
비타민미네랄제	1.24
총 계	100.00
<u>영양소 농도(%, DM 기준)</u>	
DM	65.04
TDN	75.04
CP	18.48
RDP	13.52
RUP	4.96
EE	6.70
NDF	39.73
ADF	21.41
Ash	7.82
Ca	1.14
P	0.62

3) 두당 1일 32kg 비유(유지율 4%)중인 착유우(630kg)용 TMR

▶ 청보리 사일리지 사용 - 예3

원료 사료	%, DM 기준
청보리 사일리지	17.05
알팔파베일건초	12.94
옥수수분말	10.23
단백피	19.99
소맥피	12.34
통면실	12.50
맥주박	4.44
주정박	2.49
당밀	1.83
효모제	3.93
석회석	0.91
식염	0.15
비타민미네랄제	1.20
총 계	100.00
<u>영양소 농도(%, DM 기준)</u>	
DM	65.60
TDN	68.38
CP	15.75
RDP	10.65
RUP	5.10
EE	3.71
NDF	46.44
ADF	19.84
Ash	7.60
Ca	0.77
P	0.38

4) 두당 1일 32kg 비유(유지율 4%)중인 착유우(630kg)용 TMR

▶ 라이그라스 사일리지 사용 예

원료 사료	%, DM 기준
라이그라스 사일리지	16.40
알팔파베일건초	12.61
옥수수대	3.95
옥수수분말	6.23
단백피	19.49
소맥피	15.00
통면실	12.19
맥주박	3.71
주정박	2.00
당밀	1.78
효모제	3.83
석회석	0.59
식염	0.15
비타민미네랄제	2.07
총 계	100.00

영양소 농도(%, DM 기준)

DM	65.21
TDN	68.49
CP	16.04
RDP	10.08
RUP	5.96
EE	4.38
NDF	45.18
ADF	22.19
Ash	8.19
Ca	0.77
P	0.40

3. 제 2 협동 (동계사료작물을 이용한 TMR 제조기술 개발, 주 바이오사료연구소) 연구결과에 대한 종합 고찰 및 국내산 조사료를 이용한 TMR 제품개발 시 고려해야 할 사항

3년 동안 제2협동과제로 수행된 실험 결과를 바탕으로 국내산 조사료를 이용하여 양질의 TMR 배합비 작성 및 조제 시 고려할 필요가 있는 기술적 내용들을 정리하면 아래와 같다.

1) TMR 배합시간

청보리는 10분 이상의 배합시간이면 충분하나 호밀은 15분 이상 20분 정도 배합하는 것이 권장되어야 할 것으로 판단된다.

2) TMR의 수분함량

청보리 곤포사일리지를 육우용 TMR의 원료로 사용할 때 수분함량에 따른 혼합효율은 전혀 문제가 없으나 호밀 곤포사일리지는 TMR 수분함량이 25% 이하로 내려갈 경우 혼합효율의 오차가 크게 나타날 수 있으므로 수분함량을 25% 이상으로 설정하는 것이 바람직하다.

3) 국내산 조사료의 사용비율

청보리 사용비율은 40%까지 높여도 배합효과는 전혀 영향을 주지 않는 것으로 밝혀졌으며 수분이 40%인 TMR을 만들 경우 수분이 높은 맥주박 등의 부산물을 동시에 사용하는 것이 배합오차를 줄이는데 도움이 될 것으로 판단된다.

4) 곤포사일리지의 보관방법

곤포사일리지 제조시 호밀이 청보리보다 무겁게 수확이 되는데 이는 호밀의 stem이 가늘어 비교적 촘촘히 수확되고 내적 공간이 적다는 것을 의미한다고 할 수 있다. 또한 보관 기간 동안 호밀이 청보리보다 수분의 변화가 적은 것으로 나타났으며 청보리는 개체간 수분변화의 차이가 크게 나타나는 것으로 확인되었다. 또한 보관방법을 증보관(세원서 보관)하는 것이 오히려 높은 횡보관보다 바람직한 것으로 판단된다.

5) 동계사료작물로서 적절한 초종

사료 기호성이나 섭취량을 고려하여 볼 때 청보리<호밀<IRG 순으로 영양적 효과가 있는 것으로 판단된다. 문제는 NDF함량을 내리기위해 수확시기를 적절히 하는 것이 바람직하며 이는 RFV수치를 올리고 동계사료작물의 조사료적 가치를 높이는 것으로 사료된다.

6) 동계사료작물의 경제성 비교

IRG는 양질의 조사료로서 호밀이나 청보리보다 우수하며 RFV 가격에서도 가장 저렴한 것으로

로 평가되었으나 롤베일 제조시에 수분을 줄이는 것이 보다 경제적인 것으로 사료된다. 즉 IRG등은 수확시 수분을 70%이하의 헤일리지로 만드는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

제 5 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1. 목표달성도

○ 제1세부과제 (주요 동계 사료작물의 성분 및 사료가치 평가 및 한우 사양프로그램 개발) :

목표 100% 달성

1) 1차년도 연구 :

시험 1. 사료작물 사일리지의 단백질 분획 및 borate-phosphate buffer 추출이 *in vitro* 발효 성장, gas 발생 그리고 분해율에 미치는 효과

시험 2 : 시험용 사료작물의 성분 및 사일리지 발효특성

시험 3. 소에 의한 다양한 사일리지의 이용율 및 TDN 평가

시험 7. 한우 거세우의 육성기 사양시험

2) 2차년도 연구 :

시험 4. 거세 한우 비육 전기용 청보리 및 호밀 silage TMR의 체내 이용성 조사

시험 5. 거세 한우 비육 중기용 청보리 및 호밀 silage TMR의 체내 이용성 조사

시험 7. 한우 거세우의 비육 전기 및 비육 중기 사양시험

3) 3차년도 연구 :

시험 6. 거세 한우 비육 후기용 청보리 및 호밀 silage TMR의 체내 이용성 조사

시험 7. 한우 거세우의 비육 후기 사양시험 및 도체특성 조사

○ 제1협동과제 (동계 사료작물을 포함하는 낙농용 TMR 모델 개발) : 목표 100% 달성

1) 1차년도 연구 :

시험 1. 곤포사일리지용 시료채취기 개발

시험 2. 간이 수분정량법 개발

시험 3. TMR용 조사료로서 청보리 및 옥수수사일리지의 영양적 가치 평가

시험 4. 착유우 사양시험을 통한 영양사료적 가치평가

2) 2차년도 연구 목표

시험 1. 곤포사일리지 시료채취 및 수분정량법의 기술적 유효성 검증

시험 2. 청보리사일리지의 영양사료적 가치 평가시험

시험 3. 공시 TMR의 배합설계 및 공시 TMR의 사료영양적 가치 평가

시험 4. 착유우에 대한 TMR 급여시험 및 경제성 분석

3) 3차년도 연구 :

- 시험 1. TMR용 조사료로서 청보리 및 이탈리아라이그라스 사일리지의 비교 평가
- 시험 2. 착유우에 대한 TMR 사양시험 및 경제성 분석

제2협동과제 (동계사료작물을 이용한 TMR 제조기술 개발) : 목표 100% 달성

1) 1차년도 연구 :

- 시험 1. 동계사료 작물의 적정 입자도 및 성상 분석 조사
- 시험 2. 수분 함량에 따른 배합효과 규명

2) 2차년도 연구 :

- 시험 1. 호밀 곤포사일리지사용 TMR의 수분함량에 따른 배합효과 연구
- 시험 2. 청보리 곤포사일리지의 TMR 사용비율에 따른 배합효과 연구
- 시험 3. 호밀 곤포사일리지의 적정입자도 및 성분분석 조사
- 시험 4. 동계 사료작물(청보리, 호밀)의 효율적 보관이용에 관한 실험

3) 3차년도 연구 :

- 시험 1. 동계사료작물의 기호성 비교실험
- 시험 2. 최저가격 TMR생산을 위한 동계사료작물의 경제성 비교
- 시험 3. 국내산 조사료를 이용한 TMR 제품개발

본 연구 결과의 목표 달성도를 요약하면 다음과 같다 :

① 국내에서 생산되는 사료작물(청보리, 청호밀 사일리지 및 기타 조사료 자원) 및 이들을 이용한 TMR로 한우 사육(비육)을 위한 사료적 가치를 성분 분석과 in vitro 및 대사시험을 통해 다양하게 조사하였으며, 그 시험 결과를 총 실제 한우 사양시험 결과의 해석에 활용하였다.

② 사양시험의 경우, 계획된 바와 같이 80두(5처리)의 거세 한우 송아지를 대상으로 사양단 계별로 청보리 사일리지 및 청호밀 사일리지를 이용한 TMR 사료를 관행 사양방법인 배합사료와 조사료의 분리급여 방법과 비교함으로써 기본적인 조사항목인 섭취량, 증체량, 사료효율은 물론 사료비 소요량을 비교하였고, 도체등급과 도체 특성 등도 조사함으로써 당초의 연구 목표를 성실하게 달성하였다.

③ 당초 계획된 사일리지 TMR을 이용한 한우 사료급여 프로그램의 예상 증체량(그림 7-2)이 실제 본 연구 결과와 매우 흡사하게 나타났기 때문에 본 연구에 적용된 TMR 사료급여 프로그램에 큰 변형 없이 차후의 한우 사육에 직접 이용이 가능할 것으로 여겨진다. 따라서 본 연구의 한우 성단단계별 사료 급여 프로그램을 제시코자 하였다.

④ 젖소에 대한 사양시험은 실험실에서 수행되는 연구에 비하여 고유의 현장성을 가지고 있어 상업농과의 협조상의 어려움은 애당초의 목표 달성에 적지 않은 장애가 되었다. 그럼에도 불구하고 일련의 실험연구 수행을 통하여 전술한 결론에 도달하였다는 점에서 본래의 연구목표를 충실히 달성한 것으로 자체 평가된다.

⑤ 3년 동안 TMR 배합비에 적용할 수 있는 기술적 내용들을 연구한 바, 적정 TMR 배합시간, 적정 TMR의 수분함량, 국내산 조사료의 사용비율, 곤포사일리지의 보관방법 및 동계사료작물의 경제성 등을 조사함으로써 사일리지의 이용상 문제점을 해결하려 하였으며, 아울러 사일리지 TMR의 이용성 개선과 현장 적용을 위한 기초 자료를 확보하였다.

⑥ 총 3년에 걸쳐 한우 및 젖소를 대상으로 실시된 일련의 연구는 그동안 동계사료작물을 이용한 TMR의 부분적인 연구 결과를 크게 보완하는 계기가 된 것으로 여겨진다. 무엇보다도 동계 사료작물의 보급 확대를 위한 각종 기초자료를 도출하였으며, 거세 한우의 육성기에서 비육 후기에 이르는 전 사육기간에 걸쳐 동계사료작물(청보리 및 청호밀) 사일리지 TMR을 폭넓게 이용할 수 있는 guideline 역할을 할 수 있다는 점이다.

⑦ 한우 사육농가를 대상으로 본 연구와 관련된 사일리지 TMR의 활용 방법을 2회에 걸쳐 교육하였고, 사일리지 TMR의 활용 효과에 대해 수차례에 걸쳐 언론에 홍보하였으며 사일리지의 시료 채취 도구 제작에 관한 특허도 출원하였다. 그러나 연구 결과의 논문화(학회지 게재)는 당초의 목표만큼 달성하지 못하여 향후 2년간에 걸쳐 국내외 학회지에 본 연구 결과를 다수(6편) 게재할 예정이다.

⑧ 또한 이미 수차례에 걸쳐 언론 매체를 통해 본 연구의 결과를 홍보하였고, 농가를 대상으로 교육에 활용하였으나 앞으로도 본 연구를 통하여 도출된 결과가 한우 및 젖소 농가와 소 관련 산업체에서 활용될 수 있도록 홍보 및 보급 계획을 수립할 예정이다.

2. 연구성과 목표 및 달성

(단위 : 건수)

구분	특허		신품종				유전 자원 등록	논문		기타
	출원	등록	품명 명칭	종 등록	품 수	생 입 신 고		품종보호		
								출원	등록	
1차년도	목표	1						0	1	학술발표
	달성	1						0	0	1
2차년도	목표							1	2	학술발표
	달성								1	4
3차년도	목표							1	2	학술발표
	달성							0	0	
계	목표	1	1					2	5	학술발표
	달성	1	1					0	1	5

* 연차별 연구성과 목표는 향후 연차평가 등의 정량적 평가지표로 활용됨

3. 연구성과 활용 목표 및 달성

(단위 : 건수)

구분	기술실시(이전)	상품화	정책자료	교육지도	언론홍보	기타
활용건수	목표	3		1	3	1
	달성	1			2	4

제 6 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

1. 연구개발결과의 활용방안

- 본 연구를 통하여 조사된 다양한 동계사료작물 사일리지의 소 체내 이용율 및 TDN 함량은 향후 이들 사료작물을 이용한 TMR 조제시 배합율 작성에 매우 유용하게 이용될 수 있음
- 사료작물을 이용한 TMR 조제를 위한 배합율은 생산성과 경제성 등을 감안할 때 실제 한우 사육농가의 TMR 자가 조제에 직접 활용될 수 있음
- 본 연구에 활용된 거세 한우의 사료급여(사양관리) 프로그램 역시 한우 사육농가에 이전되어 직접 활용이 가능함
- 특허 출원된 곤포사일리지용 시료 채취장비(출원번호 10-2009-0029701)
2011년 등록이 완료되면 지식재산권 확보와 함께 제품화가 가능하며, 국내 유통중인 각종 곤포형 사일리지는 물론, 시료채취와 관련된 산업적 용도의 각종 평가에 이용될 수 있을 것으로 사료됨
- 국내 지역별로 동계 사료작물의 답작재배와 사일리지 제조를 가속화 하며, 현재 낙농사료의 경우 90% 이상, 한우사료의 12% 이상을 점유하고 있는 TMR의 원료조사료로서 청보리와 이탈리아라이그라스를 비롯한 동계조사료의 생산 이용이 확대될 것으로 예상되며, 그에 필요한 기초자료로 활용될 것임
- TMR의 기본을 이루는 조사료의 이용효율을 높임으로써 궁극적으로 축산농가의 사료비 부담을 경감시킬 수 있음
- TMR 배합 시 적정 TMR 배합시간, 적정 TMR의 수분함량, 국내산 조사료의 사용비율, 곤포사일리지의 보관방법 및 동계사료작물의 경제성 등이 조사되어 사일리지의 이용상 문제점을 해결할 수 있음
- 본 연구결과는 매뉴얼로써 지역 농업기술센터 및 영농인을 대상으로 하는 교육 지도용 자료로 활용될 수 있음

청보리·호밀 TMR 이용 한우 시험 사육

고창부안축협, 평가결과 보고·농가교육

신태호 기자, sth4307@hanmail.net

등록일: 2009-12-11 오전 10:51:49

고창부안축협(조합장 김사중)은 지난달 25일 조합 대회의실에서 양축농가 80여명이 참석한 가운데 청보리와 호밀 TMR사료를 이용한 한우사육시험 평가 및 농가교육을 실시했다.

이는 축산업의 지속적인 발전과 양축농가의 사료비 절감을 위하여 지난 2008년부터 2010년까지 3년 동안 충북대학교(축산학과 송만길 교수)와 공동으로 조합자체 생축장에서 사육시험사육을 진행하고 있는 중간평가이다.

이날 송만길 교수는 평가 및 교육에서 2008년 농림기술개발센터 기획과제 공동연구인 동계 사료작물 청보리와 호밀을 이용하여 한우고급육생산에 대한 대조구 시험연구에 대한 중간평가에 대해 설명했다. 또 한우고기 생산에서의 경쟁력 향상 방안과 전략, 양질의 조사료 생산과 고급육생산의 중요성에 대한 교육을 실시했다.

김사중 조합장은 인사말에서 “양축농가의 생산비 절감으로 고급육을 생산, 양축소득을 높이기 위해 수입조사료 의존도를 줄이고 조사료 자급도를 높임과 동시에 농가의 생산비를 절감하는데 그 목적이 있다”며 “현재 다양한 사육시험을 실시하고 있어 이 시험결과를 토대로 최적의 배합비를 적용하여 사육효과의 극대화를 위해 각 축종별 TMR사료 모델을 생산단계별로 수립하겠다”고 말했다.

신태호 기자의 전체기사보기

고창부안축협과 충북대학 공동으로 한우 사양시 험 평가 및 농가교육



고창부안축협(조합장 김사중)이 사료비 절감을 통한 양축농가 소득증대를 위해 한우사양시험을 꾸준히 펼치고 있다.

고창부안축협은 충북대학교와 공동으로 한우사양시험평가 및 농가교육을 지난달 27일 대회의실에서 고창, 부안 관내 80여 농가를 대상으로 실시해 참여농가들로부터 호응을 얻었다..

고창부안축협은 지난해부터 충북대학교와 청보리와 호밀 TMR을 이용한 한우사양시험사육을 2010년까지 공동으로 연구하기로 협약을 체결하고 이 사업을 추진하고 있다.

이날 송만강 충북대 교수는 동계사료 작물인 청보리와 호밀 TMR을 이용한 한우 고급육생산에 대한 시험연구 중간평가에서 한우고기에 대한 경쟁력향상 방안과 전략 양질의 조사생산 등 한우고급육성의 중요성을 설명했다.

양축의 이 같은 연구목적은 사육농가로 하여금 청보리 및 호밀에 대한 사료가치와 이용방법을 한우사양농가에 제공하여 과학적 급여 관리 프로그램으로 동계 사료작물의 효율적인 이용성을 높여 안정적으로 양질조사료의 공급과 함께 사료작물 생산 면적을 확대하여 경제적인 사료원료를 이용 소득기반을 확충하는데 역점을 두고 있다.

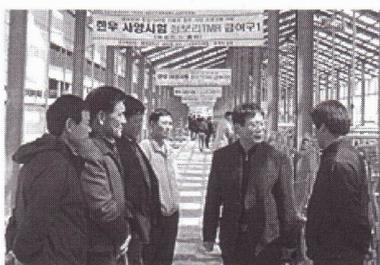
한편 양축의 연구내용을 살펴보면 사일리지 형태로 제조한 동계 사료작물(청보리 및 호밀)의 사료가치를 한우 고급육생산을 위한 TMR용 원료의 관점에서 비교 검토, 한우를 대상으로 사양시험을 실시함으로써 TMR 원료조사료로 볏짚의 대체효과를 생산성과 경제성 측면에서 비교, 사양시험결과를 토대로 최적 배합비를 적용하여 사양효과의 극대화를 겨냥한 각 축종별 TMR 모델을 생산단계별로 수립, 동계 사료작물 TMR을 활용한 한우용 사양 프로그램 개발, 한우애 대한 국내산 동계 사료작물의 사양가치를 현장시험을 통해 실용화를 확대하고 소비극대화 유도, 국가적으로 수입조사료 의존도를 줄이고 사료 자급도를 높임과 동시에 한우농가로 하여금 사료(생산)비 감소 등이다.

고창=박근석 기자

농민신문사

프린트 [닫기]

청보리·호밀로 사료비↓



고창부안축협, 한우사양시험 중간평가

전북 고창부안축협(조합장 오균호)이 지난해부터 실시하고 있는 '한우사양시험'이 사료비 절감 및 고급육 생산을 위한 좋은 자료로 활용될 전망이다.

고창부안축협은 최근 한우농가 80여명을 대상으로 '한우사양시험 평가 및 교육'을 실시해 좋은 반응을 얻었다. 축협은 한우사양시험을 2008~2010년까지 충북대 송만강 교수팀과 공동으로 실시하고 있다.

한우사양시험에 대한 중간 평가를 위해 마련된 이번 교육은 청보리 및 호밀에 대한 사료적 가치와 이용 방법 및 과학적 급여관리 프로그램을 한우농가들에게 제공, 동계 사료작물의 효율성을 높이

는 계기가 됐다.

축협은 한우사양시험 결과를 토대로 축종별 섬유질배합사료(TMR) 모델을 생산단계별로 수립해 사양 효과를 극대화할 방침이다.

오균호 조합장은 "청보리와 호밀 등을 활용한 한우용 사양프로그램을 개발해 사료비 절감 및 고급육 생산을 통한 경쟁력 강화에 나설 것"이라며 "동계 사료작물 재배면적을 늘려 경종농가와 축산농가가 상생할 수 있는 모델을 만들기 위해 최선을 다하겠다"고 말했다. ☎063-560-3023.

고창=양승선 기자 ssyang@nongmin.com

[최종편집 : 2009/04/10]

Copyright (c) 2007 nongmin.com. All rights reserved.
Contact master@nongmin.com for more information.

특집 : 화제의 인물 / 곤포사일리지용 시료채취기·채취공이 특허... 손용석 고려대 교수

정확한 시료채취 가능...품질평가 공정성 높여

“조사료 곤포사일리지(랩 사일리지)의 시료를 정확히 채취할 수가 있어 품질을 평가하는데 보다 공정성을 기할 수 있을 것입니다.”

고려대학교 생명과학대학 동물생명공학부 손용석 교수는 농림식품부로부터 받은 ‘동계 조사료의 영양가치(젓소부분)’와 ‘동계 조사료의 간질 품질 등급관정’ 등 2개 시험연구 과제를 올해로 2년째 추진하면서 최근 곤포사일리지용 시료채취기와 채취공



스텐레스강관 소재 드릴날 설계 부식방지 기존 채취기 보완...효율·안전성 갖춰

이를 개발(특허(DP-2009-0204))했다.
손용석 교수는 “축우용 발효 조사료 제조방법의 하나인 곤포사일리지의 생산이 확대되면서 유통거래량이 급증하여 품질의 등급화에 의한 가격 차등화는 아주 필요하다”고 전제하고 “특히 생 찻짚과 청예맥류 등 조사료 성격상 품질평가를 위한 대표성 있는 시료채취는 품질평가 과정의 공정성을 보

장하고 동물을 위한 사료의 영양 가치를 결정하는 기본”이라고 강조했다.

손용석 교수는 “그동안 사용 해온 사각베일용 건조시료채취기(헤이코어샘플러)는 수분 15% 전후의 조사료용으로 드릴날의 직경이 작고 모터의 구동력으로 고속 회전에 의해 쉽게 곤포의 심부로 진입할 수는 있으나 수분이 적은 재료의 특성상 불규칙한 진입이 일어나 심

부로부터의 균일한 시료채취가 어렵다”면서 “또한 드릴날의 비트부가 임형기둥으로 처리되어 있어 공회전을과 마모율이 높은 것이 문제점”이라고 지적했다.

그러나 이번에 손용석 교수가 기존 건조용 시료채취기를 한층 보완하여 개발한 시료채취기는 곤포사일리지의 심부로부터 시료를 정확히 채취하여 대표성은 물론 작업의 효율성과 편의성·안전성까지 갖췄다는 평가다.

손용석 교수는 “생 찻짚과 청예맥류 등의 조사료 사일리지는 수분농도 60~70% 사이에서 발효되어 제조되는 관계로 유기산 농도가 높아 급속의 산에 의한 부식가능성을 최소화해야 한다”고 말하고 “이를 위해 스텐레스강관을 소재로 드릴날을 설계했다니 유기산으로 인한 부식방지는 물론 균일한 시료채취가 가능해졌다”고 덧붙였다.

조용환 ycto@chuksannews.co.kr

<농가교육 1 : 사일리지 TMR 이용에 관한 농가교육>



<농가교육 2 : 본 연구과제의 사양시험 현장 교육>



(정보리와 호밀사일리지 TMR을 이용한 한우 사양 프로그램 활용 요청서)



「사랑받고 존경받는 강한조합 이룩하자」

고창부안축협

우 585-820 고창군 흥덕면 신덕리 35-6 / 전화 : 063-561-3094 / FAX : 063-561-3096 / 담당 : 정신환

문서번호 : 고부축(경제) 25101-100

시행일자 : 2011. 06. 22

경 유 :

수 신 : 충북대학교 축산학과

참 조 : 송만강 교수님

제 목 : 정보리와 호밀 TMR을 이용한 한우 사양 프로그램 활용 요청

선 결		지 시	
접 수	일자 시간	결 재 · 공 략	
	번호		
	처리과		
	담당자		

귀 대학교의 무궁한 발전을 기원합니다

1. 2008년 10월 1일부터 2011년 6월 31일 까지 본 조합 생축장에서 농림기술 개발사업 연구과제 “정보리와 호밀 T.M.R을 이용한 한우 및 낙농사양 프로그램개발, 총괄 책임자 충북대 송만강 교수의 사양시험을 실시한바,

2. 도출된 결과를 본 조합 사료공장과 생축장, 한우농가에 사양관리 매뉴얼(배합비 및 사양관리프로그램)을 보급하여 한우사육농가의 생산성 향상 및 사료비 절감을 위해 활용하고자 아래와 같이 요청하오니 협조하여 주시기 바랍니다.

- 아 래 -

한우 사양관리 프로그램 요청 내역

구분	사료 및 사양관리 매뉴얼(사양관리 프로그램)
호 밀	육성기-비육전기(중기)까지 호밀 TMR급여,그 이후에는 관행적 사료급여
	육성기-비육 말기까지 호밀 TMR 급여
청보리	육성기-비육전기(중기)까지 청보리 TMR 급여,그 이후에는 관행적 사료급여
	육성기-비육 말기 까지 청보리 TMR 급여

고창부안축산업협동조합장



제 7 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
캐나다 국립연구소(2006)	○ 청보리사일리지를 주조사료로 하는 TMR의 peNDF 농도가 젖소의 저작활동과 반추위대사에 미치는 효과	○ 청보리사일리지의 절단길이에 따른 peNDF의 증가가 TMR의 건물과 NDF 섭취량에 미치는 영향은 적었으나, 저작시간과 반추위pH, DOM섭취량을 증가시킴으로써 peNDF가 유용한 평가지표임이 증명됨
핀란드 농업식품연구센터 (2006)	○ 젖조사료에서 청보리사일리지의 화본과사일리지 대체효과	○ 젖소먹이에서 화본과사일리지를 청보리사일리지로 대체하였을 때 DM, DOM, NDF섭취량은 불변하였으나 산유량은 감소를 보였음. 전장관소화율과 NDF은 감소한 것은 청보리사일리지의 높은 비소화 NDF농도 때문임
포르투갈 농업기술연구소(2005)	○ 총체밀 또는 라이그라스사일리지에 대한 젖소의 비유반응 조사	○ 착유우에 대한 단일조사료로 총체밀사일리지는 라이그라스사일리지에 비해 사료섭취량, 산유량 및 유성분, 혈장요소농도 등에서 우수하지 못하였는데, BUN과 소화속도간의 관계에서 발효동조화에서 불리한 것으로 나타남
캐나다 매니토바대학(2004)	○ 청보리사일리지의 절단길이가 TMR을 섭취하는 착유우의 산유량과 반추위조건에 미치는 효과	○ TMR을 통해 급여하는 청보리사일리지의 절단길이가 건물섭취량과 산유량, 유단백농도를 증가시켰으며, 반추위 C2/C3비를 낮추는 효과를 보임
미국 ARS등	○ 사료작물에 따른 다양한 가공 방법	○ 조사료 공급원별, 축종별 사양 프로그램 보급

- 청보리사일리지에 관해 Edwards 등(1968)은 보리의 품종, 생육시기 별 보리와 보리 사일리지의 영양소 구성에 대해 최초로 보고하였다. 첨가제(inoculant)의 효과에 관한 연구(Hristov와 McAllister, 2002), 급여시의 절단 길이(Einarson 등, 2004; Eun 등, 2004) 또는 저작행동과 반추위내용물 pH(Yang과 Beauchemin, 2006)에 미치는 영향, 목초 사일리지(Ahvenjärvi 등, 2006)를 청보리사일리지로 대체하는 경우, 옥수수사일리지(Golmahi, 2006)를 요소처리 청보리로 대체하는 경우, 외래 효소(exogenous enzyme)첨가가 옥유의 소화율과 증체에 미치는 영향(McAllister 등, 1999), 착유우에서 청보리사일리지와 다른 사일리지의 효과 비교(Mustafa 등, 2000) 등의 연구가 수행되었다. 또한 청보리사일리지는 알곡이 포함되어 에너지가 높으므로 겨울철에도 에너지 요구량을 충족시킬 수 있고(Manninen 등, 2008), Fisher 등(1972)도 옥수수사일리지를 대체할 수 있는 에너지원으로 청보리사일리지를 권장하였다.
- 농후사료와는 달리, 조사료는 초종에서부터 재배 토양, 기후조건 및 생산기술 등 여러 요인의 영향을 크게 받는 관계로, 특히 국외의 연구보고의 결론은 우리 실정에 들어맞는다고 보기 어려우며, 지역별 생산조건별로 많은 반복실험을 거쳐야 보다 객관적이고 응용 가능한 결론을 얻을 수 있다.
- 이러한 관점에서 국내에서의 관련 연구, 특히 우리 고유성을 갖는 TMR용 조사료로서의 가치평가와 응용방법의 개발은 매우 부족하며 시급히 연구되어야 하는 성격을 지닌다고 할 수가 있다.

제 8 장 참고문헌

- 김경훈, 김기수, 이상철, 오영균, 정찬성, 김건중. 2003. 섬유질배합사료 급여가 비육후기 거세 한우의 반추위 발효성상, 소화율 및 산육성에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 45:387-396.
- 김맹중, 최기준, 육완방, 임영철, 윤세형, 김종근, 박형수, 서성. 2007. 논에서 이탈리아라이그라스의 파종 방법이 월동, 건물수량 및 사료가치에 미치는 영향. 한초지 27:269-274.
- 김유용, 하종규, 한인규. 2009. 동물영양학. 서울대학교 출판부.
- 김원호, 서성, 윤세형, 김기용, 조영무, 박태일, 고종민, 박근제. 2003. 사일리지용 우량 보리품종 선발: 2. 사료가치 및 TDN수량. 한초지 23:283-288.
- 김원호, 서성, 임영철, 신재순, 성병렬, 지희정, 이상진, 박태일. 2007. 호남지역 답리작에서 사료용 총체보리 우량품종 선발. 한국초지학회지. 27:161-166.
- 김병완, 김곤식, 성경일. 2004. 유산균 및 개미산 첨가가 수확시기별 벼 사일리지의 발효 품질 및 사료성분에 미치는 영향. 한초지 24:61-70.
- 김정갑, 양종성, 한민수, 이상범. 1988. 대맥 및 호맥의 건물 생산성과 사료가치에 관한 연구. II. 생육단계별 화학성분, 소화율 및 에너지 함량 변화. 한국축산학회지. 30:193-198.
- 김종근, 함준상, 정의수, 박형수, 이종경, 정민웅, 최기준, 조남철, 서성. 2009. 보리 사일리지용 미생물의 발효능력 평가. 한국초지조사료학회지. 29:235-244.
- 김준식, 이현준, 김광중, 조윤연, 지설하, 하종규. 1987. 대맥사일리지 및 대맥 펠렛 급여가 젖소의 유량, 유성분, 반추위내 발효에 미치는 영향. 한국축산학회지. 29:514-522.
- 문승주, 국길, 장기영, 백광수, 이왕식, 김원호, 김광현. 2009. 총체보리 사일리지 급여가 한우 미경산우 및 경산우의 번식성적에 미치는 영향. 한국동물번식학회. 33:179-182.
- 박형수, 황경준, 박남건, 최기준, 이종경, 천동원, 고문석. 2008. 제주지역에서 동계사료 작물의 사초생산성 및 사료가치 비교. 초지사료지. 28:215-220.
- 서성, 김원호, 김종근, 최기준, 김기용, 조원모, 박범영, 김영훈. 2010. 답리작 재배 청보리 사일리지 급여가 거세 한우의 증체, 사료요구량 및 육질에 미치는 영향. 한국초지조사료학회지. 30:257-266.
- 손용석. 2000. MUN을 이용한 젖소 영양관리의 최적화에 관한 연구. 최종연구보고서. 고려대학교 자연자원연구소.
- 송태화, 한옥규, 윤성근, 박태일, 서재환, 김경훈, 박기훈. 2009. 사료맥류의 생육단계별 수량 및 품질 변화. 한국초지조사료학회지. 29:129-136.
- 송만강, 김내수, 정정수, 최양일, 원유석, 정재경, 최성호. 1998. 농후사료 급여수준이 비거세 한우의 증체와 부위별 지방조직의 지방산 조성에 미치는 효과. 한국축산학회지. 40:485-498.
- 송진달, 양종성, 김강식. 1982. 청예맥류의 생육단계별 silage 제조 및 소화시험. 축산기술연구

- 소 연구보고서. pp. 848-852.
- 송태화, 한옥규, 윤성근, 박태일, 서재환, 김경훈, 박기훈. 2009. 사료맥류의 생육단계별 수량 및 품질 변화. 초지조사료지 29:129-136.
- 윤기웅, 박태일, 서재환, 김경후, 송태화, 박기훈, 한옥규. 2009. 청보리 품종의 젓정 수확시기 및 사료가치 평가. 초지 조사료지. 29:121-128.
- 윤성근, 박태일, 서재환, 김경훈, 송태화, 박기훈, 한옥규. 2009. 청보리 품종의 적정 수확시기 및 사료가치 평가. 초지조사료지 29:121-128.
- 윤승길, Kazuo, A. 2000. Triticale의 사료성분과 in vitro 건물소화율에 미치는 생육시기의 영향. 한초지. 20:227-232.
- 이덕윤, 고종열, 최낙진, 이상석, 송재용, 이세영, 박성호, 성하균, 하종규. 2003. 유형별 완전혼합사료 급여가 반추위내의 발효성상 및 영양소 소화율에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 45:805-812.
- 이종경, 김종덕, 이현진, 전경협, 김종근, 서성, 정민웅, 최진혁, 조남철, 박형수, 김원호, 임영철. 2009. 2008년도 사일리지 품질경연대회에 출품한 청보리의 품질 평가. 한국초지조사료학회지. 29:345-354.
- 이종문, 최주희, 이현경, 나재천, 김윤호, 천동원, 서상철, 황규석. 2010. 한우 육질등급에 따른 도체등급 요인, 이화학적 및 관능특성. Korean J. Food Sci. Ani. Resour. 30:495~503,
- 이형석, 이인덕. 2006. 대전지역 추파 사료작물의 건물수량 및 사료가치 비교 연구. 한초지. 26:249-256.
- 이현준, 조광근, 김원호, 김현섭, 김준식, 강승하, 강상기, 우정희. 2002. 사료작물과 볏짚을 이용한 완전배합발효사료의 제조와 영양적 가치. 동물자원지 44(1) 75-86.
- 이현준, 김현섭, 기광석, 정하연, 백광수, 김준식, 조광근, 조재순, 이홍구, 우정희, 최운재. 2003. 청예사료작물과 볏짚 위주의 완전배합발효사료 급여가 Holstein 착유우의 생산성에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 45:69-78.
- 이성철. 2000. 볏짚의 화학적 처리와 사일리지 제조가 화학성분 변화 및 한우 반추위 분해율에 미치는 영향. 한초지. 20:177-184.
- 이종경, 김종덕, 이현진, 전경협, 김종근, 서 성, 정민웅, 최진혁, 조남철, 박형수, 김원호, 임영철. 2009. 2008년도 사일리지 품질경연대회에 출품한 청보리의 품질 평가. 초지조사료지 29:345-354.
- 이호진 등. 1995. 신제 사료작물학. 향문사
- 정기웅, 조익환, 황보순, 이성훈. 2009. 동계사료작물 사일리지를 첨가한 TMR 급여가 흑염소의 사료섭취량, 영양소 소화율 및 혈액성상에 미치는 영향. 한국초지조사료학회지. 29:389-398.
- 조영무, 권응기, 장선식, 김태일, 박병기, 강수원, 백봉현. 2008. 섬유질배합 사료 급여가 거세한우의 발육 및 도체특성에 미치는 영향. 3:363-372.

- 조원모, 조영무, 홍성구, 정의수, 이종문, 윤상기. 2000. 보리 총채담근먹이 급여가 거세한우의 발육, 사료이용성 및 육질에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 42:181-188.
- 전병태, 이상무. 1995. 수수 x 수단그라스 교잡종과 대두 간작 재배시 생육단계에 따른 예취회수가 생육특성, 건물수량 및 조단백질 수량에 미치는 영향. 건국대학교 자연과학 연구논문지. 제6지 1. pp. 5-21.
- 지병주, 김광림, J. Shinekhuu, W. Quin, 오영균, 손용석, 서성, 송만강. 2010. 소에 의한 다양한 사일리지의 이용율 및 TDN 평가. 초지조사료지. 30:169-178.
- 최기춘, 나상필, 조남철, 정민웅, 김종근, 박형수, 윤 창, 임영철, 육완방. 2009. 김제지역에서 비료원으로써 녹비작물과 액상우분이 수수 x 수단그라스 교잡종의 생산성, 사료가치 및 토양성질에 미치는 영향. 초지조사료지 29:337-344.
- 한인규 등. 1992. 개정사료학. 선진문화사
- 황경준, 고서봉, 박형수, 박남건, 고문석, 정하연, 김문철, 송상택, 김대운. 2008. 이탈리아안 라이그라스, 귀리의 혼과 비율, 예취 회수가 사초 생산성 및 사료가치에 미치는 영향. 초지조사료지 28:295-300.
- 축산과학원. 2007a. 한국사양표준-젖소. 농촌진흥청 축산과학원.
- 축산과학원. 2007b. 한국표준사료성분표. 농촌진흥청 축산과학원.
- 황보순, 최순호, 김상우, 김원호, 손동수, 조익환. 2008. 청보리 사일리지 급여시에 농후사료 급여수준이 육성기 흑염소의 발육과 육질에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 50:527-534.
- 황종진, 성병렬, 연규복, 안완식, 이종호, 정규홍, 김영상. 1985. 사료용 맥류 품종의 예취시기별 건물 수량과 영양가 비교. 한국작물학회지. 30:301-309.
- 홍성구, 이병석, 강희설, 조원모, 이종문, 백봉현, 김내수, 송만강. 1996. 담근먹이 급여가 거세한우의 도체특성에 미치는 효과. 한국축산학회지. 38:69-76.
- Allen, M.S., 1997. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. J. Dairy Sci. 80, 1447-1462.
- Ahvenjärvi, S., E. Joki-Tokola, A. Vanhatalo, S. Jaakkola and P. Huhtanen. 2006. Effects of replacing grass silage with barley silage in dairy cow diets. J. Dairy Sci. 89:1678-1687.
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis(16th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Armentano, L. and M. Pereira. 1997. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. J. Dairy Sci. 80:1416-1425.
- Beauchemin, K. A. and L. M. Rode. 1997. Minimum versus optimum concentrations of fiber in dairy cow diets based on barley silage and concentrates of corn or barley. J. Dairy Sci. 80:1629-1639

- Beauchemin, K. A., L. M. Rode and M. V. Elason. 1997. Chewing activities and milk. *J. Dairy Sci.* 80:324-333.
- Beauchemin K., A. D. Colombatto, D. P. Morgavi and W. Z. Yang. 2003; *J. Anim Sci*, February 1, 81(14_suppl_2): E37 - 47.
- Burgess, P. L., J. W. Nicholson and E. A. Grant. 1973. Yield and nutritive value of corn, barley, wheat and forage oats as silage for lactating dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 53:245-250.
- Calberry, J. M., J. C. Plaizier, M. S. Einarson and B. W. McBride. 2003. Effects of replacing chopped alfalfa hay with alfalfa silage in a total mixed ration on production and rumen conditions of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:3611-3619.
- Castro, T., F. F. Bermudez and R. Sanz Arias. 1991. Effect of forage to concentrate ratio of diet on digestibility of dry matter and cell-wall constituents. *Archivos de Zootecnia.* 40:85-90.
- Charlot, G. 1964. Calorimetric determination of elements. *Principles and Methods.* Elsevier publishing Company.
- Clauss, M., Lechner-Doll, A. Behrend, K. Lason, D. Lang and W.J. Streich. 2001. Particle retention in the forestomach of a browsing ruminant, the roe deer (*Capreolus capreolus*), *Acta. Theriol.* pp.103-107.
- Dantoin, V. and D. Rohweder. 1984. Measuring Moisture in Forage Using a Microwave Oven. University of Wisconsin-Extension: A3261.
- Davies, D. R., D. K. Leemans and R. J. Merry. 2002. Improving silage quality by ensiling perennial ryegrasses high in water soluble carbohydrate content, either with or without different additives. Page 386 in Proc. 13th Int. Silage Conf. L. M. Gechie and C. Thomas, ed. SAC, Auchincruive, UK.
- De Brabander, D. L., J. L. De Boever, J. M. Vanacker, C. V. Boucque, S. M. Botterman. 1999. Evaluation of physical structure in dairy cattle nutrition. In: Garnsworthy, P.C., Wiseman, J. (Eds.), *Recent Advances in Animal Nutrition.* Nottingham University Press, pp. 111-145.
- Dewhurst, R. J., W. J. Fisher, J. K. S. Tweed and R. J. Wilkins. 2003a. Comparison of grass and legume silages for milk production. 1. Production responses with different levels of concentrates. *J. Dairy Sci.* 86:2612-2621.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics.* 11: 1-42.
- Edwards, R. A., E. Donaldson and A. W. MacGregor. 1968. Ensilage of whole-crop barley. *J. Sci. of Food Agr.* 19:656-660.

- Einarson, M. S., J. C. Plaizier and K. M. Wittenberg. 2004. Effects of barley silage chop length on productivity and rumen conditions of lactating dairy cows fed a total mixed ration. *J. Dairy Sci.* 87:2987–2996.
- Fawcett, J. K. and J. E. Scott. 1960. A rapid and precise method for the determination of urea. *J. Clin. Pathol.* 13:156–163.
- Fisher, L. J., J. R. Lessard and G. A. Lodge. 1972. Whole crop barley as conserved roughage for lactating cows. *Can. J. Anim. Sci.* 52:497–504.
- Gonda, H. L., M. Emanuelson and M. Murphy. 1996. The effect of forage to Concentrate ratio in the diet on nitrogen and purine metabolism in dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 64:27–42.
- Harrison, J.H. and Blauwiekel, R. 1994. Fermentation and utilization of grass silage. *J. Dairy Sci.* 77:3209–3235.
- Holland, C., W. Kezar, W. O. Kautz, E. J. Lazowski, W. C. Mahanna and R. Reinhart. 1990. Pioneer Hi-Bred Interantional, Inc., Des moines, IA.
- Hristov, A. N. and T. A. McAllister. 2002. Effect of inoculants on whole-crop barley silage fermentation and dry matter disappearance in situ. *J. Anim. Sci.* 80:510–516.
- Jenkins, T.C., and M.A. McGuire. 2006. Major advances in nutrition: Impact on milk composition. *J. of Dairy Sci.* 89:1302–1310.
- Kalscheur, K.F., R.L. Baldwin VI., B.P. Glenn, and R.A. Kohn. 2006. Milk production of dairy cows fed differing concentrations of rumen-degraded protein. *J. of Dairy Sci.* 89:249–259.
- Keady, T. W.J. ., F. O. Lively, D. J. Kilpatrick, B. W. Moss. 2007. Effects of replacing grass silage with either maize or whole-crop wheat silages on the performance and meat quality of beef cattle offered two levels of concentrates. *Animal* 1, 613–623.
- Kellems, R.O., R. Jones, D. Andrus and M. V. Wallentine. 1991. Effect of moisture in total mixed rations on feed consumption and milk production and composition in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 74:929–932.
- Khadem, A. A., M. Sharifi, A. Afzalzadeh and M. Rezaeian. 2009. Effects of diets containing alfalfa hay or barley flour mixed alfalfa silage on feeding behavior, productivity, rumen fermentation and blood metabolites in lactating cows. *Anim. Sci. J.* 80:403–410.
- Jenkins, T.C., and M.A. McGuire. 2006. Major advances in nutrition: Impact on milk composition. *J. of Dairy Sci.* 89:1302–1310.
- Khorasani, G. R., E. K. Okine, J. J. Kennelly, and J. H. Helm. 1993. Effect of whole crop cereal grain silage substituted for alfalfa silage on performance of lactating

- dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76:3536–3546.
- Kononoff, P.J., A. J. Heinrichs, H. A. Lehman. 2003. The effect of corn silage particle size on eating behaviour, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86, 3343–3353.
- Krause, K.M., D. K. Combs, K. A. Beauchemin. 2002. Effects of forage particle size and grain fermentability in midlactation dairy cows. I. Milk production and diet digestibility. *J. Dairy Sci.* 85, 1936–1946.
- Krause, K.M., G. R. Oetzel. 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy cattle: a review. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 126, 215–236.
- Laakkonen, E., G. H. Wellington and J. W. Skerbon. 1970. Low temperature longtime heating of bovine. 1. Change in tenderness, water binding capacity, pH and amount of water soluble component. *J. Food Sci.* 35, 175–177.
- Macleod, G. K., D. G. Grieve and I. McMillan. 1983. Performance of first lactation dairy cows fed complete rations of several ratios of forage to concentrate. *J. Dairy Sci.* 66:1668–1674.
- McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh and C. A. Morgan. 1995. *Animal Nutrition*. Fifth edition. Longman Scientific and Technical. Produced by Longman Singapore Publishers (Pte) Ltd. Printed in Singapore.
- McDougall, E. I. 1948. Studies on ruminant saliva. 1. The composition and Output of sheep's saliva. *Biochem. J.* 43:99.
- Mahal, G. S., S. S. Randhawa, Balwant Singh and B. Singh. 1997. Effect of feeding different forage to concentrate ratios on nutrient utilization and productive performance of crossbred cows. *Indian J. Anim. Prod. and Management* 13:93–97.
- Manninen, M., S. Sankari, L. Jauhiainen, T. Kivinen, P. Anttila and T. Soveri. 2008. Effects of outdoor winter housing and feeding level on performance and blood metabolites of suckler cows fed whole-crop barley silage. *Livestock Science.* 115:179–194.
- McAllister, T. A., S. J. Oosting, J. D. Popps, Z. Mir, L. J. Yanke, A. N. Hristov, R. J. Treacher and K.-J. Cheng. 1999. Effect of exogenous enzymes on digestibility of barley silage and growth performance of feedlot cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 79:353–360.
- Menke, K. H. and H. Steingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Science and Development.* 28:7–55.
- Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy

- cows. *J. Dairy Sci.* 80:1463-1481.
- Miller, C. N., J. T. Huber, R. E. Blaser, S. A. Sandy and C. E. Polan. 1967. Nutritive value and yields of barley silage at three stages of growth. *J. Dairy Sci.* 50:616. (ABS-TMRr).
- Moore, J. E. 1970. Procedure for the two-stage in vitro digestion of forages. University of Florida, Department of Animal Science.
- Mustafa, A. F., D. A. Christensen and J. J. McKinnon. 2000. Effects of pea, barley, and alfalfa silage on ruminal nutrient degradability and performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83:2859-2865.
- National Research Council. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th ed. National Academy Press. Washington D. C., USA.
- Nocek, J. E., Steel, R. E. and Braund, D. G. 1986. Performance of dairy cows fed forage and grain separately versus a total mixed ration. *J. Dairy Sci.*, 69:2140.
- NRC. 2001. Nutrient requirement of dairy cattle. 7th rev. ed. National Research Council, Washington, DC.: National Academy Press.
- Ørskov, E. R. and I. McDonald. 1979. The estimation of Protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 92:499-506.
- Palmquist, D. L. 1994. Nutritional control for improving milk composition. p17-46. Proceedings of International Symposium on 'Improving Raw Milk Quality'. Korean Society of Dairy Science. Korea.
- Polan, C. E., T. M. Starting, J. T. Huber, C. N. Miller and R. A. Sandy. 1968. Yield, compositions and nutritive evaluation of barley silages at three stages of maturity for lactating cows. *J. Dairy Sci.* 51:1801-1805.
- Qin, W., 김광립, 김종규, 오영균, 이상철, 송만강. 2010. 청보리 및 호밀 사일리지를 이용한 거세한우 비육중기용 TMR의 소 체내 이용성 조사. *초지조사료지*. 30:343-354.
- Randby, A. T. 1996. Nutritional effects of increased use of concentrate in dairy cows. *Norsk Landbruksforskning* 10:59-74.
- Russell, J. B., J. D. O'Connor, D. G. Fox, P. J. Van Soest, and C. J. Sniffen. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluate. *Journal of Dairy Science* Vol. 85,
- SAS. 2002. SAS Procedures Guide release 9.0 SAS institute Inc., Cary, NC. U.S.
- Seo, S. 2009. Development of new varieties and production of forages in Korea. *J. of Kor, Grassl. Forage Sci.* 29(Suppl.):1-10.
- Shaver, R. D., A. J. Nytes, L. D. Satter, and N. A. Jorgensen. 1986. Influence of

- amount of feed and forage physical form on digestion and passage of prebloom alfalfa hay in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 69:1545–1559.
- Shriver, B. J., W. H. Hoover, J. P. Sargent, R. J. Crawford, Jr., and W. V. Thayne. 1986. Fermentation of a high concentrate diet as affected by ruminal pH and digesta flow. *J. Dairy Sci.* 69:413–419.
- Song, M. K. and J. J. Kennelly. 1989. Effect of ammoniated barley silage on ruminal fermentation, nitrogen supply to the small intestine, ruminal and whole tract digestion, and milk production of Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 72:2981–2990.
- Sormunen-Cristian, R. and L. Jauhiainen. 2001. Comparison of hay and silage for pregnant and lactating Finnish Landrace ewes. *Small Rumin. Res.* 39:47–57.
- Sporndly, R. 1986. Intake and production response of dairy cows to a fixed ratio of silage to cereals, fed as separate feeds, blended or ensiled together. In: *Ensiling of blended grass and grain and its utilization by dairy cows. Report 155.* Dept. of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
- Stone, W.C., 2004. Nutritional approaches to minimize subacute ruminal acidosis and laminitis in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 87 (E. Suppl.), E12–E26.
- Sudweeks, E. M., L. O. Ely, D. R. Mertens, and L. R. Sisk. 1981. Assessing minimum amounts and form of roughages in ruminant diets: Roughage value index system. *J. Anim. Sci.* 53:1406–1411.
- Shinekhoo, J., 지병주, L. J. Guang, 최성호, 송만강. 2009. 발효 팽이버섯폐배지의 볏짚 대체 급여가 사료의 면양 체내 이용성 및 거세한우의 성장에 미치는 효과. *한국동물자원과학회지* 51:241–248.
- Shinekhoo, J., 김광림, 지병주, Li Xiangzi, 오영균, 홍성구, 송만강. 2010. 사료작물 사일리지의 단백질 분획 및 Borate-phosphate buffer 추출이 *in vitro* 발효성상, gas 발생 그리고 분해율에 미치는 효과. *한국동물자원과학회지* 51:369–378.
- Tafaj, M., Q. Zebeli, B. Junck, H. Steingass and W. Drochner. 2005. Effects of particle size of a total mixed ration on *in vivo* ruminal fermentation patterns and inocula characteristics used for *in vitro* gas production. *Anim. Feed Sci. Technol.* 123–124, 139–154.
- Tafaj, M., Q. Zebeli, A. Maulbetsch, H. Steingass and W. Drochner. 2006. Effects of fibre concentration of diets consisting of hay and slowly degradable concentrate on the fermentation patterns and digesta particle size in the rumen of mid-lactation dairy cows. *Arch. Anim. Nutr.* 60, 254–266.
- Thomas, C., K. Aston and S. R. Daley. 1985. Milk production from silage. 3. A

- comparison of red clover with grass silage. *Anim. Prod.* 41:23–31.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583–3597.
- Weinberg, Z. G. and R. E. Muck. 1996. New Trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMSMicrobiol. Rev.* 19:53–68.
- Wheeler, T. L., S. D. Shackelford and M. Koohmaraie. 2000. Relationship of beef longissimus tenderness classes to tenderness of gluteus medius, semimembranosus and biceps femoris. *J. Anim. Sci.* 78, 2856–2861.
- Yang, W. Z., K. A. Beauchemin and L. M. Rode. 2001a. Effects of grain processing, forage to concentrate ratio, and forage particle size on rumen pH and digestion in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84, 2203–2216.
- Yang, W. Z., K. A. Beauchemin, L. M. Rode. 2001b. Barley processing, forage: concentrate, and forage length effects on chewing and digesta passage in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 84, 2709–2720.
- Yang, W. Z., K. A. Beauchemin, L. M. Rode. 2002. Effects of particle size of alfalfa based dairy cow diets on site and extent of digestion. *J. Dairy Sci.* 85, 1958–1968.
- Yang, W. Z. and K. A. Beauchemin. 2005. Effects of physically effective fiber on digestion and milk production by dairy cows fed diets based on corn silage. *J. Dairy Sci.* 88, 1090–1098.
- Yang, W. Z. and K. A. Beauchemin. 2006. Effects of physically effective fiber: methods of derivation and effects on chewing, ruminal acidosis, and digestion by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89, 2618–2633.
- Yang, W. Z. and K. A. Beauchemin. 2006. Effects of physically effective fiber on chewing activity and ruminal pH of dairy cows fed diets based on barley silage. *J. Dairy Sci.* 89:217–228.
- 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.

보완요구사항에 대한 조치

보완 사항	보완 내용
<p>○ 연구과제 계획서 상의 연구내용 이행 (연구 결과의 학회지 게재, 6편).</p> <p>○ 주요 연구성과 도출 (가. 산업적 성과) : 본 연구결과의 홍보 및 보급 방안 강구 (나. 과학 기술적 성과) : 농가 적정 수준에 맞는 결론적인 권장 프로그램 제시 등의 실행 보급계획 수립 여부</p> <p>○ 최종 보고서의 수정 보완사항 : 1. 연구결과에 대한 논문 게재 2. 경제성 비교 분석</p>	<p>○ 보고서 186 쪽 ⑦ 항에 제시됨</p> <p>○ 보고서 186 쪽 ⑧ 항에 제시됨</p> <p>○ 보고서 172 - 183쪽에 제시됨</p> <p>○ 보고서 186 쪽 ⑦ 항에 제시됨</p> <p>○ 보고서 101-102쪽에 이미 제시되었음 그러나 사료비 외에는 송아지 구입 및 모든 사양관리 시 소요되는 제반 비용이 동일하기 때문에 본 연구에서는 사료비 측면 만을 비교분석하지 않을 수 없었음</p>

·※ 평가의견의 반영여부를 확인하기 위한 용도이며, 최종보고서를 평가원으로 제출할 시에 최종보고서와는 별도로 1부를 인쇄하여 제출

주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.