

631.3
L293B

GOVP 12001218

최	종
연구	보고서

벼짚과 야초의 조사료화 증진을 위한
곤포사일리지 제조방법 연구

Studies on Manufacturing Round Bale Silage
of Fresh Rice Straw and Wild Grass
for Efficient Use as Feed

연구기관
고려대학교

농림부



제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “벗짚과 야초의 조사료화 증진을 위한 곤포사일리지 제조방법 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1999 . 10 . 28 .

주관연구기관명 : 고려대학교

총괄연구책임자 : 손 용 석

연 구 원 : 이 성 호

연 구 원 : 홍 성 호

연 구 원 : 고 광 석

연 구 원 : 홍 성 준

연 구 원 : 이 지 원

연 구 원 : 윤 진 아

협동연구기관명 : 삼육의명대학

협동연구책임자 : 정 순 영

요 약 문

I. 제 목

볏짚과 야초의 조사료화 증진을 위한 곤포사일리지 제조방법 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

A. 연구개발의 목적

볏짚은 현재 우리 나라에서 매년 정기적으로 대량 생산되는 부존 조사료 자원임에도 불구하고 노동비의 상승, 기술 및 인식부족, 수확시기의 일기불순 등으로 인하여 그 수거율이 낮을 뿐만 아니라 수급이 불안정하여 축우사료로의 이용률이 높지 못하다. 또한 국내에는 하천 유역의 고수부지나 용도 이외의 땅에 자생하는 야초가 광활한 면적에 자생하는 곳이 많은데, 이 역시 조사료로의 이용가치가 매우 높음에도 불구하고 아직 인식이 부족하고 이용기술이 미흡한 관계로 사료화가 미진한 실정에 있다.

그러므로 본 연구의 목적은, 농기계를 활용한 사일리지 제조를 통하여 이들 부존 조사료의 수거율과 이용도를 높임과 동시에, 사양가치를 향상시킬 수 있는 적절한 처리방법을 개발함으로써, 궁극적으로 국내 조사료의 자급도를 높이고 사료의 해외 의존도를 낮출 수 있는 방법을 제시하는 데 있다.

B. 연구개발의 중요성

WTO 출범이후 농축산물 시장의 개방과 함께 국내 축산은 여건이 급변하는 가운데 중대한 위기를 맞고 있으며, 2001년 이후에는 모든 축산물이 완전 개방될 예정이어서 동물성 식량의 자급을 더욱 어렵게 만들고 있다. 우리 축산물이 수입축산물과의 경쟁에서 뒤지는 가장 큰 원인 중의 하나는 가격 경쟁력이 상대적으로 허약하기 때문임을 감안할 때, 우리도 전체 생산비의 약 60%이상을 차지하는 사료비를 낮출 수 있는 방안을 최대한으로 강구하지 않으면 안되기에 이르렀다.

초식동물인 소는 조사료를 기초사료로 요구하는 관계로, 조사료의 공급기반이 열악하다는 것은 국내 낙농과 육우 생산이 경쟁력을 높이지 못하는 가장 취약한 부분이라 하겠다. 특히 우리 나라는 기후, 토양, 사회적 요인 등 초지 조성을 위한 제반 여건이 불리한데, 그나마 노동가치의 상승 등으로 사료작물 재배를 통한 자급조사료 확보 의지가 희박해짐과 동시에, 외국산 수입조사료에 의존하려는 낙농 비육우농가가 증가하면서 근래에 도입이 증가하고 있는 실정이다. 그러나 우리가 주지하는 바와 같이 빈번히 발생하는 지구의 기상이변이나 수출국 생산사정으로 인해 조사료 수입물량의 확보가 불확실해지거나 가격이 폭등 또는 불안정할 경우, 저생산비의 안정된 가축생산은 불가능하며, 결국 우리 축산의 국제경쟁력 확보 가능성과 식량안보 문제의 해결 가능성은 멀어지게 된다.

이러한 관점에서 우리 나라에는 비록 저질 조사료원이기는 하지만 벼짚이 농산부산물로 연간 약 630만 톤씩 생산되고 있어 그 양이 막대함에도 불구하고 실제로 사료로 이용되는 비율은 30% 이하로 매우 저조하다. 이와 같이 벼짚의 사료화가 저조한 것은 벼짚의 퇴비화를 비롯하여 다른 용도로의 사용되는 탓도 있겠으나, 축우용 조사료로 이용하고자 하여도 종종 수확기를

전후한 일기불순 등으로 인해 볏짚 수거에 실패하거나 건조와 저장과정에서 부패하고 영양가치가 저하하는 데 있으며, 그나마 유통 볏짚마저도 종종 품귀 현상을 빚고 있어 가격이 폭등하거나 불일정하여 조사료 공급기반이 점점 약화되는 실정이다.

언급한 바와 같은 불리한 기상 문제로 볏짚을 사료용으로 수거하여 저장하는 데 어려움이 있는 경우에는 건조저장 방식보다도 오히려 습식저장(발효저장) 방식을 이용하는 편이 효과적이다. 연속 일조일수가 길지 않은 유럽의 일부국가에서 목초의 저장수단으로 건조 제조보다도 사일리지 발효를 더 선호하는 이유는 여기에 있다. 특히 국내에서는 과거와 달리 근래에 벼의 수확작업이 기계화되어 대부분 콤바인에 의한 벼의 생탈곡이 성행하는 바, 생탈곡 직후에 수거되는 생볏짚은 목초나 여타 사료작물 만큼의 양질 조사료 수준은 아닐지라도 건조짚에 비하여 가소화영양소 함량면에서 더 우수하고 녹색도도 양호한 편이어서 이를 발효시키면 적당한 발효산취와 함께 가축의 기호성도 더 우수할 것으로 예상된다.

한편 볏짚과 더불어 국내에는 큰 강의 하구언을 비롯하여 하천부지에 갈대를 비롯한 야초가 대군락을 이루어 자생하고 있는 곳이 적지 않은 바, 기계화에 의한 대규모 수거를 통하여 이를 사료화할 수 있는 방법을 응용한다면 조사료 자급에 큰 몫을 담당할 수가 있을 것이다. 수거 및 저장방법 중에서도 곤포사일리지 제조를 통한 발효화 방법은 가장 가능성이 높다고 판단되며, 심지어 볏짚과 마찬가지로 포장된 곤포 단위는 매매 유통도 가능할 것으로 사료되므로, 이 방면의 연구개발이 시급히 필요하게 되었다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구사업은 2년에 걸쳐 수행되었다. 제 1차년도 연구에서는 벧짚과 야초를 대상으로 원형곤포 사일리지(Round Bale Silage)를 제조함으로써 작업과정에서 발생하는 기술적인 문제점들을 파악하는 한편, 초지가 아닌 특수한 지형이나 토양조건하에서의 원형 곤포사일리지의 제조가능성을 확인하였다. 발효원료로서의 생벧짚의 적정 수분농도상의 조건을 비롯하여, 제조 후 시간 경과에 따른 사일리지 내의 조건변화와 발효정도를 파악하고, 영양성분 분석을 통하여 각종 발효처리 조건별 효과를 비교 검증함으로써 벧짚과 야초 곤포사일리지의 제조효과와 실용화 가능성을 알아보았다. 특히 발효되기 어려운 벧짚의 벧짚의 취약점을 보완하기 위하여 사일리지 발효촉진용 첨가제, 예를 들어, 당밀, 요소, 메타중아황산소다, 유산균제(이노쿨란트) 등을 단용 또는 병용하여 발효효과와 영양적 가치를 비교 평가하였으며, 야초의 경우에는 수분조절의 난점 등을 보완하기 위하여, 예건(豫乾)시간을 달리하거나, 역시 개미산, 메타중아황산소다, 유산균제 등의 발효촉진물을 응용함으로써 발효효율을 개선할 수 있는 가능성을 모색하였다.

제 2차년도 연구에서는 제 1차 연구에서 우수한 효과가 밝혀진 첨가물들의 조합과 농도를 달리하여 발효 효과와 영양소 함량을 비교 평가하기 위하여 벧짚사료의 경우 실험용 소형 사일로를 이용한 발효시험을 실시하는 한편, 면양을 공시하여 소화율 검정을 실시하였다. 야초 사일리지의 경우에는 원형 곤포 사일리지를 시험규모 이상으로 생산하여 낙농목장 현장에서 젖소에 급여하는 시험을 실시하였으며, 또 생벧짚 발효사료를 TMR 제조시 원료사료로 도입할 때 기존 원료 조사료의 대체 가능성과, TMR의 영양소 농도변화에 미치는 효과를 조사함과 함께, 착유우에 대한 급여시험을 통해 기호성, 사료섭

취량, 소화율 그리고 유생산 및 유성분의 변화를 조사 비교함으로써 경제성 분석과 실용화 가능성 및 보급방안을 모색하였다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

A. 생뱃짚 원형곤포 사일리지

가. 곤포사일리지 제조방법 개발

생뱃짚 곤포사일리지는 논에서 작업이 이루어지는 관계로 제조시기를 전후로 한 논토양의 성질과 수분조건에 의해 상당한 영향을 받았는데, 수확기에 강우가 있을 지라도 심하지 않은 기상조건이라면 지역과 토양성질에 따라서 다소 차이는 있겠으나, 2~3일 이내에 벼수확과 생뱃짚사일리지 제조작업에 들어갈 수 있는 것으로 나타났다.

벼 수확 직후 제조된 생뱃짚 곤포사일리지가 수분함량이나 영양성분 면에서 사료적 가치가 가장 높은 것으로 나타났으므로, 효과적인 제조를 위해서는 가능한 한 벼의 수확과 동시에 곤포 사일리지 제조작업에 들어가는 것이 좋으며, 가을철 수분의 증발속도를 고려할 때 만 2일 이상 제조일을 지체시키는 것은 바람직하지 않은 것으로 판단되었다.

수입 원형곤포 제조기(라운드베일러)는 대부분 초지나 사료포에서 목초를 대상으로 작업을 하도록 설계 제작된 관계로, 이를 뱃짚에 사용하는 경우에는 논토양의 성질이나 기상조건 등의 차이를 고려할 때 다소 무리가 있는 것으로 나타났으며, 본 용도로 가장 적합한 기계 모델의 선택이 중요하다고 판단된다. 궁극적으로는 국내 용도와 사정에 맞는 기계 장비들을 개발하여 국산화를 추진하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

한편, 곤포 제조 후 내부 온도변화를 조사한 결과, 심부의 온도에 급격한 변화가 없는 것으로 나타나 적절한 발효용 첨가물을 응용하고 랩포장 작업을 제대로 실시한다면 양질의 사일리지를 제조할 수 있는 것으로 나타났다.

나. 곤포사일리지 영양성분 분석 및 발효특성 조사

제 1차 및 제 2차년도에 걸친 연구 결과, 볏짚은 조직이 강인하고 발효 기질로 사용될 수 있는 영양분도 부족하기 때문에 일반 다른 목초나 사료 작물과는 달리 발효 촉진물질을 첨가하지 않으면 곤포 제조나 랩포장작업을 아무리 완전하게 실시했다고 하더라도 효과적인 발효를 기대하기 어렵다는 것이 확인되었다. 특히 당밀+요소를 첨가물로 곤포 작업시에 사용하거나, 또는 여기에 유산균제를 첨가한 경우가 가장 발효효율이 높게 나타났는데, 가격을 고려할 때 생볏짚 발효에 적용할 이들 첨가제의 적정 사용량을 결정하기 위하여 추가적인 연구가 더 필요하다.

곤포사일리지 제품의 화학분석을 통하여 나타난 일반영양소 함량은 지역별 또는 발효촉진용 첨가물에 따라 처리간에 다소의 차이는 있었으나 통계적으로 유의성은 얻어지지 않았다. 이 점에서 볼 때 대체로 발효촉진용 첨가물의 응용은 사일리지 발효를 효과적으로 유도하고 그에 따른 저장성을 유지하는 데 필수적이며 긍정적인 효과를 주지만, 재료볏짚 자체의 강인한 구조를 개선하여 가소화영양소를 증가시키는 데는 별로 영향을 주지 못함을 확인할 수 있었다.

비섬유성 탄수화물(NFC)의 경우 비록 유의성은 인정되지 않았지만, 당밀+요소 첨가구가 다른 처리구에 비해 상대적으로 높게 나타남으로써, 이들 첨가물이 사일리지 제품의 에너지를 높이는 데 어느 정도 기여할 수

있을 것으로 판단된다.

NDF와 ADF 분석자료를 근거로 산출한 가소화영양소총량(TDN, %), 건물소화율(DMD, %), 건물섭취량(DMI, %) 및 상대적 사료가치(RFV)에 대한 결과를 보면, 곤포 사일리지는 야건벚짚에 비해 전반적으로 모든 항목에서 사료적 가치가 우수한 것으로 나타났다. 특히 상대적 사료가치(RFV) 또한 야건벚짚과 비교하였을 때 전반적으로 우수한 것으로 나타났다.

다. 면양을 이용한 대사시험

생산된 제품에 대하여 *In vivo* 소화율 검정을 실시한 결과, 생벚짚 곤포 사일리지의 건물 및 유기물 소화율은 다른 공시 벚짚보다 높게 나타났으며, 다음이 암모니아처리 벚짚, 건조벚짚의 순이었다.

In vitro 소화율 검정시험에서는 건물 및 유기물의 소화율이 암모니아처리 벚짚에서 가장 높게 나타났으며, 생벚짚 곤포사일리지가 그 다음이었고, 건조벚짚이 가장 낮게 나타났다.

라. TMR 원료로의 혼합효과 및 급여시험

내부에 조사료 절단용 날이 장착된 TMR 배합기를 이용하여 벚짚 곤포 사일리지를 원료로 포함한 TMR 제조시험을 수행하였던 바, 제조된 생벚짚 곤포사일리지는 한 번에 과량을 투여를 하지만 않으면 별무리 없이 절단되면서 다른 TMR원료와 효과적으로 배합됨을 확인하였다. 이 경우, 경과시간에 따라 벚짚의 세절길이를 조절할 수 있으므로, 앞으로 TMR 제조 시 벚짚의 이용 가능성이 한층 향상될 것으로 예상되며, 이점은 국내 자가 TMR의 보급에 좋은 계기가 될 것으로 생각된다.

생벚짚 곤포사일리지를 오차드그라스짚과 대비하여, TMR용 원료 조사

료로 사용한 급여시험 결과, 산유량과 유성분(유지방 및 무지고형분)에 있어서 두 처리간에 유의적인 차이가 없는 것($P>.05$)으로 나타났다. 따라서 생볏짚을 사일리지화하여 영양가치를 개선함과 동시에 이를 원료로 TMR 제조시 첨가량 및 첨가방법 등을 개발하여 응용한다면, 현재 국산 건조볏짚에 비하여 선호도가 높은 수입 화본과 짚류를 충분히 대체할 수 있는 잠재력이 있다고 사료되어 조사료 공급원으로서의 볏짚의 이용도를 높일 수 있을 것으로 판단된다.

마. 소형사일로 사일리지 제조시험

제 1차 연구에서 우수한 효과를 보인 발효촉진용 첨가물(당밀, 요소 및 미생물제제)의 조합과 용량을 달리하여 발효효과와 영양소함량의 변화를 좀 더 정밀하게 확인하기 위하여, 실험용 소형사일로를 이용하여 생볏짚 발효사료를 제조하고, 제품의 영양소함량 분석과 함께 면양을 공시한 *In vivo* 및 *In vitro* 소화율 검정, 그리고 Dacron bag을 이용한 *In situ* 분해율 측정을 실시하였다.

첨가물 중 당밀 또는 당밀+요소를 사용하여 제조된 사일리지가 pH 면에서 우수하게 나타났지만, 젖산농도에 있어서는 당밀에 미생물제제(Inoculant)를 함께 첨가하여 제조한 사일리지가 좀 더 우수한 것으로 나타났다. 그러나 생성유기산의 절대량 상의 차이와 미생물제제의 가격을 고려할 때 경제적 보상 가능성에 대해서는 추가적인 반복시험이 요구된다.

B. 야초 원형곤포 사일리지

가. 야초 곤포사일리지 제조시험 경과

본 시험 대상지는 경기도 파주시 장단면 민통선 지역 내 약 80만평의 자연야초지 일대로 갈풀(*Phalaris arundinacea*)이라고 하는 초종이 주(主)를 이루는 곳이다. 곤포사일리지 제조시 기계작업은 대상지가 사질토였기 때문에 어려움은 없었으며 비교적 용이한 상태에서 기계작업이 이루어져 곤포사일리지 제조시험을 수행할 수 있었다. 그러나 시험대상지역 강 하류인 관계로 1998년과 1999년 기상이변으로 인한 폭우로 야초지가 하절기에 2~3 차례 물에 잠기는 수해를 입기도 하였다.

나. 일반영양성분 및 발효특성 조사

원료 야초의 수분함량은 수확시기에 따라서, 그리고 및 수확 후 예건시간에 따라서 상당한 차이를 보였다. 1번초의 경우에는 수확 직후 65.12~70.00%의 수분농도를 가져 사일리지 제조에 적합한 것으로 나타났고, 예취 후 경과 시간에 따라 재료의 건물함량에 다소의 차이를 보여 예취 직후 제조된 사일리지에 비하여 예취 후 시간이 경과하여 제조된 사일리지는 수분함량이 낮은 경향을 보였다.

2번초(10월 예취)의 경우 예취 직후에 곤포사일리지 제조작업에 들어감에도 불구하고 원료 야초의 건물함량은 46.64%로서 1번초로 제조한 사일리지의 건물 함량(30.00%와 34.88%)보다 훨씬 높은 것으로 나타났다.

곤포사일리지 제조 후 일정기간이 지난 다음 시료를 채취하여 일반성분 분석을 수행한 결과, 건물(DM)의 함량은 첨가물에 따른 처리간에 별 차이가 없었으며 조단백질(CP), NDF 및 ADF 함량에서도 전반적으로 처리간에 유의적인 차이를 보이지는 않았으나, 한 시험(시험 I)에서 무처리구나 유산균제 처리구에 비해 Sodium metabisulfite 처리구와 개미산(formic acid) 처리구에서 다소 영양소함량이 개선된 것으로 나타났고, 또한 비섬유

성탄수화물(NFC) 함량의 경우 첨가제를 처리한 구가 무처리구보다 유의성 있게 높은 것으로 나타나($p < 0.05$) 일부 야초에 대한 이들 첨가제의 처리가 사일리지의 품질에 어느 정도 긍정적인 효과를 주는 것으로 나타났다.

예취 후 곤포 제조작업까지의 시간이 경과할 경우, 조단백질, NDF 및 ADF에서 예취 직후 제조분보다 다소 함량이 감소하는 것으로 나타났다. 특히 2번초의 경우에는 1번초에 비하여 조단백질 함량은 상대적으로 낮은 반면에 NDF와 ADF 함량은 높게 나타나 수확시기가 경과되면서 조사료로서의 야초의 영양적 가치는 상당히 감소하는 것으로 확인되었다.

제조된 야초사일리지의 산도(pH) 및 젖산 농도를 조사한 결과, 상대적으로 수분함량이 많고 사료적 가치가 양호한 1번초의 경우 랩포장 작업이 곤포 제조작업 후 곧 이루어진 처리구들은 유산균제 처리구, Sodium metabisulfite 처리구 및 개미산 처리구 등 모든 처리구에서 낮은 산도를 보여 안정된 발효의 진행정도를 판단할 수 있었으며, 심지어 무처리구에서도 나쁘지 않은 발효성적을 보임으로써 첨가제를 사용하지 않을 시 발효의 정도가 극히 미약했던 벗짚과는 차이를 보였다.

시험 I 에서 곤포 제조작업 후 랩포장 작업을 지연시킨 경우, 무처리구와 유산균제처리구에서는 pH가 상당히 높았고 젖산 생성량도 다른 처리구에 비해 낮은 것으로 나타나 발효의 진행이 매우 미약했던 것으로 나타났으며, 심지어 같은 처리구 내에 반복간에도 이들 영향에 따라 차이를 보임으로써, 발효초기 단계에서의 공기에 대한 일시적인 노출도 혐기성인 젖산균의 작용을 크게 억제하는 것으로 나타났다. 따라서 곤포제조 후 가능한 한 빠른 시간 내에 랩포장 작업에 들어가는 것이 양질의 야초 곤포사일리지 제조에 유리한 것으로 나타났다.

한편 2번초를 대상으로한 사일리지 제조시험에서는 1번초와 달리 첨가

제의 사용여부에 따른 발효정도의 차이가 더 크게 나타났다. 두 가지 종류의 시판 유산균제(I 및 II) 처리구에서 제품의 pH는 유의적으로 낮은 수준을 보였고($p < .05$), 특히 유산균제 II의 첨가 효과가 큰 것으로 나타났으며, 이 처리구의 젖산 생성량도 다른 처리구에 비해 유의적으로 높은 것으로 나타났다($p < .05$).

첨가제의 사용 효과가 우수할 것으로 예상되었던 Sodium metabisulfite 처리구에서는 발효의 진행정도가 미약한 것으로 나타났으며, 이는 또 다른 시험에서도 재확인되었다. 개미산(HCOOH) 처리구의 경우에는 거의 유기산이 생성되지 않은 것으로 나타남으로써, 이들 첨가제의 처리가 pH의 급격한 하락으로 인해 유해미생물의 증식을 막아 사일리지의 저장성 등에는 효과적일지 모르지만 젖산발효를 촉진하는 효과 면에서는 영향을 적게 주었던 것으로 판단된다.

결론적으로 1번초에서는 적당한 수분 및 영양소 함량으로 인하여 처리구에 상관없이 낮은 pH 및 젖산발효의 진행과 2번초에서의 무처리구의 경우 높은 pH와 낮은 젖산 농도가 얻어졌으며, 유산균제의 첨가효과를 동시에 고려해 볼 때, 상대적으로 야초 곤포사일리지 제조시 우수한 품질의 제품을 제조하기 위해서는 재료의 수분함량이 가장 중요한 요인이 될 수 있으며, 따라서 이점을 고려한 적절한 예건시간을 준수하는 것이 중요하고, 특히 수분함량 및 사료적 가치가 떨어지는 2번초를 재료로 야초 사일리지를 제조할 때에는 양질의 제품을 만들기 위하여 어느 정도 첨가제의 사용이 요구되는 것으로 나타났다.

다. 야초 곤포사일리지의 유우 급여시험

야초 사일리지에 대한 옥수수사일리지의 상대적인 가치평가를 위해 착유

우를 대상으로 급여시험을 실시한 결과, 산유량에 있어서 옥수수사일리지 급여구의 평균산유량 (4% FCM 기준)은 야초 사일리지보다 유의적으로 높게 나타났다($p < .05$). 한편 유지방 함량을 조사한 결과, 옥수수사일리지 급여구와 야초사일리지 급여구 두 처리간에 유의차가 나타나지 않고 비슷한 함량을 보였다.

C. 연구개발 활용에 대한 건의

국내 부존 조사료자원으로 가장 중요시되는 벣짚과, 상당한 면적에 자생하여 조사료자원으로 개발할 가치가 있는 야초의 경우, 기계화된 방법을 이용하여 곤포사일리지로 발효시킴으로써 조사료로의 활용도를 상당히 높일 수 있음이 본 연구를 통하여 입증되었다. 생벣짚사일리지의 가장 큰 강점은 무엇보다도 건조벣짚을 제조하는 과정에서 빈번하게 직면하는 불량기상을 극복할 수 있으므로 벣짚 수거율을 높임과 동시에, 건조벣짚 제조시에 감수해야 하는 사료가치 저하를 피할 수 있다는 데 있다.

원형곤포기와 랩포장기를 활용하는 본 발효기술은 짧은 시간에 넓은 면적의 논으로부터 벣짚을 손실 없이 수거할 수 있다는 유리한 점이 있으며, 나아가 다른 담리작 사료작물을 비롯한 청에맥류 등의 다른 조사료 생산에도 활용할 수 있으므로, 목장에서의 도입초기에 가장 커다란 부담이 될 수 있는 기계구입 문제만 극복된다면 노동효율이나 기계 가동비용 면에서 볼 때 충분히 경제성이 있다. 그러므로 기계구입을 위한 정부차원의 지원을 확대하고 구입한 작업기를 몇 개 목장이 공동으로 활용할 수 있는 방안이 모색된다면 벣짚이나 부존 조사료자원은 물론 이들 기계를 활용할 수 있는 각종 조사료 생산을 가속화하는 데 커다란 도움을 줄 것으로 기대된다.

S U M M A R Y

Despite that rice straw is one the main roughage sources in the country, its annual utilization as feed has often been far from satisfaction due to frequent precipitation during the period of rice grain harvest. A series of experiments, therefore, were conducted to examine the possibility of manufacturing rice strawlage using round-baling and wrapping technique for the purpose of enhancing the utility of rice straw as roughage for ruminants.

Right after grain harvest fresh rice straw was baled and wrapped on the rice field located in three different areas of Kyunggi Province. Additives like bacterial inoculants, sodium metabisulfite or molasses with or without urea were applied in order to promote fermentation of fresh rice straw within the wrapped film. Average inner temperature of the round bales measured by stick thermometer on the first day of fermentation ranged between 25~27°C, which remained relatively constant for a few days independent of treatment. Silage products made with bacterial inoculant as well as with molasses plus urea had significantly lower pH values as compared to control or those treated with sodium metabisulfite($p < .05$). DM content of the strawlage tended to rise with delayed baling after harvesting rice grain. No significant differences between treatments were observed regarding nutritional composition of

round-bale rice strawlage at the same location; however, the contents of L-lactate and total organic acid(TOA) were significantly higher for treated products compared with control for two areas.

Molasses either with or without urea was proved to be the most effective and economical additive for making round bale rice strawlage. This was supported by the results obtained from digestion trials using sheep and from small silo experiments.

Silage manufacture using round-baling and wrapping technique was also applied to the wild grass especially to *Phalaris arundinacea* which vegetates abundantly on the riverbed near DMZ. Qualitative evaluations were carried out on the silage products according to moisture content depending on wilting condition and to silage additives like formic acid, bacterial inoculant, sodium-metabisulfite. Water content of the raw material was the first limiting factor affecting the round-bale wild grass silage, although statistically no significant values were obtained among treatments for chemical composition, pH and lactate concentration of the products.

CONTENTS

CHAPTER 1. Introduction	18
1. Objectives and background	18
2. Importance	22
CHAPTER 2. Round bale rice strawlage	23
1. Introduction	23
2. Materials and methods	24
3. Results	34
4. Discussion	55
CHAPTER 3. Round bale wild grass silage	62
1. Introduction	62
2. Materials and methods	63
3. Results	68
4. Discussion	78
CHAPTER 4. References	82
APPENDIX (POTOS)	

목 차

요 약 문	2
SUMMARY	14
CONTENTS	16
목 차	17
제 1 장 서 론	25
제 1 절 연구개발의 목적 및 중요성	25
1. 연구개발의 목적	25
2. 연구개발의 중요성	25
가. 기술적 측면	25
나. 경제·산업적 측면	29
다. 사회·문화적 측면	30
제 2 절 연구개발 내용 및 범위	32
제 2 장 생벚짚 곤포사일리지	34
제 1 절 서 설	34
제 2 절 재료 및 방법	36

1. 곤포사일리지 제조와 내부온도측정	36
2. 곤포사일리지의 시료채취, 일반영양성분 및 발효특성조사	40
3. 면양을 이용한 대사시험	42
가. <i>In Vivo</i> 소화율 검정	42
나. <i>In Vitro</i> 소화율 검정	43
4. TMR 원료로의 이용효과 및 급여시험	44
5. 소형사일로 사일리지 제조시험	46
1) 사일리지 제조	46
2) <i>In vitro</i> 소화율 및 <i>In situ</i> 분해율 시험	47
제 3 절 결 과	47
1. 생벚짚 곤포사일리지 제조시험의 경과	47
2. 곤포사일리지의 내부온도 변화 조사	48
3. 곤포사일리지 일반영양소 함량 및 발효특성 조사	49
가. 원료벚짚의 건물 및 일반영양소 함량	49
나. 벚짚 곤포사일리지의 건물 및 일반영양소 함량	52
1) 건물 및 일반성분함량	52
2) 가소화영양소총량(TDN), 건물소화율(DMD), 건물섭취량 (DMI), 상대사료가(RFV)	55
3) 발효 특성	59
3. 면양을 이용한 대사시험	62
가. <i>In vivo</i> 소화율 검정	62
나. <i>In vitro</i> 소화율 검정	62

4. TMR 제조시 첨가효과 및 급여시험	64
5. 소형사일로 사일리지 제조시험	66
가. 사일리지 영양성분 분석 및 발효특성 조사	66
1) pH와 lactate 농도의 변화	66
2) 일반성분의 변화	66
3) <i>In Vitro</i> 소화율 및 <i>In Situ</i> 분해율 검정	66
제 4 절 고 찰	73
1. 곤포사일리지 제조 및 내부온도	73
2. 곤포사일리지 일반영양소 함량 및 발효특성	74
가. 원료벧짚의 건물 함량	74
나. 벧짚 곤포사일리지의 건물 및 일반영양성분 함량	75
1) 건물 및 일반성분함량	75
2) 가소화영양소총량(TDN), 건물소화율(DMD), 건물섭취량 (DMI), 상대사료가(RFV)	76
3) 발효특성	77
3. 면양을 이용한 대사시험	78
가. <i>In vivo</i> 소화율 검정	78
나. <i>In vitro</i> 소화율 검정	79
4. TMR 원료사료로의 첨가효과 및 급여시험	80
5. 소형사일로 사일리지 제조시험	81
가. 소형사일로 사일리지 제조	81
나. 일반 영양소의 변화	81

다. <i>In vitro</i> 소화율 및 <i>In situ</i> 분해율 시험	82
제 3 장 야초 원형곤포사일리지	83
제 1 절 서 설	83
제 2 절 재료 및 방법	84
1. 곤포사일리지 제조	84
2. 곤포사일리지의 일반영양소 함량 및 발효특성	88
3. 젖소에 대한 야초 곤포사일리지 급여시험	89
제 3 절 결 과	90
1. 야초 원형곤포사일리지 제조 여건	90
2. 곤포사일리지 일반영양소 함량 및 발효특성	91
3. 젖소에 대한 야초 곤포사일리지 급여시험	100
제 4 절 고 찰	102
1. 야초 원형곤포사일리지 제조	102
2. 곤포사일리지 일반영양소 함량 및 발효특성	102
3. 젖소에 대한 야초 곤포사일리지 급여시험	106
제 4 장 참고문헌	108
부록 (사진)	

List of Tables

표 1.	지역별 생볏짚 원형곤포사일리지의 제조시험 경과	37
표 2.	생볏짚 원형곤포사일리지의 제조시험 경과	38
표 3.	볏짚 곤포사일리지의 내부 및 외기 온도의 변화 (안성, 1997. 10. 15)	48
표 4.	볏짚 곤포사일리지의 내부 및 외기 온도의 변화 (평택, 1997. 10. 19)	49
표 5.	지역별 곤포사일리지 제조용 원료볏짚의 건물함량	50
표 6.	지역별 곤포사일리지용 원료볏짚의 조단백질(CP), 조회분 (Ash), NDF, ADF 및 비섬유성탄수화물(NFC) 함량	50
표 7.	평택지역 곤포사일리지용 원료볏짚의 건물(DM), 조단백질(CP), 조회분(C.Ash), NDF 및 ADF 함량	51
표 8.	생볏짚 곤포사일리지의 일반영양소 함량 (포천)	53
표 9.	생볏짚 곤포사일리지의 일반영양소 함량 (평택)	54
표 10.	생볏짚 곤포사일리지의 일반영양소 함량 (안성)	54
표 11.	볏짚 곤포사일리지의 일반영양소 함량 (평택)	55
표 12.	포천 지역에서 제조된 곤포사일리지의 가소화영양소총량 (TDN), 건물소화율 (DMD), 건물섭취량(DMI) 및 상대사료가(RFV)	56
표 13.	평택 지역에서 제조된 곤포사일리지의 가소화영양소총량 (TDN), 건물소화율 (DMD), 건물섭취량(DMI) 및	

	상대사료가(RFV)	57
표 14.	안성지역에서 제조된 곤포사일리지의 가소화영양소총량 (TDN), 건물소화율(DMD), 건물섭취량(DMI) 및 상대사료가(RFV)	58
표 15.	평택지역에서 제조된 곤포사일리지의 가소화영양소총량 (TDN), 건물소화율(DMD), 건물섭취량(DMI) 및 상대사료가(RFV)	58
표 16.	포천지역에서 제조된 곤포사일리지의 pH, 젖산(L-lactic acid) 및 총유기산(total organic acid, TOA) 농도	59
표 17.	평택지역에서 제조된 곤포사일리지의 pH, 젖산(L-lactic acid) 및 총유기산(total organic acid, TOA) 농도	60
표 18.	안성지역에서 제조된 곤포사일리지의 pH, 젖산(L-lactic acid) 및 총유기산(total organic acid, TOA) 농도	61
표 19.	평택지역에서 제조된 곤포사일리지의 pH, 젖산(L-lactic acid) 및 총유기산(total organic acid, TOA) 농도	61
표 20.	면양을 이용한 <i>In vivo</i> 소화율 검정시험 결과	63
표 21.	면양을 이용한 <i>In vitro</i> 소화율 검정시험 결과	64
표 22.	젖소를 이용한 벧짚사일리지와 오차드짚의 급여효과	65
표 23.	첨가제 종류에 따른 pH 및 젖산 농도	67
표 24.	첨가제 종류에 따른 생벧짚 사일리지의 영양성분함량	68
표 25.	야초 원형곤포사일리지 제조시험의 경과	85
표 26.	야초 및 옥수수사일리지의 pH 및 일반영양소 함량	89

표 27.	원료야초의 건물(DM), 조단백질(CP), NDF, ADF 및 비섬유성 탄수화물(NFC) 함량	91
표 28.	야초 곤포사일리지의 건물(DM), 조단백질(CP), NDF, ADF 및 비섬유성탄수화물(NFC) 함량	91
표 29.	야초 곤포사일리지의 pH, 젖산(L-lactate) 및 총유기산(TOA*) 농도	93
표 30.	원료야초의 건물(DM), 조단백질(CP), NDF 및 ADF 함량	93
표 31.	야초 곤포사일리지의 건물(DM), 조단백질(CP), NDF 및 ADF 함량	94
표 32.	야초 곤포사일리지의 pH 및 젖산(L-lactate) 농도	95
표 33.	원료야초의 건물(DM), 조단백질(CP), NDF 및 ADF 함량	95
표 34.	야초 곤포사일리지의 건물(DM), 조단백질(CP), NDF 및 ADF 함량	96
표 35.	야초 곤포사일리지의 pH 및 젖산(L-lactate) 농도	97
표 36.	원료야초의 건물(DM), 조단백질(CP), NDF 및 ADF 함량	98
표 37.	야초 곤포사일리지의 건물(DM), 조단백질(CP), NDF 및 ADF 함량	99
표 38.	야초 곤포사일리지의 pH 및 젖산(L-lactate) 농도	100

List of Figures

그림 1. 첨가제 종류에 따른 생벼짚 사일리지의 건물(DM) 소실률 ..	69
그림 2. 첨가제 종류에 따른 생벼짚 사일리지의 유기물(OM) 소실률	70
그림 3. 첨가제 종류에 따른 생벼짚 사일리지의 NDF 소실률	71
그림 4. 첨가제 종류에 따른 생벼짚 사일리지의 <i>In vitro</i> 소화율	72
그림 5. 유생산량에 대한 옥수수사일리지와 야초사일리지 유우 급여효과 비교	101
그림 6. 유지방에 대한 옥수수사일리지와 야초사일리지의 유우 급여효과 비교	101

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 목적 및 중요성

1. 연구개발의 목적

본 연구개발의 목적은 현재 우리 나라에서 정기적으로, 또 가장 많이 생산되는 조사료자원임에도 불구하고 노동비의 상승, 기술 및 인식 부족, 수확시기의 일기불순 등으로 인하여 그 수거 및 이용률이 낮고 해마다 불규칙하여 조사료용으로서의 수급이 불안정한 벼짚, 그리고 지역에 따라서 상당한 면적에 대규모로 자생하여 조사료로의 이용가치가 큼에도 불구하고 아직 덜 개발된 채 있는 야초를 대상으로, 최신 수확기계를 활용하여 효과적으로 처리함으로써 조사료로의 수거율과 이용률을 높임과 동시에 적절한 가공처리법을 병행하여 사양가치를 향상시킴으로써, 궁극적으로 국내 조사료의 자급도를 높이고, 나아가 수입조사료에 대한 의존도를 낮추어 생산비를 절감함으로써 궁극적으로 우리 축산업의 경쟁력을 높이는 데 있다.

2. 연구개발의 중요성

가. 기술적 측면

국제경쟁력 측면에서 국내 낙농과 비육우 생산이 처한 가장 취약한 부분의 하나는 조사료의 공급기반이 열악하다는 데 있다. 우리 나라는 초지조성을 위한 제반 여건이 불리하고 사료작물 재배를 통한 자급조사료 확보 노력 또

한 노동가치의 상승 등으로 희박해짐과 동시에 근래에는 날로 도입이 증가하고 있는 외국산 수입조사료의 구입에 의존하려는 낙농가와 비육우농가가 증가하고 있는 실정이다.

그러나 우리 나라에는 비록 저질 조사료원이기는 하지만 벯짚이 농산부산물로 연간 약 630만톤이 생산되고 있어 그 양이 막대함에도 불구하고 실제로 사료로 이용되는 양은 매우 저조하다. 이와 같이 벯짚의 사료화율이 저조한 이유는, 벯짚을 논토양에 도로 환원시켜야 하거나 다른 용도로의 사용이 불가피한 탓도 있겠으나, 사료로 이용하고자 하여도 종종 수확기를 전후한 일기 불순 등으로 인해 벯짚 수거에 실패하거나, 건조 저장과정에서 부패하거나 토사오염으로 품질이 떨어져 조사료로서의 활용에 제한을 받고 있으며, 그나마 유통 벯짚마저도 종종 품귀현상을 빚고 있어 가격이 수시로 폭등하거나 불일정하여 궁극적으로 조사료 공급기반을 약화시킨다는 데 있다.

따라서 이러한 이용기술상의 위험부담을 줄이고 매년 규칙적으로 생산되는 벯짚을 최대한 수거하여 조사료로 활용하는 데는 건조방식보다도 오히려 습식저장(발효저장) 방식을 이용하는 편이 효과적일 수 있다는 데 착안할 필요가 있다. 일반적으로 고간류와 같은 저질 조사료는 건물농도를 50% 정도로 재건조(Rehydration)시켜 제조할 경우 발효효과를 제대로 기대할 수 있다(Krause 등, 1968; Klopfenstein 등, 1972). 결국 벯짚을 습식저장 방식으로 이용한다는 것은 콤바인 탈곡 직후의 생벯짚을 수분함량 50% 전후의 상태에서 발효시켜 동물에 급여하는 방법으로, 짚을 원료로 제조한 사일리지를 구미에서는 'Strawlage' 라고 부르기도 한다. 특히, 과거와 달리 근래에는 벼의 수확작업이 기계화되어 대부분 콤바인에 의한 벼의 생탈곡이 성행하는 오늘날, 생탈곡 직후에 수거되는 생벯짚을 수분 제거에 신경 쓸 필요가 없이 수분이 있는 상태로 발효시켜 저장하면, 비록 목초나 일반 사료작물 만큼의 양질 조사

료는 못되더라도 건조 벯짚보다는 영양소조성이나 녹색도면에서 더 우수하고, 적당한 발효 산취로 인해 가축의 기호성도 더 우수할 것으로 기대된다.

생물학적 처리방법인 발효(Fermentation)에 의하여 고간류 사일리지를 제조하는 기술은 일찍이 Goering 등(1969)과 Klopfenstein 등(1972)이 3~5% 수준으로 NaOH를 처리한 고간류나 절단한 고간류에 수분을 60-70%로 하여 사일로에 4-8주간 발효처리 하는 방법을 제시한 바 있고, 생벯짚을 사일로에 충전 발효시키는 기술에 관하여는 坂田 등(1968), 菊池(1970), 豊川와 高安(1971), 木部 등(1974)의 일본 학자들에 의하여 연구되었으며, 국내에서도 김 등(1977); 장과 김(1963), 강 등(1981) 그리고 탁 등(1977)이 연구 보고한 바 있다. 특히 坂田 등(1968)은 생벯짚에 여러 첨가제를 첨가한 실험에서 고구마 덩굴, 청예콩 및 Orchardgrass 첨가구가 성적이 좋았던 반면에 생벯짚만으로는 흰곰팡이가 발생되었고, 臭化Methyl과 Chrolopicrin 첨가로 흰곰팡이 발생이 억제되었음을 관찰하였다. 또 木部(1974)는 건조벯짚만을 원료로 사용하게 되면 젖산발효가 일어나지 않고 pH가 높게 유지되어 품질이 좋지 않으며, 생벯짚인 경우는 수분함량면에서 제조원료로 적당하지만 줄기 가운데 공기보유율이 높아 젖산 발효가 어렵고, 개봉 후 2차 발효가 일어나기 쉬운 결점이 있기 때문에 당밀 밀기울, 박류 및 목초 등을 첨가하는 것이 바람직하다고 주장하였다. 菊池(1970)에 의하면, 벯짚에 폐당밀을 5~10%, 유산균 분말을 0.05% 첨가했는데 당을 첨가할 때에는 극히 유효하였으나 당을 첨가하지 않을 때는 유산균 분말을 첨가해도 효과가 없었다고 한다. 豊川와 高安(1971)은 면양으로 생벯짚 사일리지의 소화시험을 실시했는데 풍건 벯짚의 TDN이 43.4%, 생벯짚 사일리지의 TDN이 43.5%로 에너지함량은 양자간 별 차이가 없었으나 섭취량에 있어서는 풍건상태보다 생벯짚 사일리지의 1.43배 더 높은 기호성을 나타내었다고 한다. 또 Shultz(1974)는 라이그라스 짚을 사일리지로 제조할

시 NaOH와 KOH를 4.5% 수준으로 첨가하면 소화율과 기호성이 모두 개선되었음을 보고하였다. 木部(1974)은 볏짚 사일리지의 제조가 기계화가 가능한 경우에는 경제적으로도 실용화할 가치가 높다고 주장한 바 있다.

이와 같이, 생볏짚을 사일로에 충전하여 발효시키는 방법에 대하여 이미 국내외 여러 학자들에 의하여 연구 보고된 바 있으나, 기계작업에 의해 만들어지는 원형곤포 사일리지(Round bale silage, Roll bale silage 또는 Wrap silage 라고 부름)를 제조하는 방법에 관하여는 볏짚에 관한 한 아직 연구 보고된 바가 없다. 생볏짚의 원형곤포 사일리지는, ① 재료의 절단작업이 필요 없고, ② 흔히 절단, 충전 및 진압, 피복 및 가압의 순서로 제조하는 관행적 사일리지보다 제조과정이 간편하여 짧은 시간에 많은 면적을 처리할 수 있어 노동 및 제조비용이 절감되며, ③ 수확과 동시에 처리를 하므로 건조과정에서의 영양적 손실이나 강수 등으로 인한 실패의 위험부담을 피할 수 있고, ④ 아직 녹색을 띤 짚을 출발재료로 이용하므로 기호성이나 영양적인 이점을 기대할 수 있으며, ⑤ 특수 비닐포장으로 밀봉 제조 후 야외 현장(예: 논 바둑)에서 보관이 가능하므로 목장부지의 지면을 덜 차지하면서 필요시 운반할 수 있어 취급이 용이하다는 점 등 많은 장점을 가진다. 그러므로 이 방법은 사료작물을 이용하여 건초나 사일리지를 조제 이용하던 기존 방법에서 감수해야 했던 수량 감소나 영양소 손실, 기계작업의 번거로움 및 별도 저장시설 요구 등 제조 과정에서의 저효율과 위험부담을 비교하여 볼 때 충분히 그 가치를 발휘할 수 있다고 판단된다.

그러나 고간류는 공통적으로 가용성 탄수화물이 크게 부족한 관계로 청예작물과 같은 일반 사료작물과는 젖산발효를 기대하기가 어려운 조건을 지니고 있는 관계로 이를 보충하거나 발효조건을 유리하게 하는 보완책을 필요로 한다. Enzman 등(1969)과 Robertson 등(1971)은 포플라수피 사일리지를 제조

할 때 당밀을 첨가함으로써 발효효율을 개선됨을 보고한 바 있으며, 菊池 등(1970)과 坂田 등(1968)도 벳짚 사일리지를 제조함에 있어서 당밀을 4~8% 수준으로, 그리고 당밀에 요소를 0.3% 수준으로 병용함으로써 사일리지의 품질면에서 보다 우수한 발효효과를 확인한 바 있다.

한편, 생벳짚 이외에도 원형곤포사일리지 제조기술은 청예작물을 비롯한 각종 사료작물에 응용할 수 있다. 예를 들어, 국내에는 큰 강의 하구언 등에 갈대 등의 야초가 부존 조사료원으로 대규모 면적에 대군락을 이루어 자생하고 있는 바, 기계에 의한 자동화 작업을 통하여 이를 사료화 할 수 있는 이 방법을 응용하면 부존 초자원을 조사료화 시키는 데 크게 기여할 수 있다. 이 경우에도, 제조된 야초사일리지는 벳짚과 마찬가지로 각각의 단위로 포장되어 매매 유통도 가능할 것으로 사료된다.

나. 경제·산업적 측면

WTO 출범이후 농축산물 시장의 개방과 함께 국내 축산은 여건이 급변하는 가운데 중대한 위기를 맞고 있으며, 더욱이 1997년 7월 이후부터는 거의 대부분의 축산물시장이 개방되고 「수입물량제한철폐」 및 「관세인하조치」가 점차 완화되고 2001년 이후에는 모든 축산물이 완전 개방될 예정이어서 우리의 사정을 더욱 어렵게 만들고 있다. 우리 축산물이 수입축산물과의 경쟁에서 뒤지는 가장 큰 원인 중의 하나가 가격 경쟁력이 상대적으로 허약하기 때문임을 감안할 때 우리도 생산비를 낮출 수 있는 방안을 최대한으로 강구하지 않으면 안되기에 이르렀다.

현재 국내에는 국내 주 조사료원이라 할 수 있는 벳짚을 비롯하여 각종 농산부산물과 산업부산물이 다량 생산되고 있고 이들을 개발 가공하여 사료로 활용할 여지가 아직 많음에도 불구하고 이들을 효율적으로 이용할 수 있

는 방법이 개발되어 있지 않아 대부분 그냥 방치되고 있는 실정이다. 특히 낙농이나 비육우 생산에 있어서 사료비가 전체경영비의 70% 이상을 점유함에도 불구하고 반추동물의 영양생리를 이용하여 이들을 우선적 활용하기보다는 배합사료와 수입조사료에 대한 의존도가 해마다 증가되어 대외무역적자를 가중시키는 원인으로 작용하고 되고 있다. 그나마 근래에 종종 발생한 바와 같이 수출국 생산현지의 기상이변 등으로 물량의 확보가 불확실해지거나 가격이 항상 불안정하여 그에 대한 의존도가 증가할 경우 결코 저생산비의 안정된 축산물의 생산을 기대하기가 어려우며 결국 우리 축산물의 국제경쟁력 확보가능성은 더욱 멀어질 소지가 크다.

식용작물용 재배면적도 충분치 못한 국내 실정에서 사료의 자급도를 높일 수 있는 유일한 길은 농후사료가 아닌 조사료 부존자원을 개발하는 일인 바, 특히 국민의 식생활이 미백 중심으로 영위되는 우리나라에는 벳짚 등의 고간류가 비록 저품질이기는 하나 매년 정기적으로 생산되는 제일의 조사료자원이라고 보아야 하며 이외에 비경작지에 자생하며 방치되고 있는 야초도 부존 조사료로 도외시할 수 없는 자원이라고 하겠다.

특히 앞에 언급한 기술적 장점 이외에 원형곤포사일리지는 재료에 따라서는 다르지만 흔히 약 400~500kg 무게 단위로 포장되므로 사일리지임에도 불구하고 매때 유통이 가능해지며, 일단 작업기계가 마련되면 특별한 경우를 제외하고는 연중 작부체계에 따라 생산되는 각종 풀사료에 응용할 수 있어 경제적 가치가 충분히 있다고 볼 수 있다.

다. 사회·문화적 측면

과거에는 풀사료의 중요성을 강조하여 “낮질을 하기 싫으면 소를 기르지 말라”는 옛말도 있었으나, 작금의 낙농이나 비육우 생산자에 있어서 3-D 현

상의 사회적 분위기에 편승하여 ‘흙과 농업’에 대한 전통적 사고에서 멀어져 사료작물의 생산이 없이, 아니면 제한된 경지면적과는 상대적으로 과대한 규모로 사육하고자 하여 생산비가 과중해짐은 물론, 환경적으로도 무리를 빚게 됨을 부인할 수 없다. 수입조사료 역시 주문만으로 쉽게 구해지는 것이 아니라 많은 복잡한 절차를 통하여 들어오는 것이며 특히 외래잡초나 방역상의 문제 등 치러야 하는 반대 급부도 매우 크다는 사실을 인식하여야 할 것이다.

따라서 양축가는 국제경쟁이라는 냉엄한 현실을 수용하는 기본자세에서 출발하여 소유농지에서의 풀 사료 경작을 통해 조사료자급을 극대화하는 동시에 주변의 부존자원을 살살이 개발 이용함으로써 생산비를 효과적으로 절감할 수 있다는 생각을 가져야 한다. 이러한 점에서 논농사가 있는 한 정기적으로 생산되는 볏짚을 가공이용 방법에 따라서는 훌륭한 부존 조사료자원으로 활용할 수 있음을 연구개발을 통하여 입증하고, 새로운 사료제조 기술을 양축가에 효과적으로 보급함으로써 생산비 절감의 가능성과 자신감을 고취시킬 필요가 있다.

제 2 절 연구개발 내용 및 범위

제 1차년도의 연구사업에서는 벧짚과 야초를 대상으로 사일리지 첨가제를 이용하여 직접 곤포사일리지를 제조함으로써 작업과정에서 발생하는 기술적인 문제점들을 파악하여 초지가 아닌 특수한 지형이나 토양조건하에서의 원형 곤포사일리지의 제조가능성을 확인하고, 제조 후 시간 경과에 따른 사일리지 내의 상태와 발효정도를 파악하는 한편, 영양성분의 분석을 통하여 각종 첨가제의 사용효과를 검증함으로써 벧짚과 야초의 곤포사일리지 제조효과와 실용화 가능성을 타진하였다.

제 2차년도 연구에서는 사일리지를 제조규모를 늘려 젖소에 직접 급여하는 시험을 실시하는 한편, TMR 제조시 이를 원료로 도입할 때 혼합효율에 미치는 영향과 기존 다른 조사료의 대체 가능성을 확인하고, 젖소 급여시험을 통해 기호성, 사료섭취량 그리고 유생산 및 유성분의 변화를 조사함으로써, 경제성을 분석에 의한 실용화 보급방안을 모색하고자 하였다. 그리하여 궁극적으로는 가장 효과적인 곤포사일리지 제조공법을 개발하고, 제조시 가장 적합한 첨가물과 첨가방법을 개발하여 낙농 및 육우농가에 제시하고자 하였다.

구분	연구 개발 목표	연구 개발 내용 및 범위
1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 볏짚 및 야초의 원형 곤포사일리지 제조 가능성 및 효과 연구 	<ul style="list-style-type: none"> - 곤포사일리지 제조시 문제점 파악 - 시간경과별 사일리지의 발효패턴조사 (사일리지의 영양적, 물리 화학적 분석) - 각종 발효촉진용 첨가제의 효과 구명 - In vitro 및 In vivo 소화율 검정(면양)
2차 년도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사일리지 급여시험 ○ 원형 곤포사일리지의 적합성 검토 ○ TMR 제조시 원료 적합도 및 급여시험 	<ul style="list-style-type: none"> - 급여시 유량 및 유성분의 변화 조사 - 기호성 조사(사일리지 자체 및 첨가제별) - 원형 곤포 사일리지의 제조방법 및 최적 첨가제 선정 - TMR 제조시 영양소 농도변화 분석 - TMR 급여시 젖소 산유량 및 유조성 변화 조사

제 2 장 생볏짚 원형곤포 사일리지

제 1 절 서 설

우리 축산물이 수입축산물과의 경쟁에서 뒤지는 가장 큰 원인 중의 하나가 가격 경쟁력이 상대적으로 허약하기 때문임을 감안할 때, 우리도 생산비를 낮출 수 있는 방안을 최대한으로 강구하지 않으면 안되기에 이르렀다. 특히 낙농과 비육우 생산 분야의 경우 국제경쟁력 측면에서 가장 취약한 부분의 하나는 조사료의 공급기반이 열악하다는데 있으나 우리 나라는 초지 조성을 위한 제반 여건이 불리하고 높은 지가나 인건비 상승 등으로 인하여 사료작물 재배를 통한 자급조사료 생산노력 또한 희박해짐과 동시에 근래에 날로 급증하는 외국산 수입조사료에 의존하려는 낙농가와 비육우 농가가 증가하고 있는 실정이다.

이러한 측면에서 국내 가장 중요한 자급조사료원이라 할 수 있는 볏짚에 대한 관심이 커지고 있으나, 안타깝게도 볏짚은 섬유질과 리그닌 및 규산의 농도가 높고 결정구조가 강하여 다른 조사료에 비하여 소화율이 낮다는 결점을 가지고 있다. 따라서 저질조사료인 볏짚의 영양가치를 높이기 위하여 이미 국내에서도 1970년대부터 볏짚을 대상으로 한 연구가 적지 아니 수행된 바 있으나 대부분 알칼리처리 등의 화학적 방법을 응용한 연구들이었다(최 등, 1983; 김 등, 1986; 배와 정, 1988; 신 등, 1989).

일반적으로 볏짚을 알칼리로 처리하면 중질의 목초에 상당하는 영양적 개선효과를 기대할 수 있으며 이러한 효과를 실증하는 연구와 보급으로 축우 사양농가에서의 실용화도 증가하였다. 그러나 이들 방법들은 각기 장단점을

지니고 있다. 예를 들어, 가성소오다(NaOH) 처리방법은 처리효과가 우수하여 기술도입의 초기에는 상당수의 목장에서 응용되었으나 작업과정이 위험하고 번거로우며, 섭취한 소의 배뇨량이 증가하는 등 취약점을 가졌다. 그리하여 1980년대에 들어서는 보다 처리가 간편한 암모니아처리가 국내에 도입되고 정부의 장려지원에 힘입어 빠른 속도로 확대되어 지금도 상당수의 축우농가에서 활용되고 있다. 암모니아 처리방법은 볏짚에 부족한 단백질(NPN)을 보충한다는 장점이 있고, 처리도 간편하다는 점에서 긍정적으로 인식되어 빠른 보급효과를 거둔 게 사실이지만 이 처리가 확산되면서 농가에 따라서는 암모니아처리 볏짚을 단일 조사료로 급여할 경우 소의 수태율 저하를 호소하는 목장이 상당히 나타남에도 불구하고 여전히 미해결의 문제로 남아 있는 게 사실이다.

가축의 혈 중 요소태 질소농도(BUN)가 높아지면 자궁 내 pH와 내분비 등에 영향을 미침으로써 번식능력이 저하할 수 있다는 것이 보고되고 있는 바 (Ferguson 등, 1993; Butler 등, 1996), 장차 암모니아처리 볏짚을 주조사료로 급여할 경우 소의 번식률에 미치는 효과를 검증하는 연구사업이 필요시 된다. 또한 이 방법은 처리한 암모니아가스의 2/3 이상이 볏짚과 반응하지 않은 채 개봉 시에 대기 중으로 휘산함으로써 경제적 낭비와 함께 대기 오염을 가중시키는 결점을 가지는 관계로, 근래에는 환경문제를 이유로 사료용 고간류의 화학처리 방법은 유럽 지역의 경우 크게 감소하였다. 이러한 이용기술상의 위험부담을 줄이고 매년 규칙적으로 생산되는 볏짚을 최대한 수거하여 조사료로 활용하기 위한 제 3의 방법 개발의 필요성이 대두되었는 바, 앞에 언급한 바와 같은 이유에서 건조방식보다도 오히려 습식저장 (발효저장) 방식을 이용하는 편이 더 효과적일 수 있다.

따라서 본 연구의 목적은 조사료 자급도를 높이는 또 다른 방안으로, 근래

에 도입이 확대되고 있는 원형곤포기(round baler) 및 랩포장치(wrapper)를 이용하여 볏짚을 벼 수확 직후의 신선한 상태에서 사일리지화 함으로써, 무엇보다도 건조과정에서의 실패의 위험부담을 줄여 논으로부터의 수거율을 높임과 동시에, 그 사료가치를 향상시킬 수 있는 효과적인 제조방법을 개발함으로써 궁극적으로 국내 주조사료원인 볏짚의 활용률을 높이는 데 기여함에 있다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 곤포사일리지 제조와 내부온도측정

우선 볏짚의 수확적기를 고려하여 곤포사일리지 제조일을 정하고, 발효용 기질이 부족한 볏짚이 유해세균과 잡균의 번식으로 인해 부패되는 것을 막는 동시에 안정된 발효의 진행을 촉진하고자 사용하는 첨가물로, 현재 국내에서 사일리지 제조에 종종 사용되는 ① 유산균제(Silage inoculant) ② Sodium metabisulfite ③ 당밀(Molasses) ④ 요소(Urea) 등을 선정하였으며, 종류별 응용효과를 검정해 보고자 국내에서 구입 가능한 다양한 종류의 첨가제를 연구 대상에 함께 포함시켰다.

또한 어느 특정 지역에 국한시키지 않고 보다 다양한 지리적 토양적 조건에서 재배된 벼를 대상으로 곤포사일리지 제조 가능성을 타진하기 위하여, 제 1차년도에는 경기도 내 3개 지역(포천, 평택, 안성)의 제조장비를 구비하고 있는 낙농목장에서, 그리고 제 2차년도에는 1개 지역(평택)에 소재한 낙농목장과의 협조 하에 제조시험을 수행하였으며, 곤포사일리지 제조와 관련된 일반 사항은 표 1 및 표 2에 제시한 바와 같다.

제 1차년도 곤포사일리지 제조에 사용된 벚짚의 품종은 포천지역의 경우, '삼백', 평택과 안성 지역은 '추청(秋晴)'이었으며, 제조 당일 또는 전날 수확한 벚짚을 사용함으로써 가능한 한 벼 탈곡 후 곤포 제조작업에 들어가는 시간을 단축함으로써 수분함량의 감소를 최소화하고자 하였다. 대부분 지역에서 제조 당일 날씨는 맑은 편이었으나, 포천지역의 경우, 탈곡 당일 새벽에 소나기가 내렸고 안성지역에는 제조 5일전의 강우로 인하여 곤포 제조작업에 다소 어려움이 있었다.

사일리지용 첨가제의 사용량은 곤포 1개 당 무게를 500kg으로 기준하여 일반 권장량, 즉 당밀은 재료 무게의 4% 수준, 요소는 재료 무게의 0.3%, 유산

표 1. 지역별 생벚짚 원형곤포사일리지의 제조시험 경과 (제 1차년도)

지 역	제 조 일	시료채취일	수량	사용된 첨가제 및 첨가수준 (실량 기준)	비 고
포 천	1997.10.8.	1997.12.22.	12	① 당밀+요소 (0.47%) ② 유산균제 (0.28%) ③ Sodium metabisulfite (0.12%)	시험 I
	1997.10.9.	1997.11.14.	8	① 당밀+요소 (3.00%) ② 유산균제 (0.14%) ③ Sodium metabisulfite (0.12%)	시험 II
평 택	1997.10.18.	1997.11.28.	9	① 당밀+요소 (1.21%) ② 유산균제 (0.76%)	시험 I
		1997.12.29.	9	① 당밀+요소 (1.21%) ② 유산균제 (0.76%)	시험 II
안 성	1997.10.15.	1997.11.28.	3	① 당밀+요소 (0.29%) ② 유산균제 (0.57%)	

표 2. 생볏짚 원형곤포사일리지의 제조시험 경과 (제 2차년도)

지역	제조일	수량	사용된 첨가제 및 첨가수준 (실량 기준)	비고
평택	1998.10.18.	18	① 당밀 (0.86%) ② 당밀+요소 (0.86%) ③ 당밀+요소+유산균제 (0.86%)	

균제 A사 제품¹⁾, B사 제품²⁾, 그리고 Sodium metabisulfite는 재료 ton당 1kg 수준을 겨냥하였지만, 사용 분무기의 분사용량과 현장 조건상의 변이로 인하여 정확한 시용량을 지킨다는 것이 어려운 관계로, 일정량 물에 희석한 후 분사되는 양을 측정하거나 뿌려지고 남은 용기 내 양을 측정하여 조사하였다. 우선, 1997년 10월 8일 포천 지역에서는 Sodium metabisulfite를 곤포 1개당 500g을 곤포기의 작업 직전에 수작업(스프레이)으로 살포하였으며, 유산균제와 당밀+요소 용액은 B사에서 공급하는 2개의 노즐이 장치된 유산균제용 분무기를 사용하였는데, 유산균제는 제조사의 권장량을 그리고 당밀+요소는 첨가비율을 고려하여 무게를 잰 다음 온수(36℃)와 1:1(w/v)로 희석한 후 베일

- 1) ◇ 사용방법 ① 깨끗한 용기의 28.5ℓ 물에 Inoculant 1봉지(283g)을 녹인다.
 ② 희석된 Inoculant용액을 곧바로 첨가할 수도 있고 때때로 흔들어 주며 24시간동안 실온에서 활성화되도록 방치가 가능하다.
 ※ 이 용액은 실온에서 72시간동안 지효성을 가진다.
- ◇ 처리량 ① Forage (50~70% moist.) - 1quart (1.14ℓ)/ton
 ② 희석후 곧바로 첨가할 경우 - 2quart (2.28ℓ)/ton
- 2) ◇ 사용방법 ① 깨끗한 용기의 4ℓ의 깨끗하고 미지근한 물에 진공팩 1봉지(125g)을 완전히 섞는다.
 ② 최종용량이 25ℓ가 되도록 물을 첨가한다.
 ※ 1. 사용 2~3시간 전에 미리 준비
 2. 전날 사용하고 남은 용액은 당일날 혼합하는 용액에 첨가
 3. 주의 : 오염된 용기나 물을 사용하면 미생물이 죽을 수 있음.
- ◇ 처리량 ① 연맥·호맥 : 1.5ℓ/사일리지 재료(ton)
 ② 목초 : 1ℓ/사일리지 재료(ton)

당 약 3.75 l 를 분무하였다. 하지만 10월 9일 작업시에는 전날 당밀+요소와 첨가량이 적다고 판단하여 재료 무게의 4% 수준을 수작업으로 분무하였다.

평택에서의 제조작업에는 A사가 공급하는 분무기를 사용하였는데 B사 제품보다는 용량이 다소 큰 것이었으며, 유산균제는 권장기준에 따라 그리고 당밀+요소(32kg+2.4kg)는 온수(60℃) 32 l 에 용해시킨 후 분무기를 이용하여 분사하였다. 이때 사용된 분무기는 노즐(No. 8003)은 2개가 연결되어 있었고 압력은 42~45 psi이었으며, 1개의 곤포 제조에 소요되는 시간을 조사한 결과, 유산균제의 경우 평균 1분 30초~2분 정도, 그리고 당밀+요소 용액은 약 3~4분 정도가 소요되었다.

안성지역에서의 제조작업에서도 평택에서와 비슷한 조건하에서 첨가제를 사용하였는데, 당밀(재료무게의 4% 수준)+요소(0.3% 수준)를 400kg 곤포 해당량을 만들어 60℃ 온도의 물에 1:1(w/v)로 희석 후 분무기(압력 psi 40, 노즐번호 8003, 2개)로 뿌려 주었으며, 곤포 1개 제조시 약 1분 정도가 소요되었다. 그리고 유산균제는 당밀+요소의 분무량과 동일하게 처리하였다.

한편 제 2차년도 곤포사일리지 제조시험에 재료로 사용된 벚짚의 품종은 추청(秋晴)으로 초장은 79.6 ± 1.61 cm이었으며, 탈곡 직후 사일리지 제조작업을 실시하였는데 당시 기온은 약 20℃의 맑은 날씨였지만 바람이 다소 강하게 불었다.

제 1차년도 시험결과를 바탕으로 제 2차년도에는 당밀+요소 용액에 유산균제를 첨가하여 효과를 관찰하기 위한 시험을 수행하였는데, 첨가량은 곤포 1개의 무게를 500kg 기준으로 하여 당밀+요소는 기존의 방법대로 온수와 1:1 비율로 희석하였으며, 유산균제의 경우에는 제조사의 추천방법에 따라 제조한 후 사용 직전 당밀+요소 용액에 첨가하였다. 1개의 곤포를 만드는 데 시간은 약 2분 정도가 소요되었으며, 첨가제 용액은 평균 8.6 l 정도가 필요하였다.

일반적으로 랩포장 작업(wrapping)에 사용되는 랩필름은 규격이 750mm×1500m×25 μ m로 백색, 연녹색 또는 흑색 등이 있는데, 본 제조시험에서는 백색 랩필름을 사용하였다. 원형곤포(베일)로 만들어진 벗짚을 약 50% 정도 중첩하여 4겹을 기준으로 포장하였고, 랩을 감는 평균 회전수는 27~30바퀴였으며 포장시간은 개당 약 1분 정도가 소요되었다. 제조된 곤포사일리지의 모양은 원통형으로 크기는 지름 110cm×폭 120cm, 무게 약 400~500kg에 달하였다.

한편 제 1차년도 안성과 평택지역에서는 곤포사일리지 제조 후 사일리지 내부의 온도 변화를 알아보기 위하여 일정시간 간격으로 온도를 측정하였다. 길이가 90cm인 탐침온도계(제작사 : Shinkwang Scientific Co.)를 정중심부에 꽂아 5분간 유지시킨 후 심부의 온도를 측정하였으며 이때 외기 온도도 동시에 측정하였다.

2. 곤포사일리지의 시료채취, 일반영양성분 및 발효특성조사

곤포사일리지 제조 후 일정 기간이 경과한 다음, 별도 제작된 길이 70cm, 지름 3.5cm의 건초시료 채취기(hay core sampler)를 사용하여 곤포의 서로 다른 두 부위를 천공하여 60cm 이상의 심부로부터 개당 약 1kg씩 분석용 시료를 채취하였으며, 천공부위는 시료채취 즉시 접착 테이프로 봉하였다. 야건 벗짚과 비교하기 위하여 곤포사일리지 제조장소와 동일한 곳에서 일부 벗짚을 자연 건조시켜 함께 시료를 채취하였다. 채취된 시료는 즉시 폴리에틸렌 비닐용기(크기 25×35cm, 두께 0.05cm)에 넣어 밀봉한 후 아이스박스를 이용해 실험실로 운반하고, 열풍순환식 건조기를 이용(60℃/48hr) 건물함량을 측정하였다. 시료의 일부는 증류수와 1:10 비율로 혼합한 후 균질기(homogenizer)를 이용 10,000rpm에서 30초간 균질시킨 후, 2겹의 cheese cloth로 여과하여 추

추출액을 만들어 pH를 측정하고, lactic acid 및 총유기산 분석을 위해 냉동 보관하였다.

건조된 시료는 Disk mill을 사용하여 2mm screen으로 분쇄한 다음, 일반영양소 분석의 경우, 건물(DM), 조단백질(CP), 조회분(Ash), 조지방(EE) 함량은 AOAC법(1990)에 의거하여, 그리고 NDF(Neutral detergent fiber)와 ADF(Acid detergent fiber)는 Goering과 Van Soest(1970) 방법을 이용하여 분석하였으며, 이들 NDF와 ADF 분석자료를 이용하여 사료의 영양적 가치를 판단하고자 제시한 계산공식³⁾을 이용하여 가소화영양소총량(Total digestible nutrients, TDN), 건물소화율(Dry matter digestibility, DMD), 건물섭취량(Dry matter intake, DMI) 및 상대사료가치(Relative feed value, RFV)를 산출하였다.

한편, 냉동 보관하였던 사일리지 추출액을 원심분리기(centrifuge tube)로 옮긴 후 2,000rpm에서 5분간 원심분리시켜 젖산(L-lactic acid) 및 총유기산(Total organic acid, TOA)을 정량하였으며, 젖산은 Test-kit (BOEHRINGER MANNHEIM, Cat. No. 139 084)를, 총유기산의 경우 시료를 전처리 하여 가스크로마토그래피(Gas chromatography; Hewlett Packard 5890 Series II)를 이용하였다.

가스크로마토그래피의 경우, 추출액의 안정화를 위해 추출액 5mL를 25%(w/v) metaphosphoric acid 1mL과 혼합하였으며, 유기산을 정량하기 위하여 500mg/L cyclohexanone(internal standard; Sigma Co., C-8390) 1mL를 다시 첨가한 다음 vortex로 혼합하였다. 이것을 4℃에서 30분간 정치시킨 다음 4,000rpm에서 30분간 원심분리 하고 상정액을 분석에 이용하였다. 유기산

3) $TDN(\%) = 88.9 - (0.79 \times \%ADF)$
 $DMD(\%) = 88.9 - (\%ADF \times 0.779)$
 $DMI(\%) = 120 / \%NDF$
 $RFV = \%DMD \times \%DMI / 1.29$

의 정량분석을 위해 초산(Sigma Co., A-0808), 프로피온산(Sigma Co., P-6449), 낙산(Sigma Co., B-2503) 각각에 대해 3가지의 표준시약(10mM, 1mM, 0.1mM)을 제작 이용하였으며, 이때 사용된 GC 사용조건은 다음과 같다.

- Column : 2m × 1/8" stainless steel, 4% CAROWAX 20M 80/120
CARBOPACK · DBA (SUPELCO)
- Carrier : N₂ Gas
- Condition
 - Oven Temp. : 170℃
 - Inlet Temp. : 200℃
 - Detector Temp. : 210℃
 - Injection volume : 0.6uL

3. 면양을 이용한 대사시험

가. *In Vivo* 소화율 검정

벚짚 사일리지의 소화율을 검정하기 위해 반추위 누관이 장착된 숫면양 3두(Corriedale종, 평균체중 65kg)를 공시하여 건조벚짚 급여구(Control), 암모니아처리벚짚 급여구 및 발효벚짚(유산균제 처리)급여구의 3개 처리구에 3×3 라틴방각법(latine square design)으로 대사시험을 실시하였다.

대사시험은 대사실에서 실시하였으며 시험개시 후 2주간 사료 및 적응과정을 거친 뒤 본 7일간의 수집기간에 들어갔다. 수집기간 동안 사료섭취량, 음

수량, 배설량, 배뇨량(3N 황산 40mL로 질소 포집)을 측정하였다. 공시사료는 각각의 면양에게 1일 2회(10:00, 18:00) 5cm(TLC) 길이로 세절 급여하였으며, 볏짚 사일리지의 경우 2차 발효를 막고 동일 품질을 유지하기 위하여 냉동 보관하였던 것을 필요량씩 꺼내어 급여하였고 물은 자유로이 섭취토록 하였다. 사료는 1일 1400g/day을 기준으로 급여하였으며 매 급여 및 잔량 계량시 일정량의 시료를 채취하여 화학분석을 위해 냉동 보관하였다. 분과 노는 전량 수집하여 무게를 측정한 후 배설량의 5%를 aliquot로 채취하여 플라스틱 용기에 담아 밀폐한 후 본 사양이 끝날 때까지 성분분석을 실시하기 위하여 냉동 보관하였다.

화학성분분석은 본 시험 종료 후 냉동보관된 시료를 해동시킨 후 사료 및 분뇨 중의 건물, 유기물, 조단백질, 조지방, 조회분 등의 함량은 AOAC법(1990)에 분석하였고, NDF와 ADF 함량을 Goering과 Van Soest(1970) 방법을 이용 분석하였다.

나. *In Vitro* 소화율 검정

한편 공시 볏짚사료에 대하여 Tilley & Terry(1963)의 2단계 방법에 의한 *In vitro* 소화율 검정시험을 실시하였다. 공시사료는 *In vivo* 소화율검정에 사용한 동일한 볏짚사료를 건조 분쇄하여 1mm의 체를 통과한 것을 이용하였다. 배양 전일, 각각의 시료 0.3g을 정확히 칭량하여 50mL polyethylene centrifuge tube(CT)에 넣어 39℃에 보관하였으며(4반복), 이때 배양시료에 대한 건물과 회분도 동시에 측정하여 각 시료에 대한 건물과 유기물의 함량도 조사하였다.

배양에 필요한 버퍼(용액 I, 용액 II)는 배양전날에 제조하고, 배양 당일에 용액 I과 용액 II를 1 : 1로 혼합하여 사용하였으며, 배양 전 4시간동안 CO₂

주입을 통해 혐기적 조건을 만들면서 39℃에 보관하였다. 배양액은 14일간 건조 위주로 사료를 급여한 누관이 장착된 체중 약 50kg의 Corriedale종 숫면양으로부터 오전 사료급여 직전(08:00)에 400mL을 채취하여 4겹의 cheese cloth에 걸러 용액 I과 II를 혼합한 버퍼 1,600mL과 섞어서 사용하였다.

배양액의 pH는 2N Na₂CO₃를 이용해 6.9~7.0범위에 들어오도록 하였으며 배양액 완성 후 30분간 CO₂를 주입하면서 배양시켰다. 전날 준비해둔 원심분리관(CT)에 dispenser를 이용하여 30mL씩 분주한 다음 CO₂ 분사로 혐기적 조건을 만들어 준 뒤 분젠벨브로 막고 39℃의 항온수조에서 48시간 1차 배양하였다.

1차 배양이 끝난 것을 5000rpm에서 15분간 원심분리한 다음(Centrifon T-124, Zurich, Swiss) pasteur pipette을 이용해 상정액을 모두 제거한 뒤 Pepsin/HCl 용액을 30mL씩 분주하여 38℃에서 동일한 방법으로 24시간 제2차 배양을 실시하였다. 배양 중에 주기적으로 배양액과 내용물이 잘 섞이도록 흔들어 주었으며 CT 벽면에 부착된 사료입자가 있을 경우 39℃로 조절된 CO₂ 포화 증류수를 이용해 배양액과 섞어주었다. 배양이 끝난 후 뜨거운 증류수를 이용해 ID₂ Glassfilter로 여과하여 잔사의 건물 및 회분을 측정하였다.

배양시료의 소화율은 건물소화율과 유기물소화율로 나누어 계산하며, 그 계산식은 다음과 같다.

$$\text{DM 소화율(\%)} = \{\text{시료 DM} - (\text{잔사 DM} - \text{Blank})\} / \text{시료 DM} \times 100$$

$$\text{OM 소화율(\%)} = \{(\text{시료 DM} - \text{시료 Ash}) - (\text{잔사} - \text{잔사 Ash} - \text{Blank})\} / (\text{시료 DM} - \text{시료 Ash}) \times 100$$

4. TMR 제조시 첨가효과 및 급여시험

제조한 생벚짚사일리지의 TMR 원료로서의 혼합효율 및 가능 혼합수준을 조사하고, 젓소에 대한 급여시험을 실시하기 위하여 인천 소재 D사료회사에서 절단식 TMR 배합기를 이용하여 TMR을 제조하였다. 본 TMR 제조에서는 혼합 미생물제제를 첨가하여 전체사료의 발효를 촉진시켰으며, 이때 적용된 배합기준 및 배합비는 다음과 같다.

【배합기준】

체중 : 600kg, 산차 : 3산, 비유일수 : 150일

일일 산유량 : 30kg, 유지율 : 3.8%, BCS : 3.25, Lead factor : 1.15

【TMR 배합표】

(단위: kg, 실량 기준)

원 료 명	발효전 배합량	발효후 배합량	비 고
벚짚사일리지 또는 오차드그라스 짚	100	390	발효전 100kg은 건조벚짚
소맥피	200	-	
비트화이버(Beet fiber)	150	-	
비트펄프(Beet pulp pellet)	-	100	
프로테일(Proteil)	40	-	조미료부산물 (단백질 42%)
요소(Urea)	3	-	
옥세실	-	100	
면실박	50	-	
물	366	-	비트펄프 첨가용
발효제	1	-	
합 계	910	590	
	1,500		

제조된 TMR을 이용하여 경기도 안성 소재 H목장에서 젖소 급여시험을 실시하였다. 산차 및 비유일수가 비슷한 착유우 14두를 2개 처리구에 CROSS-OVER design으로 배치하고, 실제 급여에서는 변형된 TMR 급여방법을 사용하였는데, 공시우군의 평균 산유능력을 감안 NRC 사양표준(1989)에서 권장하는 수준으로 채식시키기 위하여 공시사료인 벯짚 곤포사일리지 및 오차드그라스짚을 원료로 혼합된 TMR 20kg에 배합사료(착유 4호) 5kg과 시판 보충사료(NB) 4kg을 추가 혼합하여 급여하였으며, 사료건물섭취량, 유생산량 및 유성분 변화 등을 조사하였다. 시험기간은 1999년 2월 1일에서 5월 26일까지 총 111일간으로, 본시험 개시 전 약 20일간의 예비사양을 통해 사료 적응기간을 두었고 본시험기간은 45일로 하였으며, 1차 시험기간 종료 후 7일간의 휴식기를 두었다. 산유량 조사 및 우유시료 채취는 일 주일 간격으로 실시하였는데, 유량측정은 밀크메타(제조사 : TRU-TEST)를 이용하였으며 채취된 우유시료는 서울우유 남부지도소(경기도 안성시 소재)에 분석 의뢰하였다.

5. 소형사일로 사일리지 제조시험

1) 사일리지 제조

벯짚에 대한 각 첨가제별 발효특성을 구체적으로 조사하고자 실험용으로 제작한 직경 30.2cm×깊이 49.8cm의 원통형 플라스틱 소형사일로(사진 No. 23, 24)를 이용하여, 1998년 10월 21일과 22일 양일간에 걸쳐 경기도 이천시 설성면<시험 I>과 남양주시 와부읍의 고려대 부속목장<시험 II>에서 생벯짚 사일리지를 제조하였다. <시험 I>공시 벯짚품종은 추청(秋晴)이었고, <시험 I>

에서는 당밀, 유산균제 또는 당밀+유산균제를 첨가제로 사용하여 무처리구를 포함하여 각각 2개씩 8개를 제조하였으며, <시험Ⅱ>의 공시 벚짚 품종은逸品(逸品)이었고 여기에 당밀 또는 당밀+유산균제를 첨가제로 사용하여 6개의 사일리지를 제조하였다.

그 밖에 시료채취 및 발효특성 조사 및 일반영양성분은 기존의 원형곤포사 일리지 실험에 준하여 수행하였다.

2) *In vitro* 소화율 및 *In situ* 분해율 시험

반추위액을 이용하여 첨가제별로 pH 및 DM, OM 및 NDF 등의 *In Vitro* 소화율 검정을 생벚짚 곤포사일리지에 대하여 실시한 방법과 동일하게 실시하였다.

제 3 절 결 과

1. 생벚짚 곤포사일리지 제조시험의 경과

생벚짚 원형곤포사일리지의 제조작업은 경기도 포천, 평택, 안성 지역에서 실시하였는데, 대상지가 초지가 아닌 논 토양에서 작업이 이루어지는 관계로 제조시기의 기상조건에 따라 토양의 상태는 작업기의 가동과 효율에 영향을 주었다. 그러나 제조여건은 강우가 심하지 않은 한 논바닥의 토성과 배수 상태에 따라 차이가 있었는데, 예를 들어 벼 수확 당시 비가 왔었던 평택 안성 지역의 경우, 비가 온 후 2~3일째에 배수가 잘 안되는 점토질 논에서는 곤포 제조작업이 불가능하였는데 반하여, 다른 한 논에서는 곤포사일리지 제조작업

에 어려움이 없었다. 따라서 대상 논 토성의 토성은 벼 수확기에 비가 오면 기계 작업에 의존해야 하는 원형 곧포사일리지 제조의 작업효율에 상당한 영향을 미칠 수 있다. 따라서 벼 수확기에 기상불순이 잦은 최근 정황을 고려해 볼 때 곧포 사일리지의 제조에는 주로 배수가 잘되는 사질토 사양토의 논에서 가장 적합한 것으로 판단되었다.

일반적으로 풀사료는 수확시기에 따라 영양성분 함량의 차이가 나타남을 감안할 때 생벚짚 곧포사일리지의 제조시기도 앞당길수록 유리하겠지만, 어디까지나 쌀 수확에 종속되는 벚짚의 경우에는 사일리지 제조작업을 수행하는 데 있어 논 소유주와의 작업일정 조정에 다소의 어려움이 있을 수 있다.

국내에 도입된 원형곧포기(Round baler)는 대부분 채초지에서 목초를 비롯한 사료작물을 대상으로 작업을 하도록 설계 제작된 관계로, 이것을 벚짚에 적용시키는 것은 여러 조건들을 고려할 때 다소 무리가 있는 것으로 나타났는데, 특히 작업기계의 중량 등을 고려하여 논에서의 작업 조건에 적합한 제작사와 모델을 선정하는 것이 중요하다고 생각되며, 궁극적으로는 우리 실정에 맞는 국산화 된 장비가 개발되어야 할 것이다.

2. 곧포사일리지의 내부온도 변화 조사

안성과 평택지역에서 생벚짚의 원형곧포를 제조한 후 재료내부의 발효와 관련된 내부의 환경변화를 조사하기 위하여, 랩포장 후 약 7~8 시간 경과 후부터 시간 간격을 두고 조사된 내부온도의 변화를 표 3 및 표 4에 제시하였다. 안성지역은 14.6~18.2℃ 범위 내에서 변화를 보였고 평택지역에서는 이보다 다소 높은 24.9~27.6℃ 범위에 있었는데, 외기온도의 변화에도 불구하고, 내부온도의 급격한 변화는 없는 것으로 보아 사일리지 재료로서의 벚짚 자체

의 호흡은 매우 미미한 수준에서 일어난다고 볼 수 있으며, 그러한 상태에서 초기의 호기적 조건이 서서히 혐기적 환경으로 전환되는 것으로 해석된다.

표 3. 볏짚 곤포사일리지의 내부 및 외기 온도의 변화 (안성, 1997. 10. 15)

시 각 구 분	01:00	03:00	05:00	07:00	09:00	11:00	12:00	14:00
당밀+요소	14.6	15.2	16.5	17.4	18.2	17.9	16.8	16.6
외기온도	3.0	5.0	4.5	4.0	14.0	20.5	22.0	23.5

표 4. 볏짚 곤포사일리지의 내부 및 외기 온도의 변화 (평택, 1997. 10. 19)

시 각 구 분	23:30	01:30	04:30	06:30
무처리구	26.6	26.0	24.9	27.6
유산균제	27.4	27.0	25.9	25.8
당밀+요소	27.6	26.7	26.2	26.2
외기온도	19.0	16.0	12.0	7.0

3. 곤포사일리지 일반영양소 함량 및 발효특성 조사

가. 원료볏짚의 건물 및 일반영양소 함량

사일리지 제조 시에 고려해야 할 중요한 요인 중 하나가 수분함량이라고 볼 수 있는데, 사일리지는 수분조건에 따라 가축에 대한 기호성 뿐만 아니라 특히 양질의 사일리지 제조 및 유지를 위한 젖산 발효에 상당한 영향을 끼칠 수 있다.

제 1차년도에 사용된 생볏짚 재료의 경우 수확 직후 건물함량이 약 35%

정도에 달하였으나, 실제로 곤포사일리지 제조에 사용된 원료볏짚의 건물함량은 38.85~54.74%로 나타남으로써 예취 후 수분의 증발은 매우 빠른 속도로 일어남을 알 수 있다(표 5).

표 5. 지역별 곤포사일리지 제조용 원료볏짚의 건물함량 (제 1차년도).

지역	건물(%)	비고
포천	35.22±1.05	생볏짚
	47.47±0.29	제조일 : 97/10/ 8 (벼수확일 : 97/10/ 7)
	47.63±0.23	제조일 : 97/10/ 9 (벼수확일 : 97/10/ 9)
평택	54.74±0.54	제조일 : 97/10/18 (벼수확일 : 97/10/17 AM)
	40.66±0.62	제조일 : 97/10/18 (벼수확일 : 97/10/17 PM)
안성	38.85±0.50	제조일 : 97/10/15 (벼수확일 : 97/10/15))

표 6. 지역별 곤포사일리지용 원료볏짚의 조단백질(CP), 조회분(Ash), NDF, ADF 및 비섬유성탄수화물(NFC) 함량 (제 1차년도)

- 건물기준 -

지역	구분	조단백질	조회분	NDF	ADF	NFC
		-----%-----				
포천	시험 I	5.08±0.38	9.65±0.06	73.56±0.02	43.12±0.64	9.71
	시험 II	4.66±0.29	11.69±0.09	71.22±0.76	44.70±0.18	10.43
평택	시험 I	5.93±0.39	10.66±0.43	70.82±0.79	43.27±0.52	10.59
	시험 II	4.59±0.19	11.68±0.36	70.28±0.80	43.58±0.15	11.45
안성	-	6.96±0.28	9.36±0.04	74.95±0.76	43.72±0.52	6.73

수확기에 풍속이 빠른 지역의 논에서는 빠른 속도로 수분이 감소함을 관찰할 수 있었으며, 특히 벼수확 후 곤포사일리지 제조까지 기계와 처리를 위한

준비작업 등으로 인한 지연 등 시간경과에 따른 차이가 나타날 수 있다.

여기서 재료의 수분함량 65~70% 정도를 적정수준으로 볼 때, 수분함량이 다소 부족하다고 볼 수 있는데, 언급한 바와 같이, 실제로 볶짚은 부산물이고 미곡이 주 목적물이기 때문에 생볏짚의 질을 높이기 위하여 수확시기를 앞당긴다는 것은 거의 불가능하다. 따라서 이 경우 1차로 가급적 적정 수분조건을 맞추도록 노력함이 중요하겠으나, 가수(加水)는 식물의 세포외액의 증가를 의미하는 만큼 오히려 부패를 조장하기 쉬우므로 발효효율을 높이는 데는 별 의미가 없다고 생각되며, 오히려 발효를 돕기 위한 사일리지 첨가제의 선택과 첨가비율을 적절히 적용하여 용액의 희석비율을 결정하는 것이 고려할 중요 사항이라고 생각된다.

한편, 표 6 및 표 7에서 보는 바와 같이, 원료볏짚의 일반영양소 함량을 분석한 결과, 조단백질(CP), 조회분(Ash), NDF 및 ADF 등에 있어서 재료의 처리간에 큰 차이가 없이 비교적 일정한 것으로 나타났다.

제 2차년도 볶짚 곤포사일리지 제조일은 10월 18일이었으며 벼 수확 직후 사일리지 제조작업을 수행하였다. 위의 표 7에서 보듯이 건물함량은 49.58%로 예상했던 것보다 다소 높았으며 조단백질은 4.79%, 그리고 NDF 및 ADF 함량은 각각 61.33%와 35.28%로 나타났다.

표 7. 평택지역 곤포사일리지용 원료볏짚의 건물(DM), 조단백질(CP), 조회분(C.A), NDF 및 ADF 함량 (제 2차년도)

(건물기준, %)

건 물	조단백질	조회분	NDF	ADF
49.58±1.69	4.79±0.08	12.25±0.01	61.33±0.25	35.28±0.11

나. 생볏짚 곤포사일리지의 건물 및 일반영양소 함량

1) 건물 및 일반성분함량

제 1차년도에 수행된 시험에서 건물(DM)함량은 포천지역에서 제조한 곤포사일리지의 경우, 제조당일 수확하여 제조된 사일리지의 경우, 44.54~46.10%의 범위에 있었는데, 제조전일 수확분은 유산균제 처리구가 43.68%로 더 낮았지만, 다른 처리구에서는 평균 건물함량이 47.22~49.06%로 수확후 제조까지의 시간이 지연될수록 건물 함량은 다소 높아지는 경향을 보였다 (표 8).

표 8. 생볏짚 곤포사일리지의 일반영양소 함량 (포천)

○ 비수확일 : 97.10.9. ○ 제조일 : 97.10.9. ○ 시료채취일 : 97.11.14.

처리구	건물(%) ¹⁾	조단백질(%) ¹⁾	NDF(%) ¹⁾	ADF(%) ¹⁾	NFC(%) ¹⁾
무첨가구	45.73±0.76 ^a	5.04±0.18 ^b	70.46±0.27 ^a	43.80±0.21 ^a	9.30±0.76 ^a
유산균제	45.75±0.26 ^a	5.64±0.25 ^a	71.31±0.60 ^a	43.20±0.34 ^a	9.58±0.28 ^a
Sodium Metabisulfite	46.10±0.34 ^a	4.64±0.11 ^b	70.89±0.58 ^a	43.79±0.52 ^a	10.22±0.36 ^a
당밀+요소	44.54±0.84 ^a	4.60±0.19 ^b	68.35±0.41 ^b	43.70±0.24 ^a	11.21±0.44 ^a
야건 볏짚	82.41±0.40	4.50±0.24	81.59±0.28	42.45±0.16	2.70

○ 비수확일 : 97.10.7. ○ 제조일 : 97.10.8. ○ 시료채취일 : 97.12.27.

처리구	건물(%) ¹⁾	조단백질(%) ¹⁾	NDF(%) ¹⁾	ADF(%) ¹⁾	NFC(%) ¹⁾
무첨가구	47.22±0.63 ^b	5.09±0.13 ^a	72.97±0.50 ^a	43.70±0.52 ^a	7.60±0.19 ^a
유산균제	43.68±0.39 ^c	5.33±0.16 ^a	72.00±1.05 ^{ab}	43.98±0.26 ^a	10.83±1.10 ^a
Sodium Metabisulfite	49.06±0.60 ^a	5.43±0.14 ^a	68.20±0.52 ^c	43.46±0.29 ^a	11.98±1.26 ^a
당밀+요소	48.72±0.38 ^{ab}	5.52±0.16 ^a	69.79±0.48 ^{bc}	44.52±0.33 ^a	11.33±0.61 ^a
야건 볏짚	79.51±1.17	5.55±0.16	74.79±0.36	43.31±0.32	7.72

¹⁾ Means with the same letter are not significantly different (p>.05).

특히 평택지역은 곤포사일리지 제조 전일 오전 수확분은 54.86~56.68%였는데 반하여, 오후 수확분은 40.65~43.49%로 감소하였음을 볼 때, 벼 수확 후 시간경과에 따라 재료의 건물함량은 시시각각 빠른 속도로 달라짐을 관찰할 수 있었다(표 9).

표 9. 생벼짚 곤포사일리지의 일반영양소 함량 (평택)

○ 벼수확일 : 97.10.17.오전. ○ 제조일 : 97.10.18. ○ 시료채취일 : 97.11.28.

처리구	건물(%) ¹⁾	조단백질(%) ¹⁾	NDF(%) ¹⁾	ADF(%) ¹⁾	NFC(%) ¹⁾
		- 건물 기준 -			
무첨가구	56.28±0.78 ^a	5.81±0.19 ^a	73.22±0.17 ^a	43.35±0.29 ^a	7.47±0.29 ^a
유산균제	54.86±0.94 ^a	6.21±0.13 ^a	73.76±0.31 ^a	42.11±0.42 ^a	6.42±1.01 ^a
당밀+요소	56.68±0.35 ^a	5.91±0.18 ^a	73.52±0.26 ^a	43.06±0.40 ^a	7.42±0.56 ^a
야건벼짚	84.38±0.40	5.84±0.15	74.82±0.08	42.18±0.01	5.77

○ 벼수확일 : 97.10.17. PM ○ 제조일 : 97.10.18. ○ 시료채취일 : 97.12.29.

처리구	건물(%) ¹⁾	조단백질(%) ¹⁾	NDF(%) ¹⁾	ADF(%) ¹⁾	NFC(%) ¹⁾
		- 건물 기준 -			
무첨가구	43.49±0.56 ^a	5.77±0.17 ^a	73.31±0.22 ^{ab}	42.36±0.11 ^a	5.69±0.20 ^a
유산균제	40.65±0.79 ^b	5.72±0.14 ^a	72.56±0.33 ^b	42.52±0.24 ^a	5.44±1.18 ^a
당밀+요소	41.16±0.37 ^b	5.67±0.18 ^a	74.41±0.21 ^a	43.21±0.76 ^a	5.75±0.94 ^a
야건벼짚	67.23±1.70	5.67±0.13	78.62±0.28	42.96±0.02	1.28

¹⁾ Means with the same letter are not significantly different (p>.05).

벼수확 직후 곤포사일리지 제조작업에 들어간 안성지역은 36.52~39.91%의 건물함량을 나타내어 다른 지역에 비해 낮은 건물함량을 보였는데(표 10), 영양적으로 조악한 성질을 가진 벼짚의 특성을 고려할 때 이상적인 사일리지 발효를 유도하기 위한 수분조건을 그나마 충족시켰다고 볼 수 있다. 그리고 평택지역에서 수행된 제 2차년도 시험에서는 벼수확 직후 사일리지 제조작업

에 들어간 볏짚 곤포사일리지의 건물함량이 42.67~46.44% 정도였는데, 특히 유산균제 처리구에서 가장 낮게 나타났다(표 11).

표 10. 생볏짚 곤포사일리지의 일반영양소 함량 (안성)

○ 벼수확일 : 97.10.15. ○ 제조일 : 97.10.15. ○ 시료채취일 : 97.11.28.

처리구	반복	건물(%)	조단백질(%)	NDF(%)	ADF(%)	NFC(%)
			- 건물기준 -			
유산균제		36.52±0.50	5.55±0.41	74.28±0.74	39.61±0.32	3.39
당밀+요소	I	39.91±0.38	5.52±0.09	73.96±0.26	39.31±0.11	4.87
	II	39.30±0.05	5.81±0.08	72.71±0.13	39.78±0.64	5.83
야건 볏짚		53.89±0.24	5.21±0.45	78.42±0.03	44.89±0.50	4.56

표 11. 볏짚 곤포사일리지의 일반영양소 함량 (평택)

○ 벼수확일 : 98.10.18. ○ 제조일 : 98.10.18.

처리구	건물(%)	조단백질(%) ¹⁾	NDF(%) ¹⁾	ADF(%) ¹⁾	NFC(%) ¹⁾
		- 건물기준 -			
M	46.31±0.29 ^a	5.27±0.26 ^a	62.30±0.96 ^a	37.03±0.29 ^a	16.20±0.90 ^a
M+U	46.44±0.25 ^a	5.06±0.19 ^a	61.69±1.07 ^a	35.19±0.60 ^b	17.46±0.75 ^a
M+U+I	42.67±0.14 ^b	5.64±0.09 ^a	63.41±0.54 ^a	37.03±0.44 ^a	16.49±0.51 ^a
야건 볏짚	88.92±0.24	4.05±0.37	65.51±0.52	37.13±0.45	17.51

¹⁾ Means with the same letter are not significantly different (p >.05).

※ 1. M: 당밀, U: 요소, I: 유산균제

2. 시료는 젓소급여시험을 위한 TMR을 제조하면서 개봉 후 채취하였음.

한편, 일반영양소 함량-조단백질(CP), NDF, ADF 및 NFC-은 지역별 또는 처리별로 다소 차이는 있었지만 처리간에 통계적인 유의성은 얻어지지 않았으며, 비섬유성탄수화물(NFC)의 경우에는 비록 유의성은 인정되지 않았지만 당밀+요소 첨가구가 다른 처리구에 비해 상대적으로 높은 수치를 보인 것은

예상하였던 바와 같다.

2) 가소화영양소총량(TDN), 건물소화율(DMD), 건물섭취량(DMI) 및 상대적사료가치 (RFV) 조사

NDF와 ADF 분석자료를 바탕으로 산출한 가소화영양소총량(TDN, %), 건물소화율(DMD, %), 건물섭취량(DMI, % BW) 및 상대사료가치(RFV)에 대한 각 지역별 또는 곤포사일리지 제조시기별 결과는 표 12에서와 같다.

표 12. 포천 지역에서 제조된 곤포사일리지의 가소화영양소총량(TDN), 건물소화율(DMD), 건물섭취량(DMI) 및 상대사료가 (RFV)

○ 벼수확일 : 97.10.9. ○ 제조일 : 97.10.9. ○ 시료채취일 : 97.11.14.

처 리 구	TDN(%) ¹⁾	DMD(%) ¹⁾	DMI(% BW) ¹⁾	RFV(%) ¹⁾
	- 건물기준 -			
무첨가구	54.30±0.00 ^a	54.78±0.00 ^a	1.70±0.01 ^a	72.32±0.42 ^a
유산균제	54.77±0.35 ^a	55.24±0.35 ^a	1.68±0.03 ^a	72.08±1.93 ^a
Sodium Metabisulfite	54.30±0.05 ^a	54.78±0.05 ^a	1.69±0.02 ^a	71.89±0.94 ^a
당밀+요소	54.38±0.28 ^a	54.86±0.28 ^a	1.76±0.02 ^a	74.67±1.26 ^a
야건뻗짚	55.36	55.83	1.47	63.66

○ 벼수확일 : 97.10.7. ○ 제조일 : 97.10.8. ○ 시료채취일 : 97.12.22.

처 리 구	TDN(%) ¹⁾	DMD(%) ¹⁾	DMI(% BW) ¹⁾	RFV(%) ¹⁾
	- 건물기준 -			
무첨가구	54.37±0.79 ^a	54.85±0.78 ^a	1.64±0.03 ^a	69.95±2.10 ^a
Silage Inoculant	54.16±0.07 ^a	54.64±0.07 ^a	1.67±0.06 ^a	70.64±2.42 ^a
Sodium Metabisulfite	54.56±0.23 ^a	55.04±0.23 ^a	1.76±0.03 ^a	75.09±1.58 ^a
당밀+요소	53.73±0.20 ^a	54.22±0.19 ^a	1.72±0.01 ^a	72.28±0.59 ^a
야건 뻗짚	54.69	55.16	1.60	68.61

¹⁾ Means with the same letter are not significantly different (p >.05).

제 1차년도 결과를 볼 때, 포천지역에서 제조된 볏짚 곤포사일리지에 대하여 산출한 가소화영양소총량(TDN), 건물소화율(DMD) 및 건물섭취량(DMI)을 살펴보면 각각 53.73~54.77%, 54.22~55.24% 및 1.64~1.76%로 처리간 유의적인 차이는 없었지만, 이들 결과를 고려한 상대적 사료가치(RFV)는 69.95~75.09로 68.61인 건조볏짚보다 높은 것으로 나타나 곤포사일리지 가 야건볏짚보다는 사료적 가치를 증진시키는데 효과적인 것으로 나타났다. 특별히 건물섭취량(DMI)은 체중을 기준으로 섭취 가능한 건물량으로 전처리구에서 곤포사일리지 가 야건볏짚보다 높아 곤포사일리지 제조시 건물섭취량을 늘릴 수 있는 것으로 나타났다.

평택지역에서도 포천과 비슷한 경향을 보였는데, 표 13에서 보는 바와 같이 볏짚 곤포사일리지에 대한 가소화영양소총량(TDN), 건물소화율(DMD) 및 건물섭취량(DMI)이 각각 54.65~55.64%, 55.13~56.10% 및 1.61~1.65%로 처리간 유의적인 차이는 없었지만 건조볏짚보다 다소 높게 나타났으며 상대사료가치(RFV) 또한 69.05~71.51로 높은 것으로 나타났다.

표 13. 평택지역에서 제조된 곤포사일리지의 가소화영양소총량(TDN), 건물소화율(DMD), 건물섭취량(DMI) 및 상대사료가치(RFV)

○ 벼수확일 : 97.10.17.오전 ○ 제조일 : 97.10.18. ○ 시료채취일 : 97.11.28.

처 리 구	TDN(%) ¹⁾	DMD(%) ¹⁾	DMI(%) ¹⁾	RFV(%) ¹⁾
	- 건물 기준 -			
무첨가구	54.65±0.20 ^a	55.13±0.20 ^a	1.64±0.01 ^a	70.04±0.45 ^a
유산균제	55.64±0.47 ^a	56.10±0.46 ^a	1.63±0.02 ^a	70.76±1.23 ^a
당밀+요소	54.87±0.61 ^a	55.34±0.61 ^a	1.63±0.01 ^a	70.03±0.89 ^a
야건 볏짚	55.58	56.04	1.60	69.68

¹⁾ Means with the same letter are not significantly different (p >.05).

○ 벼수확일 : 97.10.17. PM ○ 제조일 : 97.10.18. ○ 시료채취일 : 97.12.29.

처 리 구	TDN(%) ¹⁾	DMD(%) ¹⁾	DMI(%) ¹⁾	RFV(%) ¹⁾
	- 건물 기준 -			
무첨가구	55.44±0.02 ^a	55.90±0.02 ^a	1.64±0.01 ^a	70.94±0.55 ^a
유산균제	55.31±0.28 ^a	55.78±0.28 ^a	1.65±0.02 ^a	71.51±0.60 ^a
당밀+요소	54.76±1.23 ^a	55.24±1.22 ^a	1.61±0.01 ^a	69.05±1.14 ^a
야건벚짚	54.96	55.43	1.53	65.59

¹⁾ Means with the same letter are not significantly different (p >.05).

벚짚 수확 후 곧바로 곤포사일리지 제조작업에 들어간 안성지역의 경우, 처리구에 상관없이 가소화영양소총량(TDN), 건물소화율(DMD) 및 건물섭취량(DMI) 모두에서 각각 57.47~57.85%, 57.91~58.28% 및 1.62~1.65%로 야건벚짚의 53.44%, 53.93% 및 1.53%보다 높게 나타났으며, 특히 상대사료가(RFV) 또한 야건벚짚과 비교하였을 때 다른 지역에서와의 차이가 가장 크게 나타났다.

표 14. 안성지역에서 제조된 곤포사일리지의 가소화영양소총량(TDN), 건물소화율(DMD), 건물섭취량(DMI) 및 상대사료가(RFV)

○ 벼수확일 : 97.10.15. ○ 제조일 : 97.10.15. ○ 시료채취일 : 97.11.28.

처 리 구	반 복	TDN(%)	DMD(%)	DMI(%)	RFV(%)
		- 건물기준 -			
유산균제		57.61	58.04	1.62	72.69
당밀+요소	I	57.85	58.28	1.65	74.56
	II	57.47	57.91	1.62	72.84
야건벚짚		53.44	53.93	1.53	63.97

표 15. 평택지역에서 제조된 곤포사일리지의 가소화영양소총량(TDN), 건물소화율(DMD), 건물섭취량(DMI), 상대사료가(RFV)

○ 비수확일 : 98.10.18. ○ 제조일 : 98.10.18. ○ 시료채취 : TMR 제조시. 개봉

처리구	TDN(%) ¹⁾	DMD(%) ¹⁾	DMI(% BW) ¹⁾	RFV(%) ¹⁾
	- 건물기준 -			
M	59.64±0.29 ^a	60.05±0.29 ^a	1.93±0.03 ^a	89.70±1.76 ^a
M+U	61.10±0.84 ^a	61.49±0.83 ^a	1.95±0.06 ^a	92.87±3.89 ^a
M+U+I	59.64±0.59 ^a	60.05±0.58 ^a	1.89±0.03 ^a	88.15±2.09 ^a
야건볏짚	59.57	59.98	1.83	85.16

¹⁾ Means with the same letter are not significantly different (p>.05).

※ M: 당밀, U: 요소, I: 유산균제

제 2차년도 결과에서는 볏짚 곤포사일리지의 가소화영양소총량(TDN), 건물소화율(DMD) 및 건물섭취량(DMI)이 각각 59.64~61.10%, 60.05~61.49% 및 1.89~1.95%로 처리간 유의적인 차이는 없었으나 건조볏짚보다는 다소 높은 것으로 나타났으며, 상대사료가(RFV)는 1차년도와 마찬가지로 88.15~92.87로 85.16인 건조볏짚보다 높은 것으로 나타났다(표 15).

표 16. 포천지역에서 제조된 곤포사일리지의 pH, 젖산(L-lactic acid) 및 총유기산(total organic acid, TOA) 농도

○ 비수확일 : 97.10.9. ○ 제조일 : 97.10.9. ○ 시료채취일 : 97.11.14.

처리구	pH ¹⁾	L-lactate(%) ¹⁾	TOA(%) ¹⁾
무첨가구	6.77±0.06 ^a	0.25±0.25 ^b	0.25±0.25 ^b
유산균제	5.49±0.20 ^c	2.00±0.30 ^a	3.35±0.95 ^{ab}
Sodium Metabisulfite	6.78±0.03 ^a	0.40±0.20 ^b	3.40±0.60 ^{ab}
당밀+요소	5.94±0.12 ^b	2.60±0.40 ^a	6.65±1.55 ^a
야건 볏짚	8.54±0.06	-	-

○ 벼수확일 : 97.10.7. ○ 제조일 : 97.10.8. ○ 시료채취일 : 97.12.22.

처 리 구	pH ¹⁾	L-lactate(%) ¹⁾	TOA(%) ¹⁾
무첨가구	7.14±0.17 ^a	0.20±0.20 ^b	2.25±0.55 ^a
유산균제	5.18±0.32 ^b	2.35±0.15 ^a	2.95±0.15 ^a
Sodium Metabisulfite	6.80±0.07 ^a	0.05±0.05 ^b	2.55±1.35 ^a
당밀+요소	5.64±0.14 ^b	2.60±0.20 ^a	5.60±1.00 ^a
야건벗짚	8.52±0.56	-	-

¹⁾ Means with the same letter are not significantly different (p >.05).

3) 발효특성 조사

먼저 제 1차년도 pH를 보면(표 16), 포천의 경우 유산균제 첨가구에서 처리 평균이 5.18~5.49와 당밀+요소 첨가구에서는 5.64~5.94였고, 평택의 경우에는 유산균제 첨가구에서 서 처리평균이 5.00~5.20과 당밀+요소 첨가구에서는 5.03~5.08로 무처리구나 Sodium metabisulfite 처리구보다 유의적으로 낮게 나타났고(P<.05), 평택 및 안성의 경우에는 당밀+요소 처리구의 pH가 각각 5.03 및 4.66로 나타나, 이 두 첨가제가 벗짚의 발효에 가장 우수한 효과를 준 것으로 해석되었다(표 17)(표 18).

표 17. 평택지역에서 제조된 곤포사일리지의 pH, 젖산(L-lactic acid) 및 총유기산(total organic acid, TOA) 농도

○ 벼수확일 : 97.10.17. AM ○ 제조일 : 97.10.18. ○ 시료채취일 : 97.11.28.

처 리 구	pH ¹⁾	L-lactate(%) ¹⁾	TOA(%) ¹⁾
무첨가구	6.27±0.06 ^a	0.30±0.25 ^b	1.00±0.38 ^b
유산균제	5.20±0.26 ^b	3.60±0.67 ^a	6.03±0.45 ^a
당밀+요소	5.03±0.14 ^b	3.80±0.59 ^a	5.47±0.75 ^a
야건벗짚	7.13±0.21	-	-

○ 비수확일 : 97.10.17. PM ○ 제조일 : 97.10.18. ○ 시료채취일 : 97.12.29.

처 리 구	pH ¹⁾	L-lactate(%) ¹⁾	TOA(%) ¹⁾
무첨가구	7.11±0.45 ^a	1.00±0.80 ^a	2.10±1.00 ^a
유산균제	5.00±0.04 ^b	1.95±0.25 ^a	3.70±0.30 ^a
당밀+요소	5.08±0.18 ^b	2.90±0.10 ^a	3.70±0.20 ^a
야건벗짚	7.73±0.21	-	-

¹⁾ Means with the same letter are not significantly different (p>.05).

표 18. 안성지역에서 제조된 곤포사일리지의 pH, 젖산(L-lactic acid) 및 총유기산(total organic acid, TOA) 농도

○ 비수확일 : 97.10.15. ○ 제조일 : 97.10.15. ○ 시료채취일 : 97.11.28.

처 리 구	반복	pH	L-lactate(%)	TOA(%)
유산균제	-	5.27±0.03	0.4	1.8
당밀+요소	I	4.66±0.07	1.6	8.7
	II	6.04±0.07	0.4	0.4
야건벗짚	-	7.04±0.09	-	-

1차년도 연구자료를 기초로 2차년도에는 당밀+요소 첨가구에 유산균제를 추가로 첨가하여 시험을 수행하였는데, 이때는 시료를 TMR 제조시 개봉하여 채취하였다. 표 19에서 보는 바와 같이 pH는 4.28로 다른 처리구에 비해 유의적으로 낮았으며(p<.05), 젖산함량 또한 다른 처리구에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었다(P<.05).

표 19. 평택지역에서 제조된 곤포사일리지의 pH 및 젖산(L-lactic acid) 농도

○ 비수확일 : 98.10.18. ○ 제조일 : 98.10.18.

처리구	pH ¹⁾	젖 산(%) ¹⁾
당밀	5.47±0.18 ^a	0.23±0.05 ^b
당밀+요소	5.35±0.12 ^a	0.31±0.06 ^b
당밀+요소+Inoculant	4.28±0.09 ^b	0.85±0.18 ^a

¹⁾ Means with the same letter are not significantly different (p>.05).

3. 면양을 이용한 대사시험

가. *In vivo* 소화율 검정

벚짚사일리지의 소화율을 검정하기 위해 건조벚짚, 암모니아처리벚짚, 벚짚곤포사일리지를 공시하여 실시한 *In vivo* 소화율 검정시험의 결과를 표 20에 제시하였다.

표 20. 면양을 이용한 *In vivo* 소화율 검정시험 결과

사 료 명 (분석항목)	fresh wt.	DM	OM ¹⁾	조단백 질	CF	CA ²⁾	NFE
▶ 벚짚 (사일리지)							
Feed analysis, %		47.12	91.91	4.94	37.20	8.09	47.98
Nutrient consumed, g	1100.29	518.46	476.51	25.61	192.87	41.94	228.63
Fecal analysis, %		51.98	86.48	6.23	27.91	13.52	51.75
Nutrient excreted, g	483.57	251.36	217.38	15.66	70.15	33.98	112.49
Apparent absorption, g		267.10	259.14	9.95	122.71	7.96	116.14
Apparent digestibility, %		51.52	54.38	38.86	63.63	18.98	50.80
▶ 벚짚 (건 조)							
Feed analysis, %		91.55	91.10	5.67	39.75	8.90	44.63
Nutrient consumed, g	838.14	767.32	699.03	43.51	305.01	68.29	311.98
Fecal analysis, %		44.07	84.02	6.76	26.85	15.98	49.10
Nutrient excreted, g	957.43	421.94	354.51	28.52	113.29	67.43	174.07
Apparent absorption, g		345.38	344.51	14.98	191.72	0.87	137.91
Apparent digestibility, %		45.01	49.28	34.44	62.86	1.27	44.21
▶ 벚짚 (암모니아처리)							
Feed analysis, %		86.82	90.32	9.92	41.10	9.68	37.63
Nutrient consumed, g	991.71	861.00	777.66	85.41	353.87	83.35	292.63
Fecal analysis, %		49.81	79.25	11.34	24.75	20.75	41.38
Nutrient excreted, g	940.00	468.21	371.06	53.10	115.88	97.15	153.54
Apparent absorption, g		392.79	406.60	32.32	237.99	-13.81	139.09
Apparent digestibility, %		45.62	52.28	37.84	67.25	-16.57	47.53

¹⁾ Organic matter ²⁾ Crude ash

벚짚사일리지의 건물 및 유기물 소화율은 51.52%와 54.38%로 다른 공시벚

짚보다 높게 나타났으며, 그 다음이 45.62%, 52.28%의 암모니아처리 벚짚 이었고 건조벚짚의 소화율이 각각 45.01%, 49.28%로 가장 낮게 나타났다.

나. *In vitro* 소화율 검정

In vitro 소화율 검정시험에서는 건물 및 유기물의 소화율이 암모니아처리 벚짚에서 각각 53.96%, 51.26%로 가장 높게 나타났으며, 벚짚곤포 사일리지가 38.66%, 31.28%로 그 다음이었고, 건조벚짚이 35.48% 및 31.42%로 가장 낮게 나타났다(표 21).

표 21. 면양을 이용한 *In vitro* 소화율 검정시험 결과

사 료 명	건물 소화율 (%)	OM 소화율 (%)
벚 짚 (사일리지)	38.66	31.28
벚 짚 (건 조)	35.48	31.42
벚 짚 (암모니아)	53.96	51.26

4. TMR 원료로의 이용효과 및 급여시험

TMR을 제조하기 위해서는 벚짚을 절단해야 하는데 기존에 국내에 보급되어 있는 대부분의 TMR 배합기는 벚짚 절단이 불가능하기 때문에 TMR 제조 시 벚짚을 함께 첨가시키지 못하고 각 농가에서 별도 급여하는 방법을 사용해야 하는 불합리적인 문제를 가지고 있었다. 그러나 본 시험에서는 최근 국내에서 개발된 TMR 배합기종으로, 내부 스크류에 칼날이 부착되어 있어 거친 조사료를 절단시키면서 혼합 작업이 가능하도록 설계된 배합기를 이용하여

볏짚 곤포사일리지를 절단하면서 다른 TMR 원료들과 혼합시키는 작업을 실시하였다. 이때 사용된 볏짚 곤포사일리지 하나의 무게는 400kg 정도로 TMR 제조시 일정량씩 나누어 전량 투여를 하였는데, 일시에 과량으로 투입시키지 만 않는 한 별 무리 없이 볏짚사일리지가 절단되면서 효율적으로 배합됨이 확인되었다. 또한 이러한 모델의 TMR 배합기는 배합시간을 달리 함으로써 절단길이를 조절할 수 있으므로, 장차 TMR 제조 시 생볏짚 사일리지를 비롯한 볏짚사료의 이용가능성이 한층 커질 것으로 예상된다.

한편, 생볏짚 곤포사일리지를 오차드그라스짚과 대조하여 젖소에 대한 급여 시험을 실시한 결과, 산유량과 유지방 및 무지고형분에 있어서 두 조사료간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다($P>.05$). 특히 건물섭취량과 기호성은 두 처리간 뚜렷한 차이 없이 TMR 급여를 통하여 건물섭취량이 증가한 것으로 나타났다(표 22).

표 22. 젖소를 이용한 볏짚사일리지와 오차드짚의 급여효과

항 목	처 리 구	시 료 채 취			
		1차	2차	3차	4차
4% 보정유량 (4% FCM)	볏짚사일리지	23.57±6.65 ^a	26.36±7.78 ^a	22.19±6.14 ^a	23.04±8.62 ^a
	오차드짚	24.06±5.03 ^a	25.69±4.41 ^a	23.61±5.58 ^a	21.54±6.67 ^a
유지방 (Milk Fat, %)	볏짚사일리지	4.25±0.36 ^a	4.07±0.48 ^a	3.90±0.51 ^a	4.17±0.52 ^a
	오차드짚	4.00±0.69 ^a	4.12±0.82 ^a	3.88±0.68 ^a	3.98±0.64 ^a
무지고형분 (SNF, %)	볏짚사일리지	9.19±0.26 ^a	8.89±0.42 ^a	9.04±0.34 ^a	8.86±0.44 ^a
	오차드짚	8.92±0.40 ^a	8.73±0.26 ^a	8.78±0.45 ^a	8.74±0.42 ^a

5. 소형사일로 사일리지 제조시험

가. 사일리지의 영양성분 및 발효특성

1) 제품 pH 및 젖산 농도

실험용 플라스틱사일로를 이용하여 생벚짚에 발효촉진용 첨가물로 당밀(M), 요소(U) 및 유산균제(I)를 단독 또는 병용하여 분무하고 2개월간 발효시켜 제조한 사일리지제품의 pH와 lactate 생성량을 조사한 결과는 표 23에 제시한 바와 같다.

표 23. 첨가물 종류에 따른 pH 및 젖산 농도

< 실험 1 >

	대 조 구	M 첨가구	M+I 첨가구	M+U 첨가구
pH	5.21±0.04 ^a	4.64±0.02 ^c	4.54±0.02 ^d	4.92±0.01 ^b
Lactate	0.42±0.12 ^b	1.06±0.08 ^a	1.02±0.01 ^a	1.17±0.01 ^a

< 실험 2 >

	대 조 구	M 첨가구	M+I 첨가구
pH	5.98±0.15 ^a	4.54±0.08 ^b	4.45±0.02 ^b
Lactate	0.10±0.01 ^b	0.73±0.12 ^a	0.99±0.03 ^a

생벚짚 사일리지의 pH는 실험 1과 실험 2에서 모두 무첨가구에 비해 M, M+I, M+U 첨가구에서 유의적으로 감소하였다(P<.05). 첨가물을 달리하여 처리한 시험구간에 pH를 비교해 보면, 실험 1의 경우 M+I 첨가구가 다른 첨가구들에 비해 유의적으로 낮게 나타난 반면에(P<.05), 실험 2에서는 첨가물간에 차이가 없는 것으로 나타났다. 제품의 젖산 농도는 실험 1과 2에서 모두

대조구에 비해 M, M+I 및 M+U 첨가구에서 유의적으로 증가하였으나 ($P<.05$), 첨가물들간에는 별다른 차이를 보이지 않았다.

2) 일반 영양소 농도의 변화

볏짚 미나사일리지의 조성분 변화를 살펴보면(표 24), 실험 1의 경우 M 첨가구와 M+U 첨가구에서 DM 및 CP 함량이 각각 유의적으로 증가하였으며 ($P<.05$), 실험 2의 경우에는 M 첨가구와 M+I 첨가구에서 DM과 OM이 유의적으로 증가하고 CF, NDF 및 ADF 함량이 유의적으로 감소하였다($P<.05$).

3) *In Vitro* 소화율 및 *In Situ* 분해율 비교

반추위액을 이용하여 볏짚 사일리지의 *In Vitro* 소화율을 조사한 결과, 실험 1의 경우 대조구에 비해 M, M+I 및 M+U 첨가구에서 12시간과 24시간 후에 DM과 OM 소화율이 유의적으로($p<.05$) 증가하였으며, 이러한 경향은 실험 2에서도 마찬가지로 관찰되었다(그림. 4).

이상의 결과를 종합해 볼 때, 당밀과 유산균제는 생볏짚 발효에 있어 우수한 효과를 보였으며, 특히 이 둘의 동시첨가는 pH를 낮게 유지시킴으로써 발효환경을 개선하고 발효효율을 증진시키는 것으로 나타났다. 면양을 이용한 소화율 실험결과, 당밀, 요소 및 유산균제를 사용하여 볏짚 사일리지를 제조할 경우 반추위내에서의 DM, OM 및 NDF 소화율을 증가시켜 볏짚의 이용효율을 개선시키는 것으로 확인되었다.

산양의 반추위에 현수시켜 측정된 생볏짚 사일리지의 *In Situ* DM 소실율은 각각 4, 12, 24 시간때에 무첨가구에 비해 M, M+I 및 M+U 첨가구에서(실험 1) 그리고 M과 M+I 첨가구(실험 2)에서 각각 유의적으로 증가하였으나 ($P<.05$), 첨가구들간에 유의적 차이는 관찰되지 않았다(그림. 1). OM 소실율

은 Fig. 2에 나타난 바와 같이 4, 12 및 24 시간의 배양 후, 대조구에 비해 모든 첨가구에서 유의적으로($p < .05$) 증가하는 것으로 나타났다.

표 24. 첨가물 종류에 따른 생뿔짚 사일리지의 영양소함량

< 실험 1 >

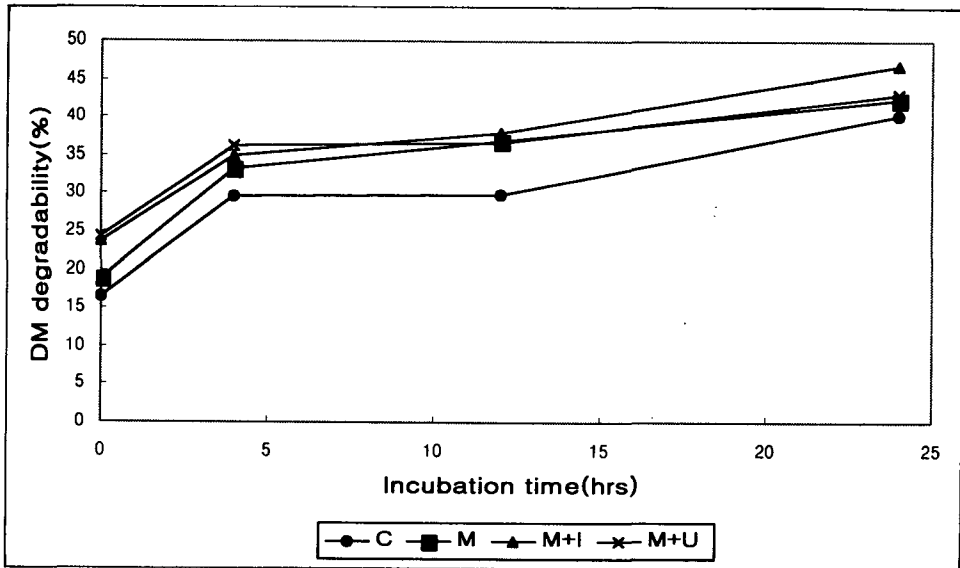
영양소	대 조 구	M 첨가구	M+I 첨가구	M+U 첨가구
Dry Matter	37.35 ± 0.83 ^b	39.24 ± 0.77 ^a	38.77 ± 1.05 ^{ab}	37.62 ± 0.52 ^b
Organic Matter	89.59 ± 0.03	89.58 ± 0.10	89.35 ± 0.18	89.48 ± 0.25
Crude Protein	4.51 ± 0.25 ^b	4.99 ± 0.11 ^b	4.54 ± 0.31 ^b	6.47 ± 0.56 ^a
Ether Extract	2.68 ± 0.16	3.01 ± 0.27	2.88 ± 0.64	3.34 ± 0.07
Crude Fiber	30.66 ± 0.72	30.38 ± 0.13	30.88 ± 0.42	31.28 ± 2.30
NFE	51.74 ± 0.59	51.20 ± 0.32	51.04 ± 1.40	48.40 ± 1.68
NDF	65.79 ± 5.56	66.18 ± 0.77	66.69 ± 1.93	62.91 ± 1.21
ADF	40.54 ± 0.54	40.58 ± 0.17	39.85 ± 0.52	38.73 ± 0.57

< 실험 2 >

영양소	대조구	M 첨가구	M+I 첨가구
Dry Matter	33.07 ± 1.01 ^b	38.10 ± 1.20 ^a	36.40 ± 0.20 ^a
Organic Matter	84.27 ± 0.55 ^b	85.65 ± 0.32 ^a	85.80 ± 1.00 ^a
Crude Protein	3.82 ± 0.19	3.98 ± 0.05	3.79 ± 0.06
Ether Extract	2.01 ± 0.61 ^c	3.91 ± 0.20 ^b	4.95 ± 0.29 ^a
Crude Fiber	36.74 ± 0.68 ^a	34.97 ± 0.59 ^b	34.11 ± 1.90 ^b
NFE	41.69 ± 0.63	42.79 ± 0.96	42.95 ± 2.79
NDF	72.72 ± 1.00 ^a	63.73 ± 0.57 ^b	65.57 ± 0.16 ^b
ADF	54.63 ± 3.17 ^a	47.01 ± 1.10 ^b	46.56 ± 1.31 ^b

NDF 소화율(Fig. 3) 역시 무첨가구에 비해 M, M+I 및 U 첨가구에서 유의적으로 증가함으로써($P < .05$) DM과 OM 소화율변화와 유사한 패턴을 보였다.

< 실험 1 >



< 실험 2 >

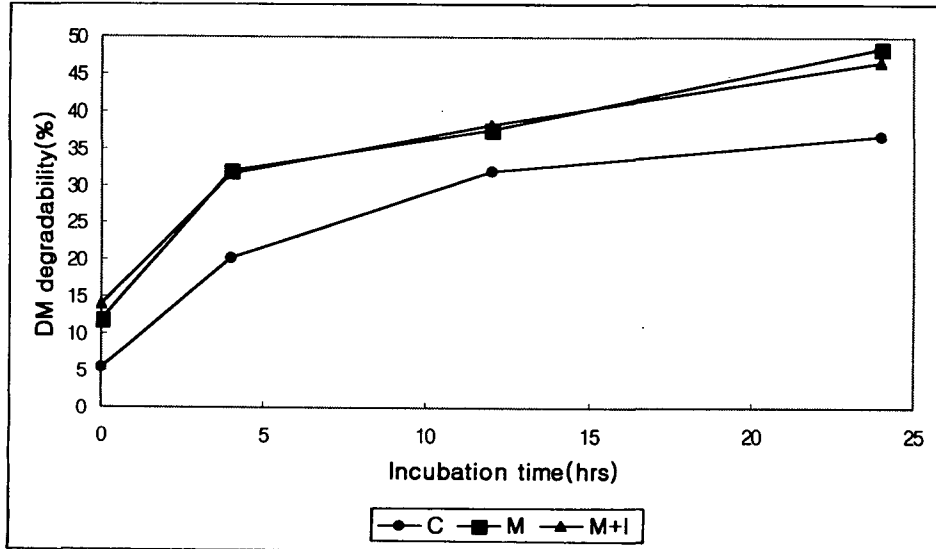
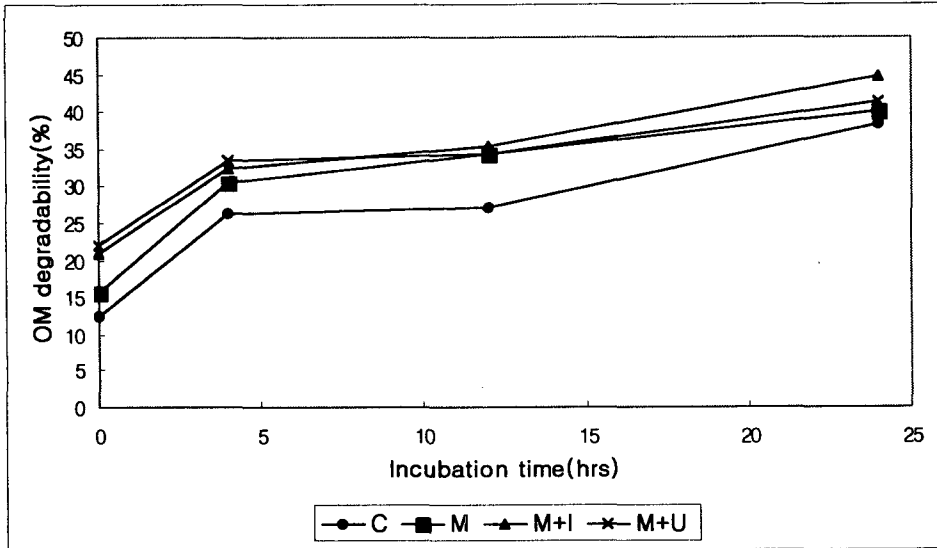


그림 1. 첨가물 종류에 따른 생벼짚 사일리지의 건물(DM) 소실률.
(C: 무첨가, M: 당밀, U: 요소, I: 유산균제)

< 실험 1 >



< 실험 2 >

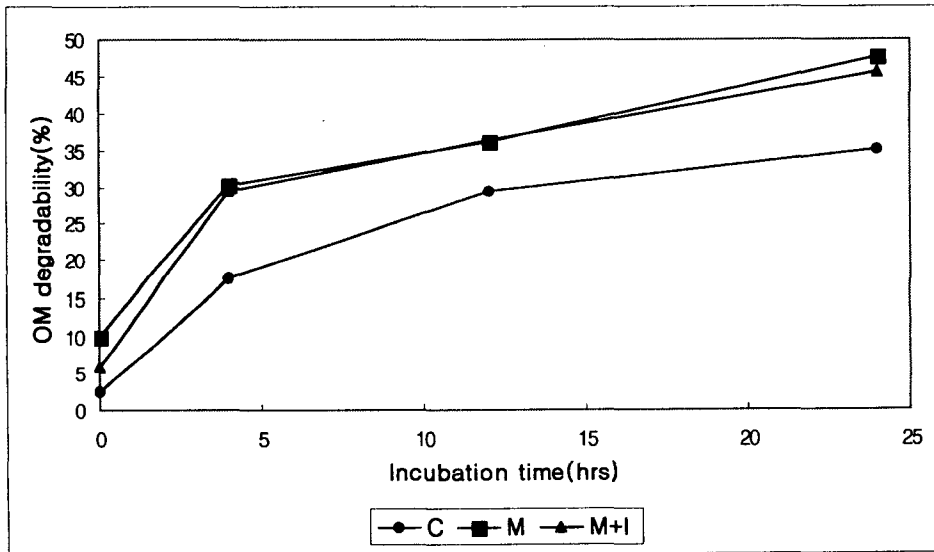
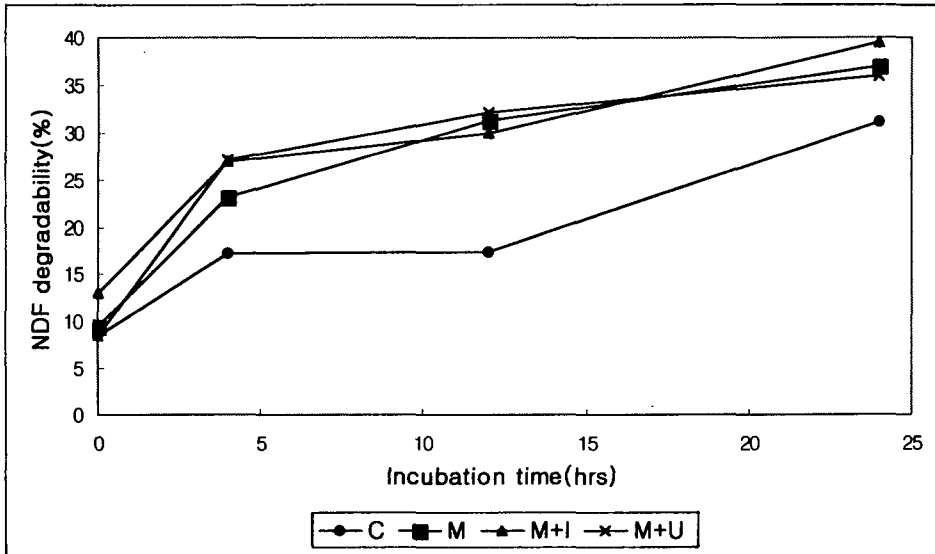


그림 2. 첨가물 종류에 따른 생볏짚 사일리지의 유기물(OM) 소실률.
(C: 무첨가, M: 당밀, U: 요소, I: 유산균제)

< 실험 1 >



< 실험 2 >

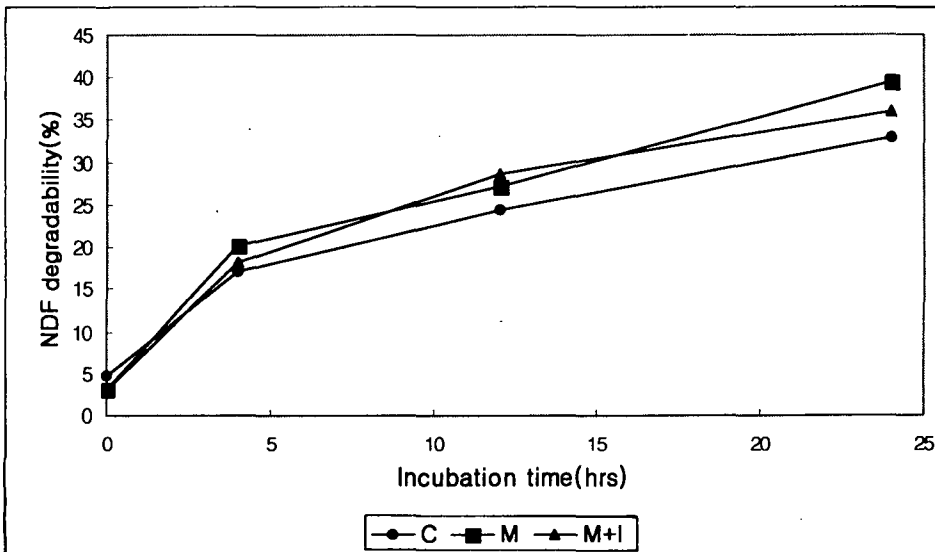
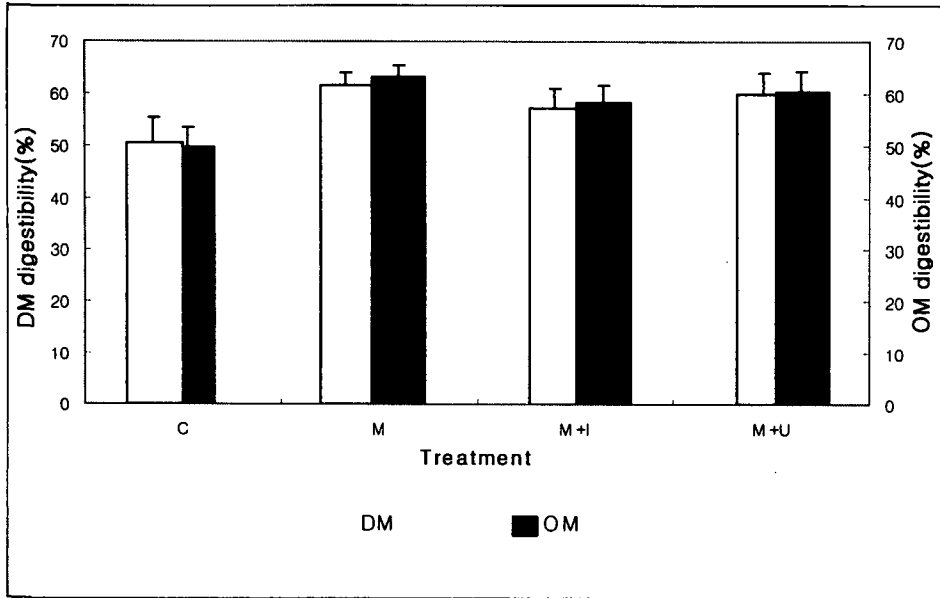


그림 3. 첨가물 종류에 따른 생볏짚 사일리지의 NDF 소실률.
(C: 무첨가, M: 당밀, U: 요소, I: 유산균제)

< 실험 1 >



< 실험 2 >

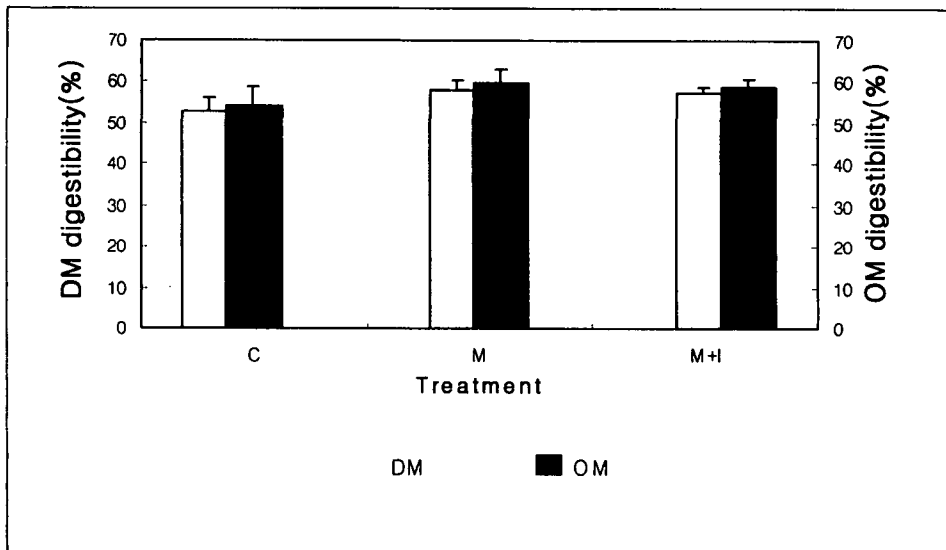


그림 4. 첨가물 종류에 따른 생벼짚 사일리지의 *In vitro* 소화율 (C: 무첨가, M: 당밀, U: 요소, I: 유산균제)

제 4 절 고 찰

1. 원형곤포 사일리지 제조의 경과

곤포사일리지는 포천, 평택, 안성 지역에서 제조하였는데, 대상지가 초지가 아닌 논토양에서 작업이 이루어지는 관계로 제조시기의 기상조건에 상당한 영향을 받는 것으로 나타났다. 비가 내렸을지라도 지역에 따라 2~3일 이후 사일리지 제조작업이 가능한 것으로 조사되어 대상 논의 토양특성이 제조작업의 가능 여부에 상당한 영향을 주었다. 생벚짚 원형곤포사일리지 제조방법의 도입목적 자체가 그러한 벼수확 시기에 나타날 수 있는 불량기상을 극복하는 데 있기 때문에 효과적으로 작업이 이루어지기 위하여 일차적으로 중요한 것은 작업대상 논의 토성이라고 할 수 있겠다. 본 시험을 수행하면서 가장 어려웠던 점의 하나는 벼의 수확 탈곡과 동시에 원형곤포기 작업을 하기 위한 일정의 조정 또는 합의에 관한 사항이었다. 벼수확기 콤바인은 어느 정도 수분이 많은 논에서도 작업이 가능하며 벼의 상부에 있는 이삭만을 목적물로 하는 반면에, 이삭 외의 식물부위를 소재로 하는 원형곤포 제조작업은 곤포기(베일러) 자체의 중량에 제조중인 곤포벚짚의 하중(荷重)이 추가되므로, 대상논이 점질토양이면서 수분이 많이 남아있는 경우에는 기계작업이 지연되고 벚짚 수거작업에서 재료벚짚과 함께 토사가 혼입될 우려가 있는 게 사실이다.

또한 국내에 도입된 외국산 곤포기계는 본래 초지 목초를 대상으로 작업을 하도록 설계 제작된 것이어서, 벚짚에 적용시킬 경우 기상조건 및 토양조건에 가장 큰 영향을 받으므로 이러한 조건들을 고려할 때 다소 무리가 있는 것으로 나타났다. 따라서 대상 소재가 벚짚이고 작업장소가 논이라는 국내여건에 가장 적합한 기종과 모델을 신중히 비교 선정하여 구입 또는 보급해야 할 것이며, 궁극적으로는 국산화 장치로 개발하여야 할 것으로 본다.

그럼에도 불구하고, 앞의 시험결과에서 보듯이 벼 수확 직후 제조된 생벚짚 곤포사일리지는 수분함량, 영양성분이나 사료적 가치가 가장 높은 것으로 나타나 좋은 제품을 만들기 위해서는 가급적 벼 수확 직후에 제조작업에 들어갈 수 있도록 하거나 소유주에게 협조를 구할 필요가 있다. 특히 가을철 바람에 수분의 유실속도, 그리고 야간에 이슬이나 논바닥으로부터 올라오는 습기의 영향을 고려할 때 벼수확 후 만 2일 이상 제조일을 지연시키는 것은 바람직하지 않다고 판단된다.

한편, 원형곤포의 랩포장이 끝난 후 곤포 내부의 온도를 조사한 결과에 의하면, 내부온도는 외기온도의 변화와 관계 없이 상당히 안정된 것으로 나타났다. 이것은 생벚짚이 어디까지나 벼의 생육말기에 있는 상태인 만큼, 조직 내에 호흡에 관여하는 효소의 기능이 활발하지 않음을 암시하며, 원형곤포 상태로 발효시킬 경우, 재료의 호흡으로 인한 에너지 손실은 크게 줄일 수 있음을 의미한다. 따라서 적절한 첨가물 시용과 함께 곤포(wrapping)작업만 효과적으로 수행된다면 내부에 혐기상태가 유지되어 정상적인 발효가 진행되며, 실제로 발효가 끝난 다음에도 급여시에 필요량 만큼만 개봉하여 이용하면 부패 가능성은 매우 낮아 2차 발효가 일어날 가능성도 매우 적을 것으로 판단된다.

2. 곤포사일리지 일반영양소 함량 및 발효특성

가. 원료벚짚의 건물 함량

생벚짚 사일리지를 제조할 때 고려해야 할 중요사항 중 하나는 수분함량이라고 볼 수 있는데, 수분농도는 경우에 따라 가축에 대한 기호성 뿐만 아니라, 특히 사일리지의 품질에 상당한 영향을 끼칠 수 있기 때문이다. 실제로

수확 직후 생볏짚과 곤포사일리지 제조시 사용된 원료볏짚의 건물함량은 다소 증가되는 것으로 나타나 빠른 속도로 수분이 감소함을 알 수 있다. 더욱이 수확기에 풍속이 높은 지역에서는 빠른 속도로 수분이 감소함을 관찰할 수 있었다.

흔히 발효시킬 재료의 적정 수분농도를 65~70% 정도로 볼 때 본 시험에서의 생볏짚의 수분함량은 다소 낮다고 볼 수 있다. 볏짚의 사료화에 관한 한 앞서 언급했듯이 볏짚은 실제 목적물인 미곡의 생산에 종속되기 때문에 볏짚의 질을 높이기 위하여 수확시기를 조절한다는 것은 거의 불가능한 만큼, 1차적으로는 가급적 적정 수분조건을 맞추도록 함이 중요할 것이며 2차적인 방법으로 사일리지 제조용 첨가물의 선택과 용액제조시의 희석비율을 달리함으로써 어느 정도 조절은 가능하다고 생각된다.

나. 볏짚 사일리지의 건물 및 일반영양소 함량

1) 건물 및 일반성분함량

제 1차년도에 수행된 시험에 있어서, 건물(DM)함량은 벼수확 직후 곤포사일리지 제조작업에 들어간 안성지역 곤포사일리지의 경우, 작업이 다소 지연된 포천이나 평택지역보다 낮은 건물함량을 보였다. 영양적으로 조악한 성질을 가진 볏짚의 특성을 고려할 때 이 지역에서 이상적인 사일리지 발효를 유도하기 위한 수분조건을 그나마 충족시켰다고 볼 수 있었다.

이것은 가을철 기후조건상 수분의 발산이 빠르게 일어나는 데 기인한 것으로 언급하였듯이 양질의 곤포사일리지를 제조하기 위해서는 벼수확 작업 후 가능한 한 빠른 시간 내에 사일리지 제조작업이 들어가야 하며 이를 위해서 벼 수확과 함께 공동작업이 이루어지도록 협조를 구할 필요가 있다고 생

각된다.

한편 일반영양성분-조단백질(CP), NDF, ADF 및 비섬유성탄수화물(NFC)-은 지역별 또는 처리별로 다소 차이는 있었지만 차이간에 통계적 유의성은 거의 없는 것으로 나타났는데, 이것은 첨가물의 응용이 사일리지 발효의 진행과 그에 따른 저장성 유지에 긍정적인 효과를 줄 뿐, 재료 자체의 영양소 함량에 미치는 효과는 크지 않음을 의미한다. 특히 비섬유성탄수화물(NFC)의 경우에 비록 유의성은 인정되지 않았지만, 첨가량이 많지 않음에도 불구하고 당밀+요소 첨가구가 다른 처리구에 비해 상대적으로 높은 것으로 나타난 것은 이들 첨가물이 벯짚의 에너지를 높이는 데 다소 기여를 할 수 있다고 생각된다.

2) 가소화영양소총량(TDN), 건물소화율(DMD), 건물섭취량(DMI) 및 상대사료가(RFV)

NDF와 ADF 분석자료를 근거로 산출된 가소화영양소총량(TDN), 건물소화율(DMD), 건물섭취량(DMI) 및 상대사료가(RFV)에 대한 결과를 보면, 곤포사일리지의 처리간에 유의적인 차이는 얻어지지 않았으나, 야건 벯짚에 비해서는 전반적으로 모든 항목에서 사료적 가치를 증진시키는데 효과가 있었던 것으로 나타났다. 특히 건물섭취량(DMI)은 계산치가 아닐지라도 실제 급여시험에서 관찰된 바에 의하면, 처리구에서 곤포사일리지가 건조벯짚보다 높아 곤포사일리지 제조시 발효산취로 인한 기호성을 높이는 잇점이 있어 전체적을 건물섭취량을 높이는 것으로 나타났다.

특히 상대사료가치(RFV) 또한 야건 벯짚과 비교할 때 전반적으로 우수한 것으로 나타나 기존에 관행적으로 사용하던 건조벯짚에 대한 조사료 대체효과가 크다고 사료된다. 특히 안성지역에서 제조된 사일리지는 다른 지역에서

보다 상대사료가로 볼 때 야건 벼짚과의 차이가 가장 크게 나타나 벼짚의 사료적 가치를 높여주기 위해서는 가급적 수확 후 빠른 시간 내에 제조작업에 들어가는 게 좋으며, 이러한 결과는 벼짚 수확 후 건조과정에서 유실되는 영양소의 양을 최소화한다는 본 시험의 목적에도 부합된다고 볼 수 있다.

3) 발효특성

제 1차 및 제 2차년도 연구결과에서 생벼짚은 성질이 조악하고 발효기질로 사용될 가용성 성분이 부족하다는 고유 특성을 고려할 때, 첨가물의 보충은 필수적이며, 이미 각종 조사료 발효에는 재료와 목적에 따라서 여러 가지 첨가물의 응용이 가능할 것이다(Bolsen, 1995; Henderson, 1993).

본 시험에서는 당밀+요소 및 유산균제 첨가가 생벼짚 발효에 가장 긍정적인 효과를 준 것으로 판단되는데, 벼짚은 원래 양이온교환능력(Cation Exchange Capacity, CEC)이 높아 pH를 낮추고 젖산발효를 효과적으로 진행시키는 데는 첨가물질의 적절한 사용이 불가피함을 알 수 있다.

유산균제의 경우 재료벼짚에 분사하는 희석액 자체의 pH가 4.05 정도임을 감안할 때, 사일리지 제품의 낮은 pH값이 전적으로 기질의 발효 자체에서 유래하였다고는 해석하기 어렵다. 당밀이나 요소의 경우 또한 이들 첨가물이 미생물성장을 위해 필수적인 에너지와 단백질을 공급하고는 있지만 낮은 pH는 벼짚 자체의 분해에서이기보다는 당밀의 분해에 유래한 것으로 보아야 할 것 같다. 특히 첨가하는 요소의 농도는 너무 높을 필요가 없고 본 시험에서 적용한 것과 같이 재료의 0.3% 수준이 적절하다고 생각된다.

한편 벼짚 사일리지에 대한 발효정도를 파악하고자 실시한 젖산 및 총유기산 농도를 보면, 첨가물의 응용이 전체적으로 무처리구에 비해 유의적으로 ($p < .05$) 높은 수치를 보였으며, 무처리구의 경우에는 생성된 총유기산의 양이

극히 적은 것으로 나타났으며, 처리구에서도 비록 유의성은 인정되지 않았지만 당밀+요소 첨가구가 다른 처리구에 비해 상대적으로 높게 나타났다.

이러한 결과는 무엇보다도 앞에 언급한 pH와 비섬유성탄수화물의 농도와 관련하여 생각할 수 있겠다. 사일리지 pH의 경우 무첨가구에서 6.27~7.14로 상당히 높게 나타난 것은 미생물에 의한 발효가 극히 미약하게 진행되었다고 결론지을 수 있으며, 이것은 젖산 및 총유기산의 측정결과를 볼 때 더욱 명확해진다. 따라서 벻짚의 경우 일반 목초를 비롯한 청예 사료작물과는 달리 어떠한 종류의 첨가물이라도 전혀 첨가하지 않으면 곤포 제조나 랩포장작업을 아무리 완전하게 실시했다 하더라도 효과적인 발효로 양질의 제품을 만드는 데 한계가 있다고 하겠다.

비록 첨가물 처리간에 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았지만, 당밀+요소 첨가구에서 젖산 및 총유기산의 함량이 높게 나타난 것은 가용성탄수화물인 당밀이 젖산균의 증식에 효과적인 에너지원으로서 작용하였으며 요소용액 역시 벻짚에 부족한 질소급원으로서의 역할을 했다고 보여진다. 또 이 결과는 앞에서 이들 사일리지의 pH가 다른 처리에 비하여 더 낮았고, 비섬유성탄수화물이 다른 처리구에 비해 상대적으로 높았던 것과 일관된 해석을 가능케 하며 벻짚을 대상으로 하는 곤포사일리지 제조의 경우 사료적 가치와 발효효과를 극대화시키는 방안으로 경제성 고려를 전제로 당밀+요소와 함께 유산균제의 첨가 여부를 결정할 필요가 있다고 사료된다.

3. 면양을 이용한 대사시험

가. *In vivo* 소화율 검정

벧짚사일리지의 소화율을 조사 비교하기 위하여 건조벧짚, 암모니아처리벧짚 및 생벧짚사일리지를 공시하여 *In vivo* 소화율 검정을 실시한 결과, 벧짚사일리지의 건물 소화율 및 유기물 소화율은 다른 공시벧짚보다 높게 나타났으며 그 다음이 암모니아처리 벧짚이었고 건조벧짚의 소화율이 가장 낮게 나타났다. 이러한 결과를 볼 때 곤포사일리지의 제조는 벧짚의 소화율을 높이는 데 긍정적인 영향을 끼칠 수 있다고 판단된다.

사일리지의 낮은 pH가 반추위 내 섬유질분해 미생물에 의한 벧짚의 분해활동에 영향을 주어 소화율을 다소 떨어뜨릴 수 있다는 예상과 달리, 소화율이 더 높을 수 있었던 것은 섭취과정에서 벧짚의 물리적 성질로 인해 저작시간이 길어지고 타액의 분비량이 많아지므로 반추위 내 pH를 안정적인 범위에 유지시키기 때문에 충분한 완충력이 작용한 것으로 해석된다. 그리고 곤포사일리지 특성상 건조벧짚이나 암모니아처리벧짚과는 달리 벧짚조직 내 수분농도 유지가 어느 정도 가능하여 견고하게 결합되어 있는 벧짚 조직의 swelling 현상에 의한 재생효과(reconstitution effect) 역시 이 사료의 소화율을 높이는 데 긍정적인 효과를 줄 수 있었을 것으로 판단된다.

나. *In vitro* 소화율 검정

In vitro 소화율 검정시험에서는 암모니아처리벧짚에서 건물 및 유기물의 소화율이 가장 높게 나타났으며, 생벧짚사일리지는 그 다음 순위를 차지하였고, 건조벧짚이 가장 낮은 것으로 나타났다.

In vivo 소화율 검정시험에서와 달리 암모니아처리벧짚의 소화율이 곤포사일리지벧짚보다 낮게 나타난 이유는, 암모니아 처리가 벧짚의 분해율을 높인 것 뿐만 아니라 시료 자체의 pH가 낮은 곤포사일리지와 동일한 수준으로 시험관 내 배양용액 중 완충용액이 적용됨으로써 배양시에 전체적인 pH 환경이

암모니아처리볏짚의 섬유질분해에 더 유리하게 작용한 때문이라고 해석된다. 이점은 곧 closed system에서 배양하는 동 방법의 취약점이기도 하다. 실제로 젖소 또는 육우에 대한 소화율 검정시험을 통하여 이를 보완한다면 보다 정확한 해석이 가능할 것으로 기대된다.

4. TMR 원료로의 이용효과 및 급여시험

볏짚사료를 TMR 원료로 사용하려면 절단이 불가피한 데, 현재 국내에 보급되어 있는 기존 모델의 TMR 배합기는 볏짚이나 건초와 같은 거친 사료의 절단이 불가능하였기 때문에, TMR 제조시 볏짚을 직접 투입하지 못하고 일단 자동 또는 수동 절단기를 이용하여 절단 또는 세절하여 투입해야 하는 불편한 문제점을 가지고 있었다.

다행히 근래에 도입되거나 국내에서 제조 생산되는 배합기에는 내부에 날이 부착되어 거친 사료를 절단하면서 배합 제조가 가능하도록 설계된 모델이 많다. 본 시험에서도 절단이 가능한 TMR 배합기를 이용하여 볏짚 곤포사일리지를 TMR 제조시험에 이용하였다. 제조된 볏짚 곤포사일리지 하나의 무게가 약 400kg 정도였으나 TMR 제조시 일정량만큼씩 분할하여 혼합하였는데, 혼합효율은 우수하였으며, 한 번에 과다하게 투입하지만 않으면 별무리 없이 볏짚사일리지가 절단되면서 배합될 수 있었다. 흔히 건조볏짚은 TMR 원료로서 수분이 부족하여 사료입자의 비중이 가볍기 때문에 다른 원료사료와 혼합하는 데 어려움이 따르는 데 반하여, 사일리지는 수분함량과 함께 성상이 부드러워진 관계로 절단만 되면 혼합효율은 매우 우수함이 관찰되었다. 다만, 자가배합용 소형 TMR배합기에는 다량을 투입하기가 어려운 관계로 일차 자동절단기를 이용하여 볏짚 사일리지를 절단하여 배합기에 투입하는 방법이

더 나올 것으로 판단된다.

결론적으로, 영양소 농도와 관련된 앞의 시험결과를 고려할 때, 건조 볏짚보다는 생볏짚을 사일리지화함으로써 사료가치를 증진시키고 이를 원료로 TMR을 제조 이용하는 경우, 혼합할 양과 혼합방법 등 적정 제조방법이 구체적으로 연구 개발된다면, 현재로 건조볏짚보다 선호도가 높은 수입 화본과 짚류를 생볏짚사일리지로 충분히 대체할 수 있는 잠재력을 가졌다고 생각되는바, 궁극적으로 국내 부존의 조사료원으로서 볏짚의 활용도를 높이는 방안이 될 것으로 본다.

한편 TMR 원료 조사료로서 볏짚곤포사일리지와 오차드그라스짚과를 대조하여 TMR 형태로 젖소에 급여한 시험에서는, 유생산량, 유지방 및 무지고형분 함량에 관한 한 두 처리간에 유의적인 차이가 거의 없는 것($P>.05$)으로 나타났다으며, 기호성과 건물섭취량에 대한 설문조사 결과에서도 두 조사료간에 뚜렷한 차이 없이 대등한 것으로 조사되었다. 특히 시험이 진행되면서 젖소의 체중실지수(body condition score, BCS)가 적절히 유지되었음을 감안할 때, TMR 제조시 첨가량이나 첨가방법 등 적절한 제조방법만 연구 개발되어 이용한다면 요즈음 볏짚보다 양축농가의 선호도가 높은 수입화본과 짚류를 충분히 대체할 수 있는 가능성이 있다고 판단되어, 생볏짚의 발효방법은 부존 조사료자원인 볏짚의 활용도를 높이는 잠재력이 높은 가공방법이라고 판단된다.

5. 소형사일로 사일리지 제조시험

소형사일로를 이용한 사일리지 제조시험은 사일리지 제조를 실험수준에서 반복수를 늘리고 가급적 외부 영향요인을 줄이면서 표준화된 발효조건을 적용

함으로써, 현장시험에서 완전히 확인되지 못한 각종 첨가물의 종류와 수준별 응용효과를 좀 더 세부적으로 추적 관찰함으로써 보다 신빙성 있는 결과를 얻을 수 있다는 장점을 지닌다..

제조된 벃짚사일리지의 pH는 실험 1과 실험 2에서 모두 무첨가구에 비해 M, M+I, M+U 첨가구에서 유의적으로 감소하였는데($P<.05$), 특히 M+I 첨가구가 다른 첨가구들에 비해 유의적으로 낮게 나타난 반면에($P<.05$), 실험 2에서는 첨가구간에 차이가 없는 것으로 나타났다. 젖산농도에서도 실험 1과 2에서 모두 대조구에 비해서는 M, M+I 및 M+U 등을 첨가한 구에서 유의적으로 증가하였으나($P<.05$), 첨가물들간의 차이는 보이지 않았다.

한편, 실험용 소형사일로에 제조된 사일리지의 영양성분을 살펴보면, 실험 1에서는 M 첨가구와 M+U 첨가구에서 DM 및 CP 함량이 각각 유의적으로 증가하였으며($P<.05$), 실험 2의 경우에는 M 첨가구와 M+I 첨가구에서 DM과 OM이 유의적으로 증가하고 CF, NDF 및 ADF 함량은 유의적으로 감소하였다($P<.05$). 이는 곧 첨가물 중 당밀과 요소만으로도 품질이 우수한 사일리지 제품을 만들 수 있음을 암시하는 것이다. 이 두 가지의 첨가물에 유산균제(이노큐란트)를 추가적으로 첨가하는 것은 분명히 발효효율을 향상시키는 효과를 가져다 주겠지만, 경제성을 고려할 때 투자비용이 보상될 수 있을지에 대해서는 좀 더 반복적인 현장연구가 필요할 것으로 사료된다.

소화율 검정결과에서도 대조구와 처리구간에는 유의적인 차이가 나타났지만, 처리구 M, M+I, M+U 간에 DMD, OMD의 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 따라서 첨가물로는 당밀+요소 용액만으로도 발효효과를 최대화 할 수 있을 것으로 사료된다.

제 3 장 야초 원형곤포사일리지

제 1 절 서 설

현재 전체 축산분야에서 해결해야 할 가장 취약하면서도 중요한 부분 중에 하나가 사료 및 이들 사료원료의 값싸고 안정된 공급이라 하겠다. 가축의 사육두수가 증가하고 경영형태가 변천하면서 사료의 중요성은 더욱 강조되어 왔으며, 이러한 양적인 팽창 가운데 사료원료인 곡물의 수입의존도는 나날이 증가되어 매년 원료사료 수입에 막대한 예산을 지출하고 있는 실정이다. 이러한 추세는 자급사료기반이 획기적으로 확충되지 않는 한 앞으로도 계속될 것으로 예측되며, 부족되는 사료곡물의 도입이 불가피하기 때문에, 앞으로 도입 사료 의존도를 줄이고 가격을 안정시키는 일이 무엇보다도 중요한 과제라 하겠다. 따라서 도입사료의 의존도를 줄이기 위해서는 국내 부존자원의 적극 활용 및 효율적인 이용방법 등을 개발하여 수입 대체효과를 극대화시키도록 유도할 필요가 있다.

이러한 점에서 특별히 낙농분야의 경우 내재되어 있는 가장 큰 이점은 사람이 직접 식량으로 이용할 수 없는 각종 부산물을 사료원료로 이용할 수 있다는 점이며, 각종 유기성 폐기물 등을 젖소에 급여하여 값비싼 고급성 단백질 식품-우유, 치즈, 버터 등-을 간접적으로 얻어 낼 수 있다는 것이다. 하지만 낙농산업의 취약점 중에 하나가 필요한 조사료를 제대로 수급하지 못해 막대한 양의 건초나 사료적 가치가 상대적으로 낮은 짚류를 외국으로부터 수입을 하고 있는 실정이며 값비싼 외화를 지불하면서도 현지 기상이변 등의 예기치 않는 상황은 그나마 필요한 양을 제대로 공급받지 못하고 있는 형편이고 사료자원의 대외의존도가 점점 높아지고 있다.

그러므로 국내 생산 가능한 조사료원의 적극 개발은 중요하다고 볼 수 있으며, 볏짚과 함께 그 동안 관심을 가지지 않았던 강하구언에 자생하는 막대한 양의 야초류도 적절한 사료자원으로써의 이용방법이 개발되면 국내 조사료 수급에 상당한 기여를 할 수 있으리라 사료된다. 특별히 야초의 경우 무비료, 무농약 처리형태로 이용할 수 있어 무공해 조사료원으로 가축에 급여할 수 있는 이점이 있고, 실제로 이러한 야초를 급여한 젖소에서 생산되는 원유를 이용한 기능성 우유가 이미 생산되고 있기도 하다.

따라서 본 시험에서는 이러한 국내에서 자생하는 야초류의 저장성을 높이고 영양적 가치를 높이거나 최대한 유지할 수 있도록 하는 방안으로 곤포사일리지 제조방법을 이용하여 사료화 가능성 여부와 제조방법 등을 개발하는데 그 목적이 있다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 곤포사일리지 제조

야초에 대해 네 차례에 걸쳐 곤포사일리지 제조시험을 수행하였다. 본 시험 대상지는 경기도 파주시 장단면 민통선 지역 내에 위치한 약 80만평의 자연 야초지 일대로, 갈풀(*Phalaris arundinacea*)이라고 하는 초종이 초생의 95% 이상을 차지하고 있는데, 이 야초는 재생력이 매우 강해 5월말부터 1번 초를, 그리고 첫서리가 내리기 전까지 2번초를 예취할 수 있으며, 사질토가 대부분이면서도 강 하구로 흐르는 물이 식물에 양분을 풍부하게 공급해 주는 천혜(天惠)의 자연 초지이다.

표 25. 야초 원형곤포사일리지 제조시험의 경과

시험	일 시	시료채취일	제조개수	사용 첨가물
I	1997. 7.17.	1997. 9. 23.	12	Silage inoculant(유산균제) Sodium metabisulfite Formic acid(개미산)
II	1998. 6.18.	1998. 9. 20.	15	Silage inoculant Sodium metabisulfite
III	1998. 6.24.	1998. 9. 20.	30	Silage inoculant Sodium metabisulfite
IV	1998.10.19.	1999. 2. 9.	20	Silage inoculant A Silage inoculant B Sodium metabisulfite

곤포사일리지 제조시험에 있어 우선 각종 첨가물의 첨가여부에 따른 효과와 예취후 곤포작업 전까지 예건시간 등에 중점을 두어 시험을 수행하였고, 일반적인 사항은 위의 표 3-1에 나타내었으며 구체적인 내용은 각 시험별로 분류하였는데 다음과 같다.

시 험 I

1) 처리구 및 처리별 제조개수 : 무처리구 및 첨가물 처리별 각 3개

2) 첨가물 종류 및 처리량

① Formic acid

품 명 : Foraform (개미산)

사일리지 제조시 첨가량 : 2.5~5 l/재료(ton)

② Silage Inoculant

품 명 : KEM LAC (캠락)⁴⁾

③ Sodium metabisulfite

상품명 : Silo Guard II (사일로가드 II)

사일리지 제조시 첨가량 : 1kg/재료(ton)

- 3) 예건 형태 : 사일리지 제조 당일 예취후 약 5시간 경과분 (1번초)
- 4) 기타 사항 : 예취작업은 당일 오전 9:00부터 11:00까지 수행하였고 일정 비율로 회석 처리된 첨가물을 분무기나 살포기 등을 이용하여 재료에 골고루 뿌려주었으며 오후 2:30부터 7:00까지 곤포(baling)작업 및 곤포(wrapping)작업을 수행하였다. 한편 당시 멸강충으로 인해 대부분의 잎이 소실되는 피해를 입었으며, 곤포작업 중 비닐랩(wrap film)의 부족으로 일부 무처리구(No. 2, 3) 및 유산균제 처리구(No.2, 3)는 그 다음날(1997. 7. 17.) 곤포작업을 수행하였다.

시 험 II

- 1) 처리구 및 처리별 제조개수 : 무처리구 및 첨가물 처리별 각 5개
- 2) 첨가물 종류 및 처리량

① Silage Inoculant

품 명 : Gold Label

- 4) ◇ 사용방법 ① 깨끗한 용기의 4ℓ의 깨끗하고 미지근한 물에 진공팩 1봉지(125g)를 완전히 섞는다.
② 최종용량이 25ℓ가 되도록 물을 첨가한다.
※ 1. 사용 2~3시간 전에 미리 준비
2. 전날 사용하고 남은 용액은 당일날 혼합하는 용액에 첨가
3. 주의 : 오염된 용기나 물을 사용하면 미생물이 죽을 수 있음.
- ◇ 처리량 ① 연맥·호맥 : 1.5ℓ /사일리지 재료(ton)
② 목초 : 1ℓ /사일리지 재료(ton)

사용량 : 2.5g을 냉수에 녹여 500kg bale에 처리

② Sodium metabisulfite

3) 예건형태 : 사일리지 제조 전날 오후 예취분 (1번초)

4) 기타사항 : 제조당일 날씨는 흐리고 약간의 비가 내렸으며 기온은 30℃, 습도는 50% 정도였다. 오전 08:00부터 10:30까지 곤포작업 및 곤포작업을 수 행하였다.

시 험Ⅲ

1) 처리구 및 처리별 제조개수 : 무처리구, 첨가물 처리 및 예건시간별 5개

2) 첨가물 종류 및 처리량 : 시험Ⅱ와 동일

3) 예건형태 : ① 사일리지 제조 당일 예취직후분

② 사일리지 제조 당일 예취후 3시간 경과분

4) 기타사항 : 날씨는 맑았고 기온은 38℃, 습도는 39% 정도였으며, 사일리지 제조 당일 예취직후분에 대해서는 오전 08:00부터 10:30까지 곤포작업 및 곤포작업을 수행하였고, 당일 예취후 3시간 경과분은 오전 9:00부터 11:00까지 예취한 후 오후 1:45부터 3:15까지 곤포작업을 수행하였다.

시 험Ⅳ

1) 처리구 및 처리별 제조개수 : 무처리구 및 첨가물 처리별 5개

2) 첨가물 종류 및 처리량

① Silage Inoculant (품명 : Gold Label)

② H/MF Inoculant⁵⁾

⁵⁾ ◇ 사용방법 ① 깨끗한 용기의 28.5ℓ 물에 Inoculant 1봉지(283g)를 녹인다.
② 희석된 Inoculant용액을 곧바로 첨가할 수도 있고 때때로 흔들어서 24시간동안 실온에서 활성화되도록 방치가 가능하다.
※ 이 용액은 실온에서 72시간동안 지효성을 가진다.
◇ 처 리 량 ① Forage (50~70% moist.) - 1quart (1.14ℓ)/ton
② 희석후 곧바로 첨가할 경우 - 2quart (2.28ℓ)/ton

③ Sodium metabisulfite

3) 예건형태 : 사일리지 제조 당일 예취직후분

4) 기타사항 : 시험당일 날씨는 맑았고 기온은 7.5℃로 다소 낮았으며 바람이 많이 불었다. 늦가을 2번초임을 감안하여 예취 즉시 곤포 및 곤포작업을 수행하려 하였으며, 오후 2:00부터 6:00까지 시험을 수행하였다.

전반적으로 한 개의 곤포작업시 소요되는 시간은 평균 3분 정도였으며, 곤포작업시 사용된 비닐의 규격은 750mm×1500m×25μm이고 색깔은 주로 흰색 또는 그린(green)이 사용되었고, 완성된 원형 곤포사일리지의 크기는 Ø100cm×폭 100cm이었으며, 무게는 약 400~500kg 정도였다.

2. 곤포사일리지의 일반영양소 함량 및 발효특성

야초 곤포사일리지에 대한 시료채취, 일반영양성분분석 및 발효특성조사는 벗짚 곤포사일리지와 동일한 방법으로 수행되었다. 곤포사일리지 제조 후 일정기간이 경과된 시료를 채취하였으며, 채취된 시료는 폴리에틸렌 비닐용기에 넣어 밀봉한 후 아이스박스를 이용해 실험실로 운반 즉시 건물함량을 측정하였다. 일부 시료는 pH를 측정하고, lactic acid 및 총유기산 분석을 위해 냉동보관하였다. 건조된 시료는 disk mill을 사용하여 2mm screen으로 분쇄한 다음 일반영양성분분석의 경우 AOAC법(1990)에 의거 건물(DM), 조단백질(CP), 조회분(Ash), 조지방(EE)을, Goering과 Van Soest(1970) 방법을 이용하여 NDF(Neutral detergent fiber)와 ADF(Acid detergent fiber)를 분석하였다.

한편 냉동 보관되었던 사일리지 추출액을 원심분리기로 원심분리시켜 젖산

(L-lactic acid) 및 총유기산(total organic acid, TOA)을 분석하였는데, 분석 방법은 젖산의 경우 테스트 키트를, 총유기산의 경우 시료를 전처리하여 가스 크로마토그래피(Gas chromatography)를 이용하였다.

3. 젖소에 대한 야초 곤포사일리지 급여시험

제조된 야초 곤포사일리지의 사료적 가치를 조사하기 위해 젖소에 대한 급여시험을 실시하였는데, 산차 및 비유일수가 비슷한 착유우 40두를 공시축으로 하고, 야초사일리지 및 옥수수사일리지를 공시사료로 하여 2개 처리 CROSS-OVER design으로 배치하였다. 공시한 두 가지 사일리지의 pH 및 영양성분함량은 표 26에서와 같다.

표 26. 야초 및 옥수수사일리지의 pH 및 일반영양소 함량

- 건물기준 -

사 료 명	pH	건물(%)	조단백질(%)	NDF(%)	ADF(%)	NFC(%) ¹⁾	TDN(%) ²⁾
야초사일리지	5.53	50.91	5.11	77.10	48.04	9.18	50.95
옥수수사일리지	3.20	23.53	6.92	64.16	33.62	16.55	64.31

¹⁾ 비섬유성탄수화물(Non-fibrous carbohydrate)

²⁾ 가소화영양소총량(Total digestible nutrient)

① 야초사일리지 TDN(%) = 88.9 - (0.79 × %ADF)

② 옥수수사일리지 TDN(%) = 87.84 - (0.70 × %ADF)

시험방법은 우선 수분함량을 고려하여 야초사일리지는 두당 하루 10kg, 옥수수사일리지는 15kg을 기본 조사료원으로 하고, 두당 하루 배합사료 12kg, 먼실 0.7~0.8kg, 맥주박 8.3kg을 급여하였으며 볏짚을 자유채식토록 하여 젖

소 산유능력별 건물섭취량을 맞추었다. 시험기간은 총 91일('99.3.1.~5.31.)이었는데, 먼저 1차시험에서는 9일간 예비사양기간을 두고 3월 10일부터 4월 19일까지(41일간) 본시험에 들어갔으며, 약 이틀간의 휴식기를 가진 후 4월 21일부터 5월 31일까지(41일간) 2차 본시험을 수행하였다.

본 시험기간 동안 유생산량 조사는 매일 실시하였으며, 우유시료는 주1회 채취하여 유성분에 대한 분석을 의뢰하였다.

제 3 절 결 과

1. 야초 원형곤포사일리지 제조 경과

본 시험 대상지는 경기도 파주시 장단면 민통선 지역내 약 80만평의 자연야초지 일대로 갈풀(*Phalaris arundinacea*)이라고 하는 초종이 주(主)를 이루었으며, 현지에서는 실제 갈풀의 재생력이 강해 5월말부터 1번초를 예취하고 그 후 풀이 재생되어 첫서리가 내리기 전까지 2번초까지 이용이 가능한 지역이었다. 곤포사일리지 제조시 기계작업은 대상지가 사질토였기 때문에 어려움은 없었으며, 비교적 용이한 상태에서 기계작업이 이루어져 시험을 수행할 수 있었다. 다만 이 지역은 강 하류인 관계로 기상이변으로 인한 폭우시에는 야초지가 물에 잠기는 지역이기도 하며, 또 군 부대의 허가 및 현지 민간인과의 협조를 받아 출입과 작업이 가능한 곳이다.

2. 곤포사일리지 일반영양소 함량 및 발효특성

시 험 I

표 27. 원료야초의 건물(DM), 조단백질(CP), NDF, ADF 및 비섬유성탄수화물(NFC) 함량

- 건물기준 -

건 물(%)	조단백질(%)	NDF(%)	ADF(%)	NFC(%)
30.00±0.516	6.80±0.101	81.09±0.650	53.69±0.280	2.42

○ 제조일 : 1997. 7. 17.(예취후 5시간 경과분) ○ 시료채취일 : 1997. 9. 23.

표 28. 야초 곤포사일리지의 건물(DM), 조단백질(CP), NDF, ADF 및 비섬유성탄수화물(NFC) 함량

- 건물기준 -

처 리 구	건 물(%) ¹⁾	조단백질(%) ¹⁾	NDF(%) ¹⁾	ADF(%) ¹⁾	NFC(%) ¹⁾
무처리구	32.27±1.601 ^a	5.98±0.142 ^b	81.73±0.384 ^a	51.97±0.272 ^a	2.46±0.232 ^b
유산균제	32.40±0.288 ^a	5.92±0.149 ^b	80.19±0.317 ^b	51.77±0.111 ^a	3.99±0.170 ^a
Sodium metabisulfite	31.81±0.359 ^a	6.56±0.185 ^a	80.17±0.486 ^b	51.11±0.257 ^b	3.85±0.333 ^a
개미산	33.42±0.364 ^a	6.82±0.124 ^a	80.53±0.308 ^b	50.88±0.168 ^b	3.14±0.229 ^{ab}

○ 제조일 : 1997. 7. 17.(예취후 5시간 경과분) ○ 시료채취일 : 1997. 9. 23.

¹⁾ Means with the same letter are not significantly different (p>.05).

원료 야초의 수분함량은 70% 정도로 사일리지를 제조하는 조건에 적당하였지만, 곤포사일리지 제조 당시 멸강충으로 인하여 대부분의 잎이 소실되는 피해를 입은 상태이므로 신선한 상태의 원료임에도 불구하고 일반 영양소의 함량 - 조단백질(6.80%), 비섬유성탄수화물(2.19%) - 은 다소 낮은 반면에, NDF(81.09%)와 ADF(53.69%) 등 섬유질 성분의 함량이 상대적으로 높은 것으로 나타났다(표 27).

곤포사일리지 제조후 일정기간이 지난 다음 시료를 채취하여 일반성분분석

을 수행한 결과는 표 28에 제시된 것과 같다., 먼저 건물(DM)의 함량은 각 처리구별 차이가 없었으며 조단백질(CP), NDF 및 ADF 함량에서도 처리구 큰 차이를 보이지 않았지만 무처리구나 유산균제 처리구보다 Sodium metabisulfite 처리구와 개미산(formic acid) 처리구에서 다소 영양성분이 개선된 것으로 나타났고, 또한 비섬유성탄수화물(NFC) 함량의 경우 첨가물의 처리가 무처리구보다 유의성 있게 높은 것으로 나타나($p < .05$) 야초에 대한 이들 첨가물의 처리가 사일리지의 품질에 어느 정도 긍정적인 효과를 주는 것으로 생각된다.

표 29에서 보면, 앞서 언급하였듯이 pH의 경우 원형곤포 제조작업 직후에 랩포장 작업이 가능했던 처리구들은 유산균제 처리구 I 에서 5.03, Sodium metabisulfite 처리구에서는 처리평균이 5.59, 개미산 처리구에서는 처리평균이 5.26으로 나타나 안정된 발효의 진행정도를 판단할 수 있었고, 심지어 무처리구 I 에서도 pH가 5.63으로 젖산발효가 어느 정도 진행되는 것으로 나타나 첨가물을 사용하지 않을 시 발효의 정도가 극히 미약했던 볏짚과는 다소 차이를 보였다. 반면에 곤포(wrapping)작업이 지연되었던 무처리구(ii,iii)와 유산균제 처리구(ii,iii)에서는 pH가 6.55 ~ 6.68 정도를 보여 발효가 거의 진행되지 않은 것으로 나타났고, 심지어 같은 처리구 내에 반복간에도 이들 영향에 따라 유의성이 있는 차이를 보였다. 젖산 및 총유기산(TOA)의 농도 분석 결과, Sodium metabisulfite 처리구에서의 처리평균이 15.03mmol로 다른 처리구에 비해 유의성 있는 높은 수치를 보인 반면, 개미산 처리구의 경우 거의 유기산이 생성되지 않은 것으로 나타났다.

표 29. 야초 곤포사일리지의 pH, 젖산(L-lactate) 및 총유기산(TOA*) 농도

처 리 구	반복	pH		총 유 기 산(mmol)			
				젖산	C ₂ ~C ₄	합 계	처리평균
무처리구	i	5.63±0.055	-	1.4	3.9	5.3	-
	ii	6.61±0.070		0.2	3.5	3.7	
	iii	6.55±0.135		0.3	3.7	4.0	
유산균제	i	5.03±0.015	-	3.6	3.8	7.4	-
	ii	6.56±0.045		1.1	3.2	4.3	
	iii	6.68±0.180		0.4	2.5	2.9	
Sodium metabisulfite	i	5.60±0.035	5.59±0.028	0.5	19.2	19.7	15.03±2.379
	ii	5.67±0.015		0.8	12.7	13.5	
	iii	5.52±0.010		2.1	9.8	11.9	
개미산	i	4.92±0.035	5.26±0.153	0.2	0.5	0.7	0.77±0.233
	ii	5.15±0.135		0.4	0.0	0.4	
	iii	5.71±0.005		0.0	1.2	1.2	

※ 1) * Total organic acid

2) 무처리구 ii,iii 및 유산균제 처리구 ii,iii는 곤포(wrapping)작업이 지연됨.

시 험II

표 30. 원료 야초의 건물(DM), 조단백질(CP), NDF 및 ADF 함량

- 건물기준 -

건 물(%)	조단백질(%)	NDF(%)	ADF(%)
46.15±1.49	8.02±0.11	70.70±0.31	43.16±0.20

○ 제조일 : 1998. 6. 18.(전날 오후 예취분) ○ 시료채취일 : 1998. 9. 20.

곤포사일리지 제조 전날 예취된 원료야초의 건물함량은 46.15%로 지난해의 30.00%보다 높아 상대적으로 낮은 수분함량을 보였고, 조단백질(8.02%) 함량은 다소 개선되었으며 NDF(70.70%) 및 ADF(43.16%) 함량은 지난해보다 낮

아 10% 차이를 보였는데, 엽부의 멸강충 피해를 암시하고 있다(표 30).

표 31. 야초 곤포사일리지의 건물(DM), 조단백질(CP), NDF 및 ADF 함량

- 건물기준 -

처리구	건 물(%) ¹⁾	조단백질(%) ¹⁾	NDF(%) ¹⁾	ADF(%) ¹⁾
무처리구	47.62±0.45 ^b	8.66±0.25 ^a	72.18±0.33 ^b	41.09±0.32 ^c
유산균제	49.01±0.25 ^a	7.52±0.22 ^b	72.99±0.27 ^a	41.97±0.56 ^b
SMBS ²⁾	46.55±0.26 ^b	7.29±0.09 ^b	72.48±0.12 ^{ab}	43.08±0.36 ^a

¹⁾ Means with the same letter are not significantly different (p>.05).

²⁾ SMBS: sodium metabisulfite

야초 곤포사일리지의 평균 건물함량은 46.55~49.01%로 유산균제 처리구가 다른 처리구에 비해 유의성 있게 높은 것으로 나타났으며(P<.05), 조단백질, NDF 및 ADF 함량은 처리간 큰 차이를 보이지는 않았다(표 31).

야초 곤포사일리지의 pH를 살펴보면 유산균제와 무처리구가 각각 4.72, 4.97로 유의성 있는 가장 낮은 수치를 보였고(p<.05), sodium metabisulfite 처리구는 5.30으로 가장 높게 나타났으며, 젖산의 농도에서도 이와 비슷한 경향을 나타내었다(표 32).

표 32. 야초 곤포사일리지의 pH 및 젖산(L-lactate) 농도

처리구	pH ¹⁾	젖 산(%) ¹⁾
무처리구	4.97±0.02 ^b	0.16±0.02 ^a
유산균제	4.72±0.07 ^b	0.17±0.03 ^a
SMBS ²⁾	5.30±0.14 ^a	0.13±0.03 ^a

¹⁾ Means with the same letter are not significantly different (p>.05).

²⁾ SMBS: sodium metabisulfite

시 험 Ⅲ

예취 후 경과 시간에 따라 원료시료의 건물함량에 다소 차이를 보여 예취 직후 제조분의 건물함량이 34.88%였고, 예취 3시간 경과 후 제조분은 39.18%이었으며, 조단백질, NDF 및 ADF 함량은 각각 7.45%, 71.57%, 39.46%를 나타내었다(표 33).

표 33. 원료야초의 건물(DM), 조단백질(CP), NDF 및 ADF 함량

- 건물기준 -			
건물(%)	조단백질(%)	NDF(%)	ADF(%)
34.88±0.58 (예취직후분)	7.45±0.02	71.57±1.57	39.46±0.18
39.18±1.14 (예취후 3시간 경과분)			

○ 제조일 : 1998. 6. 24. ○ 시료채취일 : 1998. 9. 20.

곤포사일리지를 제조한 후 일정기간이 경과하여 곤포사일리지 시료를 채취하여 영양성분을 분석한 결과, 예취직후 제조분에 대해서는 건물함량이 30.91~33.10%로 원료야초에 비해 다소 감소하는 경향을 보였으며, 조단백질은 7.01~7.46%, NDF는 72.31~72.77%, 그리고 ADF는 41.41~42.89%의 함량을 보임으로 대부분 영양적인 면에서는 각 처리간 큰 차이가 없는 것으로 나타났다(표 34).

표 34. 야초 곤포사일리지의 건물(DM), 조단백질(CP), NDF 및 ADF 함량

▶ 예취 직후 제조

- 건물기준 -

처리구	건물(%) ¹⁾	조단백질(%) ¹⁾	NDF(%) ¹⁾	ADF(%) ¹⁾
무처리구	32.54±0.12 ^b	7.01±0.19 ^a	72.50±0.12 ^a	42.89±0.23 ^a
유산균제	33.10±0.19 ^a	7.46±0.18 ^a	72.31±0.36 ^a	41.41±0.17 ^b
SMBS ²⁾	30.91±0.15 ^c	7.16±0.20 ^a	72.77±0.29 ^a	42.73±0.38 ^a

¹⁾ Means with the same letter are not significantly different (p>.05).

²⁾ SMBS: sodium metabisulfite

▶ 예취 3시간 경과후 제조

- 건물기준 -

처리구	건물(%) ¹⁾	조단백질(%) ¹⁾	NDF(%) ¹⁾	ADF(%) ¹⁾
무처리구	44.38±0.28 ^b	6.83±0.13 ^a	73.45±0.19 ^a	42.38±0.27 ^b
유산균제	44.39±0.26 ^b	6.19±0.19 ^b	73.73±0.20 ^a	43.58±0.42 ^a
SMBS ²⁾	46.15±0.24 ^a	6.67±0.15 ^{ab}	72.69±0.26 ^b	42.40±0.34 ^{ab}

¹⁾ Means with the same letter are not significantly different (p>.05).

²⁾ SMBS: sodium metabisulfite

한편 예취 후 3시간 정도가 경과한 시료의 경우에는 건물함량이 44.39~46.15%로 원료 야초보다 다소 증가하는 경향을 보였으며, 조단백질 6.19~6.83%, NDF 72.69~73.73% 및 ADF 42.38~43.58%의 함량을 보여 원료시료나 예취직후 제조분보다 다소 영양적인 성분이 떨어지는 것으로 나타났다(표 35).

그리고 pH는 예취 직후 제조분에서는 유산균제 처리구(pH 4.44)에서 유의적으로 낮은 것으로 나타났지만(p<.05) 다른 처리구와 비슷한 수치를 보였다. 젖산의 농도 또한 0.26%로 다른 처리구에 비해 유산균제 처리구에서 다소 높게 나타났으나 유의적인 차이는 인정되지 않았다.

표 35. 야초 곤포사일리지의 pH 및 젖산(L-lactate) 농도

▶ 예취 직후 제조

처리구	pH ¹⁾	젖 산(%) ¹⁾
무처리구	4.68±0.07 ^a	0.15±0.03 ^a
유산균제	4.44±0.05 ^b	0.26±0.04 ^a
SMBS ²⁾	4.78±0.08 ^a	0.16±0.03 ^a

¹⁾ Means with the same letter are not significantly different (p>.05).

²⁾ SMBS: sodium metabisulfite

▶ 예취 3시간 경과후 제조

처리구	pH ¹⁾	젖 산(%) ¹⁾
무처리구	5.73±0.05 ^a	0.03±0.01 ^b
유산균제	4.83±0.10 ^c	0.19±0.05 ^a
SMBS [*]	5.41±0.07 ^b	0.15±0.03 ^{ab}

¹⁾ Means with the same letter are not significantly different (p>.05).

²⁾ SMBS: sodium metabisulfite

한편, 예취 3시간 경과후 제조분에서는 유산균제 처리구가 pH 4.83으로 다른 처리구에 비해 유의적으로 낮았으며(p<.05), 젖산 농도 또한 0.19%로 높게 나타났는데 무처리구와는 유의적으로(p<.05) 높은 농도를 나타내었다(표 35).

시 험 IV

표 36. 원료야초의 건물(DM), 조단백질(CP), NDF 및 ADF 함량

- 건물기준 -

건 물(%)	조단백질(%)	NDF(%)	ADF(%)
46.64±0.28	5.05±0.02	78.01±0.20	48.17±0.33

○ 제조일 : 1998. 10. 19.(예취직후 제조분) ○ 시료채취일 : 1999. 2. 9.

표 36에서 보는 바와 같이, 예취 직후 곤포사일리지 제조작업에 들어갔음에도 불구하고 원료야초의 건물함량을 보면 46.64%로 시험 I 과 시험III의 건물함량(30.00%와 34.88%)보다 훨씬 높게 나타났으며, 조단백질은 5.05%로 낮은 반면 NDF와 ADF 함량은 각각 78.01%와 48.17%로 높게 나타나 수확시기가 경과되면서 야초의 사초(飼草)로서의 영양적 가치는 상당히 감소하는 것으로 나타났다.

그리고 야초 사일리지의 건물함량은 sodium metabisulfite에서 55.59%로 가장 높았으며 다른 처리구에서도 50.83~51.01%로 원료야초보다 전반적으로 높은 것으로 나타났다. 하지만 조단백질, NDF 및 ADF 함량은 각각 4.88~5.36%, 76.62~77.65% 및 47.10~48.95%로 일부 유의적인 차이도 보였지만 거의 비슷한 함량수준을 나타내었다.

한편, 2번초를 대상으로 한 사일리지 제조시 1번초에 사용한 첨가물 이외에 다른 유산균제를 추가로 사용하였는데, 1번초와 달리 첨가물의 사용여부에 따라 발효정도에 차이가 발생하였다. 먼저 pH의 경우 두 유산균제 처리구에서 유의적으로 낮은 수치를 보였으며(p<.05) 특히 유산균제 B의 첨가 효과가 큰 것으로 나타났다(표 37).

표 37. 야초 곤포사일리지의 건물(DM), 조단백질(CP), NDF 및 ADF 함량

- 건물기준 -

처리구	건 물(%) ¹⁾	조단백질(%) ¹⁾	NDF(%) ¹⁾	ADF(%) ¹⁾
무처리구	50.90±0.50 ^b	5.09±0.16 ^{ab}	77.65±0.14 ^a	48.07±0.34 ^{ab}
유산균제 A	51.01±0.36 ^b	5.36±0.19 ^a	76.62±0.21 ^b	47.10±0.16 ^b
유산균제 B	50.83±0.22 ^b	4.88±0.15 ^b	77.03±0.36 ^{ab}	48.95±0.32 ^a
SMBS ²⁾	55.59±0.61 ^a	4.93±0.09 ^b	77.19±0.47 ^{ab}	47.19±0.48 ^b

¹⁾ Means with the same letter are not significantly different (p>.05).

²⁾ SMBS: sodium metabisulfite

그리고 이들 처리구의 젖산 생성량도 다른 처리구에 비해 유의적으로 높았으며($p < .05$), Sodium metabisulfite 처리구에서는 발효의 진행정도가 약한 것으로 나타나 시용효과가 다소 떨어지는 것으로 나타났다. 무처리구의 경우 높은 pH와 낮은 젖산 농도를 고려해 볼 때 상대적으로 사료적 가치가 떨어지는 2번초에서는 양질의 사일리지 발효를 위해 어느 정도 첨가물의 사용이 요구되어지는 것으로 판단된다(표 38).

표 38. 야초 곤포사일리지의 pH 및 젖산(L-lactate) 농도

처리구	pH ¹⁾	젖 산(%) ¹⁾
무처리구	6.34 ± 0.04 ^a	0.10 ± 0.05 ^c
유산균제 A	5.49 ± 0.08 ^b	0.25 ± 0.03 ^b
유산균제 B	4.75 ± 0.03 ^c	0.46 ± 0.05 ^a
SMBS ²⁾	6.26 ± 0.04 ^a	0.05 ± 0.01 ^c

¹⁾ Means with the same letter are not significantly different ($p > .05$).

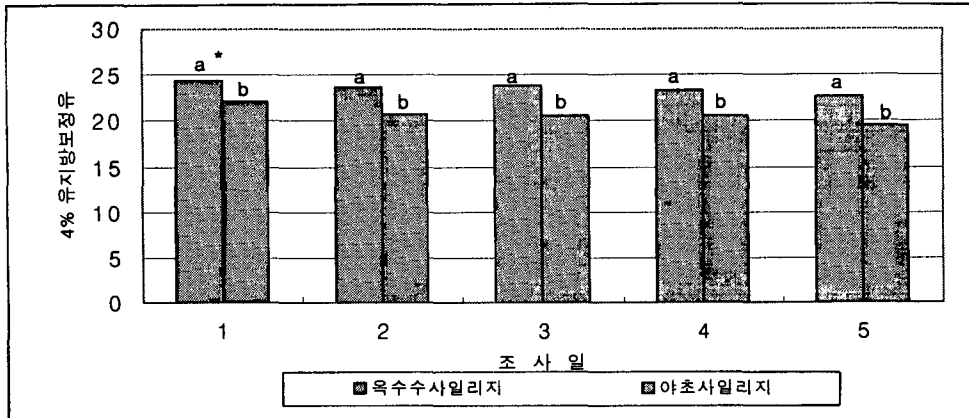
²⁾ SMBS: sodium metabisulfite

한편 젖산 및 총유기산의 농도를 분석 결과, Sodium metabisulfite 처리구에서의 처리평균이 15.03mmol로 다른 처리구에 비해 유의성 있는 높은 수치를 보인 반면, 개미산 처리구의 경우 거의 유기산이 생성되지 않은 것으로 나타났다.

3. 젖소에 대한 야초 곤포사일리지 급여시험

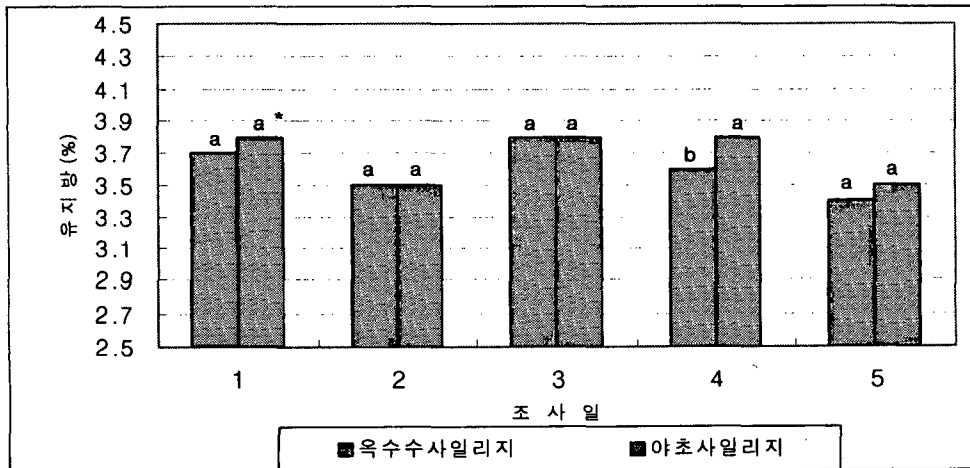
갈풀의 원형곤포사일리지와 트렌치 사일로에 제조된 옥수수사일리지의 착유우용 발효조사료로서의 사료가치 비교해 보고자 실시한 젖소사양시험에서 야초 사일리지는 4% 유지율정정유 생산량에 있어서 약 2~3 kg 더 낮은 성

적을 보였다(그림 5). 그러나 유지율 상으로는 두 우군 간에 유의차가 거의 나타나지 않았다(그림 6).



* Means with the same letter are not significantly different ($p>.05$).

그림 5. 산유량에 대한 옥수수사일리지와 야초사일리지 급여효과 비교



* Means with the same letter are not significantly different ($p>.05$).

그림 6. 유지율에 대한 옥수수사일리지와 야초사일리지의 급여효과 비교

제 4 절 고 찰

1. 야초 원형곤포사일리지 제조

민통선 지역 내에는 주로 갈풀(*Phalaris arundinacea*)로 우점(優點)된 약 80만평의 자연 야초지가 형성되어 있는데, 갈풀은 주로 포복경에 의해 영양번식을 하여 재생력이 강해 1년에 2회 예취 이용이 가능한 초종이다. 곤포사일리지 제조시 기계작업은 대상지가 사질토였기 때문에 생뿔짚을 대상으로 하는 작업에 비하여 수월하였으며, 비교적 용이한 상태에서 기계작업이 이루어져 시험을 수행할 수 있었다.

광활한 면적에 자생하는 야초를 제한된 이용시기 동안 최대한 예취 수거하여 조사료화 하기 위해서는 기계와 인력 장비의 동원이 매우 중요하다.

2. 곤포사일리지 일반영양소 함량 및 발효특성

원료야초의 수분함량은 수확시기 및 수확후 예건시간에 따라 커다란 차이를 보였는데, 1번초의 경우 수확 직후 65.12~70.00%를 나타냄으로써 사일리지 제조에 적당한 수분함량을 가지고 있었다. 또한 예취 후 시간이 경과함에 따라 원료시료의 건물함량에 차이를 가져와 예취 직후 제조한 사일리지보다 예취 후 시간이 경과한 사일리지에서 수분함량의 감소 경향이 뚜렷하였다.

1번초 (6월 예취)의 경우, 예취 후 경과 시간에 따라 원료시료의 건물함량에 다소 차이를 보여, 예취 직후 제조분의 건물함량이 34.88%이었고 예취 3시간 경과 후 제조분은 39.18%이었으며 제조 전날 예취분(예취후 약18시간 경과)은 46.15%로 다소 높아 상대적으로 수분함량이 낮아지는 경향을 보였다.

심지어 2번초의 경우에는 예취직후 곤포사일리지 제조작업에 들어갔음에도 불구하고 원료야초의 건물함량을 보면 46.64%로 시험 I 과 시험III의 건물함량 (30.00%와 34.88%)보다 훨씬 높게 나타났다.

따라서 양질의 사일리지를 만들기 위한 수분조건을 고려할 때 기후조건에 따라 약간의 차이는 있지만 예취 직후 또는 단시간 예건시킨 후 사일리지를 제조하며, 2번초(10월 예취)의 경우에는 원료시료의 건물함량이 46.64%로 높아 가능한 한 예취 직후 곧바로 사일리지를 제조하는 것이 바람직하다고 사료된다.

결론적으로 야초 곤포사일리지의 자체 수분함량은 원료시료의 수분함량에 거의 절대적인 영향을 받고 있고, 앞으로 양질의 사일리지 발효에 결정적인 요인으로 작용하기 때문에 가능한 한 최적의 수분 조건을 맞출 수 있도록 해야 할 것이며, 따라서 수확시기별 적당한 예건시간의 설정이 매우 중요하다고 볼 수 있다.

곤포사일리지 제조후 일정기간이 지난 다음 시료를 채취하여 일반성분분석을 수행한 결과, 먼저 건물(DM)의 함량은 각 처리구별 차이가 없었으며 조단백질(CP), NDF 및 ADF 함량에서도 전반적으로 처리간 큰 차이를 보이지 않았지만 시험 I 에서는 무처리구나 유산균제 처리구보다 Sodium metabisulfite 처리구와 개미산(formic acid) 처리구에서 다소 영양성분이 개선된 것으로 나타났다고, 또한 비섬유성탄수화물(NFC) 함량의 경우 첨가물의 처리가 무처리구보다 유의성 있게 높은 것으로 나타나($p < .05$) 일부 야초에 대한 이들 첨가물의 처리가 사일리지의 품질에 어느 정도 긍정적인 효과를 주는 것으로 생각된다.

한편 예취 후 시간의 경과가 조단백질, NDF 및 ADF에서 원료시료나 예취 직후 제조분보다 다소 영양적인 성분이 떨어지는 것으로 나타났다. 특히 2번

초의 경우 1번초에 비해 조단백질은 상대적으로 낮은 반면 NDF와 ADF 함량은 높게 나타나 수확시기가 경과되면서 야초의 사초(飼草)로서의 영양적 가치는 상당히 감소하는 것으로 나타났다.

사일리지 제조원리에 따르면, 재료의 충전, 답압과 함께 공기를 차단시켜 혐기적 조건을 이룬 후 유산균에 의한 발효를 통해 젖산이 생성되고 pH가 5.00이하로 저하되면서 유해균의 증식을 억제토록 하는 것이다. 또한 발효는 영양소의 손실을 최소화함과 동시에 적당한 발효산취로 인해 기호성 및 건물섭취량을 증대시키는 효과를 가져다 준다(Bolsen et al, 1996). 이러한 관점에서 사일리지 형태로 제조되는 야초의 pH 측정과 젖산 농도조사는 발효효율을 가늠하는 가장 기본적이면서 좋은 방법이 될 수 있는데, pH 측정 및 젖산의 농도를 조사한 결과, 상대적으로 수분함량이 많고 사료적 가치가 양호한 1번초의 경우 곤포작업 직후 곤포작업이 이루어진 처리구들은 유산균제 처리구, Sodium metabisulfite 처리구 및 개미산 처리구 등 모든 처리구에서 낮은 산도를 보여 안정된 발효의 진행정도를 판단할 수 있었고, 심지어 무처리구에서도 낮은 pH 수준을 보여 젖산발효가 어느 정도 진행되는 것으로 나타나 첨가물을 사용하지 않았을 시에는 발효의 정도가 극히 미약했던 벧짚과는 다소 차이를 보였다.

반면 시험 I 에서 곤포작업후 곤포작업이 지연되었던 무처리구(ii, iii)와 유산균제 처리구(ii, iii)에서는 pH가 6.55~6.68 정도로 높았고 젖산 생성량도 다른 처리구에 비해 낮은 것으로 나타나 발효가 거의 진행되지 않은 것으로 생각되며, 심지어 같은 처리구 내에 반복간에도 이들 영향에 따라 차이를 보였는데, 이는 공기에 노출되면서 내부에서 이미 상당부분 호기성 발효가 일어나 젖산 생성균의 증식을 억제한 것으로 사료된다. 따라서 곤포작업이후 가능한 빨리 곤포작업에 들어가는 것이 양질의 곤포사일리지 제조에 유리한 것으로

로 나타났다.

한편 2번초를 대상으로한 사일리지 제조시 1번초에 사용한 첨가물 이외에 다른 유산균제 A를 추가로 사용하였는데, 1번초와 달리 첨가물의 사용여부에 따라 발효정도에 차이가 발생하였다. 유산균제 A 및 B 처리구에서 공히 유의적으로 낮은 pH 값을 보였으며($p < .05$), 특히 유산균제 B의 첨가 효과가 큰 것으로 나타났고, 이들 처리구의 젖산 생성량도 다른 처리구에 비해 유의적으로 높은 것으로 나타났다($p < .05$).

Sodium metabisulfite의 첨가효과는 사일리지 제조후 내부에 남아 있는 산소(O_2)를 화학반응을 통해 고갈시켜 호기성 미생물의 증식을 사전에 막는다는 것인데, 화분과인 갈풀의 형태학적 성격상 줄기의 속이 비어 있어 사일리지 제조 후에도 재료내부에 상당한 량의 공기를 함유할 가능성이 높을 것을 감안할 때, 첨가물의 시용효과가 우수할 것으로 예상되었던 Sodium metabisulfite 처리구에서는 발효의 진행정도가 약한 것으로 나타났고 일부 시험에서도 Sodium metabisulfite의 시용효과가 다소 떨어지는 것으로 나타났다. Sodium metabisulfite는 또한 분말상태로 분사하여야 하므로 시용작업에도 어려움이 있다.

이는 첨가물의 물리적인 특성과 시용 방법 등을 고려해볼 때 기존의 사일로를 이용하여 사일리지를 제조하던 방법과 달리 곤포사일리지 재료에 남아 있는 것보다 유실되는 양이 많아 사일리지 발효에 결정적인 영향을 주지 못했던 것으로 사료되며 앞으로 효과적인 결과를 얻기 위해서는 전용 분무장치의 도입 등이 선결되어야 할 것으로 사료된다.

한편, 개미산 처리구의 경우 거의 유기산이 생성되지 않은 것으로 나타나 이들 첨가물의 처리가 pH의 급격한 하락으로 인해 유해미생물의 증식을 막아 사일리지의 저장성 등에는 효과적일지 모르지만 젖산발효와는 관계가 적은

것으로 판단되었다.

결국 1번초에서의 적당한 수분 및 영양소 함량에 따른 처리구에 상관없는 낮은 pH 및 젖산발효의 진행과 2번초에서의 무처리구의 경우 높은 pH와 낮은 젖산 농도 그리고 유산균 제재 첨가물의 시용효과 등을 고려해 볼 때, 상대적으로 야초 곤포사일리지 제조시 양질의 조사료자원을 얻기 위해서는 수분함량이 가장 중요한 요인이 될 수 있으며 우선 이를 고려한 적절한 예건시간 설정이 필요하고, 특별히 수분함량 및 사료적 가치가 떨어지는 2번초를 대상으로 사일리지를 제조할 때에는 양질의 사일리지 발효를 위해 어느 정도 첨가물의 시용이 필요하다고 본다.

3. 젖소에 대한 야초 곤포사일리지 급여시험

옥수수 사일리지에 대한 야초 곤포사일리지의 상대적인 가치를 평가하기 위하여 착유우에 대하여 급여시험을 실시한 결과, 그림 5에 나타낸 바와 같이, 산유량에 있어서 옥수수가일리지 급여구의 평균 산유량(4%FCM 기준)이 야초사일리지보다 유의적으로 높게 나타났다($p < .05$). 이는 옥수수가일리지의 에너지 및 단백질 함량이 야초사일리지보다 높아 동일한 건물섭취량의 조건 하에서는 야초사일리지보다 유생산에 필요한 영양소 요구량을 충족시키는데 다소 부족하였음을 암시해 주고 있으며, 실제로 두 공시사료의 TDN을 고려한 kg당 산유량면에서는 유의적인 차이가 없이 비슷한 생산량을 보이는 것으로 나타났다.

야초 사일리지는 향미(flavor)는 우수한 편이지만, 제조시 옥수수 사일리지와 절단하지 않은 채 곤포로 만들어진 탕으로 자유채식 시켰음에도 불구하고

줄기를 섭취하지 못한 채 남기는 부분이 시험기간 중에 더러 눈에 띄었으며, 배합사료를 동일한 수준으로 보충했던 관계로 무엇보다도 전체 섭취량이 적었던 데 기인하는 듯 하다. 그러나 조사료 섭취량이 적었음에도 불구하고 유지율상으로 둘 간의 차이에 유의성이 나타나지 않았는데(그림 6), 여기에는 개체우간의 유전적 차이나 비유일수 상의 차이가 작용하였을 것으로 추측된다.

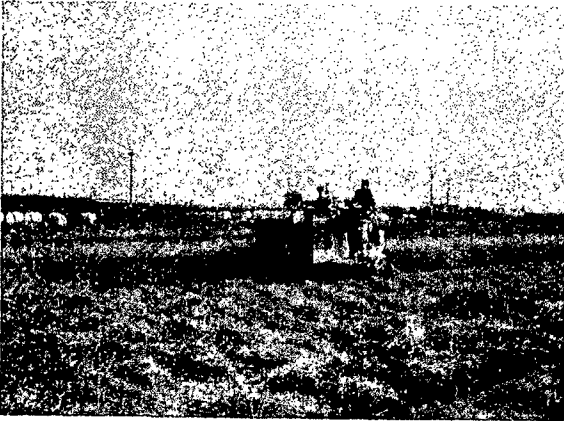
제 4 장 참고문헌

1. A.O.A.C. 1990. Official method of analysis(15th ed.), Association of Official Analytical Chemist. Washington D.C.
2. Bolsen, K.K., G. Ashbell, Z.G. Weinberg. 1996. Silage fermentation and silage additives. Review paper. Asian-Austral Asian J. Animal Sci. Vol. 9(5) : 483-493.
3. Butler, W.R. J.J. Calaman, and S.W. Beam. 1996. Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle. J. anim. Sci. 74: 858-865.
4. Enzman, J.W., R.D. Goodrich, and J.C. Meiske. 1969. Chemical composition and nutritive value of poplar bark. J. Anim. Sci. 29:653.
5. Ferguson, J.D., D.T. Galligan, T. Blanchard,, and M. Reeves. 1993. Serum urea nitrogen and conception rate. J. Dairy Sci. 76:3742-3746.
6. Krause, V., T.J. Klopfenstein, and W. Woods. 1968. Sodium hydroxide treatment of corn silage. J. Anim. Sci. 27: 1167.
7. Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications). Agric. Handbook 379, ARS, USDA, Washington, DC.
8. Goering, H.K, L.W. Smith, P.J. Van Soest, and C.H. Gorden. 1969. In vitro digestibility of barley straw ensiled with sodium chlorite. paper presented at the animal. Meeting Amer. Dairy Sci. Ass. P.141.
9. Henderson, N. 1993. Silage additives. Animal Feed Science and Technology 45:35-56.

10. Klopfenstein, T.J., V.E. Krause, M.J. Jones and W. Woods 1972. Chemical treatment of low quality roughages. *J. Animal Sci.* 35:418-422.
11. Noll, F. 1984. In *Methods of Enzymatic Analysis* (Bergmeyer, H. U., ed.) 3rd ed. Vol IV, pp.582-588, Verlag Chemie, Weinheim, Deerfield Beach/Florida, Basel.
12. NRC. 1989. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. National Research Council, National Academy Press. Washington, DC. 9th Ed..
13. Robertson, J.A., S.E. Beacom, and R. Shiels. 1971. Feeding value of poplar silage in rations for yearling steers. *Can. J. Anim. Sci.* 51:243.
14. Shultz, T. A. 1974. The effect of various additives on nutritive value of rye grass straw silage. Ph.D. Thesis, Oregon State Univ.
15. Sundstøl, F. and E. Owen. 1984. *Straw and other fibrous by-products as feed*. Elsevier. Amsterdam. Netherlands.
16. Sundstøl, F. and E. Owen. 1984. *Straw and other fibrous by-products as feed*. *Edvelop. in Anim. and Veterinary Sci.* 14.
17. Tilley, J.M.A., and R.A. Terrey. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Brit. Grassl. Soc.* 18:104-111.
18. 大森昭一郎, 川端麻夫. 1965. 第一胃内における 稲わらの 消化について. *日本畜試研報.* 48:107.
19. 坂田金正, 脇野久三郎. 1968. イナワラサイレジの調製と 利用に関する研究 畜産の研究. 22(10):1361.
20. 木部久衛. 1974. 稲ワラの 飼料的利用(I, II). *畜産の研究.* 28(1):51,57.
21. 菊池修二. 1970. 乳牛飼料としてのイナワラの開発と利用法. *畜産の研究.* 24(3):429.

22. 豊川好司, 高安一郎. 稻ワラの利用性 向上に關する研究. 弘大農報. 17:81.
23. 강태홍, 차영호, 배동호, 장윤환. 1981. 벧짚 사일리지 제조시험. 제 2보 농산부산물 첨가에 의한 싸이레지 제조시험. 한국축산학회지 23(2):97.
24. 김정인, 맹원재, 장문백. 1986. 암모니아 및 가성소다 처리벧짚 사료가치 향상비교. 한국축산학회지 28:86.
25. 배동호, 정근기. 1988. 벧짚 암모니아 처리시 암모니아원으로써 요소의 이용. 1. 요소의 수준, 벧짚의 수분함량 및 처리기간이 벧짚의 화학적조성 및 in vitro 소화율에 미치는 영향. 한국축산학회지 30(1):28.
26. 배무, 최희윤, 김춘수. 1975. 벧짚사료 개발에 관한 연구. KIST 연구보고서. BSE: 248-728-5.
27. 신기준, 이봉덕, 배동호, 차영호, 이근상, 김강식. 1989. 암모니아처리 벧짚의 반추가축에 대한 급여효과. 한국축산학회지 31(7):434.
28. 신정남. 1990. 곤포 사일리지의 개발에 관한 연구.
I. 건물함량 및 밀봉 방법이 소형 곤포 이탈리아라이그라스 사일리지의 사료가치에 미치는 영향. 한축지 32(7):386.
29. 장윤환, 김호식. 1963. 고구마 및 벧짚의 발효사료 제조시험. 한국축산학회지 5:17.
30. 탁태영, 송기덕, 강태홍, 1977. 벧짚 사일리지 제조에 있어서 당밀, 요소 첨가 시험. 축산시험장 연구보고서. p 247.
31. 최 일, 정태영, 맹원재. 1983. 알카리 처리가 저질 조사료의 발효율 및 발효속도에 미치는 영향. 한국축산학회지 25(3):161.

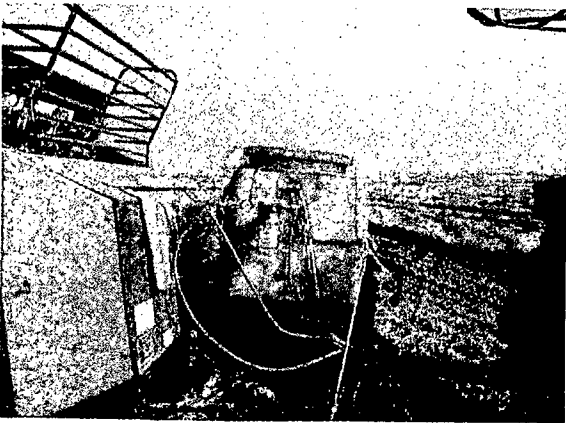
<생벚짚 곤포사일리지 제조과정>



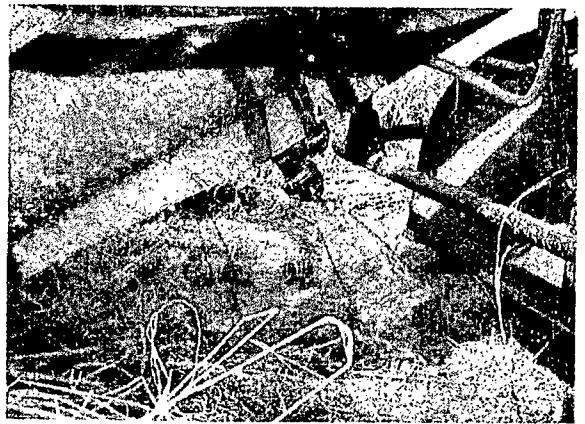
① 콤바인에 의한 비수확 작업



② 레이키를 이용한 생벚짚 집초작업



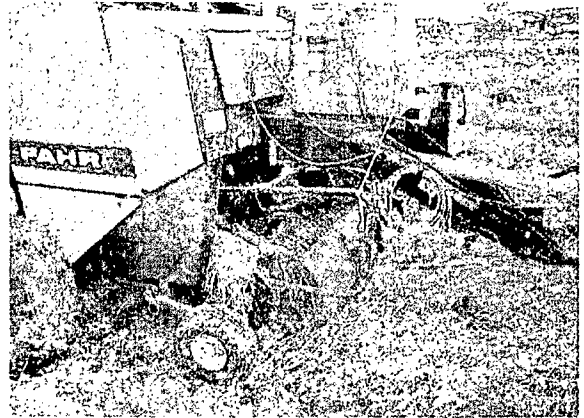
③ 첨가제 분무장치



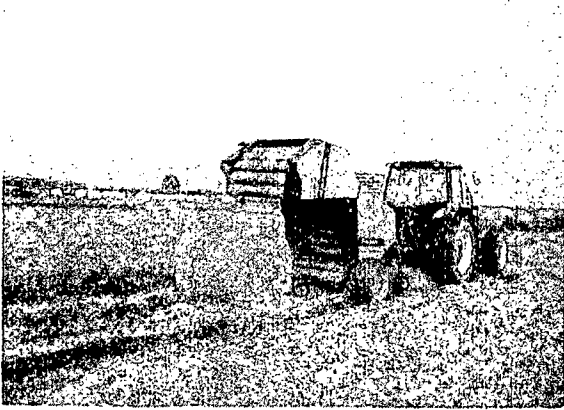
④ 노즐을 통한 첨가액 분사



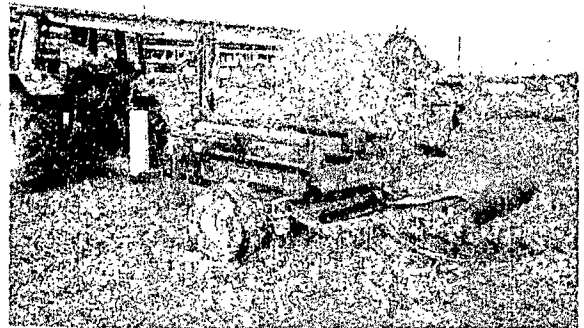
⑤ 베일러를 이용한 곤포작업



⑥ 첨가제 분무 및 벧짚 포집작업



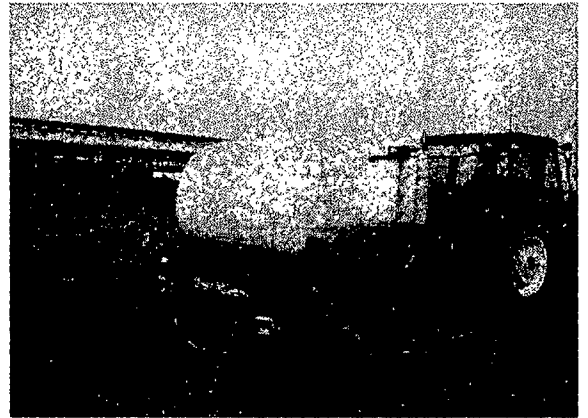
⑦ 제조된 생벧짚 원형곤포의 방출



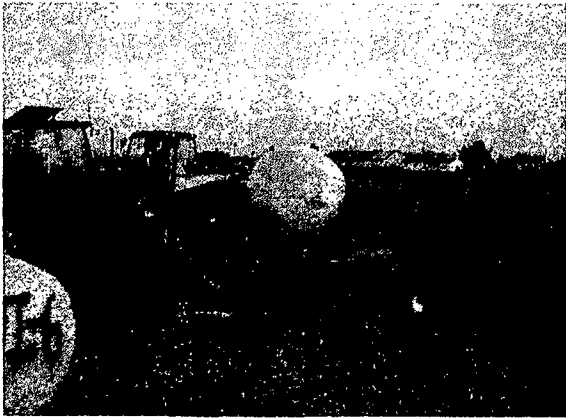
⑧ 곤포작업을 위한 원형베일 운반



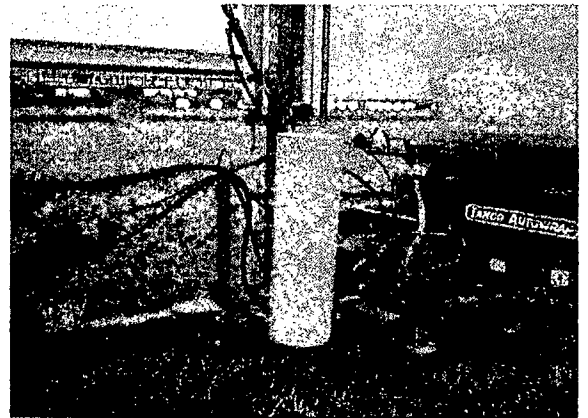
⑨ 랩 포장 작업 초기장면



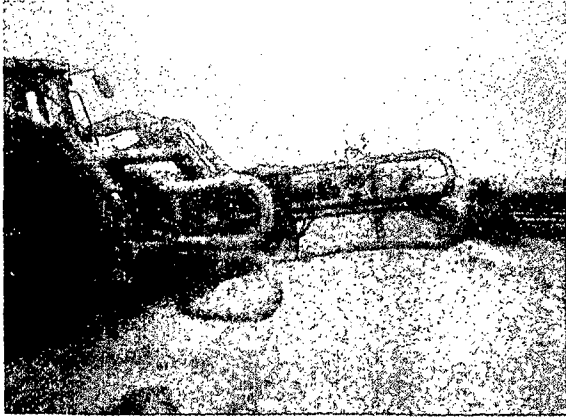
⑩ 랩 포장 작업의 종료 직전



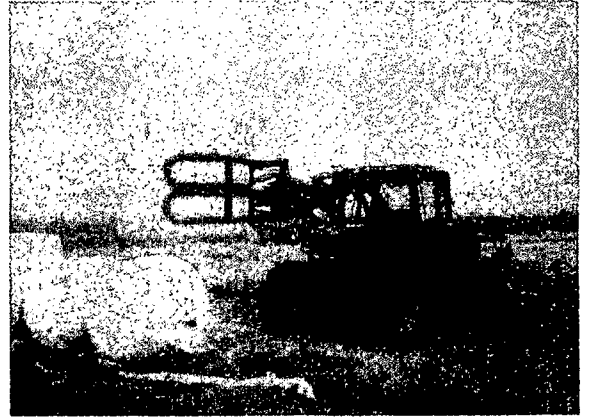
⑪ 완성된 끈포사일리지의 하차광경



⑫ 여분으로 장착된 비닐랩



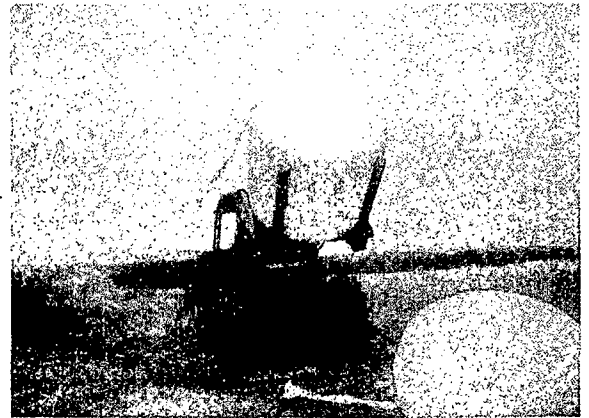
⑬ 원형곤포 운반용 파지기(Type I)



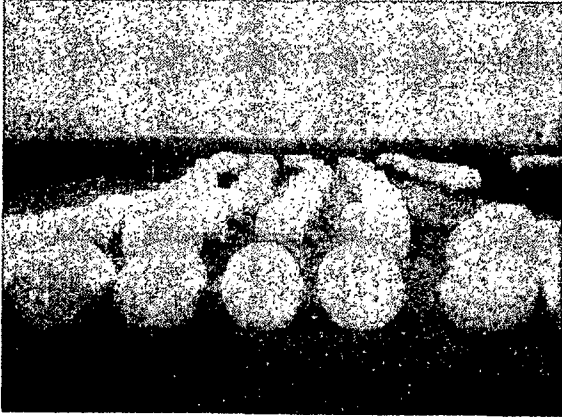
⑭ 파지기를 이용한 운반 광경



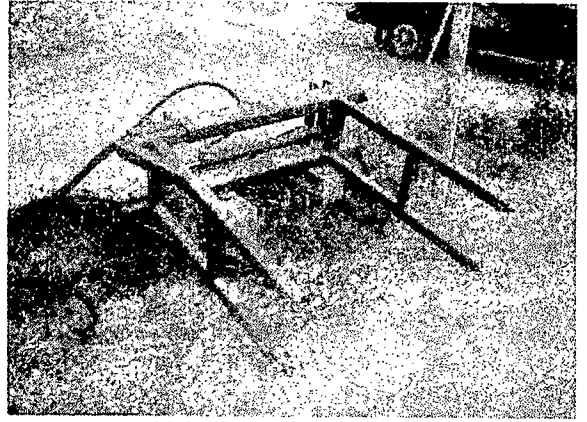
⑮ 원형곤포 운반용 파지기(Type II)



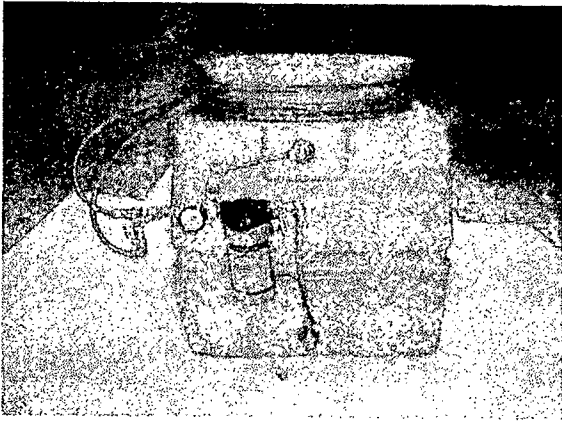
⑯ 파지기를 이용한 원형곤포의 운반



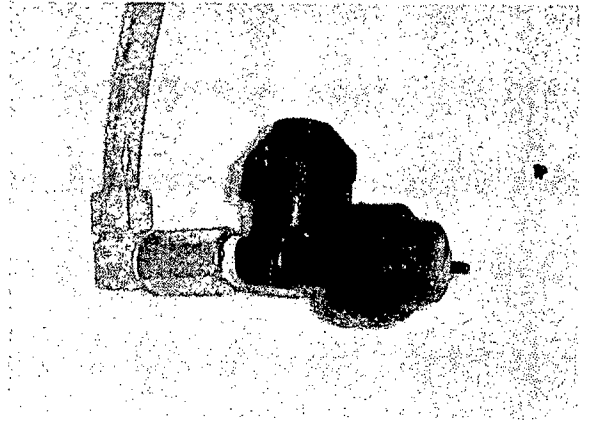
⑰ 제조된 야초 곤포사일리지



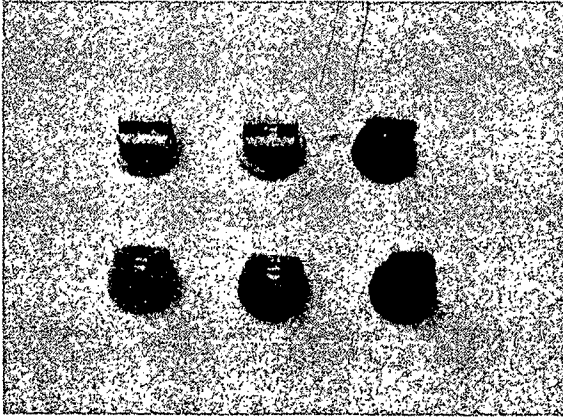
⑱ 목장 자체제작 파지기(Type III)



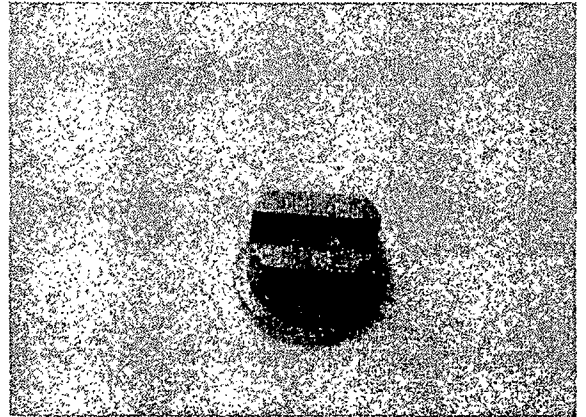
⑲ 분무장치(용량 100ℓ, 모터전압 12V)



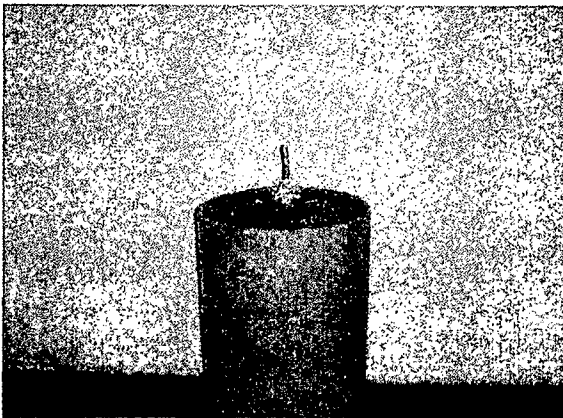
⑳ 첨가용액 분사용 노즐



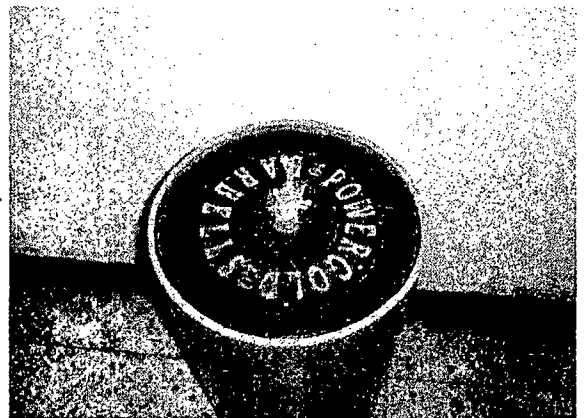
㉑ 다양한 종류의 노즐



㉒ 당밀 용액 첨가용 노즐



㉓ 실험용 소형사일로 (측면)



㉔ 소형사일로의 발효가스 배출밸브