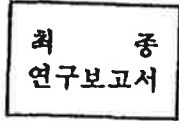


GOVP1200508494



고급육 생산을 위한 한우 거세우의
사양표준 설정

Establishment of feeding standards in Hanwoo steers
for high quality beef production

축산기술연구소

농림부

2016/02/26 11:02-운영지원과/허민지

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “고급육 생산을 위한 한우 거세우의 사양표준 설정에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2002 년 11 월 일

주관연구기관명 : 축산기술연구소

총괄연구책임자 : 신 기 준

세부연구책임자 : 이 상 철

세부연구책임자 : 오 영 균

연 구 원 : 김 경 훈

연 구 원 : 이 현 정

연 구 원 : 주 종 철

연 구 원 : 정 찬 성

연 구 원 : 정 찬 용

협동연구기관명 : 진 주 산 업 대

협동연구책임자 : 문 여 황

요 약 문

I. 제 목

고급육 생산을 위한 한우 거세우의 사양표준 설정

II. 연구개발의 목적 및 필요성

한우의 육질 고급화와 생산비 절감을 위해 사실상 가장 선행되어야 할 것은 영양소 요구량 결정을 통한 사양표준의 제정이다. 특히 거세우는 고급육생산의 전제 조건이 되고 있고, 거세가 육질에 미치는 영향을 구명한 연구와 사료급여 체계에 관한 연구가 다수 수행되었으나, 거세우가 1일 필요로 하는 영양소 요구량에 대해서는 아직 연구된 바가 없다.

또한 영양소 요구량을 쉽게 양축가가 이용할 수 있는, 즉 최적 사료배합비를 작성할 수 있는 전산프로그램이 보급되어야 한다. 전산프로그램을 만들기 위해서는 가축의 능력발현을 극대화하는 데 가장 큰 영향을 끼치는 요인의 하나인 건물섭취량이 결정되어야 하기 때문에 본 연구는 거세우가 1일 필요로 하는 단백질과 에너지요구량을 구하기 위한 목적과 건물섭취량 예측 및 사료급여프로그램을 개발할 목적으로 실시하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 한우 거세우의 단백질 및 에너지 요구량을 각각 유지에 필요한 그리고 증체를 위해 필요한 요구량으로 나누어 구하였다. 유지를 위한 영양소 요구량 결정 시험은 육성기, 비육전기, 비육후기의 3단계로 나누어 에너지 및 단백질 균형시험 방법으로 수행하였다. 증체를 위한 영양소 요구량은 200두의 도체분석 자료를 이용하였다.

얻어진 회귀식을 이용하여 단위 체중별로 단위 증체에 필요한 건물섭취량, 조단백질 요구량, 대사단백질 요구량, 가소화양분 총량 요구량, 가소화 에너지요구량, 대사에너지 요구량을 구하여 영양소 요구량 표를 작성하였다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 에너지 요구량

한우 거세우의 육성, 비육시의 ME 요구량은 제1세부과제에서 얻어진 유지요구량 (ME_m)과 증체에 필요한 요구량(ME_g)의 합계로 나타내었다

즉, ME_g는 본 시험에서 얻어진 NE_g를 표준 급여사료내의 에너지 대사율(q)로부터 ARC 표준에 준하여 구한 kf로 나누어 산출하였다.

$$ME_m = 0.1136 \times W^{0.75}$$

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

$$q = 0.5304 + 0.0748 \times DG$$

$$kf = 0.78 \times q + 0.006$$

$$ME_g = NE_g / kf$$

$$ME = ME_m + ME_g$$

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

$$DE = ME / 0.82$$

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

2. 단백질 요구량

유지를 위한 정미단백질 요구량(NP_m)은 본 시험에서 얻은 구한 CP_m 요구량에 변환효율(EP)을 곱하여 구하였다.

$$CP_m = 5.56 W^{0.75}$$

$$NP_m = CP_m \times 0.51$$

증체의 단백질축적량(RP)은 한우 거세우 체구성에 대한 연구축산기술연구소 자료를 분석하여 도출한 다음 식중 제한급여 자료만을 이용하였다.

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

따라서 정미 조단백질의 요구량은 다음 식과 같다.

$$NP = NP_m + RP$$

거세우의 비육시의 MP 요구량은 정미단백질(NP)을 생물가(0.60)로 나누어 구하였다

$$MP = NP/\text{생물가}(0.60)$$

CP요구량은 NP 요구량을 단백질의 변환효율로 나누어 산출하였다.

$$CP=NP/0.51$$

3. 한우거세우의 건물섭취량 예측 및 사료급여 프로그램개발

건물섭취량은 체중의 %로 추정하는 것이 입력항목이 간단하고 대체로 정확한 다음과 같은 공식을 유도할 수 있었다.

$$DMI(\% \text{ of BW/d}) = 0.0034BW(\text{kg}) + 3.437 \quad (R^2 = 0.8657)$$

SUMMARY

(영문 요약문)

1. Title

Establishment of feeding standards in Hanwoo steers for high quality beef production

2. Results of experiments

1) Energy requirements for maintenance

The maintenance energy requirements of Hanwoo steers were measured by calorimetric method. The steers fed three different energy levels (0.8×maintenance, 1.2×maintenance, 1.6×maintenance) at growing, early stage of fattening and late stage of fattening. The steers received 44% of their energy from concentrates and 56% from rice straw and were housed in metabolism stalls during the 5days of collection period, a total collection of feces and urine. Thereafter, during the 2days of respiration period the heat production was measured by indirect calorimetry using respiratory chamber. Mean value of metabolizable energy for maintenance (ME_m) was 113.6kcal/W^{0.75}

2) Energy requirements for growth

The equation for net energy requirements for growth (NE_g) was developed with the data set including slaughter experiments conducted at the NLRI between 1994 and 1997 of approximately 200 steers. The results were as follow:

$$NE_g = 0.0533 \times \text{empty BW}^{0.75} \times \text{daily empty body growth}$$

3) Protein requirements for maintenance

Nitrogen balance studies were carried out for determining the maintenance protein requirement at growing, early stage of fattening and late stage of fattening

and nitrogen analysis of feed, feces and urine has had been doing. Mean value of protein requirement for maintenance(CPm) was $5.56\text{kcal/W}^{0.75}$.

4) Protein requirements for growth

The equation for net energy requirements for growth (NEg, RP) was developed with the data set including slaughter experiments conducted at the NLRI between 1994 and 1997 of approximately 200 steers. The results were as follow:

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

5) Evaluation of protein availability of feed

Ruminal digestibilities of rape seed meal corn germ meal showed significant differences (63.7% vs. 30.6%), while only 19% higher value was obtained for the rape seed meal in the abomasum. There was no difference of digestibility between the feeds in the duodenum.

6) Estimation of dry matter intake and development of feeding program

The equation for estimating DM intake was induced as following;

$$\text{DMI}(\% \text{ of BW/d}) = 0.0034\text{BW}(\text{kg}) + 3.437 \quad (R^2 = 0.8657)$$

CONTENTS

(영 문 목 차)

Chapter 1	Overview of experiment	-----9
Chapter 2	Current situation of technical development in and out of country	-----13
Chapter 3	Results of experiment	-----25
Chapter 4	Experimental achievement and effectiveness	-----97
Chapter 5	Usage of experimental results	-----97
Chapter 6	Collected oversea informations during experiment	-----97
Chapter 7	Reference	-----98

목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요 -----	9
제 2 장	국내외 기술개발 현황 -----	13
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과 -----	25
제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도 -----	97
제 5 장	연구개발결과의 활용계획 -----	97
제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 -----	97
제 7 장	참고문헌 -----	98

제 1 장 연구개발과제의 개요

1 절 연구개발의 목적

축산 선진국은 일찍부터 자국 내의 가축이 필요로 하는 영양소 요구량에 대한 연구를 계속해 왔고, 비육우에 있어서도 NRC는 1996년 7차 개정판에 이어 2000년도에는 증보판을 출간하였다. 일본은 1970년에 초판을 발간한 이래 1995년 3차 개정이 이루어졌고, 2000년도에는 4차 개정판이 출간되었다. 우리나라에서도 근대적인 축산업이 발달하기 시작한 1960년대부터 한국 고유의 가축인 한우 특성에 부합하는 사양표준 제정이 필요하게 되었다. 이에 따라 1차로 1983년에 “한국표준가축사료급여기준(한우)”을 제정 발표하였고, 그후 한우의 비육능력 향상과 급여사료의 다양화 등의 사육여건 변화에 따라 한우 농가의 생산비 절감과 양질 소고기 생산을 위하여 1992년 개정 보완하였다.

그러나 이들 이전의 사양표준은 축산기술연구소에서 수행된 수소의 유지에 필요한 단백질 및 에너지요구량을 거세우, 암소 육성, 성빈우 등에 동일 적용하였다는 문제점이 있었고, 증체를 위한 단백질 및 에너지 요구량은 NRC(1984)와 일본사양표준(1987)의 방정식을 원용하는 수준에서 만족하여야 했다. 한우의 영양소요구량을 구하기 위해서는 먼저 유지(maintenance)와 증체(growth)에 필요한 에너지 및 단백질 요구량을 구하기 위한 실험을 수행하여야 한다. 이를 위한 실험방법으로는 기초대사시험 또는 에너지 및 단백질 균형시험, 도체비교법 등이 있으나, 시험축과 시설의 규모 면에서 국내 연구가 이루어지기 어려웠던 것이 사실이다. 한우에 있어서 대사시험을 통한 영양소요구량 결정을 위한 국내 시험은 탁 등(1983)에 의한 성빈우의 유지를 위한 영양소요구량 결정과 정 등(1992)의 육성빈우의 영양소요구량 결정 등 소수의 논문에 한정되어 졌다.

고급육생산을 위해 거세는 반드시 필요한 전제 조건이 되고 있고, 거세가 육질에 미치는 영향을 구명한 연구와 사료급여 체계에 관한 연구가 다수 수행되었으나, 거세우가 1일 필요로 하는 영양소 요구량에 대해서는 아직 연구된 바가 없다. 거세의 필요성을 정책적으로 권장하면서 거세 비율이 높아지고 있는 현시점에서 거세우의 영양소 요구량을 구하는 시험은 더 이상 미룰 수 없는 과제이다. 따라서 본 연구는 거세우가 1일 필요로 하는 단백질과 에너지요구량을 구하기 위해 실시하였다.

2 절 필요성

1. 기술적 측면

한우의 육질 고급화와 생산비 절감을 위해 사실상 가장 선행되어야 할 것은 영양소 요구량 결정을 통한 사양표준의 제정이다. 과거 고급육 생산 기반이 조성되지 않았던 1983년에 한우의 영양소 요구량과 사료급여기준이 제정된 바 있지만, 이 당시에는 국내 성적의 부족으로 외국 성적을 많이 인용할 수 밖에 없는 한계를 안고 있었다. 그 후 92년에도 사양표준표가 보완되었으나, 여전히 많은 한계성이 있었고 특히 거세우 육성 및 비육을 위한 영양소요구량은 국내 실험 결과가 없어서 수소의 사양시험 성적으로 부터 추정된 사양표준을 이용하고 있다.

이제는 한우 전반의 산육 특성도 유전적 개량과 함께 과거에 비해 많이 달라졌다. 따라서 고급육생산을 위한 한우의 비육월령에 따른 산육성과 육질변화, 즉 체구성 조직의 물리 화학적 발달 정도와 이에 관여하는 수많은 영양소의 대사경로와 각각의 영양소의 이용효율에 대한 연구와 성장단계별 그리고 단위 증체당 에너지 요구량, 단백질 요구량, 그리고 미량원소의 요구량이 연구되어야 한다.

고급육은 이러한 기초연구자료를 토대로 작성된 사양표준표에 따라 성장단계별 사양방식에 맞추어 사육된 소에서 생산되는 것이다. 예를 들면 고도의 지방 축적이 요구되는 비육후기에 필요한 에너지·단백질 및 기타 영양소의 요구량과 그 영양소의 이용효율을 정확히 알고 사료의 형태로서 과부족 없이 급여할 경우 불필요한 체지방 축적량을 억제하면서 사료의 허실을 방지할 수 있게 되지만 비과학적인 사료 급여는 육질고급화도 이룰 수 없고 육량등급은 저하되면서 생산비만 많이 들게되는 우를 범하게 되기 때문이다.

특히 육질의 개선을 목적으로 거세를 실시하면 육질은 향상되나 증체가 둔화되고 거래 정육율이 감소되며 내장지방이나 피하지방 등 불가식지방이 과다 침착된다는 문제점이 있지만 국내 도체등급에 맞는 고급육생산을 위해 필수적인 거세한우에 적합한 사양표준의 제정이 시급하다.

다음으로 필요한 것은 제정된 사양표준을 실제로 양축가가 이해하고 쉽게 최적 사료배합비를 작성할 수 있는 전산프로그램의 보급이다. 전산프로그램을 만들기 위해서는 가축의 능력발현을 극대화하는 데 가장 큰 영향을 끼치는 요인의 하나인 건물섭취량이 결정되어야 하는데 사료의 영양수준 및 양적, 질적 변화에 따른 거세 한우의 생산반응등을 고려한 적정 건물섭취량을 알아야 최소비용을 기초로 하면서 1일 영양소 요구량을 충족시킬수 있는 최적배합비를 작성할 수 있기 때문이다.

그러나 현실은 이들의 중요성에 대해서 인식은 하고 있지만, 사양표준의 제정에는 비용, 시간, 노력, 시설장비와 함께 여러 가지 기초 기술이 종합 투여되어야 하는 것 때문에 아직도 연구 투자에 적극적이지 못한 것이 사실이다. 경쟁력 있는 고급육생산 기술력 확보를 위해 더 이상 미룰 수 없는 과제이다.

2. 경제·산업적 측면

국민 경제의 성장과 함께 달라진 식생활의 양식은 쇠고기의 소비량을 증가시키면서 한우 산업은 축산업 중 중요한 성장산업의 위치를 확보하게 되었다. 한우의 사육두수 변화를 보면 1990년 162만두에서 1996년 284만두로 증가하였으나, 2001년도에는 150만두까지 감소하였다. 농가당 사육두수도 1990년 2.6두에서 2001년 5.9두로 증가하여 사육규모도 확대되고 있음을 알 수 있다.

그러나 1993년 UR이 타결된 이후로 쇠고기(냉장 및 냉동육)의 수입쿼터는 매년 증가하였고, 2001년 이후 부터는 완전 수입자유화가 되어 한우 산업은 넘어야 할 파고는 높기만 하다. 더구나 IMF 이후의 고환율로 배합사료값과 기타 관리물품의 인상에 따라 축산물 생산비 등이 상승하게 됨에 따라 급격한 기반붕괴와 장래에 대한 불안감으로 점차 사육두수가 감소되고 있는 실정이다.

이러한 어려움 속에서도 한우산업의 활로를 개척하기 위해서는 고품질 한우 생산 기술 개발과 생산비절감이 우리의 커다란 과제가 되고 있다. 97년에 있어서 한우비육의 생산비 실태를 보면 밀소가격을 뺀 경영비중 사료비가 차지하는 비율은 약 60%로 높음을 알 수 있다. 따라서 고급육생산을 통해 수입육과의 차별화를 해야 하는 관점에서 육질 고급화는 필수적이기 때문에 거세한우에 대한 사양표준 제정이 시급하고

생산비 절감을 위한 사료비 절감 방안으로서 영양소 요구량을 충족시키면서도 최소비용으로 사료를 급여할 수 있는 사료급여 전산프로그램이 필요하다.

3. 사회·문화적 측면

국가경제의 성장으로 우리의 식생활 패턴도 달라져서 1인당 연간 육류 총소비량이 1975년 6.4kg에서 1996년 28.7kg로 약 4.5배 증가함에 따라 육류 소비량의 해외 의존도가 점점 더 심화되고 있다. 소비자는 이제 양적인 면에서 질적인 면을 중시하는 소비패턴으로 옮겨가고 있고, 주요 소고기 수입원인 미국과 호주등은 이러한 소비자의 입맛을 만족시키기 위한 소고기 생산에 노력하고 있기 때문에 한우를 선호하는 국내 소비자에 의해 보호되고 있는 한우산업을 최고의 맛과 질로 지켜나가야 하는 과제를 안고 있다.

수입자유화와 IMF라는 급격한 환경의 변화가 가져온 사회불안 요소의 하나인 한우산업의 어려움 속에서도 건강을 우선하는 현대인은 건강식품으로서의 소고기, 특정 기능이 강화된 소고기가 균일성있게 공급되기를 기다리고 있다. 이러한 환경변화를 신속히 따라가기 위해서 사양표준의 연구와 이를 쉽게 이용할 수 있는 환경은 기본적으로 만들어져야 한다.

인구의 증가로 식량은 이제 영양 공급원이란 차원을 넘어 무기화 되었다는 점을 인식한다면 식량산업은 포기해서는 안되며 수입의존에서 벗어나 식량자급을 이루려는 국가적 노력의 하나로 고급육 생산기술, 즉 국가 차원의 기술력 확보 노력이 있어야 한다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

1 절 국외 관련기술의 현황

1. NRC (1996)

가. 유지를 위한 영양소요구량

1) 에너지요구량

유지요구량은 도체성분 분석비교법으로 축적된 에너지를 구하고 이를 ME섭취량에서 공제하는 방법으로 구하였고(ME섭취량 - 축적된 에너지), 품종, 생리적 상태, 활동에 따른 에너지 요구량으로 보정하였다.

- 쾌적온도하에서 유지요구량(a_1)

$$a_1 (Mcal/d) = 0.077 \times EBW^{0.75}$$

여기서 EBW는 empty body weight

- 순환 온도를 고려하여 보정할 경우(a_2)

$$a_2 = 0.077 (20 - T_p)$$

여기서 T_p 는 이전의 순환온도

- 품종(BE), 비유(L), 성(SEX) 그리고 이전의 영양수준(COMP)에 대하여 보정할 경우

$$NE_m = [a_1 SBW^{0.75} (BE) (L) (SEX) (COMP)] + a_2$$

여기서 $COMP = 0.8 + ((CS-1) \times 0.05)$

BE = 품종에 따라 0.9~1.20

L = NEm요구량에 대한 비유효과로 건유우의 경우 1,

비유중인 소의 경우 1.2

SEX = 1(bull의 경우 1.15)

- 방목에 의한 활동량을 보정할 경우

$$NE_{mact} = [(0.006 \times pI \times (0.9 - (TDN_p/100))) + (0.05 \times TERRAIN / (pAVAIL + 3))] \times BW / 4.184$$

여기서 pI = 목초지의 건물섭취량, kg/day;

RDNp = 사료의 가소화영양소총량, %;

TERRAIN = 지역 요인으로 평지는 1, 언덕이 있을 경우에는 2;

pAVAIL = 초지가 가능한 면적, T/ha;

2) 단백질요구량

1984에 간행된 6판에서는 단백질요구량을 조단백질(CP)로 나타내고 있었으나 1996년에 간행된 7판에서는 미생물단백질(BCP)과 반추위 미분해 사료단백질(UIP)중 소장내에서 흡수되는 순단백질로 정의되는 대사단백질(MP)을 채택하였다. 또한 대사성 분질소, 내인성 요질소, 탈락질소로 손실되는 양으로 유지요구량을 결정하는 방법은 분질소중 특히 미생물 손실을 평가할 수 없기 때문에 질소균형에 기초한 실험보다는 동물성장에 기초하여 얻은 아래의 식을 현재 이용하고 있다.

$$MP_{main} (g/d) = 3.8 \times SBW^{0.75}$$

여기서 SBW = body weight

나. 성장을 위한 영양소 요구량

1) 에너지요구량

성장을 위한 요구량은 shrunk body weight, shrunk weight gain, 체조성 및 체표면적을 이용하여 계산하였다.

$$EBW = 0.891 SBW$$

$$EBG = 0.956 SWG$$

$$\begin{aligned} SRW &= 478\text{kg}(\text{small marbling}(28\% \text{ body fat})) \\ &= 462\text{kg}(\text{slight marbling}(26.8\% \text{ body fat})) \\ &= 435\text{kg}(\text{마블링 침착의 시작}(25.2\% \text{ body fat})) \end{aligned}$$

$$EQSBW = SBW \times (SRW)/(FSBW)$$

여기서 FSBW = 실제 최종 shrunk body weight

$$EQEBW = 0.891 \times EQSBW$$

$$RE(\text{Mcal}/d) = 0.0635 \times EQEBW^{0.75} \times EBG^{1.097}$$

2) 단백질요구량

$$NP_g = SWG [268 - (29.4(RE/SWG))]]$$

만일 EQEBW가 300kg이하일 경우

$$MP_g = NP_g / (0.83 - (EQEBW \times 0.00114))$$

만일 그렇지않으면

$$MP_g = NP_g / 0.492$$

2. 일본사양표준

가. 유지를 위한 영양소요구량

1) 에너지요구량

유지를 위한 대사에너지요구량(MEm)에 있어서 육용종의 육성·비육과 흑모 화종 우를 이용한 에너지 출납시험의 결과에 기초를 두었고 암소에 있어서 대사체중당 99.8kcal, 거세우는 105.3kcal를 사용하였다. 수소에 있어서 ARC 사양표준을 참고하여 거세우의 15%를 증량하여 121.1kcal를 사용하였다. 그러나 성우에 있어서 생산을 기대하지 않는 유지사양조건하에서는 일반적으로 저질조사료를 급여하는 경우가 많이 있어 급여사료의 대사율의 저하로 대사 에너지의 이용효율의 저하를 고려하여 성숙한 암소에 있어서 대사체중당 109.8kcal, 성숙한 수소는 127.7kcal를 사용하였으며, 육용종 거세우는 대사체중당 128.3kcal를 사용하였다.

2) 단백질요구량

(25~50kg : 0.75, 51~100kg : 0.66, 101~149kg : 0.56, 150kg이상 : 0.51)

W > 150kg 이상

$$\text{대사성분중 단백질}(FP) = 30 \times DM$$

W ≤ 50kg

$$FP = 12.5 \times DM$$

50 < W < 100kg

$$FP = 18.9 \times DM$$

$$100 < W < 150\text{kg}$$

$$FP = 27.0 \times DM$$

$$\text{내인성노중 단백질}(UP) = 2.75 \times W^{0.75}$$

$$\text{탈락표피 단백질}(SP) = 0.2 \times W^{0.75}$$

$$\text{증체중 단백질축적량}(RP) = DG \times (235 - 0.293 \times W)$$

$$\text{체중이 } 150\text{kg} \text{ 미만인 경우 } RP = DG \times 188$$

$$\text{정미조단백질요구량}(NP) = FP + UP + SP + RP$$

$$\text{가소화조단백질요구량}(DCPR) = \text{조단백질요구량}(CPR) \times \text{소화율}(RD) - FP$$

나. 성장을 위한 영양소 요구량

1) 에너지요구량

MEM과 MEG의 합으로 계산하며, 각각 NEG를 구하여 ME이용효율(kf)로 나누어 MEG를 구하였다.

- 육용종 거세우 비육시 :

$$MEM = 0.1053 \times W^{0.75}$$

$$NEG = 0.0546 \times W^{0.75} \times DG$$

$$q = 0.5304 + (0.0748 \times DG)$$

섭취사료중 조사료함량이 35%이상일 경우

$$q = 0.4452 + (0.1739 \times DG)$$

$$kf = (0.78 \times q) + 0.006$$

$$MEG = NEG / kf$$

- 육용종 수소 비육시 :

$$MEM = 0.1211 \times W^{0.75}$$

$$NEG = 0.0439 \times W^{0.75} \times DG$$

$$q = 0.4295 + (0.1139 \times DG)$$

$$kf = (0.78 \times q) + 0.006$$

$$MEG = NEG / kf$$

- 유용종 거세우 육성·비육시 :

$$W < 70\text{kg}$$

$$MEM = 0.1283 \times W^{0.75}$$

$$NEG = (1.00 + 0.030 \times W^{0.75}) \times DG$$

$$kf = 0.7(\text{대용유}) \text{ 고행사료}(0.557)$$

$$MEG = NEG / kf$$

$$70 \leq W < 200\text{kg}$$

$$MEM = 0.1283 \times W^{0.75}$$

$$NEG = (1.00 + 0.030 \times W^{0.75}) \times DG$$

$$q = (0.859 - 0.00092 \times W) \times (0.790 + 0.0411 \times DG)$$

$$kf = (0.78 \times q) + 0.006$$

$$MEG = NEG / kf$$

$$W \geq 200\text{kg}$$

$$MEM = 0.1283 \times W^{0.75}$$

$$NEG = 0.0510 \times W^{0.75} \times DG$$

$$q = (0.933 + 0.00033 \times W) \times (0.498 + 0.0642 \times DG)$$

$$kf = (0.78 \times q) + 0.006$$

$$MEG = NEG / kf$$

2) 단백질요구량

- 유용종 거세우 비육시 :

$$\text{증체중 단백질축적량}(RP) = DG \times (235 - 0.234 \times W)$$

- 유용종 수소 비육시 :

$$\text{증체중 단백질축적량}(RP) = DG \times (235 - 0.195 \times W)$$

- 유용중 거세우 육성·비육시 :

$$\text{증체중 단백질축적량}(RP) = DG \times (235 - 0.195 \times W)$$

3. AFRC 사양표준

가. 유지를 위한 영양소요구량

1) 에너지요구량

ARC의 ME system은 사료의 ME섭취량과 동물체내에 축적되는 정미에너지 간의 기본적인 관계를 기초로 하여 정미에너지를 ME의 이용효율로 나누어 ME요구량을 계산하였다.

$$ME(MJ/d) = E/k$$

소의 유지를 위한 ME요구량(M_m)은 절식대사(F)와 활동량(A)의 합을 유지를 위한 ME의 이용효율(k_m)로 나누어 산출하였다.

$$M_m(MJ/d) = (F+A)/k_m$$

여기서 $F(MJ/d) = C1[0.53(W/1.08)^{0.67}]$; $C1 = 1(\text{Bulls} = 1.15)$

$$A(MJ/d) = 0.0071W \text{ 이다.}$$

2) 단백질요구량

유지를 위한 NP요구량(NP_m)은 내생요질소(BEN; NP_b)량과 비듬과 털에 의한 피부손실량(NP_d)의 합으로 산출하였으며 또한 이것은 MP_m 과 동일함으로

$$MP_m(g/d) = NP_b + NP_d \text{ 이다.}$$

내생요질소는 $2.1875W^{0.75}$ 이고 비듬과 털에 의한 피부손실은 $0.1125W^{0.75}$ 이다.

나. 성장을 위한 영양소 요구량

1) 에너지요구량

체형(C2)을 성(bulls, castrates, heifers)과 성숙정도(early, medium, late)에 따

라 3등급으로 나누어 증체의 에너지가(EV_g)를 예측하기 위한 2차 방정식을 유도하였다.

$$[EV_g](MJ/kg) = \frac{C2(4.1 + 0.0332W - 0.000009W^2)}{(1 - C_3 \times 0.1475\Delta W)}$$

<성숙정도와 성에 의한 증체량중 EV_g 를 위한 보정계수(C2)의 값>

Maturity type	Bulls	Castrates	Heifers
Early	1.00	1.15	1.30
Medium	0.85	1.00	1.15
Late	0.70	0.80	1.00

1일 동물체내에 축적되는 정미에너지(E_g)는 체중변화량(ΔW)과 에너지를 곱하여 산출하며 이 값을 증체를 위한 ME이용효율(k_f)로 나누어 ME요구량(M_f)을 산출하였다.

$$M_f (MJ/d) = (\Delta W \times [EV_g])/k_f$$

2) 단백질요구량

에너지 요구량과 같이 체형을 3등급으로 나누어 증체내 정미단백질(NP_f)을 예측하기 위한 2차 방정식을 유도하였다.

$$NP_f (g/d) = \Delta W (168.07 - 0.1689W + 0.0001633W^2) \times (1.12 - 0.1233\Delta W)$$

성장을 위한 이용효율(k_{nf})값 0.59의 역수와 보정계수 C6을 위의 식에 곱하여 증체를 위한 대사단백질요구량(MP_f)을 산출하였다.

$$MP_f (g/d) = C6 (168.07 - 0.1689W + 0.0001633W^2) \times (1.12 - 0.1233\Delta W) \times 1.695\Delta W$$

<성숙정도와 성에 의한 증체량중 NP_f 를 위한 보정계수(C6)의 값>

Maturity type	Bulls	Castrates	Heifers
Early	1.00	0.90	0.80
Medium	1.10	1.00	0.90
Late	1.20	1.10	1.00

4. INRA 사양표준

가. 유지를 위한 영양소요구량

1) 에너지요구량

육우의 유지요구량은 젖소와 같은 대사체중 kg당 117 kcal (70 kcal NEL)로 측정되었다. 이 때 비유를 위한 ME이용효율은 0.6이다.

따라서 유지요구량은 $70 \times LW^{0.75}$ 로 계산하였으며, 이 값은 1UFL의 1,700으로 나누어 사료단위로 표현할 수 있다.

또한 체중을 이용하여 사료단위로 직접 유지에너지(UFL/d)를 계산할 수 있다.

$$1.4 + \left(\frac{0.6 \times LW}{100} \right)$$

2) 단백질요구량

유지요구량은 질소균형을 기초로하여 대사체중당 3.25g(PDI; Protein digested in the small intestine)이며

$3.25 \times LW^{0.75}$ 로 계산하였다. 이 값은 체중(LW)을 이용하여 직접 계산할 수 있다.

$$95 + 0.5LW$$

나. 성장을 위한 영양소 요구량

1) 에너지요구량

단백질과 지방으로 축적되는 NEg는 단백질과 지방함량에 각각의 상수 5.48, 9.39를 곱하여 두 값의 합으로 계산하였다.

$$NEg(Mcal/d) = 5.48dPROT + 9.39dLIP$$

- 성장이 빠른 동물(일당증체량이 1kg이상, 생산수준(APL)이 1.4이상인 동물)에 있어서 ME는 유지를 위한 ME이용효율(km)과 성장을 위한 kg을 동시에 이용하였다. Total ME (ME_{m+g})는 1.5의 생산수준에 대하여 전체적인 ME이용효율(kmf)를 이용하여 계산하였다.

$$NE = (NE_m / km + NE_g / kg) \times kmf$$

- 성장이 느린 동물(일당증체량이 1kg 미만, 생산수준이 1.4이하인 동물)대한

ME_m+g는 전체적인 ME이용효율(kl)을 이용하였다.

$$NE = (ME_m / km + NE_g / kg) \times kl$$

NE를 사료단위로 표현할 때에는 다음과 같이 축종의 형태를 나누어 적용하였다.

* UFL(Feed Unit for Lactation) 1UFL = 1,700kcalNEL

- 비유, 임신 혹은 건유기동안의 젖소, 염소 및 면양)
- 미경산 젖소, 어린 면양과 염소
- 겨울철 동물
- 성장이 느린 동물(일당증체량이 0~1kg)
- 번식우(♂)

* UFV(Feed Unit for maintenance and meat production)

$$1UFV = 1,820kcalNE_mg$$

- 전체적으로 빠르게 성장, 비육되는 동물(steers, bulls, 육용 암소, 비 육면양)

성장이 빠른 동물의 NE를 사료단위로 나타낼 경우 NE(Mcal)를 1.820로 나누어 계산하였으며 성장이 느린 동물의 경우 NE(Mcal)를 1.700으로 나누어 계산하였다.

2) 단백질요구량

단백질함량은 동물의 형태, 성장률 또는 사양수준에 따라 거의 영향을 받지 않으므로 1일 단백질 증체량(dPROT, kg/d)은 지방을 제외한 증체로부터 계산된다. 생산을 위한 요구량은 축적된 단백질(dPROT, g/d)의 양으로부터 계산된다.

$$\text{LogEBW} = a_0 + a_1(\text{LogEBW})^2$$

$$\text{LogLIP} = b_0 + b_1\text{LogEBW} + b_2 (\text{LogEBW})^2$$

$$\text{LogPROT} = -1.9409 + 1.0723\text{Log}(EBW - LIP)$$

여기서 a₀, a₁, b₀, b₁, b₂는 각 동물의 형태에 대한 계수이다.

따라서 PROT값을 k_{PDI} 로 나누어 계산하였으며, k_{PDI} 는 ARC와 NRC에서는 각각 0.80과 0.50으로 고정되었으나 INRA는 체중에 따라 각기 다른 k_{PDI} 를 갖는다.

<조숙성인 bull(유용종, Holstein/Friesian)과 만숙성 bulls(육용종, Charolais)의 체중에 따른 성장을 위한 PDI이용효율(K_{PDI})의 변화>

체중(kg)	체중의 지방함량(%)		K_{PDI} (%)	
	Holstein/Friesian	Charolais	Holstein/Friesian	Charolais
150	7	-	68	-
400	18	11	53	64
600	27	14	28	48
750	-	17	-	30

2 절 국내관련기술 현황

1. 축산기술연구소에서는 우리나라 고유의 가축사양표준을 제정하기 위해 1970년부터 전가축을 대상으로 사양표준제정에 필요한 대사 및 사양시험을 수행해 왔고, 1983년에는 일차로 국내의 시험성과 외국 사양표준을 참조하여 우리나라 사육여건에 알맞고 양축농가가 누구나 쉽게 이해하고 용이하게 활용할 수 있는 한국표준가축사료급여기준을 제정 발표하였고, 그 이후에도 한우의 사양표준 보완을 위한 연구가 계속 수행되어 1992년에는 한국표준가축사료급여기준을 개정 보완하였다. 이와 동시에 한우에 대한 기초연구로서 산육생리와 육질변화에 관한 연구와 1990년 부터 1998년까지 9년간 한우고급육 생산기술 개발을 위해 거세 및 비육시기, 비육기간, 출하체중, 사료급여방법, 영양소 종류 및 급여수준등을 연구하였고, “한우의 고급육 생산기술 개발” 보고서(1998)에 연구내용을 종합 정리한 바 있다.
2. 낙농 분야에서는 사료급여기준을 계산하기 위한 프로그램이 외국기업, 학교, 국내 사료회사 등에서 개발된 프로그램이 많이 있지만 외국 프로그램은 대부분 국

내에서 적응하지 못한 것으로 판단되며 이는 원료사료의 종류와 사양 환경이 다른데서 기인하는 것 같다. 또한 일반 농가 수준으로 볼 때 언어의 장벽이 있으며, 때로는 계량단위의 차이 때문에 적응에 실패한 경우도 보인다. 국내 사료회사에서도 여러 가지의 계산프로그램이 개발되어 사용되고 있지만, 이는 근본적으로 제품의 판촉에 초점이 맞추어져 있으므로 일반 농가에서 직접 프로그램을 운용하기가 어려운 점이 있다.

3. 한우의 사료급여기준을 계산하기 위한 전산프로그램은 본 연구팀이 1992년 한우 사양표준 제정과 함께 개발한 "HTMR"이 있으며, 이는 그 당시의 PC 운용기반인 MS-DOS 하에서 작동되는 프로그램이었다. 물론 지금도 사용은 가능하지만 위에서 언급하였던 여러가지 여건 변화와 사양기술의 발달로 한우 사양표준을 다시 제정해야 할 필요성이 있어 내용의 변경과 함께 Windows 환경에서 사용할 수 있도록 다시 개발하는 것이 필요하다.

3 절 연구결과가 국내·외 기술개발현황에서 차지하는 위치

1. 1992년에 개정 보완된 한국표준가축사료급여기준은 개정 보완되었다고는 하지만 인용된 122개의 문헌중 국내 연구자료는 5편의 박사논문과 7개의 일반논문 그리고 2개의 사료성분자료에 지나지 않아 국내 연구자료가 더욱 필요하다는 것을 알 수 있다. 특히 거세우 육성 및 비육을 위한 영양소요구량은 국내실험 결과가 없어서 모두 수소의 사양시험 성적으로부터 추정하여 정하고 었지만, 본 과제에서는 한우 거세우를 공시하여 단백질과 에너지 요구량을 국내에서 처음 구하였다.
2. 미국의 NRC는 도체분석의 시험결과로부터 얻어진 많은 자료를 종합 정리하여 체축적에너지인 정미에너지(NEg)와 체축적단백질인 정미단백질(NPg)를 제시하고 있다. 그러나 우리와 가장 유사한 품종이라 할 수 있고, 고급육 생산 기술이 앞서 있는 일본에서도 도체분석으로부터 얻은 NEg와 NPg자료가 없다. 본 연구에서 제시한 NEg와 NPg를 얻기 위한 회귀식은 200두의 공시축을 생육단계

별로 도축하여 분석한 귀중한 자료로부터 얻었다.

3. 세계 주요국가의 사양표준은 사료단백질 공급량에 있어서 미생물 단백질 합성 능력과 반추위 미분해 사료단백질의 소장내 이용성 개념이 도입되어 있다. 일본 사양표준(2000)에서는 이들 자료가 아직 축적되는 과정에 있어서 단백질 요구량 단위를 MP 요구량이 아닌, DCP 수준으로 제시하고 있다. 본 과제는 MP 단위를 목적으로 수행하였고, 실험결과 MP 요구량을 제시하고 있으나, 사료단백질의 MP 공급력에 대한 더 많은 실험결과의 축적이 필요하다고 생각된다.
4. NRC는 7판(1996) 이후, 컴퓨터를 이용해서 급여사료의 평가 및 양분요구량을 계산할 수 있는 프로그램을 첨부하고 있고, 본 과제에서도, 얻어진 영양소 요구량을 컴퓨터 프로그램을 이용해 한우 농가가 직접 활용할 수 있도록 하였다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

1절 제 1세부과제: 한우 거세우의 에너지 요구량 결정

1. 유지를 위한 에너지 요구량 결정

가. 실험 방법

1) 공시축

6개월령에 거세를 한 거세한우를 육성기에 18두, 비육전기 9두, 비육후기 9두씩 공시하였다.

2) 에너지 급여 수준

육성기, 비육전기, 비육후기의 시험에서 아래와 같이 3수준의 에너지를 사료 섭취량으로 조절하도록 설계하였다.

- 저에너지 (유지수준의 0.8배: 0.8M)
- 중에너지 (1.2M)
- 고에너지 (1.6M)

3) 시험사료의 사료급여량 결정을 위한 예비실험

가) 내용

- (1) 문헌의 검토를 통해 유지 대사에너지 수준을 $102.7\text{kcal/BW}^{0.75}$ 로 설정
- (2) 시험 조사료인 볏짚은 에너지 함량은 낮으면서 부피가 크기 때문에 에너지 수준이 가장 높은 1.6M 수준을 급여하는 경우에도 볏짚을 100% 섭취할 수 있는 수준에서의 건물섭취량과 조농비율을 결정

나) 결과

- (1) 유지수준에서의 대사체중당 DM 섭취량을 60 - 70g 수준에서 검토한 결과, 고에너지구(1.6M)의 사료급여 수준에서 전량섭취가 불가능하였다.
- (2) 대사체중당 DM 섭취량을 50 - 60g의 수준으로 하였을 때의 볏짚 비율에서도 전량섭취에 문제점이 확인됨
- (3) 대사체중당 DM 섭취량이 48g 일 때, 그리고 사료량 중 볏짚 비율이 56%가 되도록 사료를 설계하면 1.6M의 사료급여 수준에서도 전량섭취가 가능하다는 것을 확인.
- (4) 에너지 대사시험을 위한 사료구성(표 1-1)

축산기술연구소내 사료공장에서 표 1-1과 같이 배합사료를 제조하였고, 유지에너지 요구량을 구하기 위한 육성기, 비육전기, 비육후기 시험에 이용하였다.

표 1-1. 시험사료의 원료 배합비

시험사료	
배합사료(%)	
옥수수	13.6 (30.9)
소맥피	12.0 (27.3)
대두박	16.7 (37.6)
석회석	0.9 (2.2)
인산칼슘	0.6 (1.4)
그로빅DC	0.2 (0.3)
볏짚(%)	56.0
CP (%)	13.0
ME (kcal/kg)	1,883

(); 배합사료중 비율

4) 본 시험방법

가) 에너지수준별에 따른 체내 대사율 조절을 위한 적응

- 시험축의 대사율이 0.8, 1.2, 1.8M의 에너지 섭취 수준에 안정적으로 도달했는지를 체중의 변화를 통해 판단하였으며, 평균 2주는 소요되었다.

나) 대사시험 방법

분뇨 수거를 위한 대사시험 장치는 본 시험을 수행하기에 충분하였지만, 호흡챔버가 1기 뿐이기 때문에 성장단계별(육성기, 비육전기, 비육후기)로 각각 3회의 시험을 실시하였다. 즉, 육성기에는 1차 시험에서 0.8M, 1.2M, 1.6M의 사료를 각각 2두(총 6두)에게 급여하였고, 같은 방식으로 2차(6두), 3차(6두)의 시험을 수행하였다. 비육전기와 비육후기에는 1, 2, 3차에 각각 3두씩을 공시하여 수행하였다. 본 시험 일 수는 공히 7일로 하여 전분과 전뇨를 수거하여 분석에 이용하였다.

호흡대사시험은 각 성장단계별, 회차별 시험이 끝나는 대로 1두씩 호흡챔버로 이

동하였고, 2일 동안 O₂, CO₂, CH₄ 발생량을 측정하였으나, 자료의 분석은 2일째의 자료만 이용하였다. 사료는 오전 9시 30분과 오후 5시에 2회로 균등분할 급여하였고 물과 칼슘, 인 공급용 린칼블록은 자유 섭취케 하였다.

다) 분, 뇨 시료의 처리 및 분석

분 시료는 본시험 7일동안 매일 일정량을 개체별로 따로 수집하여 배설량을 정량한 후 혼합기에서 15-20 분간 교반하여 1/10량을 채취, -15 °C 냉동실에 보관하였는데 이러한 과정을 본시험 7일간 반복하면서 최종적으로 수집된 7일간의 분을 해동시킨 후 다시 교반하여 1/10량을 채취하여 60°C 송풍건조기에서 48시간동안 건조시켜 분석하였다. 그러나 분 질소 함량은 생분 상태로 분석하였다. 뇨는 배설량의 1/10량을 채취하여 냉동실에 보관하였으며 7일간의 뇨를 혼합한 후 그중 일정 비율을 채취, 질소 및 열량 측정을 하였다. 분과 뇨의 분의 열량을 측정하기 위해 bomb calorimeter (Shimadzu, CA-3)를 이용하였으며 기타 성분은 AOAC(1990)법에 의해 분석하였다.

라) 열발생량 측정

호흡대사 시험 동안의 가스분석을 위해 6900형 가스채취장치(삼웅공업)를 사용하였으며 호흡시험 개시 전에 표준가스를 통과시켜 zero 점과 span 점을 맞춘 후, 대기중 CO₂, O₂ 및 CH₄ 농도는 4분간 30초 간격으로 분석하였고 호흡실내의 농도는 6분간 30초 간격으로 분석하였다. CO₂ 와 CH₄ 분석은 적외선 가스분석계, O₂는 자기식 산소분석계를 사용하였다.

열발생량의 계산은 다음의 Brouwer 공식을 인용하였다.

$$H.P = 3.866 \times O_2 \text{ 소비량} - 1.2 \times CO_2 \text{ 발생량}(l) - 0.515 \times CH_4 \text{ 발생량}(l)$$

나. 결과 및 고찰

1) 육성기

가) 공시사료

공시사료인 배합사료와 볏짚의 일반성분 및 총 열량가는 표 1-2에 나타내었다. 배합사료만의 조단백질 수준이 24.5%로 높았으나, 볏짚을 56% 급여하면 총 섭취사료중 CP함량은 설계한 대로 13%수준이 된다.

표 1-2. 공시사료의 성분

	DM	CP	EE	CF	ash	총 열량 (kcal/g)
	(%)	- - - % DM - - -				
벼짚	87.5	5.14	1.31	30.43	11.56	3.62
배합사료	86.9	24.50	1.70	5.67	7.61	3.90

나) 에너지 수준별 공시축의 체중과 건물 및 영양소 섭취량

유지에너지 수준을 대사체중 당 102.7kcal를 설정하고, 저, 중, 고 에너지 수준을 0.8배, 1.2배, 1.6배로 하면서 각 개체별 대사체중당 계산을 하여 급여하였기 때문에 개체별로는 섭취량이 달랐으나, 전 개체가 급여한 사료를 전량 섭취한 것으로 나타났다(표 1-3).

표 1-3. 에너지 수준별 공시축의 체중과 건물 섭취량

0.8M				1.2M				1.6M			
명호	체중 (kg)	DMI (g/d)		명호	체중 (kg)	DMI (g/d)		명호	체중 (kg)	DMI(g/d)	
		벼짚	배합			벼짚	배합			벼짚	배합
49	227.5	1505.8	1178.3	32	246.5	2241.1	1776.3	61	275.5	3081.5	2444.6
29	207.0	1383.2	1090.4	35	224.5	2048.5	1618.0	23	239.5	2801.4	2215.9
44	183.0	1190.6	932.1	58	215.5	1890.9	1494.9	39	222.0	2486.2	1960.9
46	166.5	1103.1	861.8	33	197.5	1812.2	1433.3	69	222.0	2530.0	1996.1
45	187.5	1278.1	1011.2	42	196.5	1803.4	1424.5	38	206.5	2398.7	1899.4
51	149.5	1103.1	870.5	43	163.5	1637.1	1292.6	34	179.0	2162.3	1705.9
평균	186.8	1260.6	990.7	평균	207.3	1905.5	1506.6	평균	224.1	2576.7	2037.1
SD	25.4	147.2	115.5	SD	25.9	193.4	154.5	SD	29.5	294.1	236.0

평균 DM 섭취량은 0.8M, 1.2M, 1.6M에서 각각 2.3kg, 3.4kg, 4.6kg를 섭취하였고, 따라서 에너지 수준 설정에 따라 GE 섭취량도 증가하였다. 그러나 DM중 CP와 GE 함량은 일정하였고, CP 함량은 설계치 13.0% 보다 0.6% 높게 나타났고, 섭취사료의

GE 함량은 3.74kcal/g이었다(표 1-4).

표 1-4. 사료 및 영양소 섭취량

	0.8M	1.2M	1.6M
DM 섭취량(g/d)	2251.3	3412.1	4613.8
CP 섭취량(g/d)	307.5	467.1	631.5
Gross energy 섭취량(GE kcal/d)	8.43	12.77	17.27
섭취 DM중 CP(%)	13.6	13.7	13.7
섭취 DM중 GE(kcal/g)	3.74	3.74	3.74

다) 에너지 균형

평균 대사체중당 에너지 섭취량은 저, 중, 고에서 각각 166.9, 234.1, 298.3kcal 이었고, 분으로 손실된 에너지는 각각 70.2, 99.0, 131.9kcal, 뇨로는 0.23, 0.79, 0.79kcal 로 나타났다. 뇨에너지 손실량은 개체간 상당한 차이를 보였고, 그 결과 중과 고 에너지에서의 뇨 에너지 손실량이 같게 나타났다(표 1-5). 원인으로서는 뇨를 분과 100% 분리할 수 없었기 때문으로 생각되며, 분은 g당 에너지 함량이 뇨의 2-3 천배 높기 때문에 분석 시료는 채취하는 과정에서 여과를 한다해도 분 중 가용성 유기물의 혼입을 방지하기는 어려웠다. 메탄에 의한 에너지 손실량은 저, 중, 고에서 각각 6.1, 8.7, 11.0kcal였고, 총 손실량은 76.5, 108.5, 143.6kcal이었다.

표 1-5. 섭취에너지 및 손실에너지(kcal/kg^{0.75})

	섭취량	손실량			총 손실량
		분	뇨	메탄	
0.8M	166.9	70.2	0.23	6.1	76.51
1.2M	234.1	99.0	0.79	8.7	108.49
1.6M	298.3	131.8	0.79	11.0	143.59

대사체중당 분으로 손실된 에너지는 총섭취량의 42-44%로 나타났다(표 1-6). 이는 에너지 소화율이 약 56-58%로 비교적 낮았다는 것을 의미하며, 볏짚의 비율이 56%로 높았기 때문이었던 것으로 해석된다. 목건초를 비육전기에 약 43%, 비육중기에 약 38%, 비육후기에 약 26% 급여한 橋瓜 등(1968a)의 시험에서는 분 중 에너지 손실율이 37%, 34%, 33%로 나타났고, 조사료의 급여비율이 높을수록 분중 에너지 손실율이 높아지는 것은 다른 보고들에(橋瓜 등, 1968b, c) 의해서도 동일한 결과를 보여주고 있다.

뇨로 손실되는 에너지의 비율은 고에너지구에서 0.3%로 가장 높았으나, 橋瓜 등(1968 a, b, c)의 시험에서 보고된 평균 2% 보다는 매우 낮았다. 또한 메탄 에너지도 橋瓜 등(1968 a, b, c)의 8.0 - 10%보다 약 60% 낮게 측정되었다. 이러한 결과는 본 실험의 사료적 특성보다는 뇨 시료의 분리수거와 뇨의 총열량 분석상의 문제로 여겨진다. 메탄 발생량도 낮게 측정되었고, 이 문제는 열발생량 측정을 위한 O₂ 소비량과 CO₂ 발생량에서도 같은 문제점으로 나타나, 이들 자료로 기초로 계산되어진 열발생량(heat production) 자료를 이용할 수 없었다.

표 1-6. 섭취에너지에 대한 손실에너지 및 축적에너지의 비율(%)

	분	뇨	메탄
0.8M	42.06	0.14	3.65
1.2M	42.29	0.34	3.72
1.6M	44.18	0.26	3.69

Digestible energy(DE)와 Metabolizable energy(ME) 섭취량(표 1-7)은 에너지 수준에 따라 증가하였지만, GE의 DE 전환효율과 DE의 ME 전환효율은 차이가 없었다. 특히 DE의 ME전환효율은 0.93으로 높게 나타났지만, 뇨와 메탄에너지가 낮게 측정되었기 때문이며, 橋瓜 등 (1968a, b, c)의 시험결과인 0.82정도가 믿을 수 있는 값으로 판단된다.

대사에너지 섭취량에서 호흡대사장치에서 측정된 열발생량(heat production)을 빼서 체축적에너지를 구하는 방법으로 유지에너지 요구량을 구할 수 있으나, 측정된 열발생량이 일반적인 값의 약 1/4밖에 되지 않아서 육성기의 유지에너지 요구량을 구할

수 없었다.

표 1-7. 에너지 수준별 사료의 에너지가와 이용율

	DE (kcal/kg ^{0.75})	DE/GE	ME (kcal/kg ^{0.75})	ME/DE
0.8M	96.7	0.58	90.4	0.93
1.2M	135.1	0.58	125.6	0.93
1.6M	166.5	0.56	154.7	0.93

2) 비육중기

가) 공시사료

육성기의 공시사료와 비교할 때, CP 함량은 벗짚, 배합사료 모두 조금 높았고, 총 열량가는 약간 낮았다(표 1-8).

표 1-8. 공시사료의 성분

	DM (%)	CP	EE	CF	ash	총 열량 (kcal/g)
		--- % DM ---				
벗짚	90.4	4.66	1.34	30.47	12.42	3.87
배합사료	87.5	23.14	2.49	4.80	6.71	4.03

나) 에너지 수준별 공시축의 체중, 건물 및 영양소 섭취량

거세우는 비육중기 이후부터 조사료를 제한급여하기 시작하지만 본 실험은 유지에너지 요구량을 결정하기 위한 실험으로서 육성기와 같은 조건에서의 유지요구량을 구하려는 목적으로 벗짚의 비율을 변화없이 56%로 유지하였다. 비육전기에도 급여사료는 전량 섭취하였다(표 1-9).

섭취 DM중 CP 함량은 12.5%로 사료설계시 예측했던 13.0% 보다 0.5% 낮게 나타났고, 섭취사료의 GE 함량은 육성기 보다 0.2kcal/g 높았다(표 1-10).

표 1-9. 에너지 수준별 공시축의 평균 체중 및 건물 섭취량

0.8M			1.2M			1.6M		
체중 (kg)	DMI (g/d)		체중 (kg)	DMI (g/d)		체중 (kg)	DMI(g/d)	
	벗짚	배합		벗짚	배합		벗짚	배합
371.2	2350.0	1749.0	390.5	3253.9	2448.6	371.0	4157.7	3148.2

표 1-10. 사료 및 영양소 섭취량

	0.8M	1.2M	1.6M
DM 섭취량(g/d)	4099.0	5702.5	7305.9
CP 섭취량(g/d)	515.4	717.9	921.8
Gross energy 섭취량(GE Mcal/d)	16.14	22.46	28.77
섭취 DM중 CP(%)	12.5	12.6	12.6
섭취 DM중 GE(kcal/g)	3.94	3.94	3.94

다) 에너지 균형

평균 대사체중당 총에너지 섭취량(표 1-11)은 저, 중, 고에서 각각 190.8kcal, 255.8cal, 340.9kcal로 나타났다. 뇨에너지 손실량은 비육전기에서도 개체간 상당한 차이를 보였고, 메탄에 의한 에너지 손실량은 저, 중, 고에서 각각 16.4, 14.2, 17.4kcal이었고, 총 손실량은 98.2, 121.0, 159.8kcal 이었다.

대사체중당 분으로 손실된 에너지는 에너지 수준에 관계없이 총 섭취량의 약 41%로 낮았던 것은(표 1-12) 육성기의 결과와 같았다. 뇨나 메탄으로 손실되는 에너지의 비율은 육성기의 결과보다는 높았으나, 橋瓜 등(1968 a, b, c)의 보고보다는 여전히 낮은 수준이었다.

표 1-11. 섭취에너지 및 손실에너지(kcal/kg^{0.75})

	섭취량	손실량			총 손실량
		분	뇨	메탄	
0.8M	190.81	79.15	2.74	16.35	98.24
1.2M	255.78	105.26	1.58	14.16	120.99
1.6M	340.86	139.36	3.10	17.37	159.83

표 1-12. 섭취에너지에 대한 손실에너지 및 축적에너지의 비율(%)

	분	뇨	메탄
0.8M	41.48	1.43	8.57
1.2M	41.15	0.62	5.54
1.6M	40.88	0.91	5.09

DE와 ME 섭취량(표 1-13)은 모든 에너지 수준에서 육성기 보다는 높았고, GE의 DE 전환효율은 차이가 없었다. DE의 ME 전환효율은 뇨에너지 손실량이 육성기 보다는 높게 측정되었기 때문에 낮아졌으나, 1.2M과 1.6M에서는 橋瓜 등 (1968a, b, c)의 시험결과 보다 높게 평가되었다

각 에너지 수준별 평균값을 이용하여 대사에너지 섭취량과 체축적에너지의 관계를 그림 1-1에 나타내었다. 체축적에너지가 (-)값을 보인 개체도 모두 포함하여 그런 회귀식이 만나는 X축 절편값, 즉 유지를 위한 에너지요구량은 대사에너지로 124.3kcal/W^{0.75}로 나타났다. 그러나 kf와 km의 기울기가 다른 것을 고려하여 체축적에너지가 (+)에 상당하는 값만으로 분석을 하면 유지를 위한 대사에너지는 113.64kcal/W^{0.75}이었다.

표 1-13. 에너지 수준별 사료의 에너지가(kcal/kg^{0.75})와 이용효율

	DE	DE/GE	ME	ME/DE	열발생량 (HP)	체측적 에너지
0.8M	111.66	0.58	92.57	0.83	113.29	-20.72
1.2M	150.52	0.58	134.78	0.89	128.61	6.17
1.6M	201.51	0.59	181.04	0.90	142.51	38.53

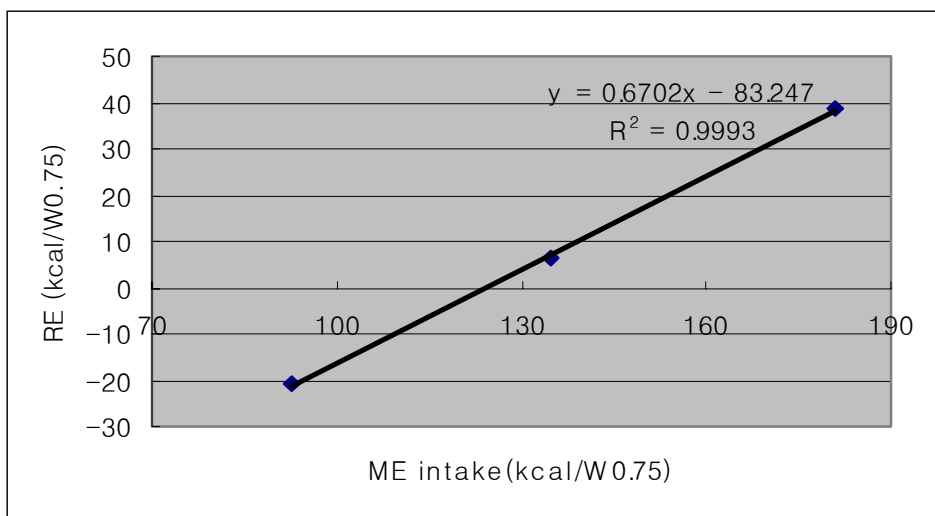


그림 1-1. 대사에너지 섭취량과 체측적에너지의 관계.

2. 증체를 위한 에너지 요구량 결정

가. 방법

- 축산기술연구소에서 수행된 “한우의 성장단계별 산육생리 실험” 자료 분석

1) 공시축

- 전국의 한우개량 단지에서 구입한 생후 3~4개월령(체중 100kg내외)의 한우 송아지 200두

2) 실험설계 (표 1-14)

6개월부터 2개월 간격으로 30개월까지 8두씩 도살하여 자유채식 방식과 제한급여 방식으로 사육된 소의 산육생리를 조사하기 위하여 표와 같이 200두를 배치하였다.

표 1-14. 실험설계

구 분	시 험 구													계
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
도살월령(개월)	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	-
제한급여구(두)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	104
무제한급여구(두)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	96
계	8	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	200

* 6개월령 자유채식구와 제한급여구는 동일개체임.

3) 사양관리

조사료는 볏짚을 자유채식시켰고, 농후사료는 시험설계에 따라 자유채식구와 제한급여구를 분리하였다. 자유채식구는 시험기간동안 농후사료와 조사료를 자유 채식시켰다. 제한급여구는 육성기의 3~5개월령에는 배합사료를 자유채식시켰고, 6~12개월령에는 배합사료를 체중의 1.2~1.5%, 비육전기(13~18개월령)에는 배합사료를 체중의 1.7~1.8%, 비육후기(19~30개월령)에는 배합사료를 자유채식시켰다. 육성기, 비육전기 및 비육후기 사료의 조단백질 함량은 각각 15, 12 및 11%, TDN은 각각 70, 71 및 72%수준이었다. 배합사료의 배합율과 성분함량은 (표 1-15)에서와 같다.

4) 공시축의 도축

공시축의 도살은 실험설계에 따라 도살월령에 도달하면 축산기술 연구소 부설 시험도축장에 옮겨 12~24시간동안 자유롭게 물만 급여시키면서 절식시켜 총살법으로 도살하였다.

5) 분석 대상 항목

- 1) 생체중, 절식체중, 공체중의 변화
- 2) 공체성분중 단백질과 에너지 함량(%)변화
- 3) 공체성분중 총에너지 함량 변화(Mcal)

표 1-15. 농후사료의 배합율 및 성분표(%)

구 분	사 육 단 계		
	육 성 기	비육전기	비육후기
수 분	11.8	12.7	12.4
조 단 백 질	15.1	12.0	11.5
조 지 방	3.1	2.6	2.9
조 섬 유	6.2	3.5	3.3
조 회 분	6.5	5.3	4.2
Ca	1.1	0.7	0.6
P	0.5	0.4	0.4
T. D. N.	68.8	71.4	72.5

나. 결과 및 고찰

증체를 위한 에너지요구량 결정을 위한 자료분석은 생육단계별로 구분하지 않고, 6개월에서 30개월까지의 전기간을 동시에 분석하였다. 본 자료분석에서는 증체를 위한 정미에너지(NEg), 즉 성장에 따른 체축적에너지(Retained energy; RE) 증가량을 구하고, NEg와 체중 그리고 일당증체량과의 관계식을 구하여, 현재 대상축의 체중과 목표 일당증체량을 설정하면 NEg를 구할 수 있도록 하였다.

일당증체량 변화를 구하기 위해 월령별 생체중 변화(그림 1-2) 그리고 월령별 공체중의 변화 (그림 1-3)를 분석하였다. 고급육생산을 목표로 하는 한우 농가에서는 거세를 반드시 하고 있지만, 전국적인 거세비율은 아직 10%정도에 머물러 있다. 거세우를 이용한 고급육 생산 프로그램에서는 제한 급여를 기본으로 하고 있고, 이는 비육우의 산육생리에 기초한 것이다. 제한급여와 무제한급여 방식 차이에 따른 체중의

변화를 보면 제한급여구는 무제한급여구에 비하여 육성기와 비육전기까지 증체 속도가 늦지만 비육후기 그리고 24개월령 이후에는 비육속도가 빨라져서 30개월령의 체중에서는 차이가 없는 것을 알 수 있다. 육성기에 농후사료를 제한하면 조사료 섭취량이 증가하고, 반추위 발달 및 골격형성을 촉진하게 되며, 비육중기 이후에는 보상성장이 기대되기 때문에, 출하체중에서는 차이가 없다. 그러나 육성기부터 농후사료를 무제한 급여한 소는 반추위 발달이 충분치 못하여 비육후기의 근내지방 축적에 필요한 충분한 에너지를 섭취할 수 없으며, 오히려 일찍부터 고에너지를 섭취한 결과로 불가식지방이 많아지는 결과를 초래한다.

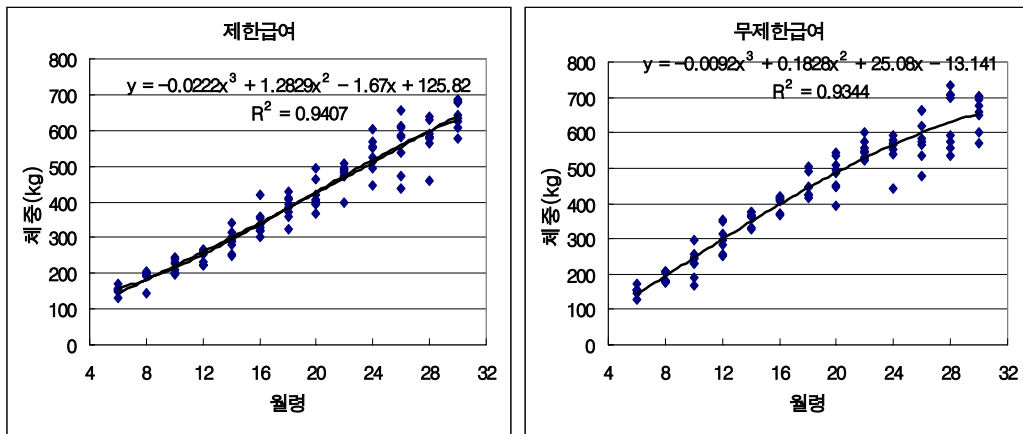


그림 1-2. 월령별 체중변화.

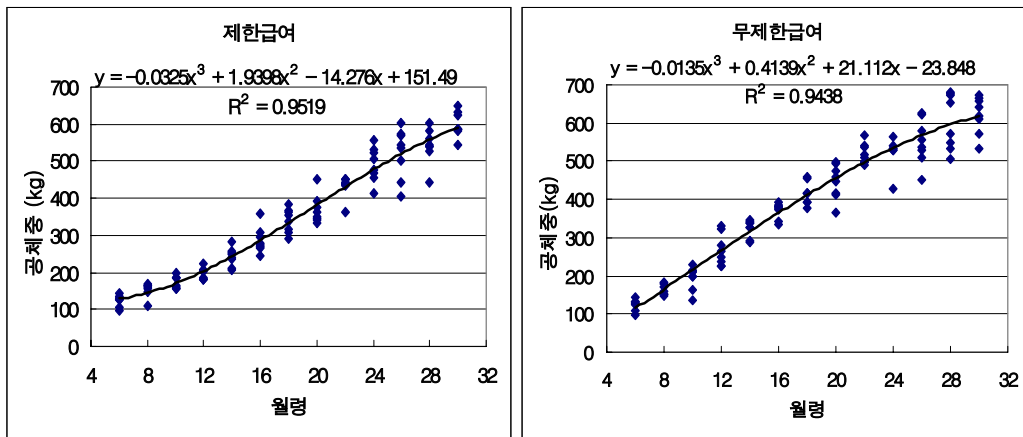


그림 1-3 월령별 공체중변화

공체 중의 단백질 및 지방비율(그림 1-4)의 변화는 제한, 무제한급여구가 유사한 형태를 보였다. 체단백은 체중 100kg에서 약 20%였으나 체중이 증가하면서 감소하여 600kg를 상회하면서 15%이하로 낮아졌다. 지방함량은 100kg에서 약 5%정도였으나 600kg의 약 40%까지 직선적으로 증가하였다.

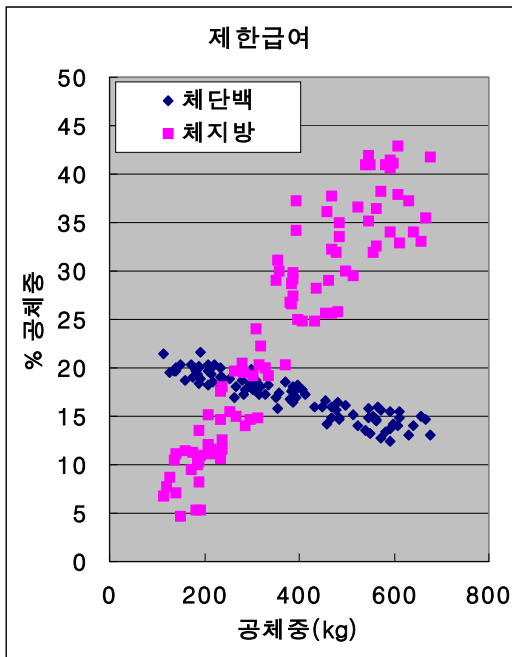


그림 1-4. 월령별 공체중의 단백질과 지방 함량 변화.

월령에 따른 실측 체축적에너지의 변화는 그림 1-5에서 보여주고 있다. 체축적에너지에서도 제한급여구와 무제한급여구의 차이가 성장단계별로 뚜렷하게 나타나고 있고, 무제한급여방식이 근내지방 보다 빠른 시기에 축적되는 피하지방이나 신지방, 근간지방의 축적을 증가시켰을 것을 판단할 수 있다. 제한급여는 약 20개월령 이후에 에너지 축적이 급속히 증가하는 것을 볼 수 있고, 이는 근내지방의 축적이 시작되는 시기이기도 하기 때문에 고급육생산을 위해서는 제한급여가 필수적이라는 것을 증명하고 있다.

체조직에 축적된 에너지 함량은 증체를 위한 정미에너지에 해당한다. 따라서 체중으로부터 소화관 내용물을 뺀 공체중(空體重)의 단백질, 지방 비율을 알면 정미 에너지

지 축적량을 계산할 수 있다. NRC(2000)에 의하면 절식체중 200kg 거세우의 1kg 증체량 중 17%가 단백질, 21%가 지방이며, 체중의 증가와 함께 증체에서 차지하는 단백질 비율은 감소하고, 지방비율은 증가한다. 500kg에서는 1kg 증체할 경우, 단백질 비율은 9%, 지방비율은 57%에 달하고, 증체의 반 이상이 지방이다. 지방 1kg당 에너지 함량은 9.367Mcal, 단백질 1kg당 5.686Mcal으로 추정되기에 체중 500kg의 경우는 200kg의 송아지에 비교하여 1kg의 증체에 2배 이상의 정미에너지가 필요하다 (NRC, 2000)는 것을 알 수 있다.

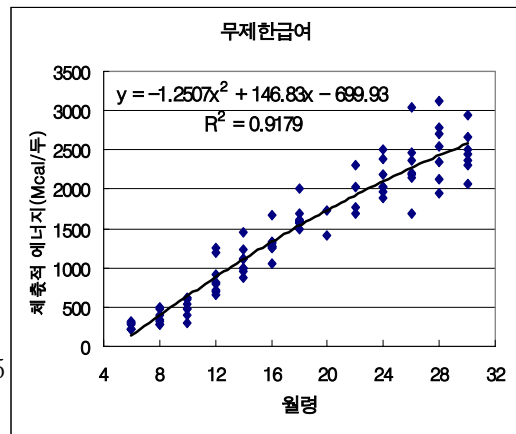
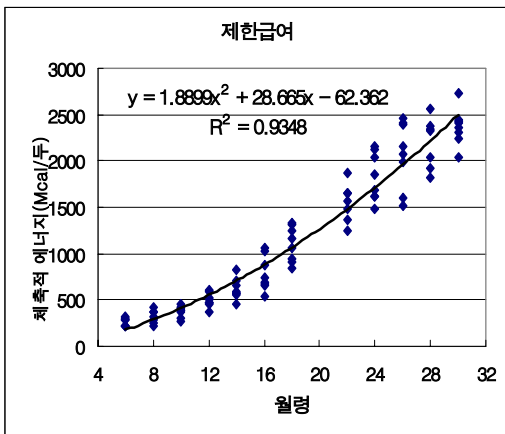
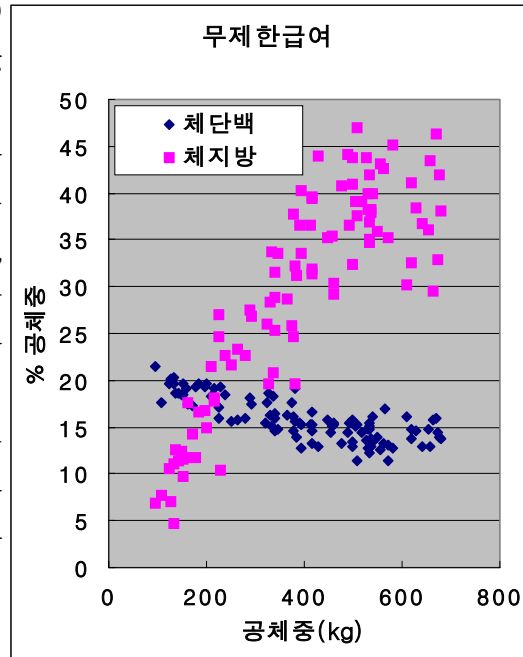


그림 1-5. 월령별 체축적에너지(Retained energy; RE).

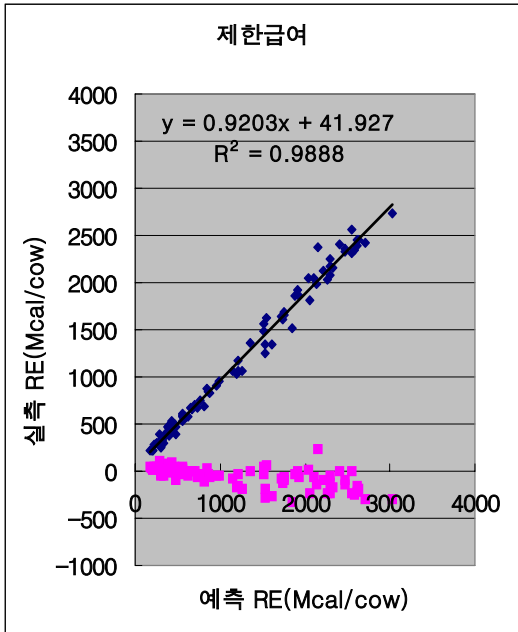
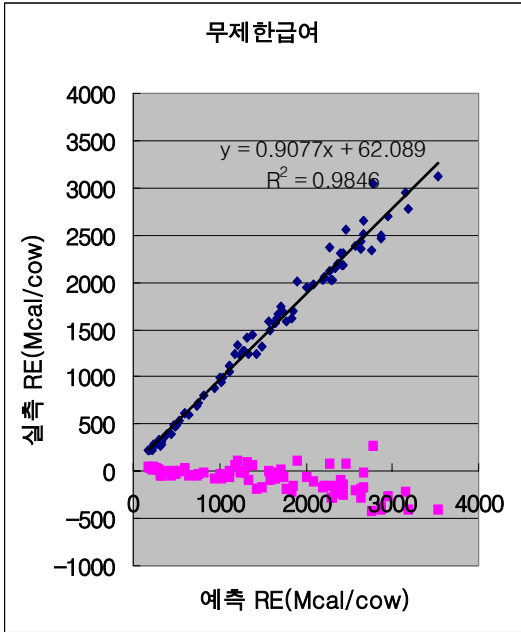


그림 1-6. 공체중의 단백질과 지방함량

(kg)으로 계산한 예측치와 실측치와의 관계.

NRC 육우편(2000)에서 제시하고 있는 체단백질과 체지방량의 에너지가인 5.685Mcal와 9.367Mcal의 실용성을 알아보기 위해 본 연구의 체단백과 체지방량에 곱하여 얻은 예측 체축적에너지와 본 연구의 실측 체축적에너지간의 관계(그림 1-6)를 조사해 본 결과, 아주 높은 상관관계를 보여주고 있는 것을 알 수 있었다.

이상의 결과들에서 얻은 관계식을 이용하여 월령별 체축적에너지와 생체중의 변화 그리고 일당 체축적에너지와 일당증체량을 다시 구하였다(표 1-16, 17). 일당 체축적에너지(NEg)와 체중 그리고 일당증체량의 관계식을 가장 잘 보여주는 계수값을 월령별로 구한 결과, 제한급여구의 경우, 0.08748에서부터 0.04565까지 낮아졌다가 다시 증가하여 0.06469의 값을 보여주었다. 전체 평균값은 0.055852이었다. 무제한급여구는 전체적인 변화는 같았으나, 계수값에서 차이가 있었고, 평균값은 0.05277로 나타났다.

이상의 결과, 증체를 위한 정미에너지 요구량을 위한 다음과 같은 식을 구하였다.

$$\text{제한급여구: NEg} = 0.05585 * W^{0.75} * DG$$

$$\text{무제한급여구: NEg} = 0.05277 * W^{0.75} * DG$$

또한 대사축이 입식후 8개월령까지 이동 스트레스 및 환경적응기간의 여러 문제가 있었다고 판단하여 8개월령 이후의 자료만으로 분석을 하면 NEg는 다음과 같다.

$$\text{제한급여구: NEg} = 0.05332 * W^{0.75} * DG$$

$$\text{무제한급여구: NEg} = 0.04912 * W^{0.75} * DG$$

이상의 본실험에서 얻은 NEg값을 NRC식을 원용하여 구하였던 한국표준가축사료 급여기준(한우편; 1992) 값과 일본 사양표준(2000)에서 제시하고 있는 값을 비교하여 본 결과(표 1-18), 제한급여구의 경우, 일당증체량이 낮은 경우는 가장 높은 에너지 요구량값을 보였으나, 일당증체량 0.8kg 부터는 NRC와 일본사양표준의 중간정도의 값을 보여주고 있다.

표 1-16. 제한급여구의 기초자료를 이용한 NEg 계수($NEg = X \cdot \text{대사체중} \cdot DG$) 산출

월령	체축적에너지		생체중(kg)	대사체중	일당증체 (kg/d)	X=
	Mcal/두)	Mcal/두				
6	177.66		157.19	44.39		
8	287.91	1.778	183.20	49.80	0.426	(0.083748)
10	413.28	2.022	215.21	56.19	0.525	0.068577
12	553.76	2.266	252.16	63.28	0.606	0.059122
14	709.37	2.510	292.97	70.81	0.669	0.052968
16	880.09	2.754	336.59	78.58	0.715	0.049003
18	1065.94	2.997	381.95	86.40	0.744	0.046658
20	1266.90	3.241	427.98	94.10	0.755	0.045650
22	1482.98	3.485	473.62	101.52	0.748	0.045884
24	1714.18	3.729	517.80	108.55	0.724	0.047434
26	1960.50	3.973	559.45	115.03	0.683	0.050576
28	2221.94	4.217	597.52	120.85	0.624	0.055912
30	2498.50	4.461	630.93	125.89	0.548	0.064692

표 1-17. 무제한급여구의 기초자료를 이용한 NEg 계수($NEg = X \cdot \text{대사체중} \cdot DG$) 산출

월령	체축적에너지		생체중(kg)	대사체중	일당증체 (kg/d)	X=
	Mcal/두	Mcal/일				
6	136.02		141.93	41.12		
8	394.67	4.172	194.49	52.08	0.862	0.092971
10	643.30	4.010	246.74	62.26	0.857	0.075201
12	881.93	3.849	298.24	71.77	0.844	0.063515
14	1110.55	3.687	348.56	80.67	0.825	0.055414
16	1329.17	3.526	397.25	88.98	0.798	0.049646
18	1537.78	3.365	443.87	96.70	0.764	0.045527
20	1736.39	3.203	487.98	103.82	0.723	0.042670
22	1924.99	3.042	529.13	110.32	0.675	0.040870
24	2103.59	2.886	566.89	116.18	0.619	0.040056
26	2272.18	2.719	600.81	121.35	0.556	0.040294
28	2430.76	2.558	630.46	125.82	0.486	0.041834
30	2579.34	2.396	655.38	129.53	0.409	0.045282

표 1-18. 일본과 한우(1992) 그리고 본 시험 결과의 NEg 비교

체중(kg)	DG(kg)	증체를 위한 정미에너지 요구량(NEg)			
		한우(1992)	화우(2000)	제한	무제한
250	0.4	1.35	1.37	1.40	1.33
250	0.6	2.10	2.06	2.11	1.99
250	0.8	2.88	2.75	2.81	2.65
250	1.0	3.68	3.43	3.51	3.32
250	1.2	4.49	4.12	4.21	3.98
500	0.4	2.26	2.31	2.36	2.23
500	0.6	3.53	3.46	3.54	3.35
500	0.8	4.84	4.62	4.72	4.46
500	1.0	6.18	5.77	5.91	5.58
500	1.2	7.55	6.93	7.09	6.70

2절 제 2세부과제: 한우 거세우의 단백질 요구량 결정

1. 유지를 위한 단백질 요구량 결정

가. 실험방법

1) 육성기, 비육전기, 비육후기에 각각 3수준의 단백질을 급여하면서 질소출납 시험을 통해 유지를 위한 단백질요구량을 결정하였다. 대사에너지(ME) 수준은 동일하면서 단백질 수준이 8%(저), 12%(중), 16%(고)가 되도록 하기 위해 옥수수과 옥그루텐밀의 비율을 조절한 3종류의 배합사료(표 2-1)를 설계하였고, 1일 급여량은 체중의 2.0%로 하면서 배합사료와 볏짚의 비율은 80:20으로 동일 적용하였다.

표 2-1. 배합사료의 처리별 배합비

	저단백	중단백	고단백
옥수수	72.7	65.5	58.5
옥그루텐 밀	-	7.2	14.2
비트펄프	25.1	25.1	25.1
석회석	1.6	1.6	1.6
소금	0.4	0.4	0.4
그로빅DC	0.2	0.2	0.2
ME (kcal/g)	2,687.0	2,712.0	2,736.0
CP (%)	8.1	11.9	15.5

2) 단백질수준별 시험 두수는 각 6두(총 18두)이었고, 사료적용 2주 후, 7일간 분뇨채취를 하였다. 전분을 수거 후 분석을 위한 시료 채취는 유지를 위한 에너지 요구량 결정 시험(1절 1)과 동일한 방법으로 수행하였다.

나. 결과 및 고찰

1) 육성기

공시 배합사료를 분석해 본결과, 에너지함량은 동일하지만 저, 중, 고단백구의 단백질 함량은 각각 10.0, 14.0, 19.0%(표 2-2)로 사료설계에서 목표했던 수준보다 2-3% 높게 제조되었음을 알 수 있었다.

표 2-2. 공시사료의 성분

		DM(%)	CP	EE	CF	ash
		% DM				
저단백	볏짚	87.99	5.98	1.55	39.44	14.21
	배합사료	86.89	9.84	2.87	8.45	5.18
중단백	볏짚	87.99	5.98	1.55	39.44	14.21
	배합사료	87.21	13.99	2.22	8.81	4.44
고단백	볏짚	87.99	5.98	1.55	39.44	14.21
	배합사료	87.46	18.86	2.42	8.91	4.81

표 2-3. 처리별 공시축의 평균 체중 및 건물섭취량

저단백구				중단백구				고단백구			
명호	체중 (kg)	건물섭취량 (g/d)		명호	체중 (kg)	건물섭취량 (g/d)		명호	체중 (kg)	건물섭취량 (g/d)	
		볏짚	배합사료			볏짚	배합사료			볏짚	배합사료
평균	173.4	718.6	2766.1	평균	173.9	704.0	2761.5	평균	173.7	718.6	2769.5

건물섭취량(표 2-3) 체중의 2% 급여하였기 때문에 처리간 차이는 없었으나, 농후사료중 단백질 함량의 차이로 저단백구는 1일 274g, 중단백구는 374g, 고단백구는 495g의 조단백질을 섭취한 것으로 나타났다(표 2-4). 조단백질 섭취량을 대사체중당으로 환산해 보면 저, 중, 고단백질구가 각각 5.7, 7.8, 10.3g/W^{0.75}으로서 이(1991)가 한우 수소를 이용한 단백질 대사시험에서 제시한 유지를 위한 CP요구량 4.57g과 비교해 보면, 저단백질이 약 25% 높았고, 중, 고단백질구는 각각 71%, 125% 높았다.

분으로 배설된 대사체중당 조단백질량은 저, 중, 고 단백질구에서 각각 3.6, 3.8, 4.1g으로 조단백질 섭취량이 증가할수록 조금씩 증가하였으나, 조단백질 섭취량의 비율로 환산해 보면 63, 49, 39%로 감소하였음을 알 수 있다. 뇨로 배설된 조단백질량은 조단백질 섭취량의 비율로 보면 분을 통한 조단백질 배설량의 비율보다는 큰 변화가 없이 약 24-34% 수준이었다. 이러한 결과 섭취한 조단백질 중 체내에 축적된 단

백질의 비율은 저단백구의 경우, 약 0.9%로 나타났고, 저단백구에서 섭취한 5.73g/W^{0.75}의 조단백질이 유지를 위한 조단백질 요구량에 가까운 값이라는 것을 시사하고 있다. 중단백과 고단백구에서의 섭취 단백질의 체내 축적 비율은 약 30%, 40%로 나타났다.

표 2-4. 처리별 질소균형

		저단백	중단백	고단백
CP 섭취량	(g/d)	274.2	373.8	494.6
	(g/d/kg ^{0.75})	5.73	7.80	10.31
CP 배설량				
	분			
	(g/d/kg ^{0.75})	3.61	3.79	4.06
	(% CP intake)	63.0	48.6	39.4
	뇨			
	(g/d/kg ^{0.75})	1.93	1.65	2.52
	(% CP intake)	33.7	21.2	24.4
CP 균형	(g/d/kg ^{0.75})	0.05	2.36	4.07
	(% CP intake)	0.87	30.3	39.5

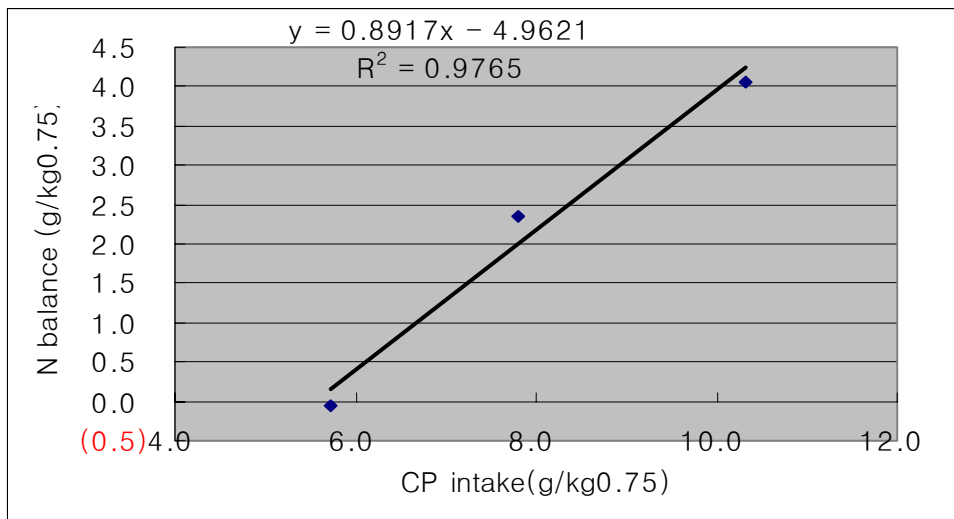


그림 2-1. 사료단백질 섭취 수준과 질소균형의 관계.

그림 2-1은 본 연구결과의 CP 섭취량($g/W^{0.75}$)과 체측적 CP량($g/W^{0.75}$)과의 관계를 보여주고 있고, CP 축적량이 0인 X 축 절편값이 유지단백질 요구량을 나타낸다. 관계식 $y = 0.8917x - 4.9621$ 에서 구한 x 절편값은 $5.56g/BW^{0.75}$ 이었다.

2) 비육전기

사료섭취량(표 2-6)과 섭취사료의 성분함량(표 2-5)으로 계산한 단백질 수준별 대사체중당 CP 섭취량, CP 배설량, 그리고 질소균형은 표 2-7와 같고, CP 균형이 0이 되는 X 축 절편(그림 2-2)을 구한 결과, 유지단백질 요구량을 보여주는 X 절편값은 $4.69g/BW^{0.75}$ 이었다.

표 2-5. 공시사료의 성분

		DM(%)	CP	EE	CF	ash
저단백	볏짚	86.13	5.63	1.79	32.07	12.89
	배합사료	86.15	8.73	2.99	4.33	4.13
중단백	볏짚	86.13	5.63	1.79	32.07	12.89
	배합사료	87.41	14.78	3.24	6.70	4.43
고단백	볏짚	86.13	5.63	1.79	32.07	12.89
	배합사료	88.10	18.99	3.13	4.70	4.07

표 2-6. 처리별 공시축의 체중 및 건물섭취량

저단백구				중단백구				고단백구			
명호	체중(kg)	건물섭취량(g/d)		명호	체중(kg)	건물섭취량(g/d)		명호	체중(kg)	건물섭취량(g/d)	
		볏짚	배합사료			볏짚	배합사료			볏짚	배합사료
평균	359.3	1085.3	4307.5	평균	357.8	1085.3	4370.5	평균	359.3	1085.3	4405.0

표 2-7. 처리별 질소균형

		저단백	중단백	고단백
CP 섭취량	(g/d)	376.74	617.05	789.56
	(g/d/kg ^{0.75})	4.59	7.53	9.82
CP 배설량	분			
	(g/d/kg ^{0.75})	3.03	3.51	2.63
	(% CP intake)	66.0	46.6	26.8
뇨	(g/d/kg ^{0.75})	1.33	2.47	3.45
	(% CP intake)	29.0	32.8	35.1
CP 균형	(g/d/kg ^{0.75})	0.23	1.54	2.91
	(% CP intake)	5.1	20.5	29.6

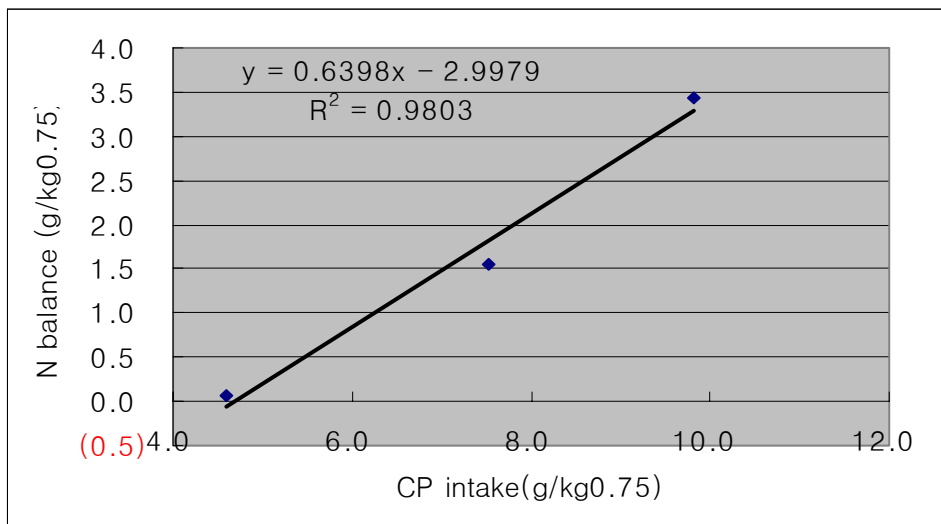


그림 2-2. 사료단백질 섭취 수준과 질소균형의 관계.

3) 비육후기

사료섭취량(표 2-6)과 섭취사료의 성분함량(표 2-5)으로 계산한 단백질 수준별 대 사체중당 CP 섭취량, CP 배설량, 그리고 질소균형은 표 2-7와 같고, CP 균형이 0이 되는 X 축 절편(그림 2-2)을 구한 결과, 유지단백질 요구량을 보여주는 X 절편값은 4.69g/BW^{0.75}이었다.

표 2-8. 공시사료의 성분

		DM(%)	CP	EE	CF	ash
저단백	벗짚	86.43	4.71	1.99	32.79	12.12
	배합사료	86.42	9.13	3.02	6.86	4.09
중단백	벗짚	86.43	4.71	1.99	32.79	12.12
	배합사료	87.02	13.22	2.93	9.37	3.83
고단백	벗짚	86.43	4.71	1.99	32.79	12.12
	배합사료	87.48	17.39	2.78	8.56	4.35

표 2-9. 처리별 공시축의 체중 및 건물섭취량

저단백구				중단백구				고단백구			
명호	체중 (kg)	건물섭취량 (g/d)		명호	체중 (kg)	건물섭취량 (g/d)		명호	체중 (kg)	건물섭취량 (g/d)	
		벗짚	배합사료			벗짚	배합사료			벗짚	배합사료
평균	473.7	1555.7	6049.2	평균	436.7	1555.7	6091.4	평균	469.8	1555.7	6123.8

표 2-10. 처리별 질소균형

		저단백	중단백	고단백
CP 섭취량	(g/d)	540.65	764.29	995.01
	(g/d/kg0.75)	5.38	8.50	9.83
CP 배설량				
	분	(g/d/kg0.75)	3.41	4.27
	(% CP intake)	63.4	50.2	43.2
뇨	(g/d/kg0.75)	1.10	2.27	2.75
	(% CP intake)	20.4	26.7	28.0
CP 균형	(g/d/kg0.75)	0.87	1.95	2.83
	(% CP intake)	16.2	22.9	28.8

2. 증체를 위한 단백질 요구량 결정

가. 방법

증체를 위한 에너지요구량 결정을 위해 이용한 “한우의 성장단계별 산육생리 실험” 자료를 분석하였으며, 기타 사항은 동일(1절 2의 실험방법 참조)

나. 결과 및 고찰

그림 2-4는 체중변화에 따른 체단백 비율의 변화를 보여주고 있다. 체중에 따른 체단백 비율을 공체중에 곱하면 총체단백질량(kg)을 구할 수 있고, 그림 2-5에 제한급여구와 무제한급여구의 총체단백질 변화를 나타내었다.

월령별 총체축적단백질은 단일당 체단백축적량(RP)을 구하고, 일당증체량(DG)과의 비율(RP/DG)을 도출하였다(표 2-11, 12). RP/DG와 체중과의 관계식은 그림 2-5와 같으며, 도출된 관계식을 증체를 위한 정미단백질요구량 (RP)을 구하는 식을 다시 표현하면 다음과 같다.

제한급여구: $RP = DG * (224.7 - 0.251 * W)$

무제한급여구: $RP = DG * (210.1 - 0.214 * W)$

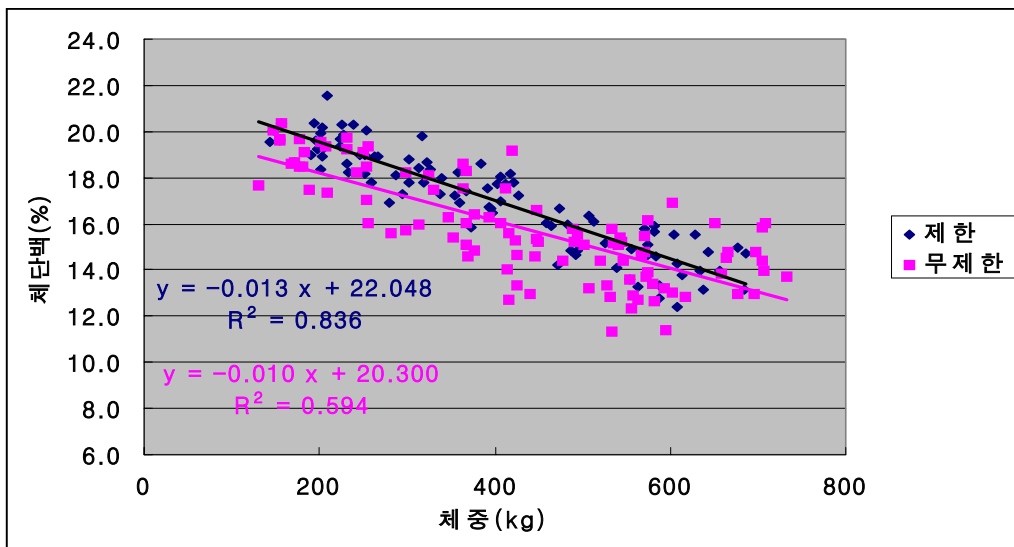


그림 2-4. 체중 변화에 따른 체단백 비율의 변화

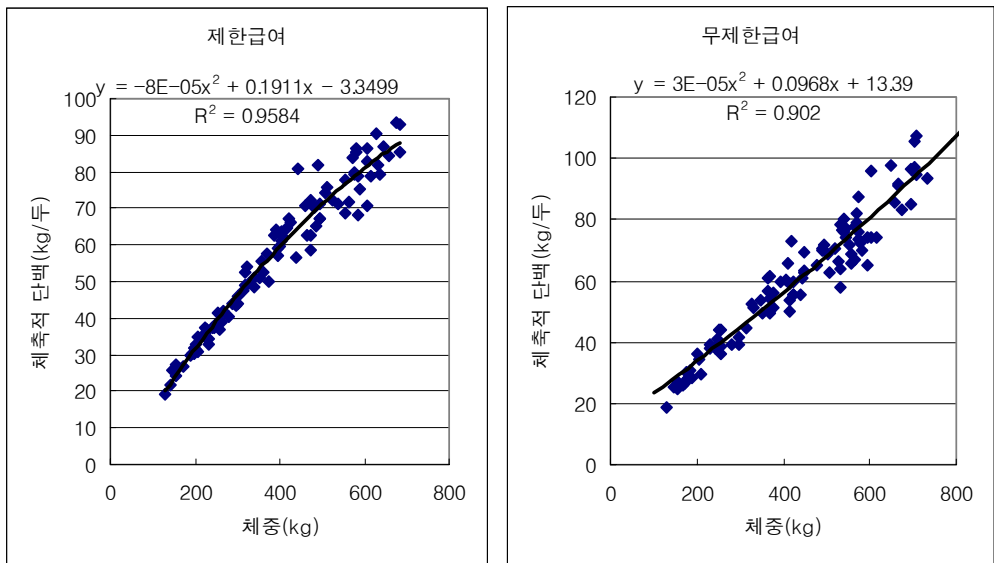


그림 2-5. 체중변화에 따른 총체축적 단백질의 변화

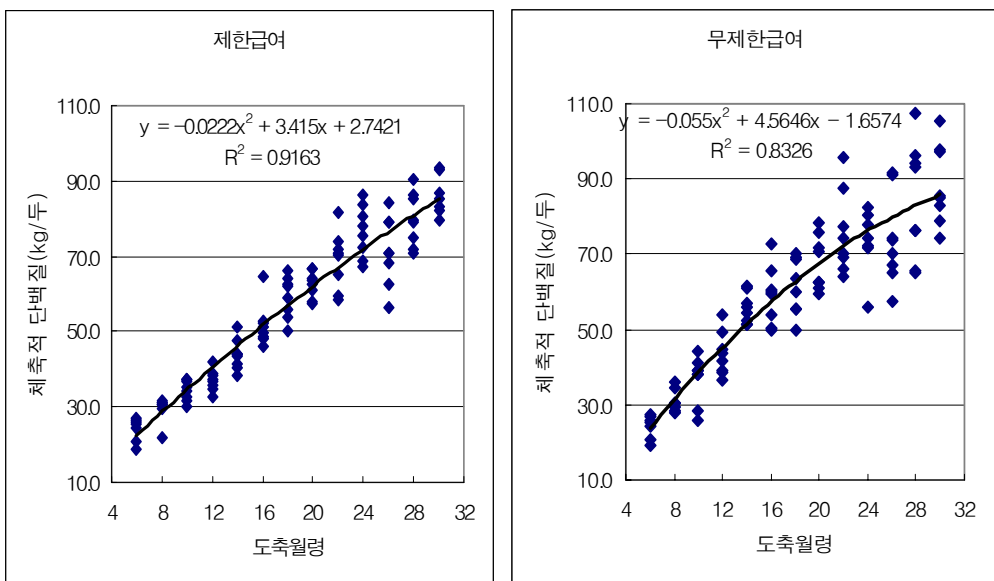


그림 2-6. 도축월령에 따른 총 체축적단백질의 변화

표 2-11. 제한급여구에 있어서 증체를 위한 단백질요구량(RP) 산출을 위한 기초자료

월령	체축적단백질(RP)		생체중 (kg)	DG (kg)	RP/DG
	kg(두)	g/일			
6	31.54		157.19		
8	36.15	75.68	183.20	0.426	177.48
10	41.60	89.29	215.21	0.525	170.15
12	47.56	97.78	252.16	0.606	161.44
14	53.75	101.45	292.97	0.669	151.61
16	59.90	100.79	336.59	0.715	140.95
18	65.78	96.45	381.95	0.744	129.71
20	71.22	89.17	427.98	0.755	118.16
22	76.09	79.74	473.62	0.748	106.58
24	80.29	68.97	517.80	0.724	95.24
26	83.81	57.63	559.45	0.683	84.39
28	86.64	46.38	597.52	0.624	74.32
30	88.82	35.76	630.93	0.548	65.29

표 2-12. 무제한급여구에 있어서 증체를 위한 단백질요구량(RP) 산출을 위한 기초자료

월령	체축적단백질(RP)		생체중 (kg)	DG (kg)	RP/DG
	kg(두)	g/일			
6	26.72		141.93		
8	35.55	144.79	194.49	0.862	168.06
10	43.76	134.63	246.74	0.857	157.17
12	51.30	123.61	298.24	0.844	146.40
14	58.14	112.04	348.56	0.825	135.82
16	64.25	100.21	397.25	0.798	125.54
18	69.64	88.38	443.87	0.764	115.64
20	74.33	76.81	487.98	0.723	106.22
22	78.34	65.69	529.13	0.675	97.37
24	81.70	55.20	566.89	0.619	89.17
26	84.48	45.45	600.81	0.556	81.73
28	86.70	36.51	630.46	0.486	75.13
30	88.43	28.38	655.38	0.409	69.46

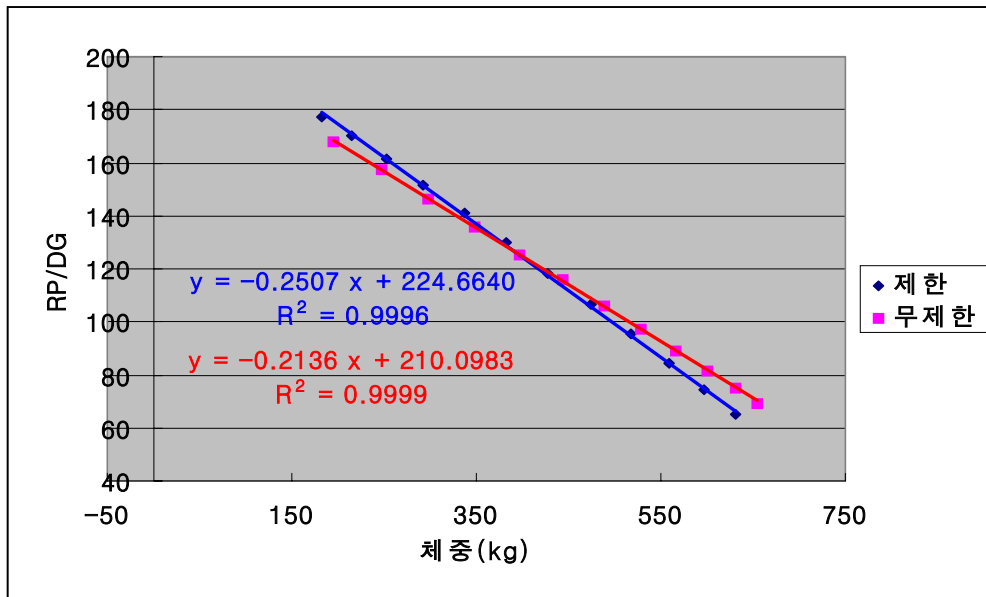


그림 2-5. 체중과 RP/DG의 관계.

3. 사료의 단백질 평가

가. *in situ* nylon bag 기법에 의한 원료사료의 반추위내 영양소 분해율 측정

1) 실험방법

가) 실험동물의 사양관리 및 실험 방법

(1) 실험동물

반추위 cannula를 시술한 평균체중 500Kg의 한우 3두를 실험 1의 실험동물로 공시하였다.

(2) 실험기간 및 장소

실험 1은 2001년 5월 1일부터 2001년 8월 30일까지 121일간 축산기술연구소 가축대사실험실에서 실시하였다.

(3) 실험사료 및 사양관리

실험사료는 국내의 사료회사에서 배합사료 제조시 널리 쓰이는 원료사료 총

22종 (채종박, 대두박, 팜박, 단백피, 옥수수배아박, 콘글루텐밀, 밀, 보리, 대두피, 소맥 피, 어분, 루핀, 알팔파 펠릿, 비트펄프 펠릿, 탈지미강, 육분, 육골분, 야자박, 옥수수, 면실박, 주정박, 생미강)을 사용하였으며 실험사료의 일반성분 분석치는 표 2-13과 같다.

표. 2-13. 분석 시료의 화학적 조성(%)

Feedstuffs	DM	CP	EE	CF	NDF	ADF	Ash
RSM	87.88	38.18	1.06	7.99	46.02	19.24	6.91
CGF	94.07	12.31	1.68	12.76	77.18	16.69	1.08
PM	87.28	13.75	7.01	14.05	69.60	42.82	3.52
SBM	87.43	45.71	1.34	4.56	30.44	9.04	5.95
CGM	92.56	64.42	0.72	0.90	-	-	3.24
COM	86.06	17.93	7.20	9.44	68.07	15.77	1.47
Wheat	86.40	12.07	1.14	2.19	48.55	3.02	1.59
Barley	85.77	11.24	1.45	3.35	36.25	5.09	2.10
Lupin	88.94	29.18	5.33	14.56	38.29	21.36	2.60
SBH	87.98	13.06	2.53	30.73	62.07	41.12	4.35
WB	86.98	14.21	2.93	8.24	47.02	12.07	4.38
FM	92.24	55.91	13.63	0.73	-	-	16.92
RBM	85.93	15.14	5.99	8.17	38.43	11.46	9.15
AP	88.17	16.53	1.72	25.64	55.05	33.80	8.88
BP	87.91	10.53	0.29	18.37	63.34	24.46	3.37
MM	94.39	68.3	6.06	1.14	-	-	17.74
MBM	96.40	50.14	8.86	0.49	-	-	31.85
CM	89.78	19.75	2.66	9.28	61.07	39.29	6.68
Corn	86.76	7.64	3.85	2.09	30.12	3.42	1.41
CSM	89.76	8.73	3.02	29.80	68.89	47.27	4.81
DDG	90.21	35.57	1.53	12.88	37.86	25.24	9.00
RB	84.75	12.61	9.70	4.38	24.57	6.13	6.36

실험 1에서 공시축에 급여한 사료의 조사료 대 농후사료 비율과 화학적 조성은 표 2-14와 같으며 물과 린칼블릭은 자유채식 시켰다. 실험동물은 실험시작 4주전부터 사료 및 환경에 적응시켰으며 사료급여는 1일 급여량을 이등분하여 09:00, 17:00 시에 2회에 나누어 급여하였다.

표 2-14 시험축에게 급여한 사료의 화학적 조성

Items	Concentrate	Rice straw
Dry matter (%)	90	88
Crude protein (%)	14	4
NDF (%)	16	79
ADF (%)	10	50
Crude fiber (%)	12	60
Crude fat (%)	3	1.2
Ash (%)	4	10
TDN (%)	69	60
Kcal (Kg)	2655	2210

(4) 실험 설계

공시사료의 반추위내 분해율 측정을 위하여 배양시간별 개별 공시축 당 1반복씩 총 3반복을 두었다.

(5) 반추위내의 영양소 소실율 측정

(가) 각각의 시료를 105℃에 8시간 건조 후 충분히 방냉하고 1mm screen을 끼운 Thomas willey mill로 분쇄한 후 standard testing sieve No.20, No.70을 이용하여, 입자도에 따라 시료를 선별(입자도 125 μ m~2mm).

(나) 가로 10cm, 세로 15cm의 nylon bag (pore size 45 μ)에 시료 5g을 넣은 후, (sample size : bag surface area , SS:SA, 16.17mg/cm²) 반추위 캐놀라가 시술된 실험축 3두의 반추위내 ventral sac 부위에 0, 3, 6, 9, 12, 16, 24, 48 시간 동안 현수, 배양한 후 꺼내어 washing machine으로 30분간 세척.

(다) Nylon bag을 65°C에 48시간 건조, 방냉 후 무게 측정하여 반추위 건물 분해율 측정.

(라) 각각의 Nylon bag에 반추위 반응 후 남은 residue를 혼합하여, AOAC 법에 따라 Crude Protein 함량을 구하여, 반추위 단백질 분해율 측정.

(6) 영양소 분해율 계산

반추위내 영양소 분해율(%) :

$$= \frac{(\text{배양전 영양소 중량} - \text{배양후 영양소 중량})}{\text{배양전 영양소 중량}} \times 100$$

(7) 반추위내 영양소 분해율 및 유효 분해율 계산

반추위내 분해율을 기초로 하여 Orskov 와 McDonald(1979)가 제안한 아래와 같은 지수 방정식을 이용하여 SAS (SAS Institute, 1996)의 비선형 회귀방정식 (PROC NLIN)으로 반추위 유효 분해율을 추정하였다.

$$P = a + b (1 - e^{-ct})$$

$$ED : a + bc / (c + k)$$

P : Degradability of nutrients at time "t"

a : Rapidly degradable fraction

b : Potentially degradable fraction

c : Constant for b fraction

t : Rumen suspension time

k : Rumen passage rate per time

ED : Effective degradability

나) 시료 분석

실험 1의 모든 시료는 AOAC (1990)의 일반성분분석 방법에 의하여 구하였다. 총 22종의 원료사료 시료는 건물, 조단백, 조지방, 조섬유, NDF, ADF, 조회분을 분석하였고 (콘글루텐밀, 육분, 육골분, 어분은 NDF, ADF 제외), 반추위 현수, 배양후의 잔여물은 건물과 조단백질 함량을 분석하였다.

2) 결과

가) 반추위내 건물 분해율 및 유효 분해율

(1) 건물 분해율

원료사료의 반추위내 건물 분해율은 표 2-15와 같다.

(2) 건물의 분해 특성 및 유효 분해율

원료사료의 반추위내 건물의 분해 특성과 유효분해율은 표 2-16과 같다.

나) 반추위내 단백질 분해율 및 유효 분해율

(1) 단백질 분해율

원료사료의 반추위내 단백질 분해율은 표 2-17과 같다.

표 2-15. 시간 경과에 따른 건물소실율(%).

Incubation times	0	3	6	9	12	16	24	48
RSM	20.10	31.38	40.55	49.70	65.94	76.86	77.09	81.52
CGF	4.95	17.58	23.66	24.29	31.44	44.44	49.47	78.83
PM	7.06	8.19	11.04	11.15	16.41	40.14	55.52	77.55
SBM	24.59	36.38	51.01	59.90	78.12	90.36	96.41	98.89
CGM	0.15	15.75	19.35	21.86	24.55	27.75	30.23	62.71
COM	0.36	19.63	29.20	32.68	60.31	69.42	81.81	92.42
Wheat	2.51	39.81	41.37	48.05	65.44	83.41	92.72	96.33
Barley	11.41	61.03	64.06	70.56	82.42	87.10	88.01	91.16
Lupin	8.56	12.33	21.24	25.54	35.65	53.51	79.72	96.22
SBH	3.16	9.32	15.33	17.80	24.54	41.69	69.41	92.39
WB	15.40	38.01	47.63	48.32	58.24	63.29	66.74	75.61
FM	42.38	49.46	50.48	51.43	53.19	53.25	55.60	62.59
RBM	11.37	27.98	35.71	43.84	53.45	58.99	65.31	81.55
AP	11.81	16.16	18.57	24.80	26.82	36.04	42.13	51.68
BP	0.48	9.61	11.55	24.13	33.62	53.08	70.18	91.42
MM	13.56	20.15	26.68	30.71	31.82	32.49	33.90	44.15
MBM	13.09	20.17	29.72	32.31	33.69	34.22	36.91	45.40
CM	22.73	23.62	32.25	42.48	51.43	62.79	75.69	85.51
Corn	4.40	12.81	20.32	30.54	34.44	49.58	72.34	93.00
CSM	5.07	9.06	9.33	10.62	14.79	19.99	28.81	45.80
DDG	44.31	55.23	55.99	59.05	67.81	68.15	73.41	76.86
RB	8.92	27.16	33.59	40.22	57.91	59.85	72.38	85.46

표 2-16. 건물 분해 특성과 유효 분해율

Feedstuffs	Parameters			EDMD ⁴⁾
	a ¹⁾	b ²⁾	c ³⁾	
RSM	14.479	64.971	0.011	26.20
CGF	11.016	62.860	0.047	41.47
PM	6.910	62.803	0.046	37.00
SBM	14.314	70.852	0.220	72.05
CGM	18.813	60.899	0.015	32.87
COM	11.067	66.798	0.109	56.86
Wheat	4.799	72.594	0.237	64.75
Barley	14.279	72.609	0.239	74.33
Lupin	25.729	62.294	0.038	52.63
SBH	6.418	64.238	0.069	43.67
WB	26.505	62.776	0.046	56.59
FM	36.039	60.997	0.017	51.52
RBM	17.170	63.963	0.065	53.32
AP	21.811	60.714	0.052	52.76
BP	6.065	64.997	0.081	46.25
MM	24.595	60.423	0.008	32.93
MBM	22.656	60.627	0.011	33.59
CM	23.748	63.104	0.052	55.92
Corn	9.782	64.662	0.076	48.78
CSM	14.455	60.570	0.010	24.55
DDG	40.523	59.802	0.030	62.95
RB	13.877	65.228	0.085	54.95

¹⁾ Rapidly soluble fraction.

²⁾ Potentially degradable fraction.

³⁾ Constant for b fraction.

⁴⁾ Effective degradability of dry matter at the passage rate(k) of 0.05

표 2-17. 시간경과에 따른 조단백질 소실율(%)

Incubation times	0	3	6	9	12	16	24	48
RSM	11.09	11.76	32.26	42.72	53.92	74.89	85.34	86.34
CGF	11.32	11.11	17.85	21.09	21.70	24.73	36.72	41.55
PM	12.86	3.95	6.98	10.23	10.55	11.79	29.63	47.51
SBM	32.71	5.86	24.31	40.69	52.02	78.97	88.18	96.19
CGM	33.04	1.77	2.18	3.41	4.44	6.00	8.73	13.15
COM	31.02	0.40	8.82	16.22	22.23	45.49	53.63	73.89
Wheat	44.56	7.51	28.41	34.45	41.87	55.29	75.77	90.98
Barley	43.13	13.81	42.35	46.29	54.04	83.84	90.16	90.78
Lupin	40.47	4.83	6.77	10.05	17.25	27.62	46.50	80.74
SBH	53.77	18.23	31.31	38.33	41.52	49.32	62.79	80.18
WB	55.50	25.18	56.31	65.76	66.67	77.17	83.40	90.08
FM	52.49	54.41	60.21	61.47	63.20	63.93	65.61	67.70
RBM	73.96	4.41	13.87	16.43	20.80	25.46	34.20	37.39
AP	76.12	29.25	40.31	41.27	42.75	46.55	62.57	64.03
BP	74.60	0.09	3.22	6.22	9.63	16.80	31.72	52.06
MM	86.34	26.08	38.62	33.57	40.26	42.12	46.22	46.81
MBM	84.73	27.47	36.08	49.35	51.30	53.76	54.93	59.67
CM	84.96	5.69	3.15	8.66	20.45	20.53	21.68	49.12
Corn	86.71	13.21	17.94	24.29	26.25	27.76	32.47	51.55
CSM	85.44	44.99	48.80	48.16	50.03	51.48	52.82	57.28
DDG	86.87	64.52	72.26	73.39	74.65	79.14	79.46	82.06
RB	93.48	15.27	33.66	38.90	42.76	57.77	58.69	70.98

(2) 단백질의 분해 특성 및 유효 분해율

원료사료의 반추위내 단백질의 분해 특성과 유효분해율은 Table 2-18과 같다.

표 2-18. 단백질의 분해특성과 유효분해율

Feedstuffs	Parameters			EPD ⁴⁾
	a ¹⁾	b ²⁾	c ³⁾	
RSM	7.958	71.225	0.216	65.79
CGF	18.520	61.288	0.022	37.25
PM	7.059	62.428	0.040	34.80
SBM	2.446	75.431	0.281	66.48
CGM	10.207	60.610	0.011	21.14
COM	6.423	65.390	0.087	47.95
Wheat	2.957	70.438	0.204	59.53
Barley	11.012	71.637	0.224	69.58
Lupin	7.813	64.731	0.077	47.06
SBH	23.034	64.774	0.062	58.89
WB	28.427	64.440	0.122	74.13
FM	48.244	59.047	0.018	63.87
RBM	15.547	61.684	0.028	37.69
AP	30.311	61.808	0.031	53.97
BP	0.892	63.648	0.060	35.61
MM	27.286	60.933	0.016	42.06
MBM	33.960	61.289	0.022	52.69
CM	9.629	62.099	0.035	35.20
Corn	22.020	61.721	0.029	44.68
CSM	36.064	60.998	0.017	51.54
DDG	59.004	58.312	0.019	75.06
RB	19.528	64.172	0.068	56.51

¹⁾ Rapidly soluble fraction.

²⁾ Potentially degradable fraction.

³⁾ Constant for b fraction.

⁴⁾ Effective degradability of crude protein at the passage rate(k) of 0.05

나. Mobile nylon bag 기법에 의한 원료사료의 거세한우의 하부장기내 영양소 분해율 측정

1) 실험방법

가) 실험동물의 사양관리 및 실험 방법

(1) 실험동물 및 십이지장 cannula 시술방법

십이지장 cannula를 시술한 평균체중 320Kg의 거세 한우 6두와 반추위 cannula를 시술한 500Kg의 한우1두를 실험 2의 실험동물로 공시하였으며, 하루 최대 소장에 투입하는 mobile bag의 수는 두당 15개로 제한하였다.

십이지장 cannula는 공시축 6두 (평균체중 320kg)를 1일 2두씩 시술하였으며 그 방법은 다음과 같다.

(가) 재료 및 기구

- 캐놀라, 캐놀라 플러그, 복막내부 지지 링, 외부 지지 링
- 외부 고정 스테인레스 스틸 링, 십이지장 고정 그물망
- 그 외 기본 외과적 수술도구

(나) 시술법

- 수술전 24시간 동안 절식시킴.
- 필요시 xylazine을 이용 예비마취.
- 가스마스크를 통한 Halothane 마취 후 기본적인 무균수술 준비를 끝냄.
- 수술을 용이하게 하기 위해 Atropine을 주사 (salivation방지, 호흡원활, 장근육 강직현상 방지).
- Paracostal 또는 transcostal laparotomies 부분을 절개하여 복막강 및 장기에 접근할 수 있도록 하였다.
- 제 4위, 십이지장 유문부를 찾아내어 노출.
- 감염을 막기 위하여, 복막강과 노출된 장기를 멸균 수건으로 감싸고, 가아제로 소장의 양쪽 끝을 적당히 조여매었다.

- 십이지장 유문부 괄약근으로부터 약 4-6 cm 정도 떨어진 곳에 캐놀라가 겨우 들어갈 정도만 절개.
- 이 때 hemorrhaging을 방지하기 위하여 electrocautery를 이용함.
- 절개된 부위를 통해 장내 내용물을 흡착제거.
- 캐놀라 삽입.
- 절개부위를 00 chromic gut (Connell intestinal suture)를 이용하여 봉합한 후 원통부위는 Murphy purse-string suture 방법(두줄)으로 봉합 (원통 주위를 돌아가면서 봉합하여 원통 주위로 내용물이 새지 않게 팽팽히 당겨서 조여줌).
- 십이지장 고정 그물망의 네 가닥 끈을 혈관이 없는 mesentery 부위를 절개하여 삽입 한 후 캐놀라가 삽입된 장기 부위를 감싸고 봉합.
- 복막 내부 링을 캐놀라의 원통부위에 끼워넣고 캐놀라와의 접합부위를 근육에 봉합하여 고정.
- 외피를 원형(지름 1.7cm)으로 절개한 후 그 부분의 근육을 짧게 절개하여 캐놀라의 원통이 끼워져 나올 수 있게 하였다. (가능하면 절개부위를 작게 하여 캐놀라를 꼭 끼이게 함).
- 외부 지지 링을 캐놀라 원통의 끝부분에 끼우고 고정 스테인레스 스틸링으로 고정.
- 사료가 캐놀라의 출구 쪽에 끼이지 않도록 원통막대 플러그를 끼움.
- 처음 수술을 위해 절개했던 부분을 봉합.
- 수술부위를 penicillin dehydrostreptomycin 혼합 스프레이로 처리한 후 항생제를 근육주사 (0.05 ml/kg body weight).
- 수술 후 5일 동안 매일 항생제를 주사 (0.025 ml/kg body weight).
- 수술 후 3-6시간 후 사료를 급여.

(2) 실험기간 및 장소

실험 2는 2001년 5월 1일부터 2001년 8월 30일까지 121일간 축산기술 연구소 가축대사실험실에서 실시하였다.

(3) 실험사료 및 사양관리

실험사료는 국내의 사료회사에서 배합사료 제조시 널리 쓰이는 원료사료 22종으로 실험1에서 반추위내 영양소 분해율을 구명한 것을 동일하게 사용하였다. 실험 2에서 급여한 사료의 조사료 대 농후사료 비율과 화학적 조성은 표 2-19와 같으며 물과 린칼블럭은 자유채식 시켰다.

표 2-19. 실험사료의 화학 성분

Items	Concentrate	Rice straw
Dry matter (%)	90	88
Crude protein (%)	14	4
NDF (%)	16	79
ADF (%)	10	50
Crude fiber (%)	12	60
Crude fat (%)	3	1.2
Ash (%)	4	10
TDN (%)	69	60
Kcal (Kg)	2655	2210

실험동물은 실험시작 3주전부터 사료 및 환경에 적응시켰으며 사료급여는 1일 급여량을 이등분하여 09:00, 17:00시에 2회에 나누어 급여하였다.

(4) 실험설계

공시사료의 반추위내 영양소 분해율 측정을 위하여 반추위 cannula를 시술한 공시축 1두에 3반복을 두었고, 소장 내 분해율 측정을 위하여 공시축 3두에 개별 공시축당 3반복씩 총 9반복으로 수행하였다.

(5) 장관별 영양소 소실을 측정

(가) 반추위 bypass율 측정

- 시료를 105℃에 건조 후 1mm screen을 끼운 Thomas willey mill로 분쇄한 후 standard testing sieve No.20, No.70을 이용하여, 입자도에 따라 시료를 선별 (입자도 125 μ m~2mm).

- 가로 5.5cm, 세로 3.5cm의 mobile bag (pore size 45 μ)에 시료 0.5g(sample size : bag surface area , SS:SA, 12.98mg/cm²) 을 넣은 후 반추위 캐놀라가 시술된 시험축 3두의 반추위안에 16시간 동안 현수한 후 꺼내어 washing machine으로 30분간 세척.

- 반추위 bypass를 측정하기 위한 mobile bag은 65℃에 48시간 건조, 방냉 후 무게측정 하여 반추위 bypass율을 측정하고 나머지 mobile bag은 반추위 하부장기 분해율 측정 실험을 위하여 보관.

(나) 제 4위 분해율 측정

- 9시간 동안의 반추위 소화를 거친 mobile bag을 HCl 과 pepsin을 넣은 인공 4위액에 65℃에서 3시간 분해한 후 washing machine으로 30분간 세척.

- 제 4위 분해율 측정하기 위한 mobile bag은 65℃에 48시간 건조, 방냉 후 무게측정 하여 제 4위 분해율 측정하고 나머지 mobile bag은 4위 하부장기 분해율 측정 실험을 위하여 보관.

(다) 소장 분해율 측정

- 제 4위 분해율 측정 시험을 거친 mobile bag을 십이지장 cannula (T-type PVC)를 시술한 시험축 6두에 20분 간격으로 2개씩 투입.

- 36시간 후 분으로 배설된 mobile bag을 수거하여 washing machine으로 30분간 세척.

- 65℃에 48시간 건조, 방냉 후 무게측정 하여 소장 분해율 측정.

(6) 하부장기내 영양소 분해율:

= 총 소화관내 분해율 (%) - 반추위 내 분해율 (%)

표 2-20. 소화기관별 건물소실율

Feedstuffs	Rumen	Abomasum	Small intestinal	Total
RSM	61.60	13.86	4.93	80.39
CGF	36.05	3.99	11.16	51.20
PM	14.50	14.71	20.61	49.82
SBM	87.67	5.58	2.21	95.46
CGM	24.74	56.45	17.87	99.07
COM	56.57	9.34	16.83	82.75
Wheat	86.41	7.91	1.74	96.06
Barley	82.43	6.39	2.59	91.41
Lupin	72.81	5.31	18.29	96.41
SBH	51.26	2.24	6.16	59.66
WB	63.43	2.31	0.30	66.05
FM	60.18	32.97	3.12	96.28
RBM	69.02	9.41	5.29	83.71
AP	35.21	6.31	5.67	47.19
BP	55.92	7.94	16.76	80.62
MM	37.60	31.05	24.00	92.64
MBM	37.36	32.36	23.16	92.88
CM	67.31	19.69	4.56	91.56
Corn	55.70	12.41	23.40	91.51
CSM	19.03	3.34	9.32	31.69
DDG	69.99	1.91	6.32	78.22
RB	65.83	13.20	7.83	86.86

표 2-21. 소화기관별 조단백질 소실율

Feedstuffs	Rumen	Abomasum	Small intestinal	Total
RSM	63.72	25.21	3.80	92.73
CGF	30.10	25.46	21.37	76.93
PM	10.46	55.56	15.77	81.78
SBM	86.31	12.30	0.83	99.44
CGM	6.22	74.03	18.73	98.98
COM	30.65	39.37	22.99	93.01
Wheat	78.33	18.67	1.32	98.32
Barley	76.42	13.56	8.11	98.09
Lupin	92.91	3.39	3.28	99.57
SBH	80.87	9.38	2.85	93.10
WB	18.83	7.17	18.26	44.26
FM	89.66	9.85	0.07	99.58
RBM	46.26	33.40	4.82	84.47
AP	63.62	16.02	11.19	90.83
BP	47.26	16.52	28.32	92.09
MM	47.59	22.77	26.02	96.37
MBM	60.52	17.67	19.83	98.02
CM	28.23	62.85	6.00	97.08
Corn	25.18	35.63	35.30	96.12
CSM	42.89	3.73	4.15	50.77
DDG	80.60	3.71	3.91	88.22
RB	54.81	22.74	9.87	87.41

3절 제 3세부과제: 건물섭취량 예측 및 사료급여 프로그램 개발

1. 연구수행 방법

- 가. 한우 사료급여실태조사 및 자료 분석(농가방문 설문조사)
- 나. 한우사료의 수집과 영양가 평가, 분석용 사료의 수집은 매월 실시하며 영양소 평가와 함께 섭취량 측정
- 다. 건물섭취량 측정
 - 1) 공 시 축 : 거세한우 150~200두 공시
 - 2) 시험기간 : 체중 150~700kg
 - 3) 시험장소 : 100두 사육규모 농가 3곳(합천, 남해, 하동)
 - 4) 시험설계 :

항 목	하동	합천	남해
농후사료 조 사 료 시험두수 ⁴	배합사료 I 벼짚 ¹ 35	배합사료 I 사일리지 ² 60	배합사료 II 혼합목건초 ³ 50

¹ 벼짚 단독급여

² 옥수수사일리지+벼짚(암모니아처리 벼짚)

³ 알팔파(톨페스큐)+이탈리안 라이그라스+벼짚

⁴ 각 체중대별 7~10군

◎ 각 체중대 및 월령별로 최소 7군(35~50두)의 반복으로 건물섭취량 측정

◎ 시험구배치는 체중 및 월령에 따라 우군당 5두 배치(한 우군당 체중편차 $\pm 10\%$ 범위내에서 매 체중측정시마다 조절하되, 월령 및 새로운 우군에 대한 적응 stress고려)

◎ 전 비육기간동안 급여하는 조사료의 종류(비육후기는 벼짚)와 체중별 사료섭취량

5) 사양관리 : 선정농가 조건범위내에서 조사료의 종류나 비율을 설정, 사료는 1일 2회 분할급여, 미네랄블록과 물은 자유섭취토록하며 군사

6) 사료급여방법 : 1일 2회 급여, 한우고급육 생산 프로그램 적용(농가실정 고려)

※ 비육전기까지 : 농후사료 제한급여 조사료 자유채식
비육후기: 농후사료 자유채식 조사료 1kg이내 (체중 600kg이상 벗짚 자유채식)

7) 조사항목

- 가) 사료의 화학적 조성 : 일반성분, NDF, 에너지
- 나) 증체량 및 사료효율
- 다) 체중(월령)과 건물섭취량에 대한 회귀방정식
- 라) 에너지, 단백질, NDF수준과 건물섭취량과의 관계
- 마) 환경온도(계절별)와 사료섭취량과의 관계
- 바) 도체분석

8) 조사방법

- 가) 화학적 조성 : 일반성분은 AOAC법(1984), NDF는 Van Soest법(1967),
- 나) 건물, 에너지, 단백질섭취량 : 일일 사료섭취량 및 성분별 영양소
섭취량 측정
- 다) 증체량 : 1개월 간격 체중측정
- 라) 사료효율(요구율) : 증체량에 대한 사료섭취량으로 측정
- 마) 도체분석 : 동일 도축장(서울축공)에서 육질 및 육량평가

9) 자료분석 : SAS(1988)통계 package이용 건물섭취량 회귀방정식 유도

라. 전산프로그램 입,출력 항목 결정 및 설계

- 1) 입력항목 결정, DB 설계, 출력항목 및 양식 결정
- 2) 프로그램 cording
 - 자료입력 : 원료성분표, 대상축의 사육조건, 환경요인, 원료사용 제한, 배
합량
 - 영양소 요구량 계산 : 대상축 사육조건, 환경요인에 따른 영양소 요구량
계산
 - 최소비용 사료배합비 계산 : lp에 의한 배합비 및 감도분석 계산, 비가능
요인(원인) 발생시 분석자료 제시
 - 출력 : 배합비 및 감도분석, 원료배합량(작업지시서)
 - 도움말: 사용방법에 대한 On-line 도움말
- 3) Program Test : 입출력 항목의 정확성 및 사용의 편리성, 계산의 정확성
- 4) 프로그램의 완성 및 package화

5) 사용설명서 작성

- 기술적 사항: 기본적으로 On-line 도움말과 같은 내용임.
- 프로그램 운용방법: 사용 예제 및 기타 사료배합에 필요한 내용 및 참고자료

2. 연구내용 및 결과

가. 거세한우 사육농가의 사료급여실태 설문조사 결과 (총 74농가 조사)

1) 몇 두를 사육하고 계십니까?

◎ 육성우 :

항목	10두 미만	10~30두	30~50두	50두 이상
가구수	4	48	14	8

◎ 비육우 : (3~109 두)

항목	10두미만	10~30두	30~50두	50~70두	70~90두	100두이상
가구수	4	38	14	8	6	4

2) 한 우리안에 몇 두를 넣어서 사육합니까?

◎ 육성우 : (3~11 두) ◎ 비육우 : (3~10 두)

3) 일일 사료급여회수는 어떻게 하고 있습니까?

◎ 육성기(280kg까지): (2 회) ◎ 비육기(300kg~): (2~3 회)

4) 배합사료의 일일급여량은 어떻게 하고 있습니까?

- ◎ 육성기(280kg까지) : 체중의 1.4~1.8%
- ◎ 비육전기(300~450kg) : 체중의 1.5~1.8%
- ◎ 비육말기(450kg 이상) : 체중의 1.4~2.2%

5) 조사료의 종류와 일일급여량은 얼마나 됩니까?

- ◎ 육성기(280kg까지) :
 - 조사료 종류(오차드그라스, 옥수수사일리지, 알팔파건초, 이탈리아라이그라스, 티모시, 벣짚)
 - 조사료 급여량(1.3~5 kg/일)
- ◎ 비육전기(300~450kg) :
 - 조사료(벣짚, 벣짚+건초, 벣짚+사일리지)
 - 조사료 급여량(1~4 kg/일)
- ◎ 비육말기(450kg 이상) :
 - 조사료(벣짚, 건초)
 - 조사료 급여량(0.8~1.3 kg/일)

- 6) 송아지 입식월령(혹은, 체중)은 얼마쯤 됩니까?
4~5개월령(120~140 kg)
- 7) 거세는 생후 몇 개월령(혹은, 체중)에 시킵니까?
4~6개월령(120~180kg)
- 8) 출하시기 결정은 어떻게 합니까?
시세, 500~580kg, 24~27개월령(600~650kg)

나. 거세한우 건물섭취량 농가실증시험

1) 시험농가의 한우사육실태

시험장소		사료	하 동	합 천	남해	남해-1
배 합 사 료			사료 I	사료 I	사료 II	사료 II
사료 성분	CP %	육 성 기	14	14	15.5	15.5
		비육전기	11	11	12	12
		비육후기	10	10	12	12
	TDN %	육 성 기	68.5	68.5	68	68
		비육전기	71	71	72	74
		비육후기	71.2	71.2	74	74
급 여 량, % 체중	육 성 기	1.6~2.0	1.6~2.0	1.6~2.0	1.6~2.0	
	비육전기	1.6~1.8	1.6~1.8	1.7~1.8	1.7~1.8	
	비육후기	무제한	무제한	무제한(비육말기 1.3~1.5%)	무제한(비육말기 1.3~1.5%)	
조 사 료	육 성 기	벚짚 (자유채식)	사일리지: 벚짚 (자유채식)	알팔파, 이탈리아 라이그라스, 벚짚(자유채식)	알팔파, 이탈리아 라이그라스 벚짚(자유채식)	
	비육전기	벚짚 (자유채식)	벚짚 (자유채식)	알팔파(톨페스큐) , 이탈리아 라이 그라스, 벚짚 (자유채식)	알팔파, 벚짚 (자유채식)	
	비육후기	벚짚 (제한급여)	벚짚 (제한급여)	벚짚(제한급여)	벚짚(제한급여)	
사육밀도, 두/우리			5~7	5	3~5	3~5
거세시기, 월령			8~9	5~6	5~6	8~9
출하시기,kg(월령)			550~600 (24~26)	600(26)	620~650(26~30)	620~650(26~30)
특 기 사 항			정부지원 단지	황토급여	화전한우(브랜드)	화전한우(브랜드)

2) 한우 거세우의 건물섭취량 분석결과

(1) 각 요인에 따른 건물섭취량의 분산분석 결과

Number of observations in data set = 726

Dependent Variable: Dry matter intake, kg/day

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	10	738.6554508	73.8655451	982.54	0.0001
Error	675	50.7453592	0.0751783		
Corrected Total	685	789.4008099			

R-Square	C.V.	Root MSE	TOT_DMI Mean
0.935717	3.420726	0.274187	8.015452

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
지역	2	3.2532330	1.6266165	21.64	0.0001
계절(여름, 겨울, 기타)	2	0.2373058	0.1186529	1.58	0.2071
조사료	3	5.9884028	1.9961343	26.55	0.0001
체중	1	3.0382589	3.0382589	40.41	0.0001
NDF섭취량	1	161.7495795	161.7495795	2151.55	0.0001
ADF섭취량	1	25.2971942	25.2971942	336.50	0.0001

Dependent Variable: Dry matter intake, % of body wt.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	10	138.6405758	13.8640576	1145.90	0.0001
Error	675	8.1667388	0.0120989		
Corrected Total	685	146.8073146			

R-Square	C.V.	Root MSE	DMI_PER Mean
0.944371	5.676892	0.109995	1.937590

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
지역	2	0.77921611	0.38960806	32.20	0.0001
계절(여름, 겨울, 기타)	2	0.16866914	0.08433457	6.97	0.0010
조사료	3	0.75238675	0.25079558	20.73	0.0001
체중	1	34.66927340	34.66927340	2865.50	0.0001
NDF섭취량	1	1.57981599	1.57981599	130.58	0.0001
ADF섭취량	1	0.03691065	0.03691065	3.05	0.0812

(2) 각 요인에 따른 건물섭취량의 회귀분석 결과

① Dependent Variable: Dry matter intake(체중의 %)

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	3	136.02810	45.34270	2868.830	0.0001
Error	682	10.77921	0.01581		
C Total	685	146.80731			
Root MSE	0.12572	R-square	0.9266		
Dep Mean	1.93759	Adj R-sq	0.9263		
C.V.	6.48843				

Parameter Estimates					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEPT	1	2.633714	0.03934919	66.932	0.0001
체중	1	-0.003901	0.00007377	-52.881	0.0001
NDF intake	1	0.176351	0.01298417	13.582	0.0001
TDN intake	1	0.040417	0.01213123	3.332	0.0009

② Dependent Variable: Dry matter intake, Kg/day

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	3	143.06645	47.68882	8694.190	0.0001
Error	682	3.74086	0.00549		
C Total	685	146.80731			

Root MSE	0.07406	R-square	0.9745
Dep Mean	1.93759	Adj R-sq	0.9744
C.V.	3.82236		

Parameter Estimates					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEPT	1	0.373967	0.05925276	6.311	0.0001
체중	1	-0.000262	0.00006386	-4.107	0.0001
일일NDF intake	1	0.921283	0.02963967	31.083	0.0001
일일 TDN intake	1	0.473656	0.02787771	16.990	0.0001

③ Dependent Variable Dry matter intake, kg/day

```
proc nlin;  
parameters a = -0.000034 b=0.03434 c = 1;  
model Dry matter intake, kg/day = a*wt**2 + b*wt + c*ndfi;  
run;
```

Non-Linear Least Squares Summary Statistics

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	3	44786.919963	14928.973321
Residual	683	76.244637	0.111632
Uncorrected Total	686	44863.164600	
(Corrected Total)	685	789.400810	

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
A	-0.000005772	0.00000061572	-0.0000069810	-0.0000045632
B	0.008666473	0.00053603059	0.0076139899	0.0097189555
C	1.210440473	0.02502329164	1.1613078589	1.2595730879

④ Dependent Variable Dry matter intake, % of body wt.

```
proc nlin;
parameters a = -0.0034 b=3.434 c=1;
model DMI, % body wt. = a*wt + b + c*ndfi;
run;
```

Non-Linear Least Squares Summary Statistics

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	3	2711.2709716	903.7569905
Residual	683	10.9546482	0.0160390
Uncorrected Total	686	2722.2256198	
(Corrected Total)	685	146.8073146	

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
A	-0.003694151	0.00004022265	-0.0037731267	-0.0036151744
B	2.642807949	0.03954525051	2.5651618275	2.7204540709
C	0.207281909	0.00914286377	0.1893301216	0.2252336956

```
proc nlin;
parameters a = -0.0034 b=3.434 c=1;
model DMI,% body wt. = a*wt + b + c*ndfi_per;
run;
```

㉔ Dependent Variable Dry matter intake, % of body wt.

Non-Linear Least Squares Summary Statistics

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	3	2716.9013261	905.6337754
Residual	683	5.3242937	0.0077955
Uncorrected Total	686	2722.2256198	
(Corrected Total)	685	146.8073146	

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
A	-0.000468204	0.00007474299	-0.0006149597	-0.0003214476
B	0.809662003	0.06368148066	0.6846249903	0.9346990161
C	1.213645424	0.02877178674	1.1571527317	1.2701381156

위의 통계처리로부터 유도된 건물섭취량의 추정 공식은 각각 다음과 같다.

① DM intake, % of body wt. =

$$-0.003901 \cdot \text{wt}(\text{kg}) + 0.176351 \cdot \text{NDF intake}(\text{kg}/\text{d}) + 0.040417 \cdot \text{TDN intake}(\text{kg}/\text{d})$$

$$(R^2 = 0.9266)$$

② DM intake, % of body wt. =

$$-0.000262 \cdot \text{wt}(\text{kg}) + 0.921238 \cdot \text{NDF intake}(\% \text{BW}/\text{d}) + 0.473656 \cdot \text{TDN intake}(\% \text{BW}/\text{d})$$

$$(R^2 = 0.9745)$$

③ DM intake, % of body wt. =

$$-0.000005772 \cdot \text{wt}^2(\text{kg}) + 0.00866 \cdot \text{wt}(\text{kg}) + 1.21044 \cdot \text{NDF intake}(\text{kg}/\text{d})$$

④ DM intake, % of body wt. =

$$-0.000468 * wt(kg) + 0.80966 + 1.21365 * NDF \text{ intake}(\%BW/d)$$

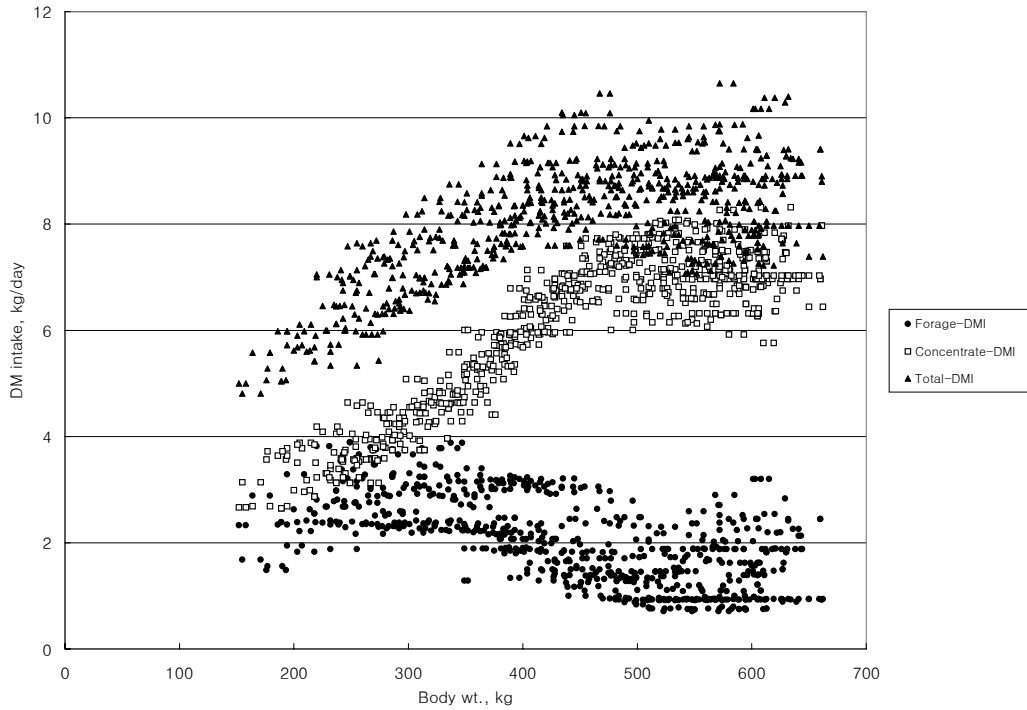


그림 3-1. 한우거세우의 체중에 따른 일일 건물섭취량(5두의 결과/spot)

◎ 체중별 건물섭취량을 체중의 %로 나타내었을 시 Mean Square 값이 체중에
서 크다. 그림 2에서 보는 바와 같이 회귀식이 선형이므로 다루기 쉽고, r^2 값이 0.87
로서 비교적 높다

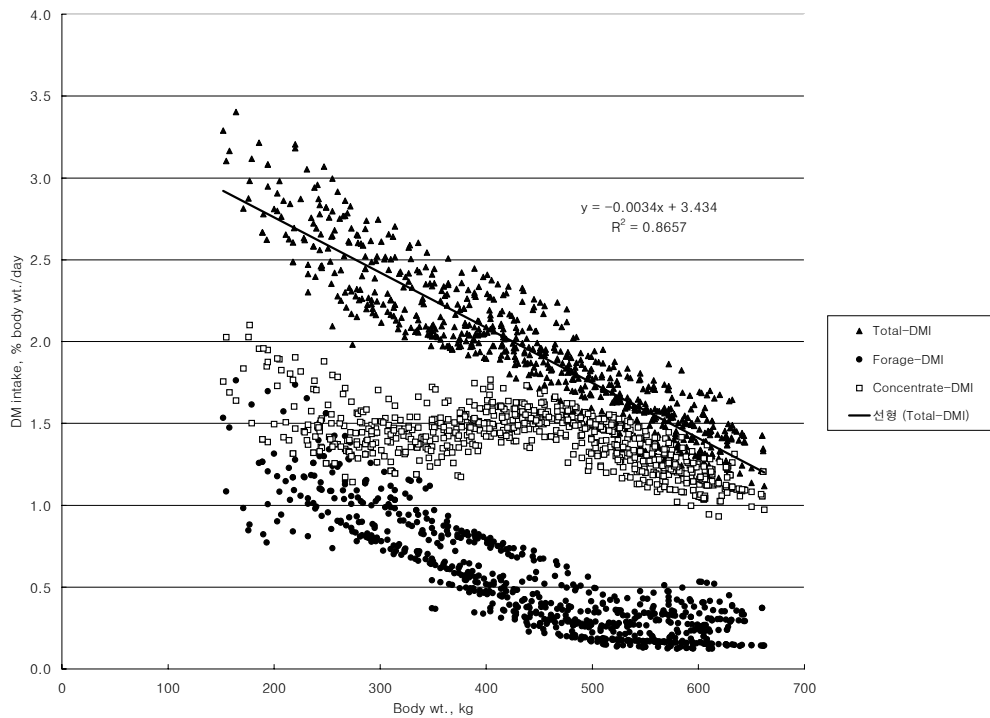


그림 3-2. 한우거세우의 체중에 따른 건물섭취량(체중의 %)

건물섭취량을 직접 추정하는 것 보다 체중의 %로 추정하는 것이 결과가 clear한 것으로 나타났다. 지금까지의 자료로부터 얻어진 한우 거세우의 체중별 건물섭취량에 대한 회귀방정식은 위에서 유도된 공식들에 비해 비록 r square값은 떨어지지만 입력 항목이 간단하고 대체로 정확한 다음과 같은 공식을 유도할 수 있었다.

$$\text{DMI}(\% \text{ of BW/d}) = 0.0034\text{BW}(\text{kg}) + 3.437 \quad (R^2 = 0.8657)$$

따라서 한우거세우의 체중별 건물섭취량 컴퓨터 프로그램은 체중을 INPUT하였을 때, 건물섭취량이 체중에 대한 비율(%)로 OUTPUT되어 이것을 다시 체중에 곱하여 실제 건물섭취량을 환산하는 방법으로 추정한다.

다음의 그래프들은 거세한우에 있어서 체중에 따른 각 영양소의 섭취량들을 나타낸 것이다.

체중별 TDN섭취량을 체중의 %로 나타낸 것은 그림 3에서 보는 바와 같이 회귀식이 선형이므로 다루기 쉽고, r^2 값도 0.81로서 비교적 높다

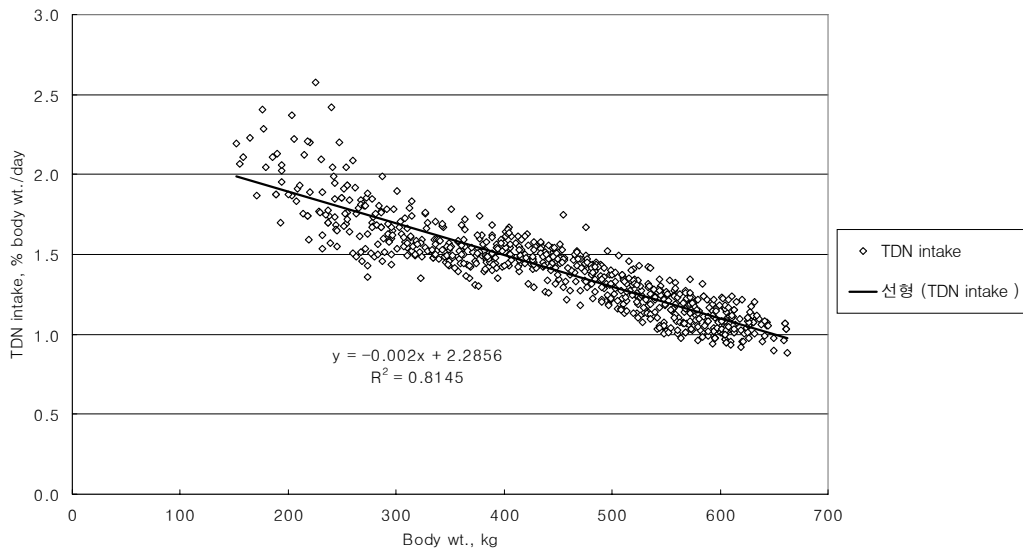


그림 3-3. 한우거세우의 체중에 따른 TDN섭취량

그림 5는 체중별 NDF 및 ADF섭취량을 체중의 %로 나타내었다. 회귀식이 선형이므로 다루기 쉽고, r^2 값도 비교적 높다

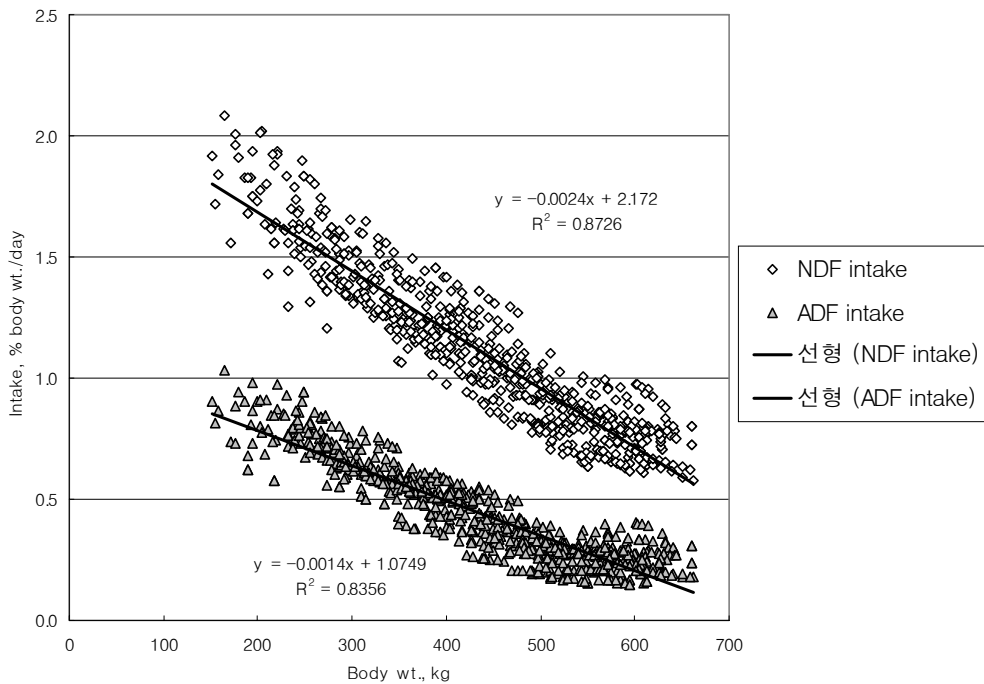


그림 3-4. 한우거세우의 체중에 따른 NDF 및 ADF섭취량

다. 전산프로그램 개발

1) 프로그램 운용환경

본 프로그램은 한우의 사료급여기준을 산출하고, 이용 가능한 원료사료를 사용하여 배합비를 계산하는 것으로, 주 사용자층은 한우 사육농가가 될 것이다. 따라서 복잡한 기능을 나열하기보다는 단순하고 사용하기 쉽도록 하는데 주안점을 두었다.

가) 사용자 환경:

◎ 하드웨어 사양:

CPU: PENTIUM 또는 상위 프로세서

RAM: 32Mbyte 이상

CD-ROM 드라이브: 프로그램이 CD로 보급될 경우 설치시 필요함

Printer: A4 용지 출력이 가능한 Windows95/98용 프린터

- ◎ 소프트웨어 사양:
Windows95/98 또는 상위버전의 32비트 운영체제

- 나) 프로그램 개발도구
 - ◎ Microsoft사의 Visual Basic 6.0
 - ◎ VideoSoft사의 FlexGrid AxtiveX Control

2) 프로그램의 기능 설정

거세한우의 사양표준에 따른 사료급여기준 계산 및 TMR 사료배합비 계산을 위한 프로그램의 개발 목적을 달성하기 위한 기능설정을 다음과 같이 결정하였다.

가) 원료성분표

배합비계산에 사용될 원료사료의 영양소함량을 입력, 수정, 삭제 및 인쇄기능을 부여한다.

- ◎ 자료편집기능:
 - 원료사료: 원료사료 추가 및 원료사료명 입력, 원료사료명 수정, 원료사료 삭제
 - 영양소 : 영양소 추가 및 영양소명과 단위입력, 영양소명 및 단위 수정, 영양소 삭제 영양소 함량 입력 및 수정
 - 등록된 영양소 검색

- ◎ 부가기능:
 - 등록된 원료사료의 배합비 계산시 사용여부 선택
 - 등록된 모든 원료사료가 배합에 사용되는 것이 아니라 농가에서 구입 가능한 원료사료만 선택하여 배합비를 계산한다.
 - 원료사료를 조사료, 농후사료, 보충사료 등으로 분류(조, 농비 계산 등에 필요한 정보를 기록하며, 자료검색시 편리함을 제공)
 - 원료사료 표시순서 편집(중요도 높은 원료사료를 먼저 표시하는것이 편리함)
 - 원료사료 사용량 상한설정(원료사료의 특성상 사용제한이 필요한 것이 있음)
 - 등록된 영양소의 배합비 계산시 사용여부 선택(계산에 포함, 함량만 표시, 제외 등) 배합시 고려할 영양소의 종류를 선택함.
 - 영양소 표시순서 편집(중요도가 높은 영양소를 먼저 표시할 수 있게 함)
 - 영양소 함량 허용범위 설정(배합비 계산시 영양소 설정값에 대한 허용범위)

- ◎ 인쇄기능:

- 원료성분표를 table 형태로 인쇄
 - 선택된 원료사료 또는 전체 인쇄 선택
- 나) 영양소 요구량 결정
- 축종, 사양단계(월령 또는 체중), 환경조건(계절 등)에 따른 영양소 요구량 결정을 위한 procedure 설정
- ◎ 영양소 요구량 결정을 위한 조건:
 - 축종: 암소, 수소, 거세우 등으로 구분
 - 사양단계: 월령 또는 체중
 - 환경조건: 여름, 겨울, 봄가을
 - ◎ 영양소 요구량 계산:
 - 각 세부과제별 연구결과에 의해 영양소요구량을 계산하여야 하므로 결정보류
 - ◎ 영양소 요구량 수정:
 - 계산된 영양소 요구량 및 허용범위에 대한 사용자 수정
계산된 영양소 요구량을 수정하여 사용할 경우가 있음.
원료성분표 관리 부분에서 설정한 영양소 요구량 허용범위를 기본 값으로 하여 수정을 할 수 있도록 함.
 - 계산된 영양소 요구량은 거세우 1두가 1일에 필요한 절대양이므로 건물 섭취량을 기준으로 한 영양소 농도도 같이 표시함.

다) 배합비 계산방법

- ◎ 배합비 계산 모델 :
 - 배합비 계산은 선형계획법(linear programming) 기법을 사용하여 최소비용 배합비 계산이 가능하도록 한다.
 - 선형계획법 모형은 다음과 같다.

$$\text{Min } \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

$$\text{subject to } bl_i \leq \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq bu_i, \quad i=1, \dots, m$$

$$l_j \leq x_j \leq u_j, \quad \forall j$$

여기서 c_j : j 번째 원료사료의 가격

x_j : j 번째 원료사료의 배합비

a_{ij} : j 번째 원료사료의 i 번째 영양소의 함량

bl_i, bu_i : i 번째 영양소의 요구량 하한 및 상한

l_j, u_j : j 번째 원료사료의 배합비율 제한 하한 및 상한

이 모델의 목적함수는 배합에 사용된 원료사료의 비용을 최소화하는 것이 목표이며 제한조건은 영양소 요구량 상·하한, 원료사용비율 상·하한이 되는 일반적인 모델이다.

◎ 배합비 계산화면 표시:

- 원료사료

원료명, 배합량(직접 수정 가능), 사용제한 상·하한(직접 수정 가능), 원료단가, 배합비 등

- 영양소

영양소명 및 단위, 허용범위(직접 수정 가능), 영양소 요구량, 영양소 합량 편차, 영양소 농도 등

- 축군 선택

축군의 조건, 구성두수 등

◎ 인쇄기능:

- 배합비 계산결과를 table 형태로 인쇄
- 배합에 사용된 원료사료 또는 전체 인쇄 선택

3) 데이터베이스 설계

한우 TMR 계산을 위한 프로그램의 데이터베이스 설계는 다음과 같다.

목장명 테이블

필드명	형식	크기
목장명	Text	20
작업용량	Double	8
건물섭취하한	Double	8
건물섭취상한	Double	8
원물섭취하한	Double	8
원물섭취상한	Double	8
최근화면	Text	20

원료명 테이블

필드명	형식	크기
원료명	Text	30
분류	Text	20
순서	Integer	2
사용	Boolean	1
사용량하한	Integer	2
사용량상한	Integer	2

영양소명 테이블

필드명	형식	크기
영양소명	Text	20
단위	Text	10
순서	Integer	2
기본	Boolean	1
사용	Integer	2
요구량하한	Integer	2
요구량상한	Integer	2

원료성분표 테이블

필드명	형식	크기
원료명	Text	30
영양소명	Text	20
함량	Double	8

축종 테이블

필드명	형식	크기
축종명	Text	20

Implant 테이블

필드명	형식	크기
Implant	Text	20
보정계수	Double	8

축군 테이블

필드명	형식	크기
축군명	Text	20
축종명	Text	20
축군수	Integer	2
Implant	Text	20
조농비율	Double	8
계절	Integer	2
월령	Integer	2
체중	Double	8
일당증체	Double	8

요구량 테이블

필드명	형식	크기
축군명	Text	20
영양소명	Text	20
요구량표준	Double	8
요구량하한	Double	8
요구량상한	Double	8
함량	Double	8

배합비 테이블

필드명	형식	크기
축군명	Text	20
원료명	Text	20
원료단가	Double	8
제한값하한	Double	8
제한값상한	Double	8
배합량	Double	8
금액	Double	8

DB는 Microsoft Access DB를 사용하여 구성하였고, 각 농가마다 별도의 파일로 관리하도록 하였으며, 표준자료를 담은 파일(표준자료.mdb)를 배포하여 기초자료를

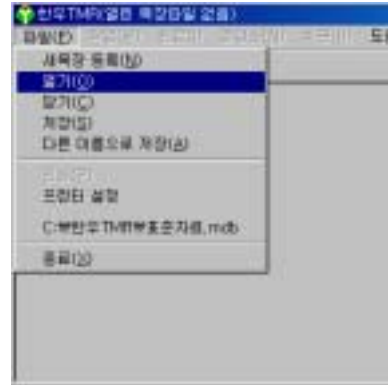
제공할 것임.

4) 메뉴 설계

메뉴는 윈도우즈 표준방식을 따르는 pulldown 메뉴를 사용하여 다음과 같이 구성하였다.

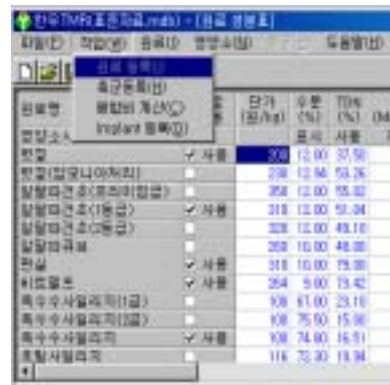
가) 파일 메뉴

- 새목장 등록: 새로운 목장명으로 DB를 생성한다.
- 열기: 기존 DB파일을 연다.
- 닫기: 열려진 DB파일을 닫는다.
- 저장: 열려진 DB파일의 변경된 내용을 저장한다.
- 다른 이름으로 저장: 열려진 DB파일을 새로운 이름으로 저장한다.
- 인쇄: 원료성분표, 축군, 배합비 등을 인쇄한다.
- 프린터 설정: 인쇄할 프린터를 설정한다.
- 종료: 열려진 DB를 닫고 프로그램을 종료한다.



나) 작업 메뉴

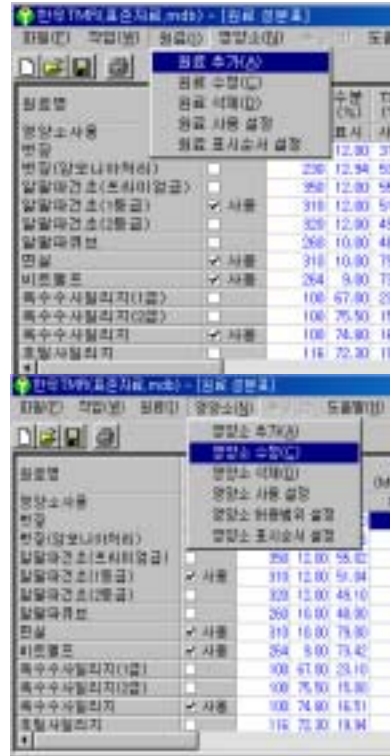
- 원료등록: 원료성분표를 입력한다.
- 축군등록: 축군의 여러 조건을 입력하여 영양소 요구량을 계산한다.
- 배합비 계산: 배합비를 계산한다.
- Implant 등록: 사용할 Implant를 등록한다.



다) 원료 메뉴

- 원료추가: 새로운 원료를 추가한다.
- 원료수정: 원료의 이름을 수정한다.

- 원료삭제: 원료를 삭제한다.
- 사용설정: 원료 사용여부를 설정한다.
- 순서설정: 원료의 표시순서를 설정한다.



라) 영양소 메뉴

- 영양소추가: 새로운 영양소를 추가한다.
- 영양소수정: 영양소의 이름을 수정한다.
- 영양소삭제: 영양소를 삭제한다.
- 사용설정: 영양소 사용여부를 설정한다.
- 순서설정: 영양소의 표시순서를 설정한다.
- 허용범위: 영양소의 오차 허용범위를 설정한다.

마) 축군 메뉴

- 축군추가: 새로운 축군을 추가한다.
- 축군수정: 축군의 이름을 수정한다.
- 축군삭제: 축군을 삭제한다.



바) 도움말 메뉴

- 한우TMR 도움말:
- 한우TMR 정보:

5) LP 계산 프로그램

- LP 계산 프로그램은 다음과 같은 모듈로 구성된다.
- GetData() : DB로부터 계산을 위한 자료를 구성한다.
- InitSol(): 초기 기저를 구한다.
- FormC(): 국면 1, 2에 따른 목적함수 결정

Btran(): 단체승수 π 를 계산한다.
 Ccbar(): 전 변수에 대해 할인가를 구한다.
 Price(): 기저진입변수 JP를 결정한다.
 Ftran(): 선회열을 수정한다.
 Chuzr(): 기저탈락변수와 RMAX(JP가 위치할 값.)를 결정한다.
 UpBinv(): 기저행렬을 수정한다.
 UpSol(): 해를 수정한다.
 OptSol(): 최적해를 출력
 GetInf(): 비가능 요인을 출력
 lpCalc(): LP 계산 메인 함수

LP 계산의 메인 함수는 다음과 같다.

```

Public function lpCalc() As Boolean
  lpCalc = False
  GetData
  InitSol
  FormC
  If iPhase = 1 Then
    Btran
    Ccbar
    Price
    Do While CMIN <= -0.0001
      Ftran
      Chuzr
      If nR >= 0 Then UpBinv
      UpSol
      IT = IT + 1
      Btran
      Ccbar
      Price
    Loop
    If Abs(ZB) > 0.0001 Then '비가능
      OptSol
      Exit Function
    End If
    iPhase = 2
  FormC

```

```
End If
If iPhase = 2 Then
  Btran
  Ccbar
  Price
  Do While CMIN <= -0.0001
    Ftran
    Chuzr
    If nR >= 0 Then UpBinv
    UpSol
    IT = IT + 1
    Btran
    Ccbar
    Price
  Loop
End If
OptSol
lpCalc = True
End Function
```

4절 영양소 요구량

1. 산출식

가. 에너지 요구량

한우 거세우의 육성, 비육시의 ME 요구량은 유지요구량(MEm)과 증체에 필요한 요구량(MEg)의 합계로 나타낸다.

거세우 비육시의 MEm은 시험 1의 에너지출납시험성적으로부터 얻은 성적(113.6kcal/W^{0.75})에 군 사육의 사양형태에서 추가 소요되는 에너지 10%를 더하여 W^{0.75}당 125.0kcal로 하였다. MEg에 대해서는 도체분석 시험성적을 기초로 하여 구한 NEg를 표준 급여사료 내의 에너지 대사율(q)로부터 ARC 표준에 준하여 구한 kf로 나누어 산출하였다.

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

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

$$q=0.5304+0.0748 \times DG$$

$$kf=0.78 \times q+0.006$$

$$MEg=NEg/kf$$

$$ME = MEm + MEg$$

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

$$DE = ME/0.82$$

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

나. 단백질 요구량

유지를 위한 단백질 요구량을 구하기 위해 시험 2의 질소균형시험 결과로부터 유지를 위한 조단백질 요구량(CPm)을 구하였고, 유지를 위한 정미에너지(NPm)는 CPm에 변환효율(EP) 0.51⁷⁾을 곱하여 구하였다.

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

$$NPm=CPm \times 0.51$$

육성우의 각 체중에서 증체의 단백질축적량(RP, NEg)은 도체자료를 분석하여 도출한 다음 식에 의해 구하였다.

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

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

$$NP=NPm + RP$$

$$CP=NP/0.51$$

유지와 증체를 위한 MP 요구량은 유지와 증체를 위한 대사에너지의 각각의 정미효율⁴⁾로 나누어 구하였다.

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

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

$$MP = MPm + MPg$$

2 거세우 영양소요구량

표4 -1(a). 거세우 육성, 비육에 필요한 영양소 요구량

체중	일당 증체	건물량	조단백질	가소화 영양소 총량	대사 에너지	가소화 에너지	가소화 영양소 총량	대사 단백질	조단 백질
BW (kg)	DG (kg/d)	DMI (kg)	CP (%)	TDN (%)	ME (Mcal)	DE (Mcal)	TDN (kg)	MP (g)	CP (g)
150	0.6	3.3	13.9	70	8.37	10.21	2.32	373	458
	0.8	3.6	14.9	72	9.28	11.31	2.57	441	532
	1.0	3.8	16.0	74	10.14	12.36	2.80	511	605
	1.2	4.0	16.8	75	10.96	13.36	3.03	581	678
200	0.6	4.1	12.2	70	10.39	12.67	2.87	396	501
	0.8	4.4	12.9	72	11.51	14.04	3.18	457	569
	1.0	4.7	13.6	74	12.58	15.34	3.48	520	638
	1.2	5.0	14.1	75	13.59	16.58	3.76	583	706
250	0.6	4.9	12.0	70	12.28	14.98	3.40	416	540
	0.8	5.2	12.0	72	13.61	16.59	3.76	427	604
	1.0	5.6	12.0	74	14.87	18.13	4.11	472	667
	1.2	5.9	12.3	75	16.07	19.60	4.44	517	731
300	0.6	5.6	12.0	70	14.08	17.17	3.89	406	577
	0.8	6.0	12.0	72	15.60	19.03	4.31	442	635
	1.0	6.4	12.0	74	17.05	20.79	4.71	482	694
	1.2	6.8	12.0	75	18.43	22.47	5.10	521	752
350	0.6	6.2	12.0	70	15.81	19.28	4.37	427	611
	0.8	6.7	12.0	72	17.51	21.36	4.84	457	665
	1.0	7.2	12.0	74	19.14	23.34	5.29	491	718
	1.2	7.6	12.0	75	20.68	25.22	5.72	524	772
400	0.6	6.9	12.0	70	17.47	21.31	4.83	472	644
	0.8	7.4	12.0	72	19.36	23.61	5.35	504	692
	1.0	7.9	12.0	74	21.15	25.80	5.85	541	741
	1.2	8.4	12.0	75	22.86	27.88	6.32	577	790

표 4-1(b). 거세우 육성, 비육에 필요한 영양소 요구량

체중	일당 증체	건물량	조단백질	가소화 영양소 총량	대사 에너지	가소화 에너지	가소화 영양소 총량	대사 단백질	조단백질
BW	DG	DMI	CP	TDN	ME	DE	TDN	MP	CP
(kg)	(kg/d)	(kg)	(%)	(%)	(Mcal)	(Mcal)	(kg)	(g)	(g)
450	0.6	7.5	12.0	70	19.08	23.27	5.28	488	675
	0.8	8.1	12.0	72	21.15	25.79	5.85	514	719
	1.0	8.6	12.0	74	23.11	28.18	6.39	543	762
	1.2	9.2	12.0	75	24.97	30.46	6.91	573	806
500	0.6	8.2	12.0	70	20.65	25.19	5.71	504	705
	0.8	8.8	12.0	72	22.88	27.91	6.33	523	744
	1.0	9.3	12.0	74	25.01	30.50	6.92	546	782
	1.2	10.0	12.0	75	27.03	32.96	7.47	569	821
550	0.4	8.0	12.0	68	19.66	23.98	5.44	514	699
	0.6	8.8	12.0	70	22.18	27.05	6.13	519	733
	0.8	9.4	12.0	72	24.58	29.98	6.80	531	767
	1.0	10.0	12.0	74	26.86	32.75	7.43	547	801
600	0.4	8.5	12.0	68	20.99	25.59	5.80	536	732
	0.6	9.4	12.0	70	23.68	28.88	6.55	534	761
	0.8	10.1	12.0	72	26.24	32.00	7.26	538	790
	1.0	10.7	12.0	74	28.67	34.96	7.93	548	819
650	0.4	9.1	12.0	68	22.29	27.18	6.16	558	764
	0.6	9.9	12.0	70	25.15	30.66	6.95	548	788
	0.8	10.7	12.0	72	27.86	33.98	7.70	546	812
	1.0	11.4	12.0	74	30.44	37.13	8.42	549	836
700	0.4	9.6	12.0	68	23.56	28.73	6.52	579	795
	0.6	10.5	12.0	70	26.58	32.42	7.35	561	814
	0.8	11.3	12.0	72	29.45	35.92	8.14	552	834

주) CP 함량이 12% 이하인 경우, 최저 농도를 전부 12%로 하였다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

- 국내 실험자료에 기초한 거세 한우의 영양소요구량 제시
- 한국사양표준(한우, 2002) 제정을 위한 중요 자료를 제공
- 한우 암소, 숫소의 사양표준 보완 제정을 위한 기술체계 확립
- 성장단계별 영양소요구량에 기초한 안정성과 재현성이 높은 최적사양관리 프로그램개발
- 미생물 단백질 합성능력에 기초한 사료가치 재평가
- 반추위 미분해 단백질사료 단백질 평가에 의한 사료가치 재평가
- 전산프로그램의 개발에 따른 계량화, 표준화 그리고 과학적 사양관리
- 사료비 절감 및 고급육생산에 의한 농가소득 증대
- 고급육 차별화에 대한 기반 강화
- 양축가의 거세 필요성 인식
- 고급육 생산을 위한 거세우 전용사료 개발
- 한우 브랜드 전략 강화
- 한우산업의 경쟁력 강화
- 한우고기의 수출전략 모색
- 부존 사료자원의 효율적 이용가능

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

- 사양표준 책자 보급
- 사양표준표 활용을 위한 농가지도
- 인터넷을 이용한 전산프로그램 보급
- 전산프로그램 활용을 위한 농가지도
- 부존사료자원 이용방안 지도

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제 7 장 참고문헌

- AFRC. 1993. Energy and protein requirements of ruminants. An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. CAB International, Wallingford, UK.
- Agricultural Research Council. 1980. The Nutrient requirements of Ruminant Livestock, Technical Reviews by an Agricultural Research Council Working Party. ARC, Farmham Royal, England.
- A. O. A. C. 1984. Official Methods of Analysis(14th Ed.) Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C.
- A. O. A. C. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C.
- Barber, K. A., L.L. Wilson, J.H. Ziegler, P.J. Le Van and J.L. Watkins. 1981. Charolais and angus steers slaughtered at equal percentages of mature cow weight. II. Empty body composition, Energetic efficiency and comparision of compositionally similar body weights. J. Anim. Sci.2 53:898-906.
- Blaxter, K.L., J.L. Clapperton and F.W. Wainman. 1966. Utilization of the energy and protein of the same diet by cattle and sheep. J. Agric. Sci. Camb. 67:67-75.
- Blaxter, K.L. and A.W. Boyne. 1970. A new method expressing the nutritive value of feeds as sources of energy. In Energy metabolism of Farm Animals 5th symposium, Vitznau, p.9-13. Eds. A. Schurch and C. Wenk. Zurich, Juris Druck.
- Brouwer, E. 1965. Report of sub-committee on constants and factors In : Energy Metabolism of Farm Animals. K.L. Blaxter (Ed.), 3rd symposium, Troon, p.441-444.
- Buskirk, D.D., R.P. Lemenager, and L.A. Horstman. 1992. Estimation of net energy requirements (NEm and NE change) of lactating beef cows. J. Anim. Sci. 70:3867-3876.
- Carstens, G.E., D.E. Johnson, K.A. Johnson. S.K. Hotovy, and T.J. Szymanski. 1989. Genetic variation in energy expenditures of monozygous twin beef cattle

- at 9 and 20 month of energy. *Energy Metab. proc. Symp.* 43: 312-315
- Ferrel, C. L., R. H. Kohlmeier, J. D. Crouse and Hudson Glimp. 1978. Influence of dietary energy, Protein and biological type of steer upon rate of gain and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 46:255-270
- Ferrell, C. L., and T.G. Jenkins, 1985. Energy utilization by Hereford and Simmental males and females. *Anim. Prod.* 41:53-61
- Flatt. W.P., P.W. Moe, L.A. Moore and P.J. Van Soest. 1967. Estimation and prediction of the energy value of feeds for ruminants. In *Energy Metabolism of Farm Animals*. K.L. Blaxter, J. Kielanowski and G. Thorbek. (Eds), 4th symposium. Warsaw, p.59-65.
- Forbes, J. M. 1995. *Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animal*. CAB INTERNATIONAL. Wallingford. Oxon. U.K.
- Fortin, A., J.T. Reid, A.M. Maiga, D.W. Sim and G.H. Wellington. 1980. Effect of level of energy intake and influence of breed and sex on muscle growth and distribution in the bovine carcass *J. Anim. Sci.* 51:1288-1296.
- Fox, D. G. and J. R. Black. 1977. A system for predicting performance of growing and finishing beef cattle. *Beef Cattle-Feeding Res. Rep.* 328. Michigan Univ., p141.
- Fox, D.G., R.R.Johnson, R.L. Preston, T.R. Dockerty. 1972. Protein and energy utilization during compensatory growth in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 34:310-318.
- Frisch, J.E. and J.E. Vercoe. 1976. Maintenance requirement, fasting metabolism and body composition in different cattle breeds. In *Energy Metabolism of Farm Animals*. 7th Symposium, Vichy, p.209-212. Eds. M. Vermorel.
- Garret, W. N. 1973. Estimating feed intake for practical management decisions. *California Feeders Day.* p32.
- Garrett. W.N. 1980. Energy utilization by growing cattle as determined in 72 comparative slaughter experiments. In *Energy Metabolism of Farm Animals..* 8th Symposium, Cambridge, p.3-7. Ed. L.E. Mount.
- Garrett. W.N. and D.E. Johnson. 1983. Nutritional energetics of ruminants. *J. Anim. Sci.* 57(Suppl. 2):478-497.
- Geay, Y. 1984. Energy and protein utilization in growing cattle. *J. Anim. Sci.*

58:766-778.

- INRA. 1989. Ruminant nutrition—Recommended allowances and feed tables. (ed. R. Jarrige). INRA, Paris.
- Jones, S.D.M., M.A. Price and R.T. Berg. 1978. A review of carcass density, Its measurement and relationship with bovine carcass fatness. *J. Anim Sci.* 46:1151-1158.
- Kelly, R.F., J.P. Fontenot, P.P. Graham, W.S. Wilkinson and C. M. Kincaid. 1968. Estimates of carcass composition of beef cattle fed at different planes of nutrition. *J. Anim. Sci.* 27:620-627.
- Laurenz, J.C., F.M. Byers, G.T. Schelling, and L.W. Green. 1991. Effects of seasonal environment on the maintenance requirement of mature beef cows. *J. Anim. Sci.* 69:2168-2176.
- McDonald, P., R.A. Edwards and J.F.D. Greenhalgh. 1988. *Animal Nutrition*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- McRae, J.C. and G.E. Lobley. 1982. Some factors which influence thermal energy losses during the metabolism of ruminants. *Livstock Prod. Sci.* 9:447-456.
- National Research Council. 1976. *Nutrient requirements of Domestic Animals: Nutrient requirements of beef cattle*. 5th ed. Washinton, D.C.
- National Research Council. 1984. *Nutrient requirements of domestic animals: Nutrient requirements of beef cattle*. 6th ed. NAS-NRC, Washinton, D.C.
- National Research Council. 1996. *Nutrient requirements of domestic animals: Nutrient requirements of beef cattle*. 7th ed. NAS-NRC, Washinton, D.C.
- Neal, H.D.S., M. Gill, J. France., A. Spedding and S. Marsden. 1988. An evaluation of predictions equations incorporated in a computer program to ration beef cattle. *Animal Production*. 46 : 169.
- Osuji, P.O., J.G. Gordon and A.J.F. Webster. 1975. Energy exchanges associated with eating and rumination in sheep given grass diets of different physical forms. *Brit. J. Nutr.* 34:59-71.
- Owens, F. N. and D. R. Gill. 1982. Influence of feed intake on site and extent of digestion. National Beef Symposium and Oklahoma Cattle Feeder's Seminar.
- Preston, R.L., R.D. Vance, V.R. Cahill and S.W. Kock. 1974. Carcass specific gravity and carcass composition in cattle and the effect of bone

- proportionality on this relationship. *J. Anim. Sci.* 38:47-51.
- Prior, R.L., R.H. Kohlmeier, L.V. Cundiff, M.E. Dikeman and J.D. Crouse. 1977. Influence of dietary energy and protein on growth and carcass composition in different biological types of cattle. *J. Anim. Sci.* 45:132-146.
- Ørskov, E.R., C. Fracer and R.N.B. Kay. 1969. Dietary factors influencing digestion of starch in the rumen and small and large intestine of early weaned lambs. *Brit. J. Nutr.* 23:217-226.
- Ratray, P.V. and J.P. Joyce. 1976. The utilization of metabolizable energy for fat and protein deposition in sheep. *New Zealand J. Agric. Res.* 19:299-305.
- Ratray, P.V., W.N. Garrett, N. Hinman, I. Garcia and J. Castillo. 1973. A system for expressing the net energy requirements and net energy content of feeds for young sheep. *J. Anim. Sci.* 36:115-122.
- Robelin, J. and Y. Geay. 1976. Changes with age (9, 13, 16, 19 months) of protein and energy retention, and energy utilization by growing Limousin bulls. In *Energy Metabolism of Farm Animals. 7th Symposium, Vichy*, p.213-216. Eds. M. Vermorel.
- Rompala, R.E. and F.M. Byers. 1978. Nutritional regulation of genetic potential for protein and fat deposition in beef cattle. *J. Anim. Sci. (Suppl.1)*. 47:437.
- Roy, J.H.B., I.J.F. Stobo, H.J. Gaston and J.C. Goretex. 1970. The nutrition of the veal calf. 2. The effect of different levels of protein and fat in milk substitute diets. *Brit. J. Nutr.* 24:441-457.
- Solis, J.C., F.M. Byers, G.T. Schelling, C.R. Long and L.W. Green. 1988. Maintenance requirements and energetic efficiency of cows of different breed. *J. Anim. Sci.* 66:764-773.
- Stobo, I.J.F. and J.H.B. Roy. 1973. The protein requirement of the ruminant calf. 4. Nitrogen balance studies of rapidly growing calves given diets of different protein content. *Brit. J. Nutr.* 30:113-125.
- Susmel, P., M. Spanghero, B. Stefano, C.R. Mills, and E. Plazzotta. 1993. Digestibility and allantoin excretion in cows fed diets differing in nitrogen content. *Livest. Prod. Sci.* 36:213-222.
- Swanson, E.W. 1977. Factors for computing requirements of protein for maintenance of cattle. *J. Dairy Sci.* 60:1583-1593.

- Tyrrell, H.F. 1982. Discussion of Session II: Partition and utilization of energy by the growing animal. In Energy Metabolism. 9th Symposium, p.108. Eds. A. Ekern and F. Sundstol.
- Tyrrell, H.F. and P.W. Moe. 1980. Energetics of growth in cattle. In Energy Metabolism. 8th Symposium, Cambridge, p.227-229. Ed. L.E. Mount.
- Tyrrell, H.F., P.W. Moe and R.R. Oltjen. 1974. Energetic of growth and fattening compared to lactation in cattle. In Energy Metabolism of Farm Animals. 6th symposium, Stuttgart, p.205-208. Eds. K.M. Menke et al.
- Vance, R.D., R.L. Preston, V.R. Cahill and E.W. Klosterman. 1972. Net energy evaluation of cattle-finishing rations containing varying proportions of corn grain and corn silage. J. Anim. Sci. 34:851-856.
- Vercoe, J.E.. 1973. The energy cost of standing and lying and adult cattle. Brit. J. Nutr. 30:207-210.
- Vercoe, J.E. and J.E. Frisch. 1974. Fasting metabolism, live weight and voluntary feed intake of different breeds of cattle. In Energy Metabolism of Farm Animals. 6th Symposium, Hohenheim, p.131-134. Eds. K.M. Menke et al.
- Vermorel, M., J.C. Bouvier and Y. Geay. 1976. The effect of the genotype(normal and double muscle Charolais and Friesian) on energy utilization by growing cattle at 2 and 16 months of age. In Energy Metabolism of Farm Animals. 7th Symposium, Vichy, p.217-220. Eds. M. Vermorel.
- Vermorel, M., J.C. Bouvier, and Y. Geay. 1980. Energy utilization by growing calves: Effects of age, milk intake and feed level. Energy Metab. proc. Symp. 26:9-53.
- Waldo, D.R. and H.F. Tyrrell. 1980. The relation of insoluble nitrogen intake to gain, energy retention and nitrogen retention in Holstein steers. In Protein Metabolism and Nutrition. EAAP. Pub. 27. pp.572-577. Braunschweig. F.R. Germany. Eds. H.J. Oslage and K. Rohr.
- Webster, A.J.F., J.M. Brockway and J.S. Smith. 1974. Energy exchanges during growth in cattle. In Energy Metabolism of Farm Animals. 6th Symposium, Hohenheim, p.135-138 Eds. K.M. Menke et al.
- Webster, A.J.F., P.O. Osuji, F. White and J.F. Ingram. 1975. The influence of food intake on portal blood flow and heat production in the digestive tract of

- sheep. Brit. J. Nutr. 34:125-139.
- Webster, A.J.F., J.S. Smith and G. Mollison. 1976. On the prediction of heat production in growing cattle. In Energy Metabolism of Farm Animals. 7th Symposium, Vichy, p.221-224. Ed. M. Vermorel.
- Wilkerson, V.A., T.J. Klopfenstein, R.A. Britton, R.A. Stock, and P.S. Miller. 1993. Metabolizable protein and amino acid requirements of growing beef cattle. J. Anim. Sci. 71:2777-2784.
- 農林水産技術會議事務局：日本飼養標準, 肉用牛. (1987). 中央畜産會.
- 農林水産技術會議事務局：日本飼養標準, 肉用牛. (2000), 中央畜産會.
- 橋瓜徳三, 針生程吉, 伊藤 稔, 増淵敏彦, 田邊忍, 森本 宏. 1967. 肉牛の 飼養標準に 關する 研究. II. 和牛の 維持養分要求量に 關する 研究. 畜試研報. 13:23-40.
- 橋瓜徳三, 針生程吉, 伊藤 稔, 田邊 忍, 森本 宏, 1968. 肉牛の 飼養標準に關する 研究. IV. 壓片大麥と粉碎大麥の肥育飼料としての價値. 日本畜試年報 16: 75-89.
- 橋瓜徳三, 針生程吉, 伊藤 稔, 田邊 忍, 森本 宏, 1968. 肉牛の 飼養標準に關する 研究. III. 大麥とふすまの蒸煮が和牛の肥育飼料の利用効率に及ぼす効果. 日本畜試年報 16: 61-74.
- 橋瓜徳三, 針生程吉, 伊藤 稔, 田邊 忍, 森本 宏, 1968. 肉牛の 飼養標準に關する 研究 V. 飼料の給與量と肥育に對するエネルギーおよび蛋白質の利用. 日本畜試年報 17: 61-77.
- 川島良治, 矢野史子, 石田直彦. 1984. 肥育牛の飼料乾物攝取量についての再検討. 昭和 59年度科學研究費補助金(試驗研究)研究成果報告書.
- 이상철. 1991. 한우 수소의 유지 및 증체시 에너지 대사와 단백질 이용효율에 관한 연구. 서울대학교 박사학위 논문.
- 이상철, 탁태영, 김경훈, 윤상기. 2002. 절식대사 시험에 의한 한우 수소의 유지에너지 요구량 결정에 관한 연구. 한국동물자원과학회지. (투고중)
- 정연후, 이상철, 강수원, 정정수, 정천용. 1992. 한우 육성빈우의 에너지와 단백질 요구량 결정. I. 대사시험에 의한 한우 육성빈우의 에너지와 단백질 요구량 결정. 한축지 34(5) 293-300.
- 탁태영, 강태홍, 김강식. 1983. 대사시험에 의한 한우 성빈우 유지시 양분요구량에 관한 연구. 한축지 25(2)117-137.
- 金榮吉, 韓仁圭, 金康植. 1975. 韓牛 牝牛의 育成肥育時 營養素 要求量에 關한 研究. 韓畜誌. 17(4):359-403.

- 白鳳鉉, 金龍坤, 申紀俊, 李根常, 金康植. 1989. 韓牛의 숫소 去勢 및 암소 育成肥肉時
肉生産性과 肉質 및 飼料 利用性에 關한 研究. 農試論文集(畜産篇) 31(4):1-8.
- 安東源, 安丙弘. 1985. 韓牛育成肥育牛의 에너지 要求量에 關한 研究. 韓畜誌.
27(4):217-221.
- 池高夏, 金榮吉, 韓仁圭. 1970. 韓牛의 維持를 爲한 TDN 및 DCP 適定 供給量 決定
에 關한 研究. 韓畜誌 12(4):257-262.
- 韓國 飼料 成分表. 1982. 韓國 飼料情報센터, 國際 飼料研究所
- 韓國標準家畜飼料給與基準. 1983. 農村振興廳 畜産試驗場
- 韓國標準家畜飼料給與基準(한우). 1992. 農村振興廳 畜産試驗場
- 韓國標準飼料成分表. 1988. 農村振興廳 畜産試驗場
- 韓牛 發育標準 및 簡易 體重 測定值. 1989. 韓國 種畜改良協會
- 한국 고급육 생산기술개발 보고서. 1998. 농림부, 농촌진흥청 축산기술연구소