

GOVP1200207999

636.211  
L2937

(19th)

최 종  
연구보고서

고급육형 한우 육종을 위한 영양 및 성장 생리  
특성 구명

A Study on Nutritional and Growth  
Physiological Characteristics for High Beef  
Quality Type of Korean Cattle Breeding

연구기관 : 충북대학교 농과대학

농 립 부



## 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “고급육형 한우 육종을 위한 영양 및 성장 생리 특성 구명” 과제  
의 최종보고서로 제출합니다.

2001 년 10 월 31 일

주관연구기관명 : 충북대학교  
총괄연구책임자 : 김 내 수  
연 구 원 : 송 만 강  
연 구 원 : 정 정 수  
연 구 원 : 최 양 일  
외 18인

# 요 약 문

## I. 제 목

고급육형 한우 육종을 위한 영양 및 성장 생리 특성 구명

A Study on Nutritional and Growth Physiological Characteristics for High Beef Quality Type of Korean Cattle Breeding

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

한우를 우리 나라 고유의 품종으로서 우리 손으로 개량하지 않으면 안될 중요한 유전자원이다. 더욱이나 독특한 고급육형 육우로 육종하려면 우선 한우의 고급육 생산의 유전적 가능성과 더불어 한우의 육종방향을 결정하기 위하여 가장 중요한 것은 사양, 생리, 유전 등의 개별적 접근이 아닌 거시적 관점에서 모든 연구가 유기적 관련을 갖고 통합적으로 나가야 한다

이러한 중요성에 비추어 고급육형 한우 육종을 위한 고급육 생산에 관한 유전 생리학적 연구가 피요하며, 이를 통하여

1) 생리 유전학적으로 적합한 최적 사양형태를 확립함으로써 한우육 생산의 국제 경쟁력 강화하고,

2) 체계적 고급육형 계통 조성의 육종체계를 수립함으로써 한우의 지속적인 유전적 개량의 기틀을 마련하며,

3) 한우육과 수입육의 차별화에 관한 사회적 요구에 부응하기 위하여 본 실험을 수행 하였으며 얻은 결과 요약은 아래 IV와 같다.



Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

구분	연구개발목표	연구개발내용 및 범위
1차년도 (1997)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 성장단계별 농후사료 급여수준과 성장 특성 구명</li> <li>- 비거세우를 대상으로 1년간 3수준의 영양상태 설정</li> <li>- 지방조직의 <i>in vitro</i> lipogenesis 측정 방법 확립</li> <li>- 성장시기별 도체특성 및 육질 변화구명</li> <li>- 한우 성장시기별 근섬유 및 미세조직 변화 구명</li> <li>- Biometric method의 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 비거세 한우를 대상으로 영양 상태에 따른 성장특성을 구명하고, 유전적 소질과 환경요인과의 관계를 구명할 수 있는 조직의 발달생리, 조직의 생리 화학적 조사자료 제공</li> <li>- 인슐린 농도별 등 최적조건확립</li> <li>- 1차년도 도살 한우의 lipogenesis와 지방세포 cellularity 측정</li> <li>- 성장기별 도체특성 조사 (육량 및 육질등급변화)</li> <li>- 성장기별 적색 및 백색근섬유 비율 및 직경변화 조사</li> <li>- 성장기별 근육의 미세조직변화 조사 (TEM)</li> <li>- 성장기별육질변화조사(pH,육색,일반성분,보수력, 연도)</li> <li>- DF-REML method Model 이용</li> </ul>
2차년도 (1998)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 비거세우의 1차년도 시험의 계속 수행 (18-30개월령 한우를 대상으로 영양 수준과 성장관계 조사)</li> <li>- 대사시험 실시</li> <li>- 거세우 대상 3수준의 영양상태 설정</li> <li>- 성장시기별 지방 축적 요인 및 IGF-I 농도 구명</li> <li>- 성장시기별 도체특성 및 육질 변화구명</li> <li>- 한우 성장시기별 근섬유 및 미세조직 변화 구명</li> <li>- Biometric method의 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 18개월령 까지의 영양수준이 그 이후의 성장과 조직의 발달 및 구성에 미치는 효과를 조사하기 위한 자료(시료)를 제공</li> <li>- (비거세 한우 대상) 또한 비거세우를 이용하여 사료의 체내 이용성을 조사함</li> <li>- 거세우에 대한 영양수준이 성장과 사료효율 등에 미치는 효과를 조사함은 물론 성장생리 및 조직발달에 관한 조사 자료를 제공함</li> <li>- 2차년도 도살 한우의 lipogenesis와 지방세포 cellularity 측정, 1차와 2차년도 도살 한우의 혈중 IGF-I 농도측정</li> <li>- 성장기별 도체특성 조사 (육량 및 육질등급변화)</li> <li>- 성장기별 적색 및 백색근섬유 비율 및 직경변화 조사</li> <li>- 성장기별 근육의 미세조직 변화 조사 (TEM)</li> <li>- 성장기별육질변화조사(pH,육색, 일반성분, 보수력, 연도)</li> <li>- Gibbs sampler method 응용</li> </ul>

구분	연구 개발 목표	연구개발내용 및 범위
3차 년도 (1999)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 동일한 내용의 연구개발이나 비거세우에 대한 연구를 종료하고 거세우를 대상으로 하는 연구가 계속됨</li> <li>- 성장시기별 지방 축적 요인 IGF-I 농도 구명</li> <li>- 성장시기별 도체특성 및 육질변화 구명</li> <li>- 한우 성장시기별 근섬유 및 미세조직 변화 구명</li> <li>- Simulation model의 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 비거세우의 경우 최고수준의 영양상태를 제외하고는 30개월령까지 조사함. 거세우 역시 동일한 목적 및 조사방법을 이용함 (비거세 및 거세 한우 대상)</li> <li>- 3차년도 도살 한우의 lipogenesis, 지방세포 cellularity 및 IGF-I 농도 측정</li> <li>- 성장기별 도체특성 조사 (육량 및 육질등급변화)</li> <li>- 성장기별 적색 및 백색근섬유 비율 및 직경변화 조사</li> <li>- 성장기별 근육의 미세조직 변화 조사 (TEM)</li> <li>- 성장기별육질변화조사(pH, 육색, 일반성분, 보수력, 연도)</li> <li>- 한우 유전 모수와 환경 변이를 도입한 한우 성장 모형의 작성</li> </ul>
4차 년도 (2000)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 거세우에 대한 시험을 계속 수행하나 30개월령에서의 종료를 목표로 함</li> <li>- 성장시기별 지방 축적 요인 IGF-I 농도 구명</li> <li>- 성장시기별 도체특성 및 육질변화 구명</li> <li>- 한우 성장시기별 근섬유 및 미세조직 변화 구명</li> <li>- Economic Analysis model의 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 30개월령 까지의 영양수준이 거세한우의 성장과 조직의 발달 및 구성에 미치는 효과를 조사하기 위한 자료(시료) 를 제공함</li> <li>- 4차년도 도살 한우의 lipogenesis, 지방세포 cellularity 및 IGF-I 농도 측정</li> <li>- 처리별, 조사항목별 상관관계조사</li> <li>- 성장기별 도체특성 조사 (육량 및 육질등급변화)</li> <li>- 성장기별 적색 및 백색근섬유 비율 및 직경변화 조사</li> <li>- 성장기별 근육의 미세조직 변화 조사 (TEM)</li> <li>- 성장기별육질변화조사(pH, 육색, 일반성분, 보수력, 연도)</li> <li>- Optimum breeding plan을 위한 경제분석 모형의 개발</li> </ul>
5차 년도 (2001)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고급육형 육종체계 확립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사양, 근섬유, 지방대사 자료의 통합적 분석</li> <li>- High quality beef production을 위한 최적모형의 작성과 그 효과 분석</li> </ul>

#### IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

##### 1. 결과요약

가. 비거세 및 거세 한우에 대한 농후사료 급여수준이 성장과 지방조직 부위별 지방산 조성에 미치는 효과

###### 1). 비거세우 사양시험

농후사료 섭취수준이 증체와 사료효율 및 부위별 지방조직의 지방산 조성이 미치는 효과를 조사하고자 비거세 한우 송아지(평균 193일령)를 대상으로 26개월령까지 19개월간에 걸쳐 사양시험을 실시하였다. 농후사료로는 증송아지 육성비육용(Grower, 7~10개월령), 비육전기용(Finisher I, 11~16개월령), 비육중기용(Finisher II, 17~20개월령) 및 비육후기용(Finisher III, 21~26개월령)으로 제조된 한우용 시판 배합사료를 자동사료급여기로 1일 2~3회 급여하였는데, 이때 85% 및 115% 처리구의 한우는 15개월령까지 100% 처리구에서의 한우와 동일한 체중을 기준으로 각각 15%씩 감소시켰거나 증가시켰다. 16~17개월령 동안에는 시험계획에 따라 85% 및 100% 처리구의 급여량이 115% 처리구 수준으로 점차 시켰으며 그 이후(18~26개월령)로도 농후사료 급여량을 21개월령까지 계속 증가시키되 모든 시험축의 체중에 관계없이 동일한 양을 급여하였다. 모든 공시축은 전 시험기간에 걸쳐 개체사육을 시켰으며 6, 14, 18 및 24개월령에서 3~5개부위 지방조직을 채취하여 지방산을 분석하였다. 조사된 결과를 요약하면 다음과 같다.

비거세 한우 송아지를 약 19개월간에 걸쳐 개체사육시킨 결과 시험기간 동안의 총 평균 1일 건물섭취량은 6.69kg이었으며 일당증체량은 0.95kg이었고 사료효율은 7.06이었다. 전체 시험기간에 걸쳐 비거세 한우의 증체가 농후사료 섭취수준과 밀접한 관계를 보였으나 20개월령까지의 사료효율은 섭취량이 낮을수록 우수한 결과를 보였다.

비거세 한우의 부위별 지방조직에서 공통적으로 조성비율이 높은 지방산은 C<sub>16:0</sub>, C<sub>18:0</sub> 및 C<sub>18:1</sub>이었다. 농후사료 급여수준은 14개월령의 피하지방내 C<sub>16:0</sub> 및 C<sub>18:1</sub>과 근내지방에서의 C<sub>18:1</sub> 및 C<sub>18:2</sub>를 제외하고는 각 부위별 지방조직의 지방산 조성에 영향하지 않았으며, 18개월령과 24개월령에서도 영양수준에 의한 차이를 발견할 수 없었다. 대체로 피하지방과 근내지방에서는 다른 부위에 비하여 불포화지방산인 C<sub>16:1</sub> 및 C<sub>18:1</sub>의 비율이 증가된 반면 C<sub>18:0</sub>의 경우 복강지방에서 상대적으로 높은 비율을 보였다. 비거세 한우의 연령이 증가함에 따라 C<sub>18:0</sub>와의 비율이 감소된 반면 C<sub>16:1</sub>, C<sub>18:1</sub> 및 C<sub>18:2</sub>의 비율이 증가된 경향이었다.

## 2). 대사시험

본 시험은 농후사료 급여수준이 한우 수소에 있어 시험사료의 반추위내 발효성상과 전장소화율에 미치는 효과를 조사하고자 실시하였다. 그러나 계획된 대로, 반추위의 특성이 비슷한 관계로 한우대신 면양을 사용하였다. 시험동물로는 평균체중 61kg인 반추위 누관이 장착된 수면양(Corriedale) 3두를 이용하였으며, 실제 비거세 한우의 경우와 같이 농후사료 급여수준에 따라 85%, 100% 및 115%의 3처리를 두었다. 본 시험은 3두의 면양을 대상으로 3수준의 농후사료 급여수준에 대한 효과를 조사하고자 3 x 3 Latin square design 방법으로 실시되었다. 농후사료 100% 처리구의 경우 NRC 면양 사료(영양소) 요구량(1985)을 참조하여 건물 섭취량을 설정하였는데, 예를 들어 체중이 50kg인 면양의 일당증체량이 0.2kg으로 예상할 경우 체중의 2.5% 수준으로 육성비육용 농후사료를 급여할 경우 1일 1.25kg(건물 기준)이 되었다. 85% 및 115% 처리구의 면양에는 100%에서의 동일한 체중을 기준으로 하여 농후사료 급여량을 각각 15%씩 감소시켰거나 증가시켰다.

전체적으로 농후사료를 많이 급여할수록 반추위액의 pH가 낮아지고 암모니아 농도와 휘발성지방산 생성량(농도)이 증가되었다. 농후사료를 115% 급여한 처리구의 acetate 조성 비율이 가장 낮은 반면 propionate 비율은 크게 증가하였으나, 100% 급여구 및 85% 급여구 간에 차이는 없었다. Butyrate의 경우 농후사료 급여 수준에 의한 차이는 없는 것으로 나타났다.

급여한 농후사료의 반추위 내 예상 분해율을 조사한 바, 급여 수준이 증가할수록 건물과 유기물의 소화율이 다소 감소하는 경향을 보였으나, 처리간 차이는 없었다. 이러한 경향은 전장 소화율에서도 비슷하게 나타났다. 즉, 건물, 조지방 및 NDF 소화율은 농후사료 급여 수준이 증가할수록 다소 낮아지는 경향을 보였다. 그러나 조단백질의 경우 오히려 급여수준이 높을 때 소화율이 다소 감소되는 경향을 보였다.

## 3). 거세우 사양시험

농후사료 섭취수준이 증체와 사료요구율 및 부위별 지방조직의 지방산 조성에 미치는 효과를 구명하고자 거세 한우 수송아지(7개월령, 평균 체중 139kg)를 대상으로 25개월령까지 18개월간에 걸쳐 사양시험을 실시하였다. 농후사료(배합사료)로는 중송아지 육성비육용(Grower, 7~12개월령), 비육전기용(Finisher I, 13~16개월령), 비육중기용(Finisher II, 17~20개월령) 및 비육후기용(Finisher III, 21~25개월령)으로 제조된 한우용 시판 농후사료를 자동사료급여기로 1일 2~3회 급여하였는데, 이때 85% 및 115% 처리구의 한우는 25개월령까지 100% 처리구의 한우와 동일한 체중을 기준으로 각각 15%씩 감소시켰거나 증가시켰다. 전체 시험기간에 걸쳐 벗짚을 자유

로이 섭취토록 하였다. 모든 공시축은 전체 시험기간 동안 개체사육 시켰으며 지방산 조성을 분석하기 위해 15, 18 및 25개월령에서 피하, 근간 및 근내지방 등 3개 부위의 지방조직을 채취하였다.

전체 시험기간에 걸쳐 거세 한우의 증체가 농후사료 급여수준에 의한 영향을 받지 않아 급여 수준이 낮을수록 사료 요구율도 낮았다. 전체 시험기간 동안 거세 한우의 평균 1일 건물섭취량은 5.23kg이었으며 일당증체량은 0.75kg이었고 사료 요구율은 6.92였다.

거세 한우의 부위별 지방조직에서 공통적으로 조성비율이 높은 지방산은 C<sub>16:0</sub>, C<sub>18:0</sub> 및 C<sub>18:1</sub>이었다. 농후사료 급여수준은 전체 시험기간에 걸쳐 각 부위별 지방조직의 지방산 조성에 영향하지 않았다. 부위별 지방조직의 일부 지방산 조성비율은 연령의 변화와 관계없이 일관된 경향을 보였는데, C<sub>14:0</sub>은 피하, 근간 그리고 근내지방의 순으로 점차 낮아진 경향이었으며, C<sub>16:0</sub>의 경우 근내지방에서 그리고 C<sub>18:1</sub>과 USFA/SFA는 근간지방에서 상대적으로 낮은 조성비율을 보였다. 이와는 반대로 C<sub>16:1</sub>, C<sub>18:0</sub> 및 C<sub>18:2</sub>는 각각 피하, 근간 및 근내지방에서 조성비율이 가장 높은 경향을 보였다. 한편, C<sub>18:0</sub>은 연령이 증가함에 따라 조성비율이 점차 감소하는 경향을 보였으나 USFA/SFA 비율은 15개월령에 비하여 18개월령 이후에 다소 증가된 경향을 보였다.

#### 나. 한우의 지방축적요인 구명

한우 비거세 및 거세우의 지방조직의 지방합성, 지방세포 크기 및 혈중 IGF(Insulin-like Growth Factor)-I 농도에 미치는 영향을 구명하기 위해서 수행하였다. 48마리의 비거세우와 48마리의 거세우가 3 영양소 급여수준 즉 요구량의 85, 100 및 150%구에 배치되었다. 지방합성과 지방세포의 크기 측정을 위해 14, 18, 24 및 30월령에 비거세우와 거세우가 각각 12마리씩 도살됐다. 혈액은 매 8주마다 목정맥에서 채취했다. 지방합성은 피하지방, 근간지방 및 근내지방(거세우세서만) 절편을 이용해서 acetate 또는 glucose 지방으로 전변된 양으로 측정했고 지방세포의 크기는 피하, 근간 및 신장주의 지방조직에서 측정했다. 혈중 IGF-I의 농도는 RIA에 의해 측정했다. 얻어진 결과는 다음과 같다.

1. 영양수 수준간에 차이가 없어서 영양소 수준에 없이 지방조직의 지방합성결과를 종합했다. 1)비거세우의 지방조직의 지방합성이 거세우의 그것보다 작았고 2)한우의 성장이 진행될수록 지방합성이 감소했다. 3)acetate로부터의 지방합성이 glucose로부터의 그것보다 더 컸다. 4)거세우에서 피하지방과 근간지방의 지방합성이 근내지방의 그것보다 더 컸다.
2. 지방세포의 평균직경도 영양소 수준에 관계없이 종합했다. 1)거세우의 지방세포가

비거세우의 지방세포보다 컸는데 이 사실은 거세우의 지방함량이 높은 것을 잘 반영해 줬다. 2)지방세포의 크기는 신장주위, 피하 및 근간지방의 순이었다. 3)지방세포의 크기는 30개월까지 증가했다.

3. 비거세우와 거세우에서 매 8주마다 채취한 혈중 IGF- I 농도가 14.5~21.8개월령에서는 증가했다가 그뒤는 감소했는데 거세우에서는 성장시기에 따른 특별한 경향을 나타내지 않았다. 2)비거세우의 IGF- I 의 농도가 거세우의 그것보다 높았다.

다. 성장시기별 한우의 도체특성, 육질변화, 근섬유 및 미세조직 변화

성장단계에 따른 한우의 도체특성, 육질특성 및 근섬유 변화를 구명한 결과는 다음과 같다.

도체특성에서는 비거세 한우가 6개월령에서 30개월령으로 성장함에 따라 도체율과 등지방 두께를 제외한 생체중, 도체중과 배최장근 단면적은 유의적으로 증가하였다. 등지방두께는 18개월령에서 24개월령 이상으로 성장함에 따라 유의적으로 증가했으며, 도체율은 6개월령에서 14개월령까지는 감소하였으나, 점차 회복되어 24개월령 이후에는 증가하였다. 육량등급은 6개월령과 14개월령의 도체는 A등급을 나타냈으나, 18개월령 이상으로 성장함에 따라 B등급으로 감소하였다. 육질등급의 경우 6개월령과 14개월령의 도체는 등외등급을 나타냈고, 18개월령이상으로 성장함에 따라 3등급으로 증가하였으나, 24개월령 이상으로 성장시켜도 육질등급은 크게 향상되지 않았다. 거세한우의 경우도 6개월령에서 30개월령으로 성장함에 따라 도체율과 등지방두께를 제외한 생체중, 도체중과 배최장근 단면적은 유의적으로 증가하였으나, 증가폭은 비거세한우보다 낮았다. 등지방 두께는 18개월령에서 30개월령으로 성장함에 따라 유의적으로 증가했으며, 도체율은 6개월령에서 14개월령까지는 감소하였으나, 점차 회복되어 30개월령에는 증가하였다. 육량등급은 6개월령의 A등급에서 14개월령 이후에는 B등급으로 감소되었으며, 30개월령에는 C등급을 나타내었다. 육질등급은 6개월령과 14개월령의 도체는 등외등급을 나타냈고, 18개월령에서는 3등급으로 증가하였으며, 24개월령에는 2등급을, 그리고 30개월령에는 1등급을 나타내어 성장함에 따라 육질등급은 크게 향상되었다.

육질특성에서는 비거세 한우 등심근의 pH와 보수력은 18개월령을 제외하고는 유사한 경향이었으며, 육색은 14개월령에서 18개월령 이상으로 성장함에 따라 진한 적색쪽으로 변화하였다. 전단력의 경우 14개월령에서 18개월령과 24개월령으로 성장함에 따라 유의적으로 증가하여 질겨졌으나, 30개월령에는 다시 감소하였다. 일반성분에서는 6개월령에서 18개월령 이상으로 성장함에 따라 수분함량은 감소하였으나, 단백질함량과 지방함량은 증가하였다. 관능검사에서는 성장월령이 증가함에 따라 풍미는 증가한 반면, 연도와 전체기호도는 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 거세한우의

경우 pH는 18개월령과 24개월령을 제외하고는 유사한 경향이었으며, 보수력도 6개월령을 제외하고는 유사한 결과를 나타내었다. 육색은 14개월령에서 18개월령 이상으로 성장함에 따라 진한 적색쪽으로 변화하였다. 전단력의 경우 6개월령에서 14개월령과 18개월령으로 성장함에 따라 유의적으로 증가하여 질겨졌으나, 24개월령 이후에는 감소하여 고기가 연해졌다. 일반성분에서는 6개월령에서 14개월령 이상으로 성장함에 따라 수분함량은 감소하였으나, 단백질함량은 증가하는 경향이였다. 지방함량은 6개월령에서 18개월령 이상으로 성장함에 따라 유의적으로 증가하였다. 관능검사에서는 성장월령이 증가함에 따라 풍미는 증가하는 경향이었고, 다즙성, 연도와 전체 기호도는 점차 감소하는 경향을 보였으나, 30개월령에는 다소 증가하였다.

근섬유 변화에서는 비거세 한우의 경우 6개월령과 24개월령을 제외하고는 IIW형(백색근섬유)의 비율이 가장 많았고, 다음이 IR형(적색근섬유) 그리고 IIR형(중간근섬유)의 순서로 비율이 작았다. 근섬유 비율은 24개월령까지 성장함에 따라 IR형과 IIR형 근섬유 비율은 감소한 반면, IIW형 근섬유 비율은 증가하는 경향을 나타냈다. 근섬유 직경의 변화에서는 18개월령과 24개월령을 제외하고는 IIW형 근섬유의 직경이 가장 컸으며, 다음이 IIR형 그리고 IR형 근섬유 직경이 가장 작았다. 세타입의 근섬유 직경은 6개월령에서 18개월령 이상으로 성장함에 따라 직경이 커지는 경향을 보였으며, 특히 IIW형 근섬유 직경의 증가폭이 매우 컸다. 근섬유 면적의 변화는 근섬유 직경의 변화와 유사한 경향을 나타냈다. 면적대비 근섬유조성 비율의 변화에서도 성장월령이 증가함에 따라 IR형과 IIR형의 비율은 감소하는 경향을 나타내는 반면에, IIW형 근섬유는 증가하는 경향을 나타냈다. 거세한우의 경우도 6개월령을 제외하고는 IIW형 근섬유의 비율이 가장 많았고, 다음에 IR형 그리고 IIR형의 순서로 비율이 작았다. 근섬유 비율은 24개월령까지 성장함에 따라 IR형과 IIR형 근섬유 비율은 감소한 반면 IIW형 근섬유 비율은 증가하는 경향을 나타냈다. 거세 한우의 근섬유 직경과 면적의 변화에서도 비거세 한우와 유사한 경향을 나타내었다. 면적대비 근섬유 조성 비율의 변화에서도 성장월령이 증가함에 따라 IR형과 IIR형의 비율은 감소하는 경향을 나타내는 반면에 IIW형 근섬유는 증가하는 경향을 나타냈다.

성장월령에 따른 등심근의 투과형 전자현미경 사진에서는 비거세우와 거세우의 미세조직 변화가 유사한 경향이였다. 6개월령 등심근은 근섬유내 미세조직의 발달이 완전하지 못했으나, 14개월령을 거쳐 18개월령에서 더욱 발달된 근섬유와 함께 근육내 미세구조가 전체적으로 형성되었다. 24개월령과 30개월령 등심근은 18개월령과 유사한 경향이였으나, 더욱 명확하게 발달된 미세구조들을 나타내었다.

라. 한우 개량 체계 simulation 모형 개발과 개량 체계 비교 연구

가축 육종 체계 또는 선발방법의 상호 비교를 할 수 있도록 다형질 모의실험을 위한 확률모형

을 개발하고, 개발된 모형에 따라 프로그램을 작성하였으며, 모수를 입력하고 실행하여 생성된 자료가 주어진 유전모수의 특성을 나타내는지 확인하기 위하여 모의실험을 실시하였다. 기존 연구결과로부터 얻어진 평균과 상가적 유전효과 및 잔여오차의 분산 및 공분산 값을 실험 모수로 사용하여 모의실험 축군을 생성하였다. 선발방법은 임의교배, 표현형가, 참육종가 및 추정육종가에 의한 선발 중에서 선택할 수 있도록 하였고, 개체의 육종가는 MTDFREML package를 사용하여 추정하였다. 모의실험 프로그램의 정확성을 검증하기 위하여 크기가 다른 3 축군을 20년간 임의교배하여 모의실험한 결과, 축군의 크기에 관계없이 평균값과 분산 및 공분산 값은 모의실험 모수로 주어진 값과 비슷하였고, 축군의 크기가 클수록 모의실험 모수로 주어진 값에 더욱 근접하였으며 표준오차가 작아졌다. 이상의 결과를 보면, 모의실험 모형에 의해 생성된 축군의 자료는 모의실험 모수와 같은 통계적 특성을 유지하는 것으로 사료된다.

초음파 생체 측정기술을 적용하여 당대검정에서 성장형질과 도체형질을 동시에 선발하는 모형과 기존 후대검정 모형을 비교하기 위한 모의실험을 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다. 당대검정 모형(Model I)은 종모우 10두와 7,000두 규모의 종빈우 집단에서 선택한 1,000두의 종빈우를 교배하여 생산된 333두의 수송아지 중에서 보증종모우 10두를 선발하는 모형이다. Model I의 선발형질은 18개월령 체중(BW18), 초음파측정 배장근단면적(LMAU) 및 초음파측정 근내지방도(MSU) 등 3형질을 조합한 7가지로 구성하였다.

후대검정 모형(Model II)은 종모우 10두와 7,000두 규모의 종빈우 집단에서 선택한 1,000두의 종빈우를 교배하여 생산된 333두의 수송아지 중에서 능력검정에 의해 후보종모우 33두를 선발한 후, 후보종모우 1두당 15두의 수송아지를 후대검정하여 보증종모우 10두를 선발하는 모형이다. Model II의 능력검정 선발형질은 12개월령 체중(BW12)으로 하였고, 후대검정 선발형질은 도체측정 배장근단면적(LMAC), 도체측정 근내지방도(MSC) 등 2형질을 조합한 3가지로 구성하였다.

선발형질들의 추정 육종가를 표준화하여 같은 비중으로 선발기준에 적용하였다. Model I과 Model II의 근교계수는 30년 간의 모의실험 후 각각 0.088 및 0.058이었으며 각 모형 내 선발축군 간에 증가율에 큰 차이가 없었으나 모형간에는 세대간격의 차이로 인해 증가율에 차이가 있었다.

모의실험 결과를 볼 때, 18개월령 체중과 배장근단면적은 초음파측정기술을 사용하여 Model I로 선발하는 것이 Model II보다 개량속도를 높일 수 있었으며, 근내지방도는 Model II가 개량속도가 약간 높거나 같았으며, 초음파측정의 정확도를 조금만 더 높인다면 Model I에 의한 선발이 더 효과적이 될 수 있을 것이다. 따라서 초음파측정기술을 도입한 Model I로 선발하는 것이 개량속도를 높일 수 있으며, 세대간격을 단축할 수 있고, 결과적으로 경제적 효율이 있을 것으로 사료된다.



## 2. 연구 결과 활용에 대한 건의

한우의 거세 비거세우의 사양 결과는 앞으로 고급육 생산하는 과정에 중요한 자료로서 활용될 수 있으며, 지방산의 특성을 보고함으로써 좀더 과학적인 관점에서 유질을 평가할수 있는 단초를 만들었다. 사양 표준 제정과 농가의 사양 지침을 만드는데 중요한 자료를 제공하고 있다.

한우를 도살한 직후 지방조직(피하, 근간 및 근내)을 떼어내어 in vitro에서 지방합성량을 측정 한 결과 한우의 조직부위별, 거세유무 및 성장시기에 따른 뚜렷한 경향치를 보이지 않아서 이 결과를 고급육 한우선발에 이용하기는 어렵다. 지방세포의 크기는 거세우가 비거세우에 비해 더 컸고, 측정 한 마지막 시기인 30개월령까지 지방세포의 직경이 커졌다. 이 사실은 Angus 등 다른 외국육우에 비해 marbling fat이 많을 것임을 시사해주고 있어서 지방세포의 크기는 고급육 한우선발에 이용될 수 있는 항목으로 사료된다. 그리고 앞으로 외국 육우와 같은 조건하에 사육해서 과연 한우의 지방세포의 크기가 더 큰지를 확인해 볼 필요가 있다. 혈중 IGF-I 농도에 있어서는 비거세우는 성장시기에 다른 특정패턴을 보였는데 거세우는 그렇지 않았다. 그 이유는 한우 체내의 옹성호르몬의 작용 때문인 줄 사료된다. 이 혈중 IGF-I 농도는 등지방두께, marbling score 등과 상관관계가 높은 것으로 알려졌기에 고급육 한우선발에 이용될 수 있을 것이다.

비거세 한우의 경우 6개월령에서 30개월령까지 사육시킬 때 생체중, 도체중과 배최장근 단면적은 증가하나, 육량등급은 18개월령 이상으로 성장함에 따라 B등급으로 감소하고, 육질등급은 3등급에 해당하여 비거세 한우는 24개월령 이상으로 사양시키는 것은 육질향상에 크게 유리하지 않으며 비경제적이었다. 거세한우의 경우 6개월령에서 30개월령까지 사육시킬 때 생체중, 도체중과 배최장근 단면적의 증가폭은 비거세한우에 비해 낮았고, 육량등급은 24개월령의 B등급에서 30개월령에는 C등급으로 감소하나, 육질등급은 24개월령의 2등급에서 30개월령에는 1등급으로 증가하여 고급육생산의 목적에는 거세 한우를 24개월령 이상으로 사양시키는 것이 유리하였다. 진단력과 관능검사를 포함한 육질특성의 결과도 이를 뒷받침하였다. 성장월령에 따른 근섬유 변화의 결과에서는 비거세 한우의 근육성장에 의한 체성장은 주로 백색근섬유(IIW형 근섬유)의 성장에 의한 것이며, 반면에 거세 한우의 경우 거세에 의해 근섬유 크기가 작아지며 또한 적색근섬유(IR형 근섬유)의 비율이 상대적으로 증가하여 고기가 연해지고 근육내지방 침착도가 높아지는 결과를 나타내므로 근섬유 분석은 한우 육종 및 선발에 활용될 수 있을 것으로 사료되었다.

성장 모형 개발과 simulation 개발을 통하여 유전 모수들이 정확히 알 수 있다면 여러 상대적인 실험 결과를 컴퓨터 상에서 실시 할 수 있게 되었다. 대학에서 육종학 강의에 모의 실험을 통하여 선발반응과 여러 선택적 육종계획의 효율성을 비교할수 있으며, 특히 정책 수립 전에 모의 실험을 수행하면 정책의 오류를 차단 할 수 있게 될 것이다.

## SUMMARY

### 1. Effect of Feeding Level of Concentrates on Growth Performance and Fatty Acid Composition of Adipose Tissues at Various Locations in Hanwoo Bulls

The study was conducted with 63 Hanwoo bull calves of 193 days old for 19 months (up to 26 month of age) to examine the effect of feeding level of concentrate on the body weight gain, feed requirements and fatty acid composition of adipose tissues of various locations (subcutaneous, abdominal, kidney, intermuscular and intramuscular fats). The Hanwoo bull calves were allotted into 3 treatments according to the feeding level of concentrate (85, 100 and 115%), and fed concentrates of Grower (7~10 month of age), Finisher I (11~16 month of age), Finisher II (17~20 month of age) and Finisher III (21~26 month of age). The feeding level of concentrates for the cattle of 85% and 115% were decreased or increased by 15%, respectively, up to 15 month of age based on the similar body weight to the cattle of 100%. Feeding level of the concentrates for the cattle of 85% and 100% were continuously increased for the next 2 months, to make same levels as for the cattle of 115%, thereafter amount of concentrate were continuously increased based on the rate of body gain for all the cattle. The cattle were fed in a individual feeding system through the experimental period. The cattle were slaughtered at the ages of 6, 14, 18 and 24 month and adipose tissues were collected to analyze long chain fatty acids. Results observed from the study were summarized as follows :

Overall mean dry matter intake and body gain per day and feed requirements of Hanwoo bulls during 19 months of feeding from 193 day old calves were 6.69kg, 0.95kg and 7.06, respectively. Body gain of Hanwoo bulls through experimental period was greatly affected by the feeding level of concentrate, but feed requirement was improved up to 20 month of age with the decreased feeding level of concentrate.

Fatty acids of  $C_{16:0}$ ,  $C_{18:0}$  and  $C_{18:1}$  in the adipose tissues at various locations of Hanwoo bulls were dominated. The feeding level of concentrate did not affect the fatty acid composition except for  $C_{16:1}$  and  $C_{18:1}$  in subcutaneous fat, and  $C_{18:1}$  and  $C_{18:2}$  in intramuscular fat of the cattle that were fed at the level of 85% at the age of 14 month ( $P < .05$ ). No differences were observed in fatty acid composition

of adipose tissues of each location for the cattle of 18 and 24 month of age among treatments. There were tendencies of greater C<sub>16:1</sub> and C<sub>18:1</sub> in subcutaneous and intramuscular fat while higher C<sub>18:0</sub> in abdominal fat. There were also trends that were greater unsaturated fatty acid compositions in subcutaneous and intramuscular fat and higher saturated fatty acids in abdominal, kidney and intermuscular fats. Percent C<sub>18:0</sub> tended to be decreased while C<sub>16:1</sub>, C<sub>18:1</sub> and C<sub>18:2</sub> increased with the age of Hanwoo bulls.

## 2. Effect of Feeding Levels of Concentrates on the Growth Performance and Fatty Acid Composition of Adipose Tissues at Various Locations in Hanwoo Steers

The study was conducted with 60 Hanwoo steer calves(7 month of age, mean body weight 139kg) for 18 months performance to examine the effect of the feeding levels of concentrates on the growth performance and fatty acid composition of adipose tissues of various locations(subcutaneous, intermuscular and intramuscular fats). The Hanwoo steer calves were randomly allotted into 3 treatments according to the feeding levels of concentrates(85, 100 and 115%), and fed concentrates of Grower(7~12 month of age), Finisher I(12~16 month of age), Finisher II(17~20 month of age) and Finisher III(21~25 month of age). The feeding levels of concentrates for the cattle of 85% or 115% were decreased or increased by 15%, respectively, up to 25 month of age based on the similar body weight to the cattle of 100%. The cattle were kept in an individual pen through the experimental period and were fed rice straw ad libitum. The cattle were slaughtered at the ages of 15, 18 and 25 months, and the adipose tissues collected were subjected to analyze the fatty acid composition.

Growth of Hanwoo steers was not affected significantly by the feeding levels of concentrates, thus the lowered feed requirement was observed as the feeding levels of concentrates decreased. Overall mean dry matter intake, daily body gain and feed efficiency of Hanwoo steers up to 25month of age were 5.23kg, 0.75kg and 6.92, respectively.

Fatty acids of palmitic acid(C<sub>16:0</sub>), stearic acid(C<sub>18:0</sub>) and oleic acid(C<sub>18:1</sub>) in the

adipose tissues of three locations of Hanwoo steers were dominated. The feeding level of concentrate did not affect the fatty acid composition. Percent composition of C<sub>14:0</sub> was lowered in the order of subcutaneous, intermuscular and intramuscular fats. Relatively lowered values of C<sub>16:0</sub> in the intramuscular and C<sub>18:1</sub> and unsaturated fatty acids(USFA) to saturated fatty acids(SFA) in the intermuscular fats were observed. But increased tendencies of palmitoleic acid, C<sub>18:1</sub> and linoleic acid were found from the subcutaneous, intermuscular and intramuscular fats, respectively. On the other hand, percent C<sub>18:0</sub> slightly decreased but the ratio of USFA to SFA tended to increase with age.

### 3. Studies on factors affecting lipid deposition in Hanwoo cattle

The current study was undertaken to determine the effect of age and feeding level of the concentrates on lipogenesis of adipose tissue, adipocyte size and blood IGF(Insulin-like Growth Factor)- I concentration in the Hanwoo bulls and steers. A total of 48 bulls and 48 steers were allocated into 3 feeding groups, 85%, 100% and 115% of the requirement for Hanwoo cattle. Twelve bulls and 12 steers were killed 14, 18, 24 and 30 months of age for the measurement of lipogenesis and adipocyte size. Blood samples were obtained from jugular vein every 8 week for IGF- I measurement. Lipogenesis was measured with subcutaneous, intermuscular and intramuscular(only for steers) adipose tissue explants in culture by the amount of acetate or glucose converted to the total lipid, and adipocyte diameter was measured with subcutaneous, intermuscular and perirenal adipose tissues at each slaughter age. Blood IGF- I was measured by radioimmuno assays(RIA). The results obtained are as follows :

- 1). The results of lipogenesis of adipose tissue were pooled over feeding levels, as there was no feeding level effects. 1)Lipogenesis of adipose tissue from steers was less than that from bulls. 2)As bulls and steers get older, lipogenesis was gradually reduced. 3)Lipogenesis from acetate was higher than that from glucose. 4)In Hanwoo steers, lipogenesis of subcutaneous and intermuscular adipose tissue was higher than that of intermuscular adipose tissue.
- 2). Average diameter of the adipocytes was pooled over feeding levels. 1)Adipocyte of Hanwoo steers was larger than that of Hanwoo bulls, reflecting

high fat content in the steer. 2) Adipocytes size was in the order of perirenal, subcutaneous and intermuscular adipose tissue. 3) Adipocyte diameter was continuously increased up to 30 months of age.

3). IGF- I was measured for blood taken every 8 weeks in the Hanwoo bulls and steers. 1) Blood IGF- I was elevated (14.5~21.8 months age) in Hanwoo bulls and decreased as the growth was progressed. But, there was no specific trend found in the Hanwoo steers. 2) IGF- I of Hanwoo bulls were higher than that of Hanwoo steers.

#### 4. Changes of carcass characteristics and meat quality by growing age in Hanwoo

The effects of growing age on the carcass, meat quality and muscle fiber characteristics in Hanwoo were summarized as follows.

In the carcass characteristics of Hanwoo bulls, live weight, carcass weight and ribeye area except backfat thickness and dressing percent were increased ( $P < 0.05$ ) until 24 months of growing age. The backfat thickness was increased ( $P < 0.05$ ) from 18 months to 24 months of growing age. The dressing percent was decreased ( $P < 0.05$ ) from 6 months to 14 months, but thereafter slowly increased. Carcasses from 6 or 14 months of growing age showed A grade of YG (yield grade), but carcasses from 18 to 30 months showed B grade. In QG (quality grade), carcasses from 6 or 14 months showed 'out of grade' and carcasses from 18 to 30 months showed 3 grade of QG, but the QG was not improved after the 24 months of growing age.

In the carcass characteristics of Hanwoo steers, live weight, carcass weight and ribeye area except backfat thickness and dressing percent were increased ( $P < 0.05$ ) until 30 months of age, but the ranges were somewhat lower than those of bulls. The backfat thickness was increased ( $P < 0.05$ ) from 18 to 30 months of age, and the dressing percent was decreased ( $P < 0.05$ ) from 6 to 14 months, but thereafter slowly increased until 30 months. Carcasses from 6 months of age showed A grade of YG, but carcasses from 14 or 30 months showed B or C YG, respectively. In QG, carcasses from 6 or 14 months showed 'out of grade' and carcasses from 18, 24 or 30 months showed grade of 3, 2 or 1 QG, respectively, and the QG was very improved by castration.

In meat qualities of *longissimus* muscle from Hanwoo bulls, the pH and water-holding capacity(WHC) tended to be similar except 18 months of growing age, and the meat color changed to red from 14 to 18 months of growing age. The shear force was increased( $P<0.05$ ) from 14 to 18 months, but after that decreased( $P<0.05$ ) at 30 months. In proximal analysis, the moisture content was decreased until 24 months of growing age, but the protein and fat contents tended to increase. In panel test, the flavor score tended to increase but the tenderness or total acceptability score tended to decrease until the 30 months of growing age.

In meat qualities of *longissimus* muscle from Hanwoo steers, the pH value tended to be similar except 18 or 24 months of age, and WHC value tended to be similar except 6 months. The meat color changed to red from 14 to 18 months of age. The shear force was increased( $P<0.05$ ) from 6 to 14 or 18 months, but decreased after 24 months of age. In proximal analysis, the moisture content was decreased( $P<0.05$ ) from 6 to 30 months of age, but the fat content was increased( $P<0.05$ ). In panel test, the flavor score tended to increase, but the juiciness, tenderness and total acceptability scores tended to decrease until 24 months of age.

In the muscle fiber characteristics from Hanwoo bulls, the ratio of white muscle fiber(IIW type) was the largest, and the ratio of intermediate muscle fiber(IIR type) was the smallest except the 6 or 24 months. The ratio of red muscle fiber(IR type) or IIR type tended to decrease, but the ratio of IIW tended to increase until 24 months of growing age. In the muscle fiber diameter, the IIW type had the largest diameter, but the IR type had the smallest diameter except the 18 or 24 months of growing age. The diameter of three muscle fiber types tended to increase until 30 months, and the IIW type showed faster increase. The muscle fiber area showed the same tendency as the muscle fiber diameter. In the relative muscle area of fiber types, the ratio of IR or IIR type tended to decrease, but that of IIW tended to increase until 24 months.

In the muscle fiber characteristics from Hanwoo steers, the ratio of IIW type was the largest, and the ratio of IIR type was the smallest except 6 months. The ratio of IR or IIR type tended to decrease, but the ratio of IIW tended to increase until 24 months of age. In the muscle fiber diameter or area, the Hanwoo steers showed similar tendency compared to bulls. In the relative muscle

area of fiber types, the ratio of IR or IIR type tended to decrease, but that of IIW type tended to increase from 6 to 24 months of age.

In the transmission electron micrographs, the change of microstructure from *longissimus* muscle of Hanwoo bulls showed the similar pattern as that of Hanwoo steers. Muscle fiber from *longissimus* muscle of 6 months did not show the full development and the A or I band was not fully observed. However, muscle fiber from *longissimus* muscle of 18 months showed thicker Z-line and the A or I band was fully observed. The *longissimus* muscle of 24 or 30 months showed the similar morphological pattern of muscle fiber as 18 months of growing age, but the muscle fiber seemed to be fully developed.

#### 5. A Development of simulation Model for Korean cattle Breeding System and Comparion of Alternative Breeding System

A stochastic model for Korean cattle breeding was developed. This model could be used to comparison among various breeding systems and multi-traits selection. In order to confirm the model, the input and output parameters after simulation was compared.

When the simulated herd was produced, the parameters of mean additive genetic and error variances from the references were used. The replacement cattle were selected by random, phenotypic values and true breeding values and estimated breeding values. The individual estimated breeding values were estimated by MTDFREML method. The three different herd size by randomly selected herds were simulated for 20 years, in order to test the consistency of the model. The simulated model was resulted to give the similar values of input and output in any size of herds. If herd size was bigger, then the differences between input and output was smaller. It means that the simulation model was always contain that the statistical characteristics of output herd data had equality of input parameter.

In order to compare the breeding plan, there were two systems were assumed. Model I was tested only by performance test. However in order to test meat/carcass quality, Ultrasonic test was performd. Model I had 10 sire and 7,000 cow herd. Among cow herd 1000 were used dam every year and they produced



333 young bulls. 10 bulls among young bulls were selected for proven bulls. The selected criteria were combination of 3 traits (Weight at 18 month, Loin muscle area by ultrasound and marbling score by ultrasound)

Model II Has same size of herd but they performed progeny test for meat/carcass quality. But 33 young bulls among 333 was selected by growth performance and 10 among them, each has 15 progeny, tested and selected as a proven bull. Two stage selection were performed. The 1st was weight of 12 months and the 2nd were 3 combination of two traits (Loin muscle area by carcass and marbling score by carcass).

The Inbreeding coefficients after 30 generation were 0.088 and 0.058 for Model I and II respectively. Model I had more selection response in body weight and loin muscle area. But marbling score had greater or equal response in Model II. If the accuracy of ultrasound will be improved, Model I has more merits for improvement of 3 traits, generation interval and economic point of view.

# CONTENTS

Chapter 1. Introduction .....	1
Chapter 2. Effect of Feeding Level of Concentrates on Growth Performance and Fatty Acid Composition of Adipose Tissues at Various Locations in Hanwoo Bulls and Steers .....	2
Section 1. Growth performance and fatty acid composition in Hanwoo bulls .....	2
1. Materials and methods .....	2
2. Results and discussion .....	4
1) Growth performance .....	4
2) Fatty acid composition .....	7
Section 2. Metabolism trials with sheep .....	15
1. Materials and methods .....	15
2. Results and discussion .....	17
Section 3. Growth performance and fatty acid composition in Hanwoo steers .....	23
1 . Materials and methods .....	23
2 . Results and discussion .....	24
1) Growth performance .....	24
2) Fatty acid composition .....	28
Section 4. Comparison of Hanwoo bulls and steers .....	37
Section 5. Summary .....	41
1 . Growth trials with Hanwoo bulls .....	41
2 . Metabolism trials with sheep .....	41
3 . Growth trials with Hanwoo steers .....	42
Section 6. Reference .....	44
Chapter 3. Studies on factors affecting lipid deposition in Hanwoo cattle .....	47
Section 1. Materials and methods .....	47
1. Lipogenesis of adipose tissue .....	47

1). Collection of adipose tissue .....	47
2). Measurement of lipogenesis .....	47
2. Measurement of adipocyte size .....	48
3. Measurement of blood IGF- I concentration .....	49
1). IGF extraction from IGFBP .....	49
2). Iodination of IGF- I .....	50
Section 2. Results and Discussion .....	51
1. Lipogenesis, adipocyte size and IGF- I concentration in Hanwoo bulls ..	51
1). Lipogenesis of adipose tissue .....	51
2). Adipocyte size .....	56
3). Blood IGF- I concentration .....	59
2. Lipogenesis, adipocyte size and IGF- I concentration in Hanwoo steers'	60
1). Lipogenesis of adipose tissue .....	60
2). Adipocyte size .....	62
3). Blood IGF- I concentration .....	65
3. Comparison of Hanwoo bulls and steers .....	66
1). Lipogenesis of adipose tissue .....	66
2). Adipocyte size .....	66
3). Blood IGF- I concentration .....	66
Section 3. References .....	71
Chapter 4. Changes of carcass characteristics and meat quality	
by growing age in Hanwoo .....	72
Section 1. Introduction .....	72
Section 2. Materials and Methods .....	73
1. Experiment design .....	73
2. Materials and methods .....	74
3. Statistical analysis .....	76
Section 3. Results and Discussion .....	78
1. Changes of carcass characteristics and meat quality by growing age in	
Hanwoo bulls. ....	78
2. Changes of muscle fiber characteristics and microstructure by growing age	

in Hanwoo bulls. ....	83
3. Changes of carcass characteristics and meat quality by growing age in Hanwoo steers. ....	90
4. Changes of muscle fiber characteristics and microstructure by growing age in Hanwoo steers. ....	95
Section 4. Summary .....	102
Section 5. References .....	104

## Chpter 5. A Development of simulation Model for Korean cattle Breeding System and Comparison of Alternative Breeding System

Section 1. Introduction .....	107
Section 2. Development of simulation model .....	107
1. Basic herd model .....	107
2. Progeny model .....	109
3. Programming of model .....	110
1). flow chart of model .....	110
2). parameters for simulation .....	113
3). production of basic herd .....	113
4). mating .....	114
5). Estimation of breeding value .....	115
4. management of program .....	117
5. test of program .....	117
1). parameters .....	117
2). method .....	120
3). content of investigation .....	120
6. results and discussion .....	120
Section 3. A comparison of alternative breeding system .....	126
1. material and method .....	126
1). a plan of simulation .....	126
2). content of investigation .....	127
2. results and discussion .....	139

1). Inbreeding coefficient .....	139
2). selection response of Model I .....	141
3). selection response of Model II .....	149
4). comparison for selection response of Model I and II .....	155
5). Economic analysis of Model I and Model II .....	161
Section 4 Summary .....	166
Section 5 References .....	168

# 목 차

제 1 장 서 론 .....	1
제 2 장 비거세 및 거세 한우에 대한 농후사료 급여수준이 성장과 지방조직 부위 별 지방산 조성에 미치는 효과 .....	2
제1절 비거세 한우 사양시험 성적 및 지방조직의 지방산 조성 .....	2
1. 연구내용 및 방법 .....	2
2. 결과 및 고찰 .....	4
3. 사양성적 .....	4
4. 지방산 조성 .....	7
제2절 면양 대사 시험 .....	15
1. 연구내용 및 방법 .....	15
2. 결과 .....	17
제3절 거세 한우 사양시험 성적 및 지방조직의 지방산 조성 .....	23
1. 연구내용 및 방법 .....	23
2. 결과 및 고찰 .....	24
3. 사양성적 .....	24
4. 지방산 조성 .....	28
제4절 비거세 한우와 거세 한우의 지방산 조성 비교 .....	37
제5절 요약 .....	41
1. 비거세우 사양시험 .....	41
2. 면양 대사시험 .....	42
3. 거세우 사양시험 .....	44
제6절 인용문헌 .....	44
제 3장 한우의 지방축적요인 구명	
제 1절 재료 및 방법 .....	47
1. 지방조직의 지방합성 .....	47

가. 지방조직 채취 .....	47
나. 지방합성 측정 .....	47
2. 지방세포의 크기 측정 .....	48
3. 혈중 IGF- I 농도 측정 .....	49
가. IGF-I RIA를 위한 IGFBP로부터 IGF extraction .....	49
나. IGF-I iodination .....	50
제 2절 결과 및 고찰 .....	51
1. 한우 비거세우의 지방합성, 지방세포 크기 및 IGF- I 농도 .....	51
가. 지방조직의 지방합성 .....	51
나. 지방세포 크기 .....	56
다. 혈중 IGF- I 농도 .....	59
2. 한우 거세우의 지방합성, 지방세포 크기 및 IGF- I 농도 .....	60
가. 지방조직의 지방합성 .....	60
나. 지방세포의 크기 .....	62
다. 혈중 IGF- I 농도 .....	65
3. 한우 비거세우와 거세우의 비교 .....	66
가. 지방조직의 지방합성 .....	66
나. 지방세포 크기 .....	66
다. 혈중 IGF-I 농도 .....	66
제 3절 인용문헌 .....	71
제 4장 성장시기별 한우의 도체특성, 육질변화, 근섬유 및 미세조직 변화	
제 1절 서론 .....	72
제 2절 재료 및 방법 .....	73
1. 공시재료 .....	73
2. 조사항목 .....	74
3. 통계분석 .....	76
제 3절. 결과 및 고찰 .....	78
1. 성장월령에 따른 비거세 한우의 도체특성과 육질변화 .....	78
2. 성장월령에 따른 비거세 한우의 근섬유 및 미세조직 변화 .....	83
3. 성장월령에 따른 거세한우의 도체특성과 육질변화 .....	90
4. 성장월령에 따른 거세한우의 근섬유 및 미세조직 변화 .....	95

제 4절 결과요약 .....	102
제 5절. 참고문헌 .....	104
제5장 한우 개량 체계 simulation 모형 개발과 개량 체계 비교 연구	
제1절 서론 .....	107
제2절 모의실험을 위한 모형의 개발 .....	107
1. 기초축군 모형 .....	107
2. 자손 모형 .....	109
3. 모의실험 프로그램 작성 .....	110
가. 프로그램 흐름도 .....	110
나. 모의실험을 위한 모수 .....	113
다. 기초축군 생성 .....	113
라. 교배 .....	114
마. 개체 육종가 추정 .....	115
1) 추정모형 및 도구 .....	115
2) 평가 대상 및 절차 .....	116
3) 선발 .....	116
가) 선발 시기 및 대상 .....	116
나) 선발방법 .....	116
4. 프로그램의 개발 및 운영환경 .....	117
5. 프로그램의 검증실험 .....	117
가. 모의실험 모수 .....	117
나. 시험방법 .....	120
다. 조사항목 .....	120
6. 결과 및 고찰 .....	120
제3절. 한우 당대검정 및 후대검정 체계의 비교 모의실험 .....	126
1. 재료 및 방법 .....	126
가. 모의실험 설계 .....	126
1) 모형 .....	126
가) Model I .....	126
나) Model II .....	127
2) 모의실험 모수 .....	128
3) 선발형질 및 방법 .....	130
나. 조사항목 .....	135



2. 결과 및 고찰 .....	139
가. 근교계수 .....	139
나. Model I의 선발반응 .....	141
1) 성장형질 .....	141
2) 도체형질 .....	144
다. Model II의 선발반응 .....	149
1) 성장형질 .....	149
2) 도체형질 .....	154
라. Model I 과 Model II의 선발반응 비교 .....	155
마. Model I 과 Model II의 개량비용 비교 .....	160
바. Model I 과 Model II의 개량량에 대한 경제적 가치 .....	161
제4절 요약 .....	166
제5절 인용문헌 .....	168

# 제 1 장 서 론

UR 협상의 타결 이후 저렴한 외국 소고기의 공급에 맞서 한우 산업을 육성하기 위하여 우리 농정 당국은 한우육의 고급화를 통하여 이에 대응하려는 전략을 세우고 있다. 그러나 아직 고급육이 분명히 정의된 바는 없지만 고기의 상강도 즉 근간(inter-muscle) 및 근내(intra-muscle)의 지방 함량을 높이자는 것으로 이해되고 있다. 그러므로 이러한 정책의 수행을 위하여 한우를 우리나라의 독특한 고급육형 육우로 육종하려면 우선 한우의 고급육 생산의 유전적 가능성과 더불어 한우의 육종방향을 결정하기 위한 생리적 특성이 구명되어야 할 것이다.

현시점에서 한우를 고급육형으로 육종하기 위하여 가장 중요한 것은 사양, 생리, 유전 등의 개별적 접근이 아닌 거시적 관점에서 모든 연구가 유기적 관련을 갖고 통합적으로 나가야 한다는 점이다. 이제까지 한우에 관한 논문은 헤아릴 수 없이 많이 발표되었지만 한우의 사활이 걸린 현 시점에서 보면 크게 도움을 주는 연구결과는 거의 없는 실정이다. 이는 각 논문이 가치가 없기 때문이 아니라, 연구방향이 거시적이지 못하며 각 연구과제가 상호 보완적이지 못하고 단편적이었기 때문이다. 또한 한우는 고유한 것이기 때문에 우선적으로 이 품종의 유전적 특성이 구명되어야 함에도 불구하고, 이를 위해서는 장기적 시간과 막대한 비용이 들기 때문에 간단하며 비용이 적게 드는 지엽말단적 문제를 해결하는 연구에만 연구비가 투하되었던 것이 우리의 현실이다.

그러므로 본 연구는 한우를 고급육형으로 육종하기 위한 기초자료를 얻기 위하여

- 1) 영양 수준에 따른 거세우와 비거세우의 성장 특성을 구명하고,
- 2) 각 부위별 지방의 지방산 조성을 구명하며,
- 3) 지방 축적과 유전적 배경, 영양수준 성장시기 등과의 관계를 구명하며,
- 4) 영양수준 성장시기에 따른 근섬유 및 근육 미세조직의 변화를 밝히고,
- 5) 영양, 생리, 유전 등의 모수를 근거로 생물학적 모형을 작성하고,
- 6) Simulation을 통하여 고급육형 한우 생산의 최적 육종계획을 수립하고자 본 연구를 수행하였다.

## 제2장 비거세 및 거세 한우에 대한 농후사료 급여수준이 성장과 지방조직 부위별 지방산 조성에 미치는 효과

### 제1절 비거세 한우 사양시험 성적 및 지방조직의 지방산 조성

#### 1. 연구내용 및 방법

생후 6개월령의 비거세 한우 송아지(평균체중, 151.8kg) 63두를 3수준(85, 100 및 115%)의 농후사료 급여량에 따라 각각 21두씩 공시하였으며, 처리당 3반복, 반복당 7두를 완전임의 배치하였다. 본 시험은 1996년 10월부터 19개월간 축협중앙회 한우 개량사업소에서 실시되었다.

농후사료로는 중송아지 육성비육용(Ggrower, 7~10개월령), 비육전기용(Finisher I, 11~16개월령), 비육중기용(Finisher II, 17~20개월령) 및 비육후기용(Finisher III, 21~26개월령)으로 제조된 한우용 시판 배합사료를 자동사료급여기로 1일 2~3회 급여하였다. 성장단계별 농후사료 급여량은 100% 처리구의 경우 한국표준가축사료 급여기준(한우, 1992)과 국내에서 실시된 한우관련 시험(백 등, 1987; 이 등, 1991; 강 등, 1995; 홍, 1996)의 배합사료 급여량에 준하여 설정하였으며, 85% 및 115% 처리구의 한우는 100% 처리구에서의 한우와 동일한 체중을 기준으로 각각 15%씩 감소시켰거나 증가시켰다. 100% 처리구의 경우 시험 개시후 9개월령까지는에는 체중의 1.5% 수준으로 농후사료를 급여하였으며, 그 이후부터 15개월령까지 3개월 간격으로 1%씩 증가하여 급여하였다. 그러나 16~17개월령 동안에는 시험계획에 따라 85% 및 100% 처리구의 급여량이 115% 처리구 수준으로 점차 상향조정되었다. 18개월령 이후로도 농후사료 급여량을 21개월령까지 계속 증가시키되 모든 시험축의 체중에 관계없이 동일한 양을 급여하였다(18개월령, 9.3kg; 19개월령, 9.8kg; 20개월령, 10.3kg; 21~30개월령, 10.8kg, 급여상태 기준). 각 성장기별로 제조된 시험사료의 성분 함량은 Table 1-1에서 보는 바와 같다.

시험축은 전 사양기간에 걸쳐 개체사육시켰는데, 12개월령까지는 1.5 x 3m의 단방사에서, 그리고 그 이후에는 3 x 3m 단방사에서 사육시켰다. 조사료로서의 볏짚과 물 및 미네랄블록은 자유채식토록 하였다.

체중은 시험개시후 4주 간격으로 측정하였으며, 시험사료는 각 성장단계별로 2회씩 채취하여 AOAC(1990) 방법에 준하여 조단백질(crude protein, CP), 조지방(ether extract, EE) 및 조회분(crude ash) 함량을 분석하였다. 개체사육시설의 여건상 시험축 개체별 조사료 섭취량은 조사하지 못하였다. 그러나 24개월령부터는 시험축 개체

별로 2일 간격으로 농후사료 잔량을 조사하였다.

Table 1-1. Chemical composition(% , DM basis) of experimental concentrates for Hanwoo bulls by feeding stage

Chemical composition <sup>1)</sup>	Concentrate by Feeding stage <sup>2)</sup>			
	Grower	Finisher I	Finisher II	Finisher III
Dry matter	88.1	88.4	87.8	86.4
Organic matter	93.8	93.9	92.9	93.7
Crude protein	14.8	12.3	11.9	11.3
Ether extract	3.5	3.7	3.2	3.0
Ca	0.80	0.67	0.65	0.77
P	0.56	0.41	0.38	0.36
TDN	68.9	70.0	70.5	71.9

<sup>1)</sup> Contents of Ca, P and TDN in concentrates are calculated values.

<sup>2)</sup> Hanwoo bulls were fed concentrates of Grower, Finisher I, Finisher II and Finisher III during 7 to 10, 11 to 16, 17 to 20 and 21 to 30 month of age, respectively.

성장단계에 따른 시험축의 부위별 체지방의 지방산 조성을 분석하고자 6개월령은 6두를, 그리고 14개월령, 18개월령 및 24개월령의 시험축은 처리구별로 각각 4두씩을 도축하였다. 6개월령 시험축의 경우 등 부위의 피하지방(subcutaneous fat), 복강지방(abdominal fat) 및 신지방(kidney fat)을 그리고 14개월령 이후의 경우 피하지방, 복강지방, 신지방 및 근간지방(intermuscular fat) 이외에도 11~12 늑골부위의 배최장근(Longissimus muscle area)을 채취하여 근내지방(intramuscular fat)의 지방산 조성을 분석하였다. 채취된 부위별 지방조직에서 Folch solution(chloroform 2 : methanol 1, v/v, Folch 등; 1957)으로 지방을 추출한 다음 Lepage와 Roy(1986) 방법에 따라 지방산을 methylation시킨 후 gas chromatograph(HP 5890 A, Hewlett Packard Co.)로 지방산을 분석하였다.

처리당 4두씩을 3회(14개월령, 18개월령 및 24개월령)에 걸쳐 도축하였으므로 각각 해당되는 비육전기, 비육중기 및 비육후기의 성적은 도축된 한우를 제외하고 분석하였다. 조사된 일체의 성적은 SAS 통계 패키지(1985)의 GLM procedure를 이용하여 분석하였으며, 처리간 성적은 S-N-K(Steel과 Torrie, 1980) 방법으로 비교하였다.

## 2. 결과 및 고찰

### 가. 사양성적 :

사양시험의 경우 체지방의 지방산 조성 등의 조사를 위해 처리별로 수차례에 걸쳐 도축한 바, 처리별 시험 두수가 현저히 감소되어 27개월령 이후의 증체 등에 관한 성적은 분석하지 않았다. 본 시험의 육성기간중 85% 처리구 공시축 1두가 폐사되어 20두를 대상으로 조사되었다. 비거세 한우의 육성기간(7~10개월령)이었던 110일 동안의 평균 일당증체량은 건물과 함께 주요 영양소 섭취량에 의해 크게( $P<.007$ ) 영향을 받아 농후사료 115% 처리구에서 0.91kg으로 가장 높았으며 85% 처리구에서 0.77kg으로 가장 낮았다(Table 1-2). 그러나 사료효율은 115% 처리구에 비하여 85% 및 100% 처리구에서 비교적 우수한 결과를 보였다.

비육전기에 해당되는 11~16개월령의 비거세 한우를 대상으로 170일 동안 조사된 성적 역시 Table 1-2에서와 같다. 이 기간에는 14개월령에서의 도축관계로 육성기에 비하여 처리당 4두씩의 성적이 제외되었다. 육성기 동안의 농후사료 섭취량 차이로 인하여 85% 처리구의 평균 개시체중이 다소 낮았다. 비육전기에 있어서도 115% 처리구의 일당증체량이 1.06kg으로 가장 높았지만 육성기의 경우와는 달리 85% 처리구 및 100% 처리구의 일당증체량이 각각 0.99kg 및 0.98kg으로 비슷하였다. 또한 비육전기에 속하는 16개월령부터 8주간에 걸쳐 85% 및 100% 처리구의 농후사료 급여량을 115% 수준으로 점차 증가시켰음에도 평균 1일 건물 및 영양소 섭취량은 여전히 본래의 처리구별 급여 형태를 유지하였다. 사료효율의 경우 85% 처리구에서 5.30으로 100% 및 115% 처리구에 비하여 현저히 개선되었다( $P<.002$ ).

비육중기(17~20개월령)의 경우에도 18개월령에서의 도축으로 인하여 처리당 소가 4두씩이 감소되었다. 이 기간에 85%와 100% 처리구의 시험축 평균 개시체중과 건물 섭취량이 115% 처리구에 비하여 낮았으나 평균 일당증체량은 오히려 115% 처리구의 경우에 비하여 다소 증가되었다(Table 1-3). 이에 따라 사료효율 역시 85% 및 100% 처리구에서 개선된 경향을 보였다. 비육후기(21~26개월령)에서도 24개월령에서의 도축으로 인하여 다시 처리당 4두씩이 감소되어 85%의 경우 8두를, 그리고 100%와 115% 처리구에서는 각각 9두를 대상으로 조사하였다. 비육중기까지의 경향과는 달리 비육후기의 농후사료 섭취량은 처리간 차이가 없었으나 평균 일당증체량이 115% 처리구에서 0.83kg으로 다소 높았다. 이에 따라 사료효율 역시 115% 처리구에서 다소 개선된 결과를 보였다(Table 3). 평균 151.8kg(6개월령)의 비거세 한우 송아지를 대상으로 총 20개월 조사한 결과 평균 일당증체량과 농후사료 섭취량 및 사료효율은 Table 1-4에서 보는 바와 같다. 전체 시험기간 동안 개체당 1일 평균 6.64kg(건물 기준)의 농후사료를 섭취하였고, 528.2kg으로 체중이 증가되어 평균 일당증체량은 0.95kg이었다.

Table 1-2. Growth performance of Hanwoo bulls during growing(7~10 month of age, 110 days) and fattening I period(11~16 month of age, 170 days) as influenced by feeding level of concentrates

Items	Feeding levels of concentrate(%) <sup>1)</sup>			SEM <sup>2)</sup>	Pr>F <sup>3)</sup>
	85	100	115		
Growing period :					
Initial body weight, kg	148.3	152.7	154.5	7.196	0.828
Final body weight, kg	232.7	248.9	253.1	8.272	0.202
Total body gain, kg	84.4 <sup>b</sup>	94.4 <sup>a</sup>	100.4 <sup>a</sup>	3.448	0.007
Average daily gain, kg	0.77 <sup>b</sup>	0.86 <sup>a</sup>	0.91 <sup>a</sup>	0.031	0.007
Daily intake, kg <sup>4)</sup> :					
Dry matter	2.59 <sup>c</sup>	3.21 <sup>b</sup>	3.72 <sup>a</sup>	0.114	0.0001
Crude protein	0.383 <sup>c</sup>	0.475 <sup>b</sup>	0.551 <sup>a</sup>	0.017	0.0001
TDN	1.78 <sup>c</sup>	2.21 <sup>b</sup>	2.57 <sup>a</sup>	0.079	0.0001
DM intake / body gain	3.78	3.75	4.10	0.276	0.604
Fattening I period :					
Initial body weight, kg	230.3	253.1	258.1	9.575	0.111
Final body weight, kg	398.9	420.4	438.6	11.555	0.067
Total body gain, kg	168.6	167.4	180.5	5.817	0.223
Average daily gain, kg	0.99	0.98	1.06	0.034	0.223
Daily intake, kg <sup>4)</sup> :					
Dry matter	5.19 <sup>c</sup>	5.99 <sup>b</sup>	6.64 <sup>a</sup>	0.109	0.0001
Crude protein	0.637 <sup>c</sup>	0.737 <sup>b</sup>	0.816 <sup>a</sup>	0.014	0.0001
TDN	3.63 <sup>c</sup>	4.19 <sup>b</sup>	4.65 <sup>a</sup>	0.076	0.0001
DM intake / body gain	5.30 <sup>b</sup>	6.15 <sup>a</sup>	6.39 <sup>a</sup>	0.206	0.002

<sup>1)</sup> The feeding level of concentrates for the cattle of 85% and 115% were decreased and increased by 15%, respectively, up to 15 month of age based on the similar body weight to the cattle of 100%.

<sup>2)</sup> Standard error of the means.

<sup>3)</sup> Probability level.

<sup>4)</sup> Intakes were based on the concentrate feeding.

이 결과 전체 평균 사료요구율은 7.06이 되었다. 처리구 간의 차이를 보면 일당증체량은 전체 시험기간 동안 섭취한 농후사료 량에 의해 영향을 받아 85%, 100%, 그리고 115%의 순으로 점차 높아졌으나 사료효율의 경우 115% 처리구(7.17)에 비하여 85% 및 100% 처리구에서 각각 7.03 및 6.98로 다소 우수한 것으로 나타났다.

Table 1-3. Growth performance of Hanwoo bulls during fattening II period(17~20 month of age, 112 days) and fattening III period(21~26 month of age, 167 days) as influenced by feeding level of concentrates

Items	Feeding levels of concentrate(%) <sup>1)</sup>			SEM	Pr>F
	85	100	115		
Fattening II period :					
Initial body weight, kg	397.1	415.5	443.4	-	-
Final body weight, kg	541.2	560.7	576.2	15.321	0.298
Total body gain, kg	144.1	145.2	132.8	5.265	0.201
Average daily gain, kg	1.29	1.30	1.19	0.047	0.201
Daily intake, kg :					
Dry matter	8.23 <sup>c</sup>	8.30 <sup>b</sup>	8.36 <sup>a</sup>		0.0001
Crude protein	0.979	0.988	0.995		
TDN	5.80	5.85	5.90		
DM intake/BW gain	6.47	6.50	7.25	0.271	0.086
Fattening III period :					
Initial body weight, kg	523.8	557.7	565.4	-	-
Final body weight, kg	648.6	687.1	704.3	18.899	0.143
Total body gain, kg	124.9	129.4	138.9	9.508	0.590
Average daily gain, kg	0.75	0.77	0.83	0.057	0.590
Daily intake, kg :					
Dry matter	9.02	9.00	9.04	0.069	0.920
Crude protein	1.019	1.017	1.022		
TDN	6.40	6.38	6.41		
DM intake / BW gain	12.26	12.56	11.39	1.029	0.709

<sup>1)</sup> Feeding levels of concentrates were noted at Table 1-2.

Table 1-4. Growth performance of Hanwoo bulls during whole experimental period(7~26 month of age) as influenced by feeding level of concentrates<sup>1)</sup>

Items	Feeding levels of concentrate(%) <sup>2)</sup>			Mean
	85	100	115	
Initial body weight, kg	148.3	152.7	154.5	151.8
Final body weight, kg	648.6	687.1	704.3	680.0
Total body gain, kg	500.3	534.4	549.8	528.2
Average daily gain, kg	0.90	0.96	0.98	0.95
Daily intake, kg :				
Dry matter	6.33	6.70	7.03	6.64
Crude protein	0.770	0.819	0.861	0.817
TDN	4.53	4.79	5.02	4.78
DM intake / BW gain	7.03	6.98	7.17	7.06

<sup>1)</sup> Statistical comparison between treatments were not made due to the different number of cattle between feeding stages, thus the data for each treatment were the simple mean values.

<sup>2)</sup> Feeding levels of concentrates were noted at Table 2.

나. 지방산 조성 :

6개월령의 비거세 한우 송아지 6두로부터 피하지방과 복강지방 그리고 신지방의 지방산을 분석한 결과 Table 1-5에서와 같다.

송아지의 부위별 지방조직에서 공통적으로 조성비가 높은 지방산은 palmitic acid(C<sub>16:0</sub>), stearic acid(C<sub>18:0</sub>) 및 oleic acid(C<sub>18:1</sub>)이었으며, palmitoleic acid(C<sub>16:1</sub>), margaric acid(C<sub>17:0</sub>) 그리고 linoleic acid(C<sub>18:2</sub>) 등이 1~4% 정도의 수준을 보였다. 주요 지방산 조성에 있어 부위별 차이를 보면, C<sub>18:0</sub>의 경우 복강지방에서 가장 높았으며 C<sub>18:1</sub>의 조성비율은 피하지방에서 가장 높게 나타났다. 이에 비하여 C<sub>16:0</sub>의 조성비율은 복강지방에서 비교적 낮았다.

비육기 동안의 부위별 지방산 조성은 Tables 1-6, 1-7 및 1-8에서 보는 바와 같다. 먼저, 14개월령의 경우 지방조직의 부위에 관계없이 공통적으로 C<sub>16:0</sub>, C<sub>18:0</sub> 및 C<sub>18:1</sub>의 조성비율이 각각 10% 이상으로 높았으며, 그 다음으로 C<sub>16:1</sub>, myristic



acid(C<sub>14:0</sub>) 및 C<sub>18:2</sub>의 순으로 점차 낮아졌다(Table 1-6).

Table 1-5. Fatty acid composition of adipose tissues from various locations in Hanwoo bull calves(6 month of age)

Fatty acids (%)	Adipose tissue locations		
	Subcutaneous	Abdominal	Kidney
Myristic acid (C <sub>14:0</sub> )	2.84	2.88	3.83
Myristoleic (C <sub>14:1</sub> )	0.52	0.56	0.52
Palmitic acid (C <sub>16:0</sub> )	25.46	21.93	25.40
Palmitoleic acid (C <sub>16:1</sub> )	2.02	0.81	1.21
Margaric acid (C <sub>17:0</sub> )	1.49	1.72	1.69
Stearic acid (C <sub>18:0</sub> )	25.78	36.02	29.37
Oleic acid (C <sub>18:1</sub> )	36.69	30.63	31.71
Linoleic acid (C <sub>18:2</sub> )	3.40	3.63	3.47
Linolenic acid (C <sub>18:3</sub> )	0.23	0.08	0.27
Others	1.57	1.58	2.47
USFA/SFA	0.77	0.57	0.62

각 부위별 지방산 조성에 있어서는 뚜렷한 차이는 없었으나 C<sub>16:0</sub>의 경우 다른 부위에 비하여 근내지방에서 비교적 낮았으며 C<sub>16:1</sub>은 피하지방에서 상대적으로 높은 수준을 보였다. 또한 피하지방 및 근내지방에서 C<sub>18:0</sub>의 비율이 낮은 반면 C<sub>18:1</sub>의 비율은 가장 높았는데, 이러한 결과는 복강지방 및 신지방에서의 경우와 반대의 경향을 보였다. 한편, 각 부위내 대부분의 지방산 조성이 농후사료 급여수준에 의한 영향을 받지 않았으나 피하지방의 경우 C<sub>16:0</sub>의 비율이 85% 처리구에서 증가된(P<.05) 반면 C<sub>18:1</sub>의 비율은 100% 및 115% 처리구에서 높게(P<.05) 나타났다. 근내지방의 경우 피하지방에서와 같이 C<sub>18:1</sub>의 비율이 100% 및 115% 처리구에서 높았으나 C<sub>18:2</sub>의 비율은 85% 처리구에서 높았다.

Table 1-6. Fatty acid composition of adipose tissues at various locations in Hanwoo bulls at 14 month of age as influenced by feeding level of concentrate

Locations <sup>1)</sup> / Feeding level <sup>2)</sup>	Fatty acids (%) <sup>3)</sup>									USFA / SFA
	C <sub>14:0</sub>	C <sub>14:1</sub>	C <sub>16:0</sub>	C <sub>16:1</sub>	C <sub>17:0</sub>	C <sub>18:0</sub>	C <sub>18:1</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>18:3</sub>	
Subcutaneous :										
85%	3.86	0.27	29.44 <sup>a</sup>	5.11	0.85	15.14	39.01 <sup>b</sup>	2.28	0.20	0.95
100%	2.94	0.39	25.52 <sup>b</sup>	4.47	1.02	14.14	43.61 <sup>a</sup>	2.32	0.29	1.17
115%	3.21	0.27	25.80 <sup>b</sup>	4.33	1.07	15.25	44.37 <sup>a</sup>	2.48	0.33	1.14
SEM <sup>4)</sup>	0.253	0.206	0.830	0.485	0.138	1.399	1.327	0.201	0.117	-
Abdominal :										
85%	3.02	0.00	26.63	1.55	1.43	29.70	31.68	2.47	0.63	0.06
100%	3.42	0.08	26.95	1.59	1.11	28.21	32.61	2.71	0.28	0.62
115%	2.69	0.00	25.77	1.47	1.44	29.31	33.67	2.30	0.46	0.64
SEM	0.322	0.031	1.168	0.249	0.197	2.590	1.641	0.217	0.131	-
Kidney :										
85%	2.94	0.00	25.70	1.40	1.44	33.01	30.47	2.25	0.48	0.55
100%	2.87	0.00	24.42	1.35	1.54	33.04	31.73	2.44	0.44	0.55
115%	2.49	0.00	22.60	1.31	1.37	32.06	34.03	2.25	0.51	0.65
SEM	0.177	-	0.877	0.231	0.142	2.297	2.057	0.191	0.135	-
Intermuscular :										
85%	2.99	0.00	27.94	2.04	1.29	25.26	34.71	2.61	0.18	0.69
100%	2.91	0.08	25.77	2.13	1.39	22.74	38.16	2.53	0.52	0.82
115%	2.86	0.00	26.44	1.88	1.37	24.91	37.20	2.63	0.37	0.76
SEM	0.145	0.046	0.949	0.262	0.104	1.767	1.711	0.158	0.197	-
Intramuscular :										
85%	1.25	0.00	21.50	3.70	0.19 <sup>b</sup>	14.78	29.52 <sup>b</sup>	16.04 <sup>a</sup>	0.59	1.32
100%	2.00	0.12	22.08	3.25	0.74 <sup>a</sup>	14.89	38.25 <sup>a</sup>	10.70 <sup>b</sup>	0.14	1.32
115%	1.84	0.00	21.61	3.81	0.68 <sup>a</sup>	13.75	36.38 <sup>a</sup>	10.08 <sup>b</sup>	0.81	1.35
SEM	0.344	0.068	1.164	0.416	0.133	0.643	1.803	1.367	0.288	-

<sup>1)</sup> Tissues were collected from 5 locations of Hanwoo bulls at the 14 month of age.

<sup>2)</sup> Feeding levels of concentrates were noted at Table 1-2.

<sup>3)</sup> See footnote for fatty acids in the Table 1-5. Means in the same column within locations with different superscripts differ (P<.05).

<sup>4)</sup> Standard error of the means.

Table 1-7. Fatty acid composition of adipose tissues at various locations in Hanwoo bulls at 18 month of age as influenced by feeding level of concentrate

Locations <sup>1)</sup> / Feeding level <sup>2)</sup>	Fatty acids (%) <sup>3)</sup>									USFA / SFA
	C <sub>14:0</sub>	C <sub>14:1</sub>	C <sub>16:0</sub>	C <sub>16:1</sub>	C <sub>17:0</sub>	C <sub>18:0</sub>	C <sub>18:1</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>18:3</sub>	
Subcutaneous :										
85%	3.37	0.75	24.61	3.31	1.28	16.80	42.99	2.24	0.38	1.08
100%	3.13	1.06	27.64	4.70	1.21	13.42	43.77	1.96	0.17	1.14
115%	3.24	1.02	27.69	4.78	1.07	12.06	45.68	2.45	0.06	1.23
SEM <sup>4)</sup>	0.344	0.230	1.215	0.736	0.148	1.591	0.972	0.143	0.199	-
Abdominal :										
85%	3.51	0.19	26.46	1.37	1.63	31.73	31.27	2.41	0.07	0.56
100%	3.25	0.26	26.61	1.26	1.75	31.80	30.72	2.14	0.20	0.55
115%	3.02	0.09	26.16	1.24	1.57	31.37	32.54	2.05	0.15	0.58
SEM	0.250	0.055	0.988	0.150	0.099	2.225	1.430	0.163	0.067	-
Kidney :										
85%	3.37	0.16	24.09	1.16	1.59	34.78	30.92	2.22	0.10	0.54
100%	2.86	0.12	26.76	0.94	1.79	36.27	26.87	1.88	0.23	0.44
115%	3.15	0.18	25.31	1.21	1.49	32.27	32.31	2.07	0.12	0.58
SEM	0.277	0.056	1.350	0.100	0.094	1.390	1.520	0.163	0.086	-
Intermuscular :										
85%	3.53	0.38	26.28	1.96	1.49	26.17	35.47	2.44	0.19	0.70
100%	3.20	0.32	25.89	2.43	1.58	26.00	34.95	2.31	0.26	0.71
115%	3.15	0.20	27.04	0.80	1.44	24.13	35.85	2.18	0.31	0.72
SEM	0.427	0.157	1.180	0.064	0.137	2.296	1.468	0.205	0.113	-
Intramuscular :										
85%	3.07	0.47	24.72	3.80	0.63	12.22	45.31	3.62	0.47	1.24
100%	2.70	0.55	25.41	3.61	0.99	13.85	45.11	2.53	0.55	1.22
115%	3.38	0.80	25.52	3.95	0.54	10.23	46.00	3.78	0.15	1.38
SEM	0.323	0.177	1.293	0.473	0.176	1.388	1.534	0.661	0.148	-

<sup>1)</sup> Tissues were collected from 5 locations of Hanwoo bulls at the 18 month of age.

<sup>2)</sup> Feeding levels of concentrates were noted at Table 1-2.

<sup>3)</sup> See footnote for fatty acids in the Table 1-5.

<sup>4)</sup> Standard error of the means.

Table 1-8. Fatty acid composition of adipose tissues at various locations in Hanwoo bulls at 24 month of age as influenced by feeding level of concentrate during growing and fattening I period

Locations <sup>1)</sup> / Feeding level <sup>2)</sup>	Fatty acids (%) <sup>3)</sup>									USFA / SFA
	C <sub>14:0</sub>	C <sub>14:1</sub>	C <sub>16:0</sub>	C <sub>16:1</sub>	C <sub>17:0</sub>	C <sub>18:0</sub>	C <sub>18:1</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>18:3</sub>	
Subcutaneous :										
85%	3.16	1.43	28.00	6.60	1.02	9.91	44.69	1.72	0.44	1.30
100%	3.20	1.32	26.98	5.54	0.92	10.15	45.75	1.88	0.66	1.34
115%	2.72	1.56	25.47	5.61	0.95	9.54	48.57	2.05	0.36	1.50
SEM <sup>4)</sup>	0.313	0.112	1.198	0.514	0.144	0.763	2.132	0.177	0.210	-
Abdominal :										
85%	3.16	0.72	26.88	3.60	1.35	20.22	38.58	1.75	0.37	0.87
100%	2.84	0.33	25.48	1.93	1.34	25.60	38.56	1.71	0.14	0.77
115%	2.99	0.54	24.65	2.79	1.25	20.53	40.55	1.89	0.59	0.94
SEM	0.223	0.176	1.164	0.904	0.183	2.516	3.315	0.132	0.216	-
Kidney :										
85%	3.63	0.41	29.42	1.81	1.63	27.14	32.37	1.79	0.19	0.59
100%	2.29	0.41	25.95	0.83	1.31	26.08	36.47	1.78	0.36	0.72
115%	3.36	0.37	26.20	2.11	1.44	24.64	38.67	1.47	0.25	0.77
SEM	0.273	0.091	1.421	0.213	0.098	1.507	1.672	0.282	0.168	-
Intermuscular :										
85%	3.00	0.62	26.21	3.30	1.41	18.49	41.78	1.95	0.24	0.98
100%	3.69	0.74	29.80	3.26	1.17	17.29	39.71	1.73	0.33	0.88
115%	3.04	0.37	25.85	2.90	1.23	18.10	42.23	1.88	0.86	1.00
SEM	0.378	0.165	1.841	0.403	0.136	1.930	3.022	0.207	0.198	-
Intramuscular :										
85%	3.28	0.95	26.94	5.37	0.74	10.29	46.19	2.66	0.12	1.34
100%	3.52	1.42	26.93	5.90	0.77	8.80	47.21	2.28	0.08	1.42
115%	2.83	0.96	25.36	5.67	0.75	9.36	49.51	2.35	0.20	1.53
SEM	0.310	0.207	1.077	0.401	0.096	0.786	1.620	0.187	0.036	-

<sup>1)</sup> Tissues were collected from 5 locations of Hanwoo bulls at the 24 month of age.

<sup>2)</sup> Feeding levels of concentrates were noted at Table 1-2.

<sup>3)</sup> See footnote for fatty acids in the Table 1-5.

<sup>4)</sup> Standard error of the means.

18개월령의 비거세 한우에 있어서도 지방조직의 부위에 관계없이 주요 지방산의 조성비율은 14개월령의 한우에서와 비슷한 경향을 보였다(Table 1-7). 특히 피하지방에서 C<sub>16:1</sub>의 비율이 가장 높은 반면 C<sub>18:0</sub>의 비율은 가장 낮았다. 그러나 각 부위내 지방산 조성에 있어서는 처리구간에 차이가 없었다. 24개월령의 경우 역시 전체 부위에 걸쳐 C<sub>16:1</sub>, C<sub>18:0</sub> 및 C<sub>18:1</sub>의 조성비율이 상대적으로 높았다(Table 1-8). 또한 피하지방과 근내지방에서 불포화지방산인 C<sub>16:1</sub> 및 C<sub>18:1</sub>의 비율이 높았던 반면 C<sub>18:0</sub>의 비율은 낮은 것으로 나타났다. 그러나 각 14개월령 및 18개월령에서와 같이 부위내 지방산 조성은 농후사료의 급여수준에 의한 영향을 받지 않았다.

비거세 한우의 연령은 부위별 지방조직의 지방산 조성은 연령과 밀접한 관계가 있는 것으로 보인다(Table 1-5~Table 1-8). 즉, 연령이 증가함에 따라 대부분의 부위별 지방조직에 있어 주요 지방산인 C<sub>18:0</sub>의 조성비율이 감소되는 경향을 보인 반면 C<sub>16:1</sub>, C<sub>18:1</sub> 및 C<sub>18:2</sub> 등의 불포화지방산 비율은 오히려 증가되는 경향을 보였다.

30개월령의 경우 역시 전체 부위에 걸쳐 C<sub>16:1</sub>, C<sub>18:0</sub> 및 C<sub>18:1</sub>의 조성비율이 상대적으로 높았다(Table 1-9). 또한 피하지방에서 불포화지방산인 C<sub>16:1</sub> 및 C<sub>18:1</sub>의 비율이 높았던 반면 C<sub>18:0</sub>의 비율은 낮은 것으로 나타났으나 근간지방의 경우 피하지방 및 근내지방에서와는 달리 C<sub>18:0</sub>의 비율이 상대적으로 높았다. 그러나 각 14개월령, 18개월령 및 24개월령에서와 같이 부위 내 지방산 조성은 농후사료의 급여수준에 의한 영향을 받지 않았다.

비거세 한우의 연령은 부위별 지방조직의 지방산 조성은 연령과 밀접한 관계가 있는 것으로 보인다(Table 5~Table 9). 즉, 연령이 증가함에 따라 대부분의 부위별 지방조직에 있어 주요 지방산인 C<sub>18:0</sub>의 조성비율이 감소되는 경향을 보인 반면 C<sub>16:1</sub>, C<sub>18:1</sub> 및 C<sub>18:2</sub> 등의 불포화지방산 비율은 오히려 증가되는 경향을 보였다.

출하시까지 소를 연령에 따라 여러 기간으로 구분하여 관리하는 단계사양은 성장 특성에 따른 영양소의 적절한 공급과 사료의 이용을 제고, 그리고 출하연령, 체중 및 육질과의 관계가 고려된 일종의 목적사양이라 할 수 있다. 본 시험에서는 15개월령까지 처리별로 정해진 수준의 농후사료를 급여한 다음 그 이후 8주에 걸쳐 85%와 100% 처리구의 급여량을 115% 수준으로 증가시켰으며 18개월령부터는 처리구간 또는 개체간 체중에 관계없이 동일한 양을 급여하였다. 그럼에도 불구하고 Figure 1-1에서 보는 바와 같이 전체 시험기간 동안의 처리구별 증체량은 대체로 농후사료 섭취량에 의해 크게 영향을 받은 것으로 여겨진다. 물론, 본 시험의 경우 17개월령까지 농후사료 섭취량이 부족한 소의 경우 상대적으로 조사료를 더 섭취했을 것으로 예상된다.

Table 1-9. Fatty acid composition of adipose tissues at various locations in Hanwoo bulls at 30 month of age as influenced by feeding level of concentrate during growing and fattening I period

Locations <sup>1)</sup> / Feeding leve <sup>2)</sup>	Fatty acids (%) <sup>3)</sup>									USFA / SFA
	C <sub>14:0</sub>	C <sub>14:1</sub>	C <sub>16:0</sub>	C <sub>16:1</sub>	C <sub>17:0</sub>	C <sub>18:0</sub>	C <sub>18:1</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>18:3</sub>	
Subcutaneous :										
85%	3.51	2.53	24.82	8.33	0.79	6.54	49.73	2.23	0.79	1.78
100%	4.07	2.80	26.18	7.45	0.80	6.95	47.94	2.15	0.67	1.61
115%	3.64	1.81	25.63	6.62	0.88	9.61	48.16	2.23	0.52	1.49
SEM <sup>4)</sup>										
Intermuscular :										
85%	3.25	1.09	24.71	4.18	1.13	13.69	47.42	2.34	0.49	1.30
100%	3.82	0.98	26.85	3.26	1.20	15.67	44.29	2.06	0.40	1.07
115%	3.67	1.41	26.08	5.09	1.04	12.27	46.18	2.17	0.46	1.28
SEM										
Intramuscular :										
85%	2.59	0.98	25.76	4.24	1.35	10.36	43.17	7.05	0.71	1.40
100%	3.00	1.42	24.31	5.14	0.81	9.27	43.86	7.28	0.75	1.56
115%	2.75	0.95	25.36	4.47	0.61	11.28	43.34	6.40	0.71	1.40
SEM										

<sup>1)</sup> Tissues were collected from 3 locations of Hanwoo bulls at the 30 month of age.

<sup>2)</sup> Feeding levels of concentrates were noted at Table 1-2.

<sup>3)</sup> See footnote for fatty acids in the Table 1-5.

<sup>4)</sup> Standard error of the means.

그러나 Figure 1-1에서와 같이 본 시험이 끝날때까지(시험개시후 80주, 26개월령) 일관된 처리간 체중의 차이는 시험계획상 17개월령까지 115% 처리구에 비해 상대적으로 낮은 농후사료 섭취량이 그 이후의 기간에도 증가되지 못했기 때문으로 여겨진다. 즉, 전체 시험기간 동안의 증체량이 건물 또는 주요 영양소(조단백질 및 TDN) 섭취량과 밀접한 관계가 있음을(Table 1-4) 알 수 있다. 육성기에 영양수준을 제한하고 비육기에 들어 섭취량을 크게 증가시킴으로서 얻는 보상성장 효과에 대해서 많은 연구결과(김 등, 1987; Patterson 등, 1995; 강 등, 1995; 홍 등, 1996)가 보고된 바 있다. 본 시험에서도 115% 처리구에 비해 17개월령까지 농후사료 섭취량이 상대적으로 낮았던 85% 및 100% 처리구의 평균 증체량이 비육중기에 일시적으로 개선되었다(Table 3). 그러나 섭취량이 낮았던 85% 처리구의 한우를 18개월령 이후에 자유

채식시킬 경우 보상성장 효과가 더욱 크게 나타났을 것으로 여겨진다.

비거세 한우를 대상으로 실시한 본 시험의 결과를 종합하면 다음과 같다. 비거세 한우 송아지(6개월령)를 대상으로 17개월령에 이르도록 농후사료 급여량을 달리하여 (85%, 100% 및 115%) 급여한 후 26개월령까지 사육하면서 섭취량에 따른 증체와 사료효율을 조사하였고, 아울러 연령별로 4회(6, 14, 18 및 24개월령)에 걸쳐 3~5개 부위의 지방조직내 지방산을 분석하였다. 그 결과, 전체 시험기간에 걸쳐 비거세 한우의 성장이 농후사료 섭취수준에 의해 영향을 받은 것으로 나타났는데, 17개월령까지 섭취량이 제한된 처리구의 한우가 일시적으로 증체량이 높았던 점을 제외하고는 그 이후 처리간 섭취량이 같았음에도 농후사료 섭취수준이 가장 높았던 처리구(115%)의 증체에 미치지 못하였다. 농후사료 급여수준이 14개월령의 일부 지방산을 제외하고는 대부분의 부위별 지방조직내 지방산 조성에 영향하지 않았다. 그러나 피하지방과 근내지방의 경우  $C_{16:1}$  및  $C_{18:1}$ 과 같은 불포화지방산의 비율이 증가하는 경향이었으며, 연령이 증가할수록 주요 불포화지방산의 비율이 다소 증가하는 경향을 보였다.

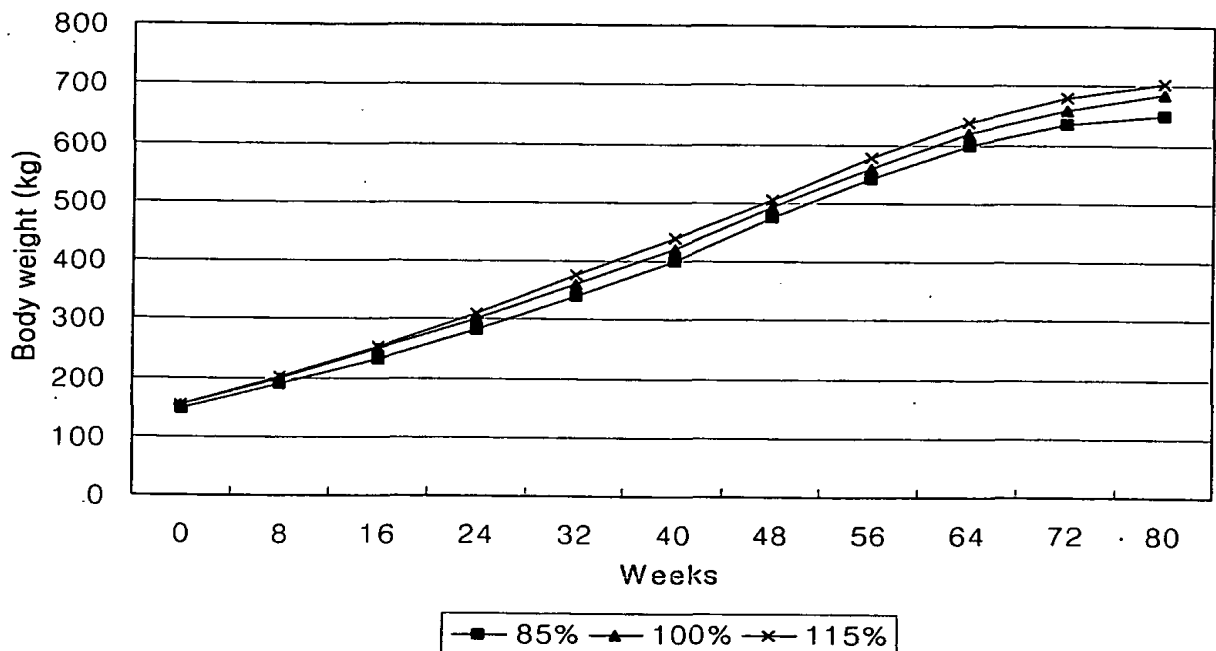


Figure 1-1. Growth patterns of Hanwoo bulls as influenced by feeding level of concentrates. All the cattles were fed same amount of concentrate from 48 weeks(18 month of age). Weeks refer to time after initiation of the experiment (Week 0 is correspondent to 6 month of age and thus 80 weeks is 26 month of age).

제2절 면양 대사 시험 :

1. 연구내용 및 방법

본 시험은 농후사료 급여수준이 한우 수소에 있어 시험사료의 반추위내 발효성상과 전장소화율에 미치는 효과를 조사하고자 실시하였다. 그러나 계획된 대로, 반추위의 특성이 비슷한 관계로 한우대신 면양을 사용하였다.

시험동물로는 평균체중 61kg인 반추위 누관이 장착된 수면양(Corriedale) 3두를 이용하였으며, 실제 비거세 한우의 경우와 같이 농후사료 급여수준에 따라 85%, 100% 및 115%의 3처리를 두었다. 본 시험은 3두의 면양을 대상으로 3수준의 농후사료 급여수준에 대한 효과를 조사하고자 3 x 3 Latin square design 방법에 의해 충북대학교 반추대사실에서 실시되었다. 농후사료 100% 처리구의 경우 NRC 면양 사료(영양소) 요구량(1985)을 참조하여 건물 섭취량을 설정하였는데, 예를 들어 체중이 50kg인 면양의 일당중체량이 0.2kg으로 예상할 경우 체중의 2.5% 수준으로 육성비육용 농후사료를 급여할 경우 1일 1.25kg(건물 기준)이 되었다. 85% 및 115% 처리구의 면양에는 100%에서의 동일한 체중을 기준으로 하여 농후사료 급여량을 각각 15%씩 감소시켰거나 증가시켰다. 사용한 농후사료의 일반성분 함량은 Table 2-1에서 보는 바와 같다.

Table 2-1. Chemical composition(% , DM basis) of experimental concentrates fed to sheep for the metabolism trial

Chemical composition <sup>1)</sup>	Concentrate	Rice straw
Dry matter	85.7	91.8
Organic matter	90.6	89.0
Crude protein	16.7	3.6
Ether extract	4.2	3.1
Ca	0.82	0.03
P	0.54	0.28

<sup>1)</sup> Contents of Ca and P in concentrates and rice straw are calculated values.



면양은 전 시험기간에 걸쳐 대사들에서 관리되었으며, 정해진 농후사료를 1일 2회로 나누어 급여하였다. 조사료로는 세절된 벃짚을 한우 사양시험에서와 같이 자유채식토록 하였으며 물도 자유로이 섭취토록 하였다. 각 period 별 시험기간은 사료 적응기간 7일, 시료채취기간을 비롯한 시험기간 3일의 10일로 구성되었다.

농후사료의 반추위내 분해율 조사를 위해 농후사료를 1mm mesh로 분쇄한 다음 나일론 bag(6 x 12cm, pore size 48~50um)에 넣고 나일론 줄로 단단히 묶었다. 그 후 아침사료 급여(08:30)를 시작으로 하여 반추위에 3, 6, 12 및 24시간 동안 반추위에서 배양하였으며, 배양시 30cm 길이의 두꺼운 나일론 줄 끝 부분에 추를 달아 bag이 반추위의 아래 부분에 위치하도록 하였다. 정해진 시간의 배양이 끝난 후 tap water로 미분해된 시험사료가 포함된 bag을 세척하였으며, 그 후 80°C의 건조기에서 3일간 건조시켜 칭량한 다음 일반성분 분석에 이용하였다. 이와는 별도로, 시험사료가 포함된 bag을 tap water 만으로 세척하여 건조시킨 후 남은 시험사료를 0시간 배양으로 하였다.

농후사료 급여수준이 반추위박테리아의 성장에 미치는 효과를 조사하였다. 이를 위해 각각의 면양으로부터 반추위액을 채취하고 Bryant's diluting solution(1961)을 이용하여 배양액을  $10^{-6}$ ~ $10^{-8}$ 으로 희석하였다. 그 후, non-selective artificial medium (Scott와 Dehority, 1965)을 이용하여 roll tube 방법으로 배양한 후(38°C, 4일간) 형성된 colony 수를 조사하였다. 박테리아 수 조사를 위한 배양과정은 혐기적으로(Hungate, 1966) 진행되었다.

농후사료는 각 period마다 채취하여 분석에 이용하였다. 사료의 반추위내 발효성상(VFA 조성, ammonia 농도, pH변화)을 조사하기 위해 다음과 같이 3일간에 걸쳐 반추위 누관을 통하여 반추위액을 채취하였다. 즉, 위액채취 첫날의 경우 아침 사료급여(08:30) 후 1시간, 4시간 및 7시간에 채취하였으며, 둘째날의 경우 아침 사료급여(08:30) 후 2시간, 5시간 및 8시간에 채취하였으며, 3일차에는 아침 사료급여(08:30) 후 3시간, 6시간 및 9시간에 채취하는 등, 1시간 별로 총 9시간대에 걸쳐 채취하였다. 또한 농후사료의 전장 소화율을 조사하기 위해 각 period의 마지막 2일간 배설된 분을 전량 수거하였으며, 이를 칭량한 다음 배설된 전량의 10% 정도를 건조하여 일반성분 분석에 이용하였다.

농후사료와 나일론 bag 내 미분해 사료 및 분의 일반성분은 AOAC(1984) 방법에 따라, 그리고 neutral detergent fiber(NDF)는 Goering과 Van Soest(1970) 방법에 따라 분석하였다. 반추위액의 pH는 채취 즉시 측정하였으며, 그 후 4겹의 cheese cloth로 위액 부분 만을 분리시켰다. 분리된 위액은 15,000rpm에서 15분간 원심분리시켰으며, 상층액의 일부는 암모니아 농도 분석에 사용하였고, 일부는 25% 인산과 4:1의 비율로 혼합하여 gas chromatograph(HP 5890 A, Hewlett Packard Co.)로 휘발성지

방산(volatile fatty acid, VFA)을 분석할 때 까지 냉동보관(-20℃)하였다. 반추위액의 암모니아 농도는 Fawcett과 Scott(1960)의 방법에 따라 분석하였다.

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

## 2. 결 과

반추위액의 pH는 사료섭취 2~3시간 후에 다소 낮아졌다가 다시 증가되는 경향을 보였다. 농후사료 급여량은 사료섭취후 1시간 간격으로 조사한반추위액의 pH에 크게 영향하여 전체적으로 85%를 섭취한 구에서 가장 높은 수준이었으며, 그 다음으로 100%와 115% 처리구의 순으로 점차 낮았다(Figure 2-1). 그러나 반추위액내 암모니아 농도의 경우 예상과는 달리 사료급여후 3시간까지는 85% 처리구에서 가장높았으나, 4시간후부터 9시간후 까지는 115%, 100% 그리고 85% 순으로 낮아졌다(Figure 2-2).

농후사료 급여수준은 휘발성지방산(VFA) 총 생성량에도 영향하였는데, 대체로 농후사료 급여수준이 증가함에 따라 VFA 총 생성량도 증가하는 경향을 보였다(Figure 2-3). 또한 반추위액의 채취시간이 경과함에 따라 VFA 생성량이 다소 감소하는 경향이였다.

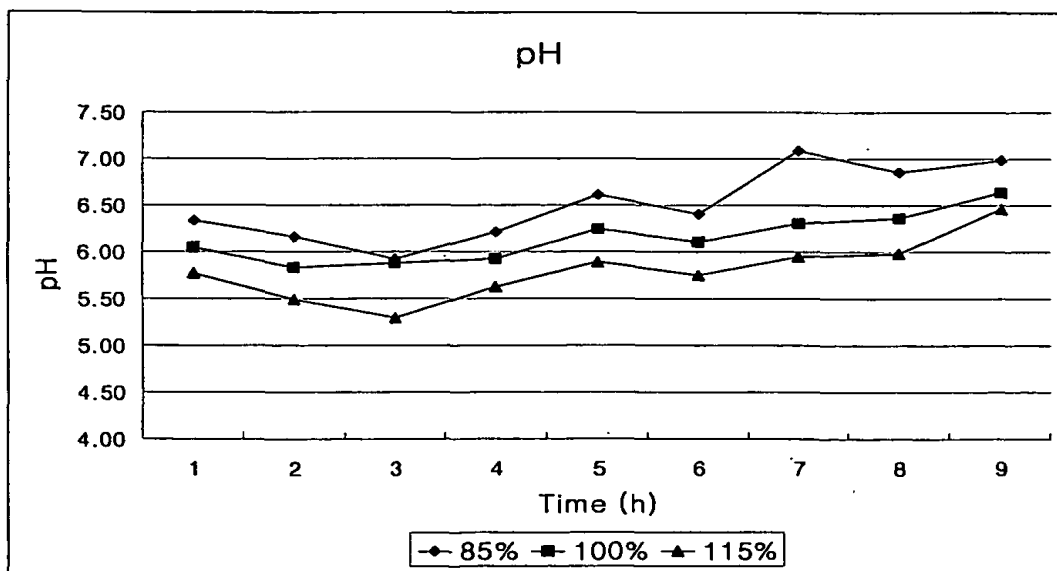


Figure 2-1. Patterns of pH in the rumen fluid of sheep as influenced by feeding level of concentrate (1~9 hours after morning feeding)

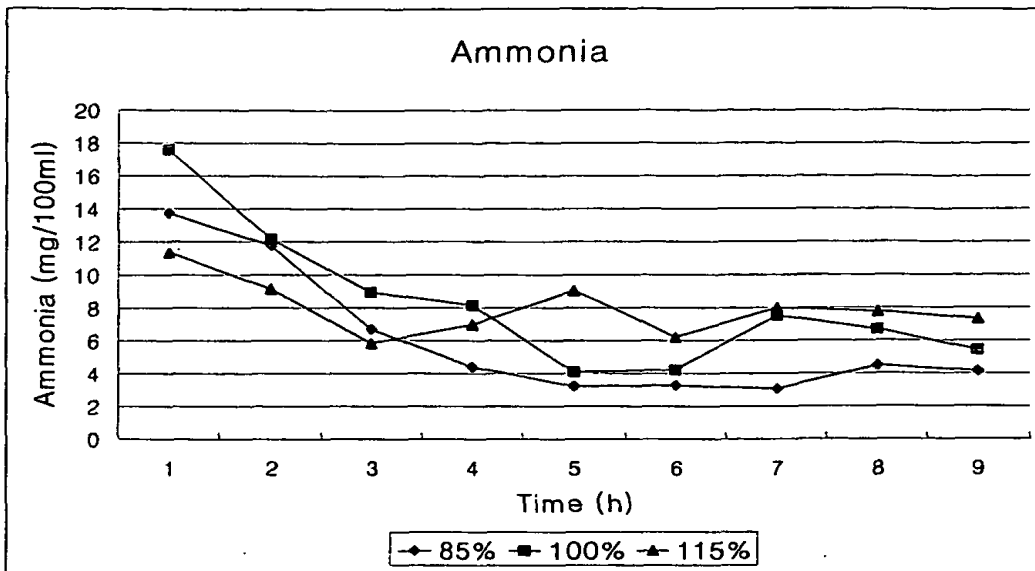


Figure 2-2. Patterns of ammonia concentration in the rumen fluid of sheep as influenced by feeding level of concentrate.(1~9 hours after morning feeding).

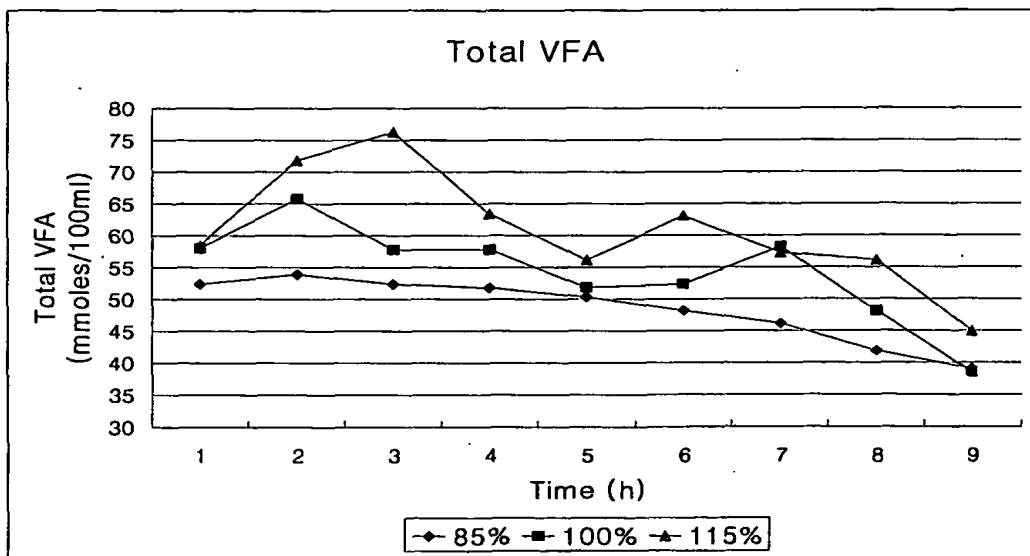


Figure 2-3. Patterns of VFA production in the rumen fluid of sheep as influenced by feeding level of concentrate (1~9 hours after morning feeding).

반추위액의 휘발성지방산 조성에 있어 acetic acid의 경우 pH에서와 같이 농후사료를 가장 적게 섭취한 85% 처리구에서 가장 높은 비율을 보였으며 100% 처리구와 115% 처리구 간에는 거의 차이가 없었다(Figure 2-4). 특히, 이러한 경향은 9회에 걸친 위액 채취시간에서도 거의 변화가 없었다. Acetic acid의 비율과는 반대로 propionic acid 비율은 농후사료를 가장 많이 섭취한 115% 처리구에서 가장 높았으며 85%와 100% 처리구 간에는 차이가 없는 것으로 나타났다(Figure 2-5). Butyric acid의 조성비율에 있어서는 처리간 뚜렷한 경향은 보이지 않았으나 여러 채취시간에 걸쳐 115% 처리구에서 가장 낮은 경향을 보였다(Figure 2-6). Nylon bag을 이용하여 농후사료내 주요 성분(건물, 조단백질 및 유기물)의 반추위 예상분해율을 조사한 결과 Table 2-2에서 보는 바와 같다. 대체로 농후사료 섭취수준이 감소될수록 건물(DM)과 유기물(OM)의 반추위내 예상분해율은 증가되는 경향을 보였으나 조단백질(CP)의 예상분해율에 있어서는 농후사료 섭취수준에 의한 영향을 받지 않았다.

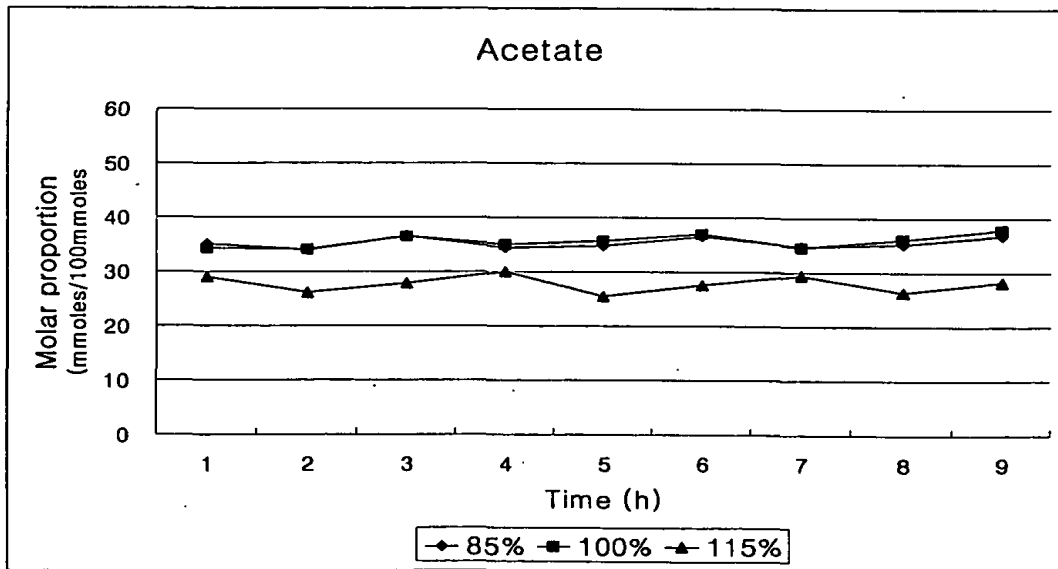


Figure 2-4. Molar percent of acetate in the rumen of sheep as influenced by feeding level of concentrate (1~9 hours after morning feeding).

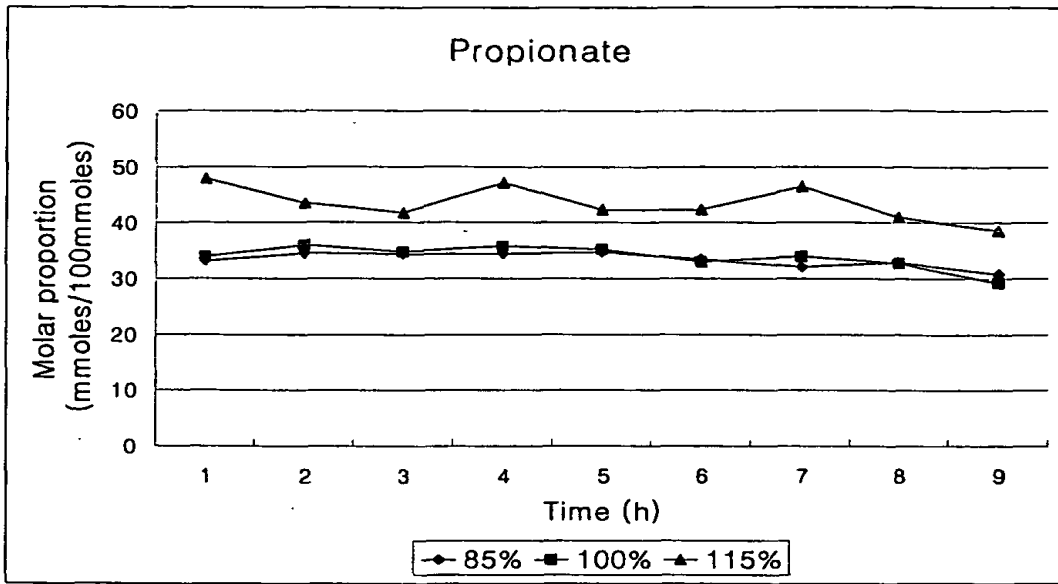


Figure 2-5. Molar percent of propionate in the rumen of sheep as influenced by feeding level of concentrate (1~9 hours after morning feeding).

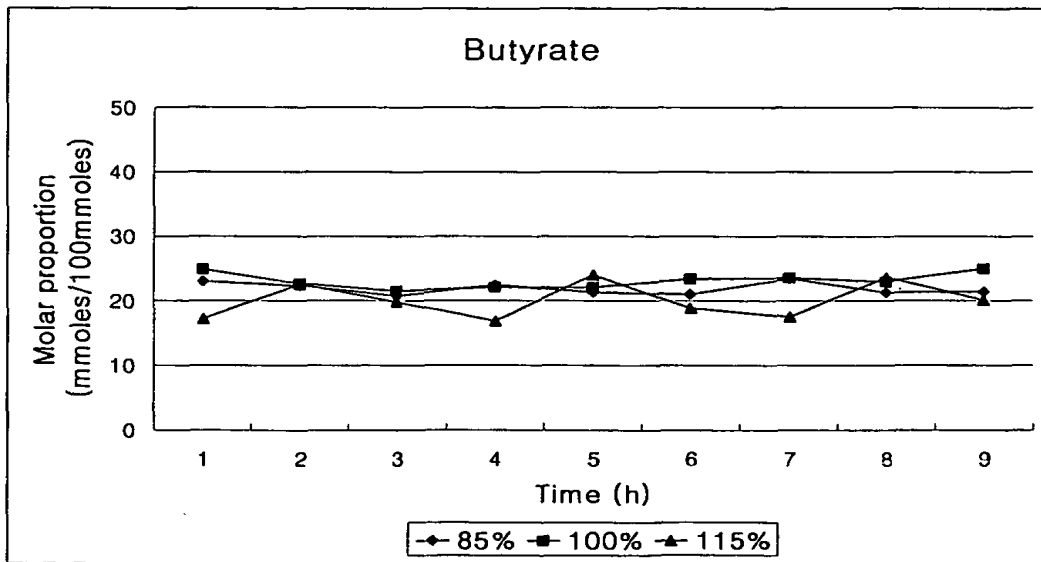


Figure 2-6. Molar percent of butyrate in the rumen of sheep as influenced by feeding level of concentrate (1~9 hours after morning feeding).

Table 2-2. Expected degradabilities of dry matter(EDDM), crude protein (EDCP) and organic matter (EDOM) of concentrate in the rumen of sheep

Items	Feeding level of concentrate			SEM <sup>1)</sup>	Pr>F <sup>2)</sup>
	85%	100%	115%		
EDDM	68.4	66.6	62.8	2.689	0.629
EDCP	71.6	69.8	70.7	2.155	0.831
EDOM	66.9	64.8	60.6	2.984	0.592

<sup>1)</sup> Standard error of the mean.

<sup>2)</sup> Probability level.

농후사료의 반추위내 소화는 그곳에 서식하고 있는 미생물의 작용에 의해 이루어진다. 이와 관련시켜 사료를 급여한 다음 2시간 후에 반추위박테리아의 수를 조사한 바, 85% 처리구의 평균 박테리아 수는 위액 ml 당  $1.56 \times 10^9$  cell 이었으며 100%의 경우  $1.61 \times 10^9$  cell 이었으나 115%의 경우는  $7.32 \times 10^9$  cell로서 단위 위액(ml) 당 가장 높은 수를 나타내었다.

Table 2-3. Whole tract digestibility(%) of experimental concentrate as influenced by feeding level

Items <sup>1)</sup>	Feeding level of concentrate			SEM <sup>2)</sup>	Pr>F <sup>3)</sup>
	85%	100%	115%		
DM	75.8	73.7	73.9	1.676	0.633
CP	67.3	70.1	71.3	2.499	0.540
EE	74.4	76.4	71.7	5.732	0.847
NDF	70.3	66.4	62.8	2.144	0.103

<sup>1)</sup> DM, dry matter; CP, crude protein; EE, ether extract; OM, organic matter; NDF, neutral detergent fiber.

<sup>2)</sup> Standard error of the mean.

<sup>3)</sup> Probability level.

농후사료 급여수준은 섭취한 사료(농후사료 및 조사료)의 성분에 따라 전장소화율에도 영향을 미쳤다. 즉, Table 2-3에서 보는 바와 같이 건물과 NDF의 전장소화율은 100% 및 115% 처리구에 비하여 농후사료 급여수준이 상대적으로 낮은 85% 처리구에서 다소 높았다. 또한 조지방과 NDF의 경우 115%에 비하여 100% 처리구에서 다소 높은 소화율을 보였다.

본 시험은 농후사료 급여수준이 사료의 반추위내 발효성상과 농후사료의 분해율, 그리고 사료의 전장소화율에 미치는 효과를 조사하고자 실시하였다. 시험결과 조사항목의 일부에서 예상과 다른 결과가 도출되었다. 즉, 반추위액내 암모니아 농도의 경우 사료급여후 3시간까지 농후사료 급여수준이 가장 낮았던 85% 처리구에서 오히려 높은 농도를 나타냈다. 또한 일반적인 경향과는 달리 전체 처리구에 걸쳐 acetic acid 조성비율이 propionic acid의 비율과 매우 비슷한 수준을 보이기도 하였다. 뿐만 아니라, 사료의 전장소화율에 있어서도 일부 성분에 따라 처리간 차이가 없었다.

이러한 현상은 무엇보다도 면양에 급여한 농후사료 량 때문인 것으로 보인다. 즉, 본 시험에 사용된 면양의 체중이 47~70kg으로서 개체에 따라 크게 달랐으며, 이에 따라 3두의 면양에 농후사료를 처리별로 정해진 일정량이 아닌 체중의 2.5% 수준(건물 기준)으로 급여했기 때문에 개체간의 성적이 차이가 컸다. 따라서 이의 평균값은 농후사료 급여수준에 대한 일반적인 반응과 다르게 나타날 수 있었던 것으로 보인다. 아울러 전체적으로 농후사료 급여수준이 증체를 목적으로 설정된 것이기 때문에 일반적인 목적의 대사시험과는 성격상 다른 점이 있다고 할 수 있다. 즉, 본 시험의 주 목적이 한우대신 면양에 대한 농후사료 급여수준별 증체에 미치는 효과를 보기 위한 것이었고, 여건상 조사료를 자유채식토록 하였지만 섭취량을 조사하지 못하였기 때문에 면양 대사시험에서도 한우의 경우와 비슷한 상황하에서 실시되었다. 한우 사양시험에 있어서는 또한 농후사료를 100% 처리구의 체중을 기준으로 동일한 체중에서 85%와 115% 수준으로 급여하였다. 이러한 여러 가지 사항을 고려할 때 실제 한우에 있어서도 개체별 성적이 전체의 평균적인 성적을 대표할 수 없는 경우가 있는 것으로 여겨진다.

### 제3절 거세 한우 사양시험 성적 및 지방조직의 지방산 조성

#### 1. 연구내용 및 방법

생후 6개월령에 거세한 한우 수송아지(평균체중, 139kg) 60두(7개월령)를 농후사료 급여 수준(85, 100 및 115%) 별로 각각 20두씩 완전임의 배치하였다. 본 시험은 1998년 4월부터 18개월 동안 충남 서산에 위치한 농협중앙회 한우개량사업부에서 실시되었다.

전체 시험기간을 4 단계(육성기, 7~12개월령; 비육전기, 13~16개월령; 비육중기, 17~20개월령; 비육후기, 21~25개월령)로 구분하고 각 기간의 사양을 위해 제조된 한우용 시판 농후사료를 자동사료급여기로 1일 2~3회 급여하였으며, 조사료인 벯짚은 전체 사육기간에 걸쳐 자유채식시켰다. 성장단계별 농후사료 급여량은 100% 처리구의 경우 한국표준가축사료 급여기준(축산기술연구소, 1992)과 국내에서 실시된 거세 한우관련 시험(홍 등, 1996a,b; 이 등, 1997; 조 등, 2000)의 농후사료 급여량을 참고하여 설정하되 10개월령까지는 체중의 1.5%를 급여하였고 11개월령부터 비육 전기에는 체중의 1.7%를, 그리고 비육 중기 및 비육 후기에는 각각 체중의 1.8% 및 1.9%를 급여하였다. 85% 및 115% 처리구의 거세 한우에 대해서는 비육 후기가 종료되는 시점인 25개월령까지 100% 처리구에서의 한우와 동일한 체중을 기준으로 급여량을 각각 15%씩 감소시켰거나 증가시켰다. 각 성장기별로 제조된 시험농후사료의 성분 함량은 Table 3-1에서 보는 바와 같다.

시험축은 전 사양기간에 걸쳐 개체별로 사육시켰는데, 12개월령까지는 1.5 x 3m의 단방사에서, 그리고 13개월령부터는 3 x 3m 단방사에서 사육시켰다. 물과 미네랄블록은 자유채식토록 하였다.

체중은 시험개시 후 4주 간격으로 10:00에 측정하였으며, 농후사료와 벯짚의 일반 성분은 각 성장단계별로 2회씩 채취하여 AOAC(1990) 방법에 준하여 분석하였다. 벯짚의 NDF 함량은 Goering과 Van Soest(1970) 방법에 따라 분석하였는데, 조단백질, 조지방 및 NDF 함량(건물 기준)은 각각 3.61, 3.22 및 65.70%였다. 개체사육시설의 여건상 시험축 개체별 조사료 섭취량은 조사하지 못하였으나 농후사료는 개체별로 평균 3일 간격으로 잔량을 조사하였다.

성장단계에 따른 시험축의 부위별 지방조직(피하지방, subcutaneous fat; 근간지방, intermuscular fat 및 근내지방, intramuscular fat)의 지방산 조성을 분석하고자 15, 18 및 25개월령의 시험축을 처리별로 각각 3두씩 도축하였다. 채취된 부위별 지방조직에서 Folch 용액(Folch 등, 1957)으로 지방을 추출한 다음 Lepage와 Roy(1986) 방법에 따라 지방산을 methylation시킨 후 gas chromatograph(HP 5890 A, Hewlett Packard Co.)로 지방산을 분석하였다.



Table 3-1. Chemical composition of experimental concentrates for Hanwoo steers by feeding stage(% , DM basis)

Chemical composition <sup>1)</sup>	Concentrate by feeding stage <sup>2)</sup>			
	Grower	Finisher I	Finisher II	Finisher III
Dry matter	91.49	90.62	90.00	91.82
Organic matter	92.81	93.03	93.81	92.75
Crude protein	15.58	13.72	12.11	12.53
Ether extract	4.08	4.96	6.10	6.49
Ca	0.80	0.67	0.65	0.77
P	0.56	0.41	0.38	0.36
TDN	68.90	70.00	70.50	71.90

<sup>1)</sup> Contents of Ca, P and TDN in concentrates are calculated values.

<sup>2)</sup> Hanwoo steers were fed concentrates of Grower, Finisher I, Finisher II and Finisher III during 7 to 12, 13 to 16, 17 to 20 and 21 to 25 month of age, respectively.

처리당 3두씩 3회에 걸쳐 도축하였는데, 특히 15, 18 및 25개월령의 경우 각각 비육전기, 비육중기 및 비육후기의 기간이 완료되지 않은 시점에서 도축되었기에 각 비육기간의 성적은 도축된 한우를 제외한 나머지 시험축을 대상으로 분석하였다. 조사된 일체의 성적은 SAS (1985)의 GLM procedure를 이용하여 분석하였으며, 처리간 성적은 S-N-K(Steel과 Torrie, 1980) 방법으로 비교하였다.

## 2. 결과 및 고찰

### 가. 사양성적

비거세우와 같이 거세우 역시 사양시험의 경우 체지방의 지방산 조성 등의 조사를 위해 처리별로 수차례에 걸쳐 도축한 바, 처리별 시험 두수가 현저히 감소되어 26개월령 이후의 증체 등에 관한 성적은 분석하지 않았다. 거세 한우의 육성기간 (Growing period, 7~12개월령)이었던 112일 동안의 평균 일당증체량은 건물과 주요 영양소 섭취량의 차이( $P < 0.0001$ )와는 달리 0.62~0.67kg으로 처리구간 차이가 없었으며, 이에 따라 사료 요구율은 85% 급여구에서 3.81로 가장 낮았으며( $P < 0.0007$ ), 100%(4.09), 그리고 115%(5.33) 급여구의 순으로 점차 높아졌다(Table 3-2). 비육전

기(Fattening I period, 13~16개월령)의 경우 15개월령에서의 도축(처리 별 3두)으로 인하여 처리별로 거세 한우 12두씩을 대상으로 112일 동안 측정된 바, 처리간 일당 증체량의 경우 전체적으로는 육성기간에서의 경우와 비슷한 경향이었지만 농후사료 급여량이 증가 할 수록 일당증체량도 증가하는 경향을 보였다(Table 2). 그러나 처리 별 일당증체량(0.91~0.99kg)의 차이가 크지 않았던 관계로 사료 요구율은 85% 급여 구에서 4.23으로 가장 낮았던( $P<0.051$ ) 반면 115% 급여구에서 4.87로 가장 높았다.

비육중기(Fattening II period, 17~20개월령)에서도 18개월령에서의 도축(처리 별 3두)으로 인하여 처리 별로 9두씩을 대상으로 119일간 시험하였다. 이 기간 역시 처리 별 농후사료 급여량이 증체에 영향하여 85%, 100% 및 115% 급여구의 일당증체 량이 각각 0.74, 0.75 및 0.86kg으로 점차 증가되었으나 유의적인 차이는 보이지 않았 다(Table 3-3). 이에 따라 사료 요구율은 100%(8.23) 및 115%(8.19) 급여구에 비하여 85%(6.88) 급여구에서 낮은( $P<0.049$ ) 것으로 나타났다. 비육후기(Fattening III period, 21~25개월령, 140일간)의 경우도 처리별 농후사료 급여량에 있어 이전까지의 경향과 비슷하였으나 시험축의 체중 증가에 기인하여 이 기간의 평균 1일 사료섭취 량이 크게 증가되었다(Table 3-3). 그러나 사료섭취량의 경우와는 반대로 일당증체 량은 85% 급여구에서 0.75kg으로 가장 높았으며 100% 급여구(0.67kg)와 115% 급여 구(0.60kg)의 순으로 점차 낮은 경향이었다. 사료 요구율 역시 일당증체량에서와 같 이 85% 급여구에서 10.27로 가장 좋은 결과를 보였다.

평균 139kg(7개월령)의 거세 한우 송아지를 대상으로 실시된 약 18개월의 전체 시 험기간 동안 평균 일당증체량, 농후사료 섭취량 및 농후사료효율을 종합한 결과 Table 3-4에서 보는 바와 같다. 이 기간 동안 한우 개체당 1일 평균 5.23kg(건물 기 준)의 농후사료를 섭취하였고, 544.8kg으로 체중이 증가되어 평균 일당증체량은 0.75kg이었다. 이에 따라 전체 처리의 평균 사료 요구율은 6.92 였다. 그러나 전체 시험기간 동안 섭취한 농후사료 량에서 차이가 있었음에도 불구하고 상대적으로 일 당증체량에서 큰 차이가 없어 85% 처리구의 사료 요구율이 가장 낮았으며(6.22) 100%(6.75), 그리고 115%(7.80) 급여구 순으로 점차 높아졌다.

Table 3-2. Growth performance of Hanwoo steers during growing(7~12 month of age, 168 days) and fattening I period(13~16 month of age, 112 days) as influenced by feeding level of concentrates

Items	Feeding levels of concentrate(%) <sup>1)</sup>			SEM <sup>2)</sup>	Pr>F <sup>3)</sup>
	85	100	115		
Growing period :					
Initial body weight, kg	140.3	137.3	141.9	5.799	0.856
Final body weight, kg	246.6	250.7	245.6	6.407	0.844
Total body gain, kg	106.3	113.3	103.7	4.464	0.308
Average daily gain(ADG), kg	0.63	0.67	0.62	0.027	0.312
Daily concentrates intake, kg <sup>4)</sup> :					
Dry matter(DM)	2.36 <sup>c</sup>	2.70 <sup>b</sup>	3.14 <sup>a</sup>	0.072	0.0001
Crude protein	0.368 <sup>c</sup>	0.420 <sup>b</sup>	0.490 <sup>a</sup>	0.011	0.0001
TDN	1.628 <sup>c</sup>	1.858 <sup>b</sup>	2.165 <sup>a</sup>	0.050	0.0001
Concentrate DMI / ADG	3.81 <sup>b</sup>	4.09 <sup>b</sup>	5.33 <sup>a</sup>	0.265	0.0007
Fattening I period :					
Initial body weight, kg	241.1	241.6	247.8	5.001	0.599
Final body weight, kg	343.4	347.1	358.6	5.969	0.211
Total body gain, kg	102.3	105.5	110.8	3.154	0.196
Average daily gain(ADG), kg	0.91	0.94	0.99	0.028	0.196
Daily concentrates intake, kg <sup>4)</sup> :					
Dry matter(DM)	3.93 <sup>c</sup>	4.23 <sup>b</sup>	4.77 <sup>a</sup>	0.069	0.0001
Crude protein	0.525 <sup>c</sup>	0.580 <sup>b</sup>	0.654 <sup>a</sup>	0.010	0.0001
TDN	2.680 <sup>c</sup>	2.958 <sup>b</sup>	3.338 <sup>a</sup>	0.049	0.0001
Concentrate DMI / ADG	4.23 <sup>b</sup>	4.54 <sup>ab</sup>	4.87 <sup>a</sup>	0.171	0.051

<sup>1)</sup> The feeding level of concentrates for the cattle of 85% and 115% were decreased and increased by 15%, respectively, up to 25 month of age based on the similar body weight to the cattle of 100%.

<sup>2)</sup> Standard error of the means.

<sup>3)</sup> Probability level.

<sup>4)</sup> Intakes were based on the concentrate feeding.

Table 3-3. Growth performance of Hanwoo steers during fattening II period(17~20 month of age, 119 days) and fattening III period(21~25 month of age, 140 days) as influenced by feeding level of concentrates

Items	Feeding levels of concentrate(%) <sup>1)</sup>			SEM <sup>2)</sup>	Pr>F <sup>3)</sup>
	85	100	115		
Fattening II period :					
Initial body weight, kg	341.4	350.1	359.9	6.508	0.212
Final body weight, kg	429.5	439.0	462.7	9.466	0.092
Total body gain, kg	88.1	88.9	102.9	5.088	0.137
Average daily gain(ADG), kg	0.74	0.75	0.86	0.043	0.137
Daily concentrates intake, kg <sup>4)</sup> :					
Dry matter(DM)	4.97 <sup>c</sup>	5.95 <sup>b</sup>	7.02 <sup>a</sup>	0.128	0.0001
Crude protein	0.602 <sup>c</sup>	0.721 <sup>b</sup>	0.850 <sup>a</sup>	0.015	0.0001
TDN	3.506 <sup>c</sup>	4.195 <sup>b</sup>	4.947 <sup>a</sup>	0.090	0.0001
Concentrate DMI / ADG	6.88 <sup>b</sup>	8.23 <sup>a</sup>	8.19 <sup>a</sup>	0.398	0.049
Fattening III period :					
Initial body weight, kg	429.5	439.0	462.7	9.466	0.092
Final body weight, kg	534.0	533.3	547.1	11.229	0.676
Total body gain, kg	104.5	94.3	84.4	6.710	0.180
Average daily gain(ADG), kg	0.75	0.67	0.60	0.048	0.180
Daily concentrate intake, kg <sup>4)</sup> :					
Dry matter(DM)	7.45 <sup>c</sup>	8.45 <sup>b</sup>	9.40 <sup>a</sup>	0.057	0.0001
Crude protein	0.934 <sup>c</sup>	1.059 <sup>b</sup>	1.177 <sup>a</sup>	0.007	0.0001
TDN	6.914 <sup>c</sup>	7.839 <sup>b</sup>	8.714 <sup>a</sup>	0.053	0.0001
Concentrate DMI / ADG	10.27	11.76	10.96	0.612	0.269

<sup>1)</sup> Feeding levels of concentrates were noted at Table 3-2.

<sup>2)</sup> Standard error of the means.

<sup>3)</sup> Probability level.

<sup>4)</sup> Intakes were based on the concentrate feeding.

Table 3-4. Growth performance of Hanwoo steers during whole experimental period(7~25 month of age) as influenced by feeding level of concentrates<sup>1)</sup>

Items	Feeding levels of concentrate(%) <sup>2)</sup>			Mean
	85	100	115	
Initial body weight, kg	140.3	137.3	139.5	139.0
Final body weight, kg	534.0	553.3	547.1	544.8
Total body gain, kg	393.7	416.0	407.6	405.8
Average daily gain(ADG), kg	0.73	0.77	0.76	0.75
Daily concentrate intake, kg <sup>3)</sup> :				
Dry matter(DM)	4.54	5.20	5.93	5.225
Concentrate DMI / ADG	6.22	6.75	7.80	6.92

<sup>1)</sup> Statistical comparisons between treatments were not made due to the different number of cattle between feeding stages, thus the data for each treatment were the simple mean values.

<sup>2)</sup> Feeding levels of concentrates were noted at Table 3-2.

<sup>3)</sup> Intakes were based on the concentrate feeding.

#### 나. 지방산 조성 :

비육기 동안의 거세 한우의 부위별 지방산 조성은 Table 3-5, 3-6 및 3-7에서 보는 바와 같다. 먼저, 15개월령의 경우 지방조직의 부위에 관계없이 공통적으로 palmitic acid(C<sub>16:0</sub>), stearic acid(C<sub>18:0</sub>) 및 oleic acid(C<sub>18:1</sub>)의 조성비율이 각각 10% 이상으로 높았으며, 그 다음으로 palmitoleic acid(C<sub>16:1</sub>), myristic acid(C<sub>14:0</sub>) 및 linoleic acid(C<sub>18:2</sub>)의 순으로 점차 낮아진 경향이였다(Table 3-5). 지방산 조성에 있어 각 부위별로 뚜렷한 차이는 없었으나 C<sub>14:0</sub>과 C<sub>16:0</sub>의 경우 다른 부위에 비하여 근내지방에서 비교적 낮았으며 C<sub>16:1</sub>은 피하지방에서 상대적으로 높은 수준을 보였다. 또한 피하지방 및 근내지방에서 C<sub>18:0</sub>가 낮은 반면 C<sub>18:1</sub>은 상대적으로 높았다. 각 지방부위별 불포화지방산(unsaturated fatty acid, USFA) 및 포화지방산(saturated fatty acid, SFA) 조성비율에 있어서는 대체로 근간지방에서 SFA의 상대적 값이 높은 반면 피하지방과 근내지방에서는 USFA 조성비율이 더 높은 것으로 나타났다. 그러나 각 부위 별 대부분의 주요 지방산 조성과 USFA/SFA 비율은 농후사료 급여수준에 의한 영향을 받지 않은 것으로 규명되었다.

Table 3-5. Fatty acid composition of adipose tissues at various locations of Hanwoo steers at 15 month of age as influenced by feeding level of concentrate

Locations <sup>1)</sup> Feeding level	Fatty acids (%)										USFA / SFA
	C <sub>14:0</sub>	C <sub>14:1</sub>	C <sub>15:0</sub>	C <sub>16:0</sub>	C <sub>16:1</sub>	C <sub>17:0</sub>	C <sub>18:0</sub>	C <sub>18:1</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>18:3</sub>	
Subcutaneous :											
85%	4.79	2.12	-	30.44	5.42	0.93	13.02	40.13	1.66	0.8	1.02
100%	4.69	1.29	-	28.96	5.21	1.20	13.55	41.71	1.55	0.66	1.04
115%	5.02	1.89	-	31.13	5.62	1.26	13.72	39.25	1.25	0.67	0.95
SEM <sup>2)</sup>	0.218	0.133	-	0.724	0.473	0.081	1.848	1.076	0.326	0.074	-
Pr>F <sup>3)</sup>	0.572	0.011	-	0.177	0.828	0.061	0.710	0.224	0.669	0.374	-
Intermuscular :											
85%	4.04	0.71	0.18	29.77	2.99	0.58	22.02	36.59	1.92	0.73	0.76
100%	4.18	0.60	0.00	29.57	3.22	0.73	20.17	38.83	1.70	0.65	0.82
115%	4.70	0.73	0.20	31.11	3.44	0.75	19.67	36.59	1.99	0.76	0.77
SEM <sup>2)</sup>	0.210	0.218	0.157	0.893	0.367	0.083	1.842	1.590	0.082	0.145	-
Pr>F <sup>3)</sup>	0.395	0.858	0.628	0.462	0.690	0.356	0.657	0.550	0.106	0.861	-
Intramuscular :											
85%	2.15	0.62	3.07	25.07	3.32	2.98	12.92	38.73	6.88	0.57	1.09
100%	2.46	1.38	2.91	25.48	3.28	2.07	13.43	37.76	6.57	0.40	1.07
115%	2.61	0.68	2.50	26.69	3.74	2.07	13.07	37.63	6.32	0.51	1.04
SEM <sup>2)</sup>	0.165	0.593	0.239	0.738	0.347	0.452	0.642	0.957	0.591	0.064	-
Pr>F <sup>3)</sup>	0.213	0.627	0.285	0.340	0.614	0.329	0.847	0.690	0.805	0.256	-

<sup>1)</sup> Tissues were collected from 3 locations of Hanwoo steers at the 15 month of age.

<sup>2)</sup> Standard error of the means.

<sup>3)</sup> Probability levels.

18개월령의 거세 한우 역시 지방조직의 부위에 관계없이 주요 지방산의 조성비율은 15개월령의 한우에서와 비슷한 경향을 보였다(Table 3-6). 특히 피하지방에서 C<sub>14:0</sub>과 C<sub>16:1</sub>의 조성비율이 가장 높은 반면 C<sub>18:0</sub>가 가장 낮았으며 근간지방에서는 C<sub>18:0</sub>의 조성비율이 다른 부위에 비하여 상대적으로 높았던 반면 C<sub>16:1</sub>은 낮은 경향을 보였다. 근내지방의 경우 다른 부위에 비하여 C<sub>18:2</sub>가 높았던 반면 margaric

acid(C<sub>17:0</sub>)와 비교적 chain의 길이가 짧은 지방산(C<sub>15</sub> 이하)의 상대적인 비율은 다소 감소된 경향이였다. 그러나 이 연령 역시 각 부위 별 지방산 조성에 있어 농후사료 급여량에 의한 영향을 받지 않은 것으로 나타났다. 각 지방부위별 USFA 및 SFA 조성비율을 보면, 15개월령의 경우와 같이 근간지방에서 SFA값이 상대적으로 높은 반면 피하지방과 근내지방에서는 USFA 조성비율이 더 높았으며, 이러한 비율은 15개월령에서 보다 더 증가된 것으로 나타났다. 그러나 18개월령 거세 한우의 부위 별 지방조직에서의 USFA/SFA 비율 역시 농후사료 급여수준에 의해 거의 영향을 받지 않았다.

25개월령의 경우에서도 부위별 지방산 조성비율의 전체적인 경향은 18개월령에서와 매우 비슷하였다(Table 3-7). 피하지방과 근내지방에서 불포화지방산인 C<sub>16:1</sub> 및 C<sub>18:1</sub>의 조성비율이 높았던 반면 C<sub>18:0</sub>는 낮은 것으로 나타났다. 각 지방부위별 USFA 및 SFA에서는 15개월령 및 18개월령의 경우와 같이 근간지방에서 SFA의 조성비율이 여전히 높았던 반면 피하지방과 근내지방에서는 USFA가 더 높았다. 그러나 USFA/SFA 비율은 농후사료 급여수준에 의해 거의 영향을 받지 않았다. 또한 15개월령 및 18개월령에서와 같이 25개월령의 부위 별 지방산 조성도 농후사료의 급여수준에 의한 영향을 받지 않았다.

Table 3-6. Fatty acid composition of adipose tissues at various locations of Hanwoo steers at 18 month of age as influenced by feeding level of concentrate

Locations <sup>1)</sup> / Feeding level	Fatty acids (%) <sup>2)</sup>										USFA / SFA
	C <sub>14:0</sub>	C <sub>14:1</sub>	C <sub>15:0</sub>	C <sub>16:0</sub>	C <sub>16:1</sub>	C <sub>17:0</sub>	C <sub>18:0</sub>	C <sub>18:1</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>18:3</sub>	
Subcutaneous :											
85%	4.22	2.35	0.43	28.09	7.17	1.00	8.87	45.37	2.03	0.10	1.34
100%	4.69	2.11	0.56	29.09	6.13	1.13	10.76	42.92	1.90	0.18	1.15
115%	5.00	2.17	0.45	29.28	6.76	1.02	9.24	43.77	2.05	0.04	1.22
SEM <sup>3)</sup>	0.497	0.382	0.052	0.487	0.780	0.077	0.986	0.978	0.165	0.040	-
Pr>F <sup>4)</sup>	0.564	0.899	0.247	0.256	0.660	0.497	0.410	0.274	0.794	0.110	-
Intermuscular :											
85%	3.82	1.00	0.45	28.63	3.21	1.04	16.22	42.82	1.77	0.52	0.98
100%	4.04	0.83	0.57	30.78	2.75	1.05	18.46	39.43	1.84	0.07	0.82
115%	4.60	1.51	0.47	28.82	4.76	1.00	13.94	42.14	1.95	0.21	1.04
SEM <sup>3)</sup>	0.396	0.248	0.045	0.797	0.905	0.074	2.681	1.324	0.160	0.063	-
Pr>F <sup>4)</sup>	0.413	0.403	0.229	0.189	0.327	0.882	0.529	0.239	0.729	0.006	-
Intramuscular :											
85%	2.93	0.91	0.20	27.48	4.53	0.21	10.60	46.23	4.19	0.05	1.35
100%	2.91	0.91	0.35	27.98	4.55	0.78	11.08	44.12	3.62	0.07	1.24
115%	3.08	0.53	0.19	28.89	3.91	0.49	11.56	44.24	3.93	0.08	1.19
SEM <sup>3)</sup>	0.233	0.147	0.081	0.308	0.544	0.192	0.820	0.849	0.761	0.013	-
Pr>F <sup>4)</sup>	0.854	0.183	0.377	0.751	0.656	0.197	0.722	0.224	0.871	0.273	-

<sup>1)</sup> Tissues were collected from 3 locations of Hanwoo steers at the 18 month of age.

<sup>2)</sup> Means in the same column within locations with different superscripts differ (P<.05).

<sup>3)</sup> Standard error of the means.

<sup>4)</sup> Probability levels.



Table 3-7. Fatty acid composition of adipose tissues at various locations of Hanwoo steers at 24 month of age as influenced by feeding level of concentrate

Locations <sup>1)</sup> / Feeding level	Fatty acids (%) <sup>2)</sup>										USFA / SFA
	C <sub>14:0</sub>	C <sub>14:1</sub>	C <sub>15:0</sub>	C <sub>16:0</sub>	C <sub>16:1</sub>	C <sub>17:0</sub>	C <sub>18:0</sub>	C <sub>18:1</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>18:3</sub>	
Subcutaneous :											
85%	4.14	1.80	0.49	28.18	6.49	2.17	8.15	38.71	1.14	3.35	1.19
100%	3.97	1.99	0.46	27.68	6.45	2.25	8.75	38.74	1.08	3.33	1.20
115%	3.85	1.42	0.53	28.35	5.53	1.98	9.89	40.30	1.00	3.01	1.17
SEM <sup>2)</sup>	0.166	0.246	0.039	0.550	0.640	0.136	0.651	0.504	0.112	0.144	-
Pr>F <sup>3)</sup>	0.498	0.306	0.401	0.680	0.514	0.400	0.655	0.086	0.510	0.235	-
Intermuscular :											
85%	3.77	0.91	0.44	27.45	3.86	2.34	14.31	37.77	0.84	3.41	0.97
100%	3.44	0.67	0.43	28.72	2.87	3.13	15.25	37.04	0.61	3.55	0.88
115%	3.74	0.62	0.48	29.31	2.76	2.33	16.84	35.69	0.68	3.05	0.81
SEM <sup>2)</sup>	0.177	0.195	0.032	0.857	0.399	0.638	1.287	1.907	0.075	0.474	-
Pr>F <sup>3)</sup>	0.384	0.546	0.487	0.338	0.159	0.613	0.410	0.745	0.140	0.746	-
Intramuscular :											
85%	3.07	0.91	0.37	26.20	4.62	1.64	10.31	40.36	0.79	2.13	1.17
100%	3.71	1.21	0.34	27.48	5.14	1.45	9.19	41.06	0.82	1.82	1.19
115%	3.12	1.01	0.38	26.22	4.64	1.38	9.33	42.65	0.79	1.79	1.26
SEM <sup>2)</sup>	0.270	0.139	0.054	0.664	0.287	0.125	0.305	1.082	0.091	0.271	-
Pr>F <sup>2)</sup>	0.230	0.348	0.840	0.336	0.406	0.332	0.058	0.354	0.949	0.637	-

<sup>1)</sup> Tissues were collected from 3 locations of Hanwoo steers at the 24 month of age.

<sup>2)</sup> Standard error of the means.

<sup>3)</sup> Probability levels.

Table 3-8. Fatty acid composition of adipose tissues at various locations of Hanwoo steers at 32 month of age as influenced by feeding level of concentrate

Locations <sup>1)</sup> Feeding level	Fatty acids (%) <sup>2)</sup>										USFA SFA
	C <sub>14:0</sub>	C <sub>14:1</sub>	C <sub>15:0</sub>	C <sub>16:0</sub>	C <sub>16:1</sub>	C <sub>17:0</sub>	C <sub>18:0</sub>	C <sub>18:1</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>18:3</sub>	
Subcutaneous :											
85%	3.62	1.94	0.34	26.16	7.53	0.72	7.52	40.96	1.09	1.58	1.72
100%	3.25	1.61	0.50	26.27	4.69	0.90	7.77	44.74	1.13	1.70	1.74
115%	3.75	2.44	0.46	28.26	4.53	0.70	7.43	44.45	1.11	1.20	1.62
SEM <sup>3)</sup>	0.299	0.289	0.073	1.303	1.248	0.072	0.667	1.389	0.220	0.241	-
Pr>F <sup>4)</sup>	0.446	0.156	0.306	0.458	0.067	0.118	0.918	0.184	0.991	0.320	-
Intermuscular :											
85%	3.47	0.77	0.32	28.00	3.08	1.01	12.37	39.15 <sup>b</sup>	0.76	1.58	1.00
100%	3.18	1.05	0.40	25.16	2.14	1.05	10.20	43.03 <sup>ab</sup>	1.22	1.66	1.23
115%	3.16	1.05	0.35	25.40	2.38	0.91	10.84	44.54 <sup>a</sup>	0.91	1.26	1.23
SEM <sup>3)</sup>	0.183	0.153	0.094	0.881	0.897	0.073	0.712	1.424	0.218	0.259	-
Pr>F <sup>4)</sup>	0.435	0.345	0.829	0.077	0.733	0.412	0.119	0.058	0.305	0.523	-
Intramuscular :											
85%	3.27	1.05	0.24	27.86	5.16	0.75	9.19	39.96	0.22	4.74	1.24
100%	2.99	1.03	0.29	25.26	2.35	0.88	8.73	40.89	0.43	5.20	1.31
115%	3.33	1.28	0.25	27.26	2.91	0.78	9.33	43.77	0.60	3.33	1.27
SEM <sup>3)</sup>	0.231	0.165	0.088	1.077	1.118	0.069	0.557	1.215	0.093	0.781	-
Pr>F <sup>4)</sup>	0.521	0.510	0.908	0.211	0.201	0.363	0.710	0.114	0.063	0.236	-

<sup>1)</sup> Tissues were collected from 3 locations of Hanwoo steers.

<sup>2)</sup> Means in the same column within locations with different superscripts differ (P<.05).

<sup>3)</sup> Standard error of the means.

<sup>4)</sup> Probability levels.

영양소 섭취량이 소의 성장과 지방의 축적 등에 크게 영향하며, 특히 에너지 섭취 수준이 증체와 사료효율에 더 크게 영향하는 것으로 알려져 왔는데, 그러한 사실은 보고된 연구 결과(Guenther 등, 1965; Prior 등, 1977; Ferrell 등, 1978; 홍 등, 1996b)에 의해서도 알 수 있었다. 송 등(1998) 역시 비거세 한우를 대상으로 실시한 사양시험을 통하여 에너지 섭취 수준과 증체와의 관계를 보고한 바 있다. 그러나 거세 한우를 대상으로 실시된 본 시험에서는 25개월령 까지 처리별로 정해진 수준의 농후사

료를 급여하였음에도 불구하고 전체 시험기간 동안의 처리구별 증체량이 농후사료 섭취량에 의해 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 본 시험에서와 같은 여건 하에서 농후사료 섭취량이 부족한 소의 경우 상대적으로 조사료를 더 섭취했을 것으로 예상된다. 그러나 비슷한 조건에서 실시된 송 등(1998)의 시험결과로 미루어 보아 벗짚 섭취량 그 자체가 처리구간 시험축의 증체에 영향을 미치지 않는 것으로 보인다. 물론 증체 결과만으로 그 원인을 추정하기는 어렵다. 그러나 농후사료 급여량의 차이가 거세 한우의 증체에 특정 사육시기(비육 전기 및 비육 후기)에만 다소 영향을 미친 것은 사료 급여량 보다는 시험축 개체의 증체 관련 능력에서의 차이에서 기인된 것으로 보인다. 아울러 고려할 필요가 있는 요인으로는 상당수의 시험축에서 요결석증의 징후가 발견되었다는 점이다. 이러한 요인들이 복합적으로 작용하여 농후사료 급여량의 차이가 증체에 미치는 효과를 감소시킨 것으로 여겨진다.

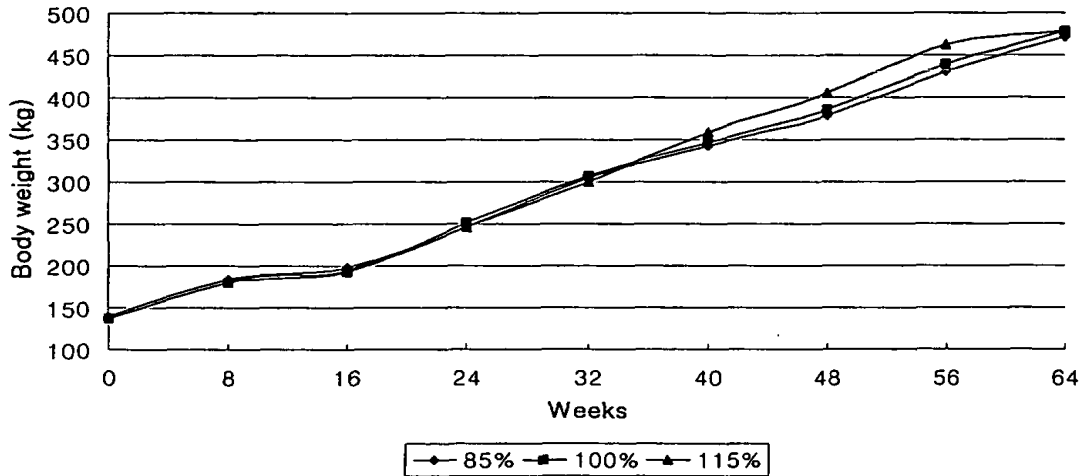


Fig 3-1. Growth patterns of Hanwoo steers as influenced by feeding level of concentrates. Weeks refer to time after initiation of the experiment (Week 0 is correspondent to 6 month of age and thus 64 weeks is 22month of age)

시험 기간(6 - 22 개월령, 468일간) 동안 농후사료 급여수준에 따른 처리별 증체 경향을 보면 Figure 3-1과 같다. 시험 개시 0 ~ 32주(6~14개월령) 까지는 각 처리구 별로 별 차이가 증체에 있어서는 별 차이가 없었으나 40주(16개월령)부터는 처리구에 따른 변화가 뚜렷하게 나타났다. 115%처리구에서 증체량이 가장 많았으며, 그 다

음은 100% 및 85%의 순이었다. 그 후 64주에서는 그러한 경향이 뚜렷하지 않았는데, 이 기간은 하절기 기간(99/8)으로서 환경적인 영향을 받은 것으로 보인다.

홍 등(1996b)이 본 시험과 비슷한 사료 급여 조건에서 실시한 시험 결과 육성기(~12개월령), 비육 전기(13~18개월령) 및 비육 후기(19~24개월령) 동안 거세 한우의 평균 일당 증체량이 각각 0.71, 0.82 및 0.71kg이었으며, 육성기(6~12개월령), 비육 전기(13~18개월령) 및 비육 후기(19~24개월령)에서 농후사료를 각각 체중의 1.5, 1.8% 및 자유채식시킨 거세 한우의 평균 일당 증체량이 각각 0.82, 0.86 및 0.76kg으로 조사되어 본 시험에서의 성적보다 다소 높았다. 그러나 육성기(7~12개월령), 비육 전기(13~20개월령) 및 비육 후기(21~25개월령) 동안 농후사료를 각각 체중의 1.5, 1.8 및 2.0% 수준으로 급여하고 벗짚은 자유로이 섭취토록 한 이 등(1997)의 시험에서는 7~10, 11~16, 17~20 및 21~25개월령의 평균 일당 증체량이 각각 0.48, 0.72, 0.49 및 0.64kg으로 조사되어 본 시험에서와 비슷한 사양기간별 증체 성적보다 우수하지 못한 것으로 나타났다. 이러한 결과로 미루어 보아 본 시험에서의 각 사양기간별로 계획된 농후사료 급여량은 사료 외적인 요인을 감안할 경우 크게 낮지 않은 것으로 여겨진다.

Waldman 등(1968)이 에너지 수준이 높을수록 소의 피하지방의 C18:1의 조성 비율이 높았다고 보고하였으나 본 시험의 경우 부위별 지방조직의 지방산 조성은 전체적으로 농후사료 급여수준에 의한 영향을 받지 않았다. 본 시험에서의 이러한 결과는 비거세 한우시험 결과(송 등, 1998)와 비슷하였다. 거세 한우의 3개 부위별 지방조직에서 공통적으로 조성비율이 높은 지방산은 비거세 한우(송 등, 1998)에서와 같이 C<sub>16:0</sub>, C<sub>18:0</sub> 및 C<sub>18:1</sub>이었으며 그중 가장 높은 비율을 보인 지방산은 C<sub>18:1</sub>이었다. 주요 지방산에서의 이러한 경향은 거세시킨 화우시험(Yoshimura와 Namikawa, 1983) 결과와도 같았다. 부위별 지방조직의 일부 지방산 조성비율은 연령의 변화와 관계없이 일관된 비율을 보였는데, C<sub>14:0</sub>은 피하, 근간 그리고 근내 지방의 순으로 점차 낮아진 경향을 보였으며, C<sub>16:0</sub>의 경우 근내지방에서 그리고 C<sub>18:1</sub>과 USFA/SFA는 근간지방에서 낮은 것으로 나타났다(Tables 3-5~3-7). 이와는 반대로 C<sub>16:1</sub>, C<sub>18:0</sub> 및 C<sub>18:2</sub>는 각각 피하, 근간 및 근내지방에서 조성비율이 가장 높은 경향을 보였다. 이와 같은 지방조직 부위간 조성비율의 차이는 Hereford(Thrall과 Cram, 1971)와 화우 및 미국 화우 교잡종(Sturdivent 등, 1992)을 대상으로 시험한 결과에서도 지적인 바 있다. 한편, C<sub>18:0</sub>은 연령이 증가함에 따라 조성비율이 점차 감소하는 경향을 보였으며, USFA/SFA 역시 15개월령에 비하여 18개월령 이후에 다소 증가된 경향을 보였다(Tables 3-5~3-7). Link 등(1970)이 Angus를 이용하여 시험한 바에 의하면 피하지방의 지방산 조성이 연령에 의해 영향을 받는다고 보고함으로써 본 시험에서 조사된

것과 같이 연령에 따른 일부 지방산 조성 변화의 가능성을 뒷받침해 주었다. 또한 Hornstein 등(1967)은 대체로 연령이 증가할 수록 피하지방의 C<sub>18:1</sub>와 C<sub>18:2</sub>가 증가한 반면 C<sub>18:0</sub>는 감소되었다고 보고하였으며, Waldman 등(1968) 역시 연령이 증가함에 따라 피하지방의 USFA 함량이 증가되었다고 하였다. 본 시험에서도 연령이 증가함에 따라 C<sub>16:0</sub> 및 C<sub>18:0</sub>의 조성비율이 점차 낮아지는 경향을 보였으며 15개월령에 비하여 18개월령 이후에서 USFA 비율이 상대적으로 증가된 바 있다(Tables 3-5~3-7).

본 시험의 결과를 종합하면 다음과 같다. 전체 시험기간에 걸쳐 농후사료 급여수준(85%, 100% 및 115%)이 거세 한우의 증체에 크게 영향하지 않아 급여수준이 낮을수록 사료 요구율도 낮았다. 각 부위별 지방조직의 지방산 조성 역시 농후사료 급여수준에 의한 영향을 받지 않았으나 일부 지방산과 USFA의 상대적인 비율은 연령에 의한 영향을 받았으며 각 연령 내에서 부위별로 일부 지방산 조성 비율에 있어 일정한 경향을 유지하였다. 그러나 본 시험에서 사료 외적인 요인을 감안한다 하더라도 거세 한우의 증체가 사료 급여수준에 의한 영향을 받지 않았던 점이 처리구간 지방조직의 지방산 조성에도 다소 영향하였을 것으로 여겨져 이에 대한 정확한 구명이 요구된다 하겠다.

#### 제4절 비거세 한우와 거세 한우의 지방산 조성 비교

지난 4년에 걸쳐 비거세 한우와 거세 한우의 에너지 급여 수준 별 성장 특성을 조사하고 주요 부위별 지방조직의 지방산 조성을 분석한 바 있다. 이에 따라 본 중간 보고서를 계기로 그 동안 분석해 온 비거세우와 거세우의 주요 지방산 조성을 비교하고자 한다.

한우 체지방을 구성하고 있는 지방산 10여 종류 중 10% 이상을 차지하는 palmitic acid(C<sub>16:0</sub>), stearic acid(C<sub>18:0</sub>) 및 oleic acid(C<sub>18:1</sub>)와 함량은 낮으나 그 기능으로 보아 중요하다고 여겨지는 linoleic acid(C<sub>18:2</sub>) 등의 4 종류, 그리고 포화지방산(SFA)과 불포화지방산(USFA) 함량에 대하여 비거세우와 거세우의 체지방 사이의 차이를 각각의 농후사료 급여수준 내에서 간략히 비교하였다. 아울러 비슷한 연령 별로 4회에 걸쳐 조사되었다.

Table 4-1. Comparison of fatty acid composition of adipose tissues at various locations between Hanwoo bulls (14 month of age) and steers (15 month of age) as influenced by feeding level of concentrate

Locations <sup>1)</sup> / Feeding level	Fatty acids (%)											
	C <sub>16:0</sub>		C <sub>18:0</sub>		C <sub>18:1</sub>		C <sub>18:2</sub>		SFA <sup>2)</sup>		USFA <sup>3)</sup>	
	Bull	Steer	Bull	Steer	Bull	Steer	Bull	Steer	Bull	Steer	Bull	Steer
Subcutaneous :												
85%	29.4	30.4	15.1	13.0	39.0	40.1	2.28	1.66	49.3	49.2	46.9	57.0
100%	25.5	29.0	14.1	13.6	43.6	41.7	2.32	1.55	43.6	48.4	51.1	53.2
115%	25.8	31.1	15.3	13.7	44.4	39.3	2.48	1.25	45.5	51.1	51.8	54.8
Intermuscular :												
85%	27.9	29.7	25.3	22.0	34.7	36.6	2.61	1.92	57.5	56.6	39.5	49.3
100%	25.8	29.6	22.7	20.2	38.2	38.8	2.53	1.70	52.8	54.7	43.4	44.9
115%	26.4	31.1	24.9	19.7	37.2	36.6	2.63	1.99	55.6	56.2	42.1	50.6
Intramuscular :												
85%	21.5	25.1	14.8	12.9	29.5	38.7	16.0	6.88	37.7	46.2	49.9	55.1
100%	22.1	25.5	14.9	13.4	38.3	37.8	10.7	6.57	39.7	46.4	52.5	53.3
115%	21.6	26.7	13.7	13.1	36.4	37.6	10.1	6.32	40.0	46.9	51.1	52.7

<sup>1)</sup> Fat tissues were collected from Hanwoo bulls (14 month of age) and steers (15 month of age).

<sup>2)</sup> Total saturated fatty acids.

<sup>3)</sup> Total unsaturated fatty acids.

먼저, 14 - 15개월령의 경우 피하지방에서는 거세 한우에서 C<sub>16:0</sub> 함량이 다소 높은 반면 C<sub>18:0</sub>과 C<sub>18:2</sub>의 함량은 오히려 비거세우에서 다소 높은 경향을 보였다 (Table 4-1).

이러한 경향은 근간지방에서도 비슷하게 나타났다. 근내지방에 있어서는 C<sub>16:0</sub>와 C<sub>18:2</sub>에서 높았으나, C<sub>18:0</sub>에서는 오히려 다소 낮은 경향을 보였다. 한편, C<sub>18:1</sub>의 경우 3개 체지방 부위에 있어 비거세와 거세 한우간 차이가 없는 것으로 나타났다.

18개월령의 경우 C<sub>16:0</sub> 함량의 경향은 14 - 15개월령에서와 같이 3개 체지방 부위에서 비거세에 비하여 거세 한우에서의 함량이 다소 높은 경향이었으며, C<sub>18:0</sub>의 함량은 상대적으로 낮았다. 이에 비하여 그 밖의 다른 지방산은 비거세와 거세 한우 간에 뚜렷한 경향을 보이지 않았다 (Table 4-2).

Table 4-2. Comparison of fatty acid composition of adipose tissues at various locations between Hanwoo bulls and steers at 18 month of age as influenced by feeding level of concentrate

Locations <sup>1)</sup> Feeding level	Fatty acids (%)											
	C <sub>16:0</sub>		C <sub>18:0</sub>		C <sub>18:1</sub>		C <sub>18:2</sub>		SFA <sup>2)</sup>		USFA <sup>3)</sup>	
	Bull	Steer	Bull	Steer	Bull	Steer	Bull	Steer	Bull	Steer	Bull	Steer
Subcutaneous :												
85%	24.6	28.1	16.8	8.9	43.0	45.4	2.24	2.03	46.1	42.6	49.7	50.1
100%	27.6	29.1	13.4	10.8	43.8	42.9	1.96	1.90	45.4	46.2	51.7	50.4
115%	27.7	29.3	12.1	9.2	45.7	43.8	2.45	2.05	44.1	45.0	54.0	48.5
Intermuscular :												
85%	26.3	28.6	26.2	16.2	35.5	42.8	2.44	1.77	57.5	50.2	40.4	43.0
100%	25.9	30.8	26.0	18.5	35.0	39.4	2.31	1.84	56.7	54.9	40.3	45.0
115%	27.0	28.8	24.1	13.9	35.9	42.1	2.18	1.95	55.8	48.8	40.3	43.5
Intramuscular :												
85%	24.7	27.5	12.2	10.6	45.3	45.8	3.62	4.19	40.6	41.4	53.7	50.1
100%	25.4	28.0	13.9	11.1	45.1	44.0	2.53	3.62	43.0	43.1	52.4	49.4
115%	25.5	28.9	10.2	11.6	46.0	44.1	3.78	3.93	39.7	44.2	54.7	48.9

<sup>1)</sup> Fat tissues were collected from Hanwoo bulls and steers at 18 month of age.

<sup>2)</sup> Total saturated fatty acids.

<sup>3)</sup> Total unsaturated fatty acids.

24 - 25개월령 비거세와 거세 한우의 3개 체지방 부위별 지방산 조성을 비교하면 Table 4-3에서 보는 바와 같다. 그 이전 월령의 경우와는 달리 C<sub>16:0</sub> 함량에서는 전체 부위에 걸쳐 비거세와 거세 한우 간의 차이가 없었으나 C<sub>18:1</sub>과 C<sub>18:2</sub> 함량의 경우 거세 한우에 비하여 비거세우의 피하지방에서 다소 높은 경향을 보였다. 또한 비거세 한우 근간지방의 경우 C<sub>18:0</sub>와 C<sub>18:2</sub>에서, 그리고 근내지방의 C<sub>18:1</sub>과 C<sub>18:2</sub>의 함량에서 상대적으로 높은 경향을 보였다(Table 4-3).

Table 4-3. Comparison of fatty acid composition of adipose tissues at various locations between Hanwoo bulls (24 month of age) and steers (25 month of age) as influenced by feeding level of concentrate

Locations <sup>1)</sup> Feeding level	Fatty acids (%)											
	C <sub>16:0</sub>		C <sub>18:0</sub>		C <sub>18:1</sub>		C <sub>18:2</sub>		SFA <sup>2)</sup>		USFA <sup>3)</sup>	
	Bull	Steer	Bull	Steer	Bull	Steer	Bull	Steer	Bull	Steer	Bull	Steer
Subcutaneous :												
85%	28.0	28.2	9.9	8.2	44.7	41.7	1.72	1.14	42.1	43.1	54.9	51.5
100%	27.0	27.7	10.2	8.8	45.8	41.7	1.88	1.08	41.3	43.1	55.2	51.7
115%	25.5	28.4	9.5	9.9	48.6	43.2	2.05	1.00	38.7	43.7	58.2	51.3
Intermuscular :												
85%	26.2	27.5	18.5	14.3	41.9	41.8	1.95	0.84	49.1	48.3	47.9	46.8
100%	29.8	28.7	17.3	15.3	39.7	40.0	1.73	0.61	51.9	51.0	45.8	44.7
115%	25.9	29.3	18.1	16.8	42.2	38.5	1.88	0.68	48.2	52.7	48.2	42.8
Intramuscular :												
85%	26.9	26.2	10.3	10.3	46.2	42.4	2.66	0.79	41.3	41.6	55.3	48.8
100%	26.9	27.5	8.8	9.2	47.2	42.6	2.28	0.82	40.0	42.2	56.9	50.1
115%	25.4	26.2	9.4	9.3	49.5	44.2	2.35	0.79	38.8	40.4	58.7	50.9

<sup>1)</sup> Fat tissues were collected from Hanwoo bulls (24 month of age) and steers (25 month of age).

<sup>2)</sup> Total saturated fatty acids.

<sup>3)</sup> Total unsaturated fatty acids.

30개월령 한우의 체지방 조성을 보면 Table 4-4에서와 같다. 즉, 피하지방과 근내 지방에 있어 C<sub>16:0</sub> 함량은 거세 한우에서 다소 높은 경향을 보였으나 C<sub>18:1</sub>과 C<sub>18:2</sub> 함



량의 경우 거세 한우에 비하여 비거세 한우 3개 체지방 부위 전체에서 다소 높은 경향을 보였다(Table 4-4). 특히 C<sub>18:1</sub>과 C<sub>18:2</sub>의 경우 비육 말기 거세 한우에 비하여 비거세 한우에서 일관되게 높은 경향을 보였다는 점은 주목할 만한 것으로 여겨진다.

Table 4-4. Comparison of fatty acid composition of adipose tissues at various locations between Hanwoo bulls (30 month of age) and steers (32 month of age) as influenced by feeding level of concentrate

Locations <sup>1)</sup> Feeding level	Fatty acids (%)											
	C <sub>16:0</sub>		C <sub>18:0</sub>		C <sub>18:1</sub>		C <sub>18:2</sub>		SFA <sup>2)</sup>		USFA <sup>3)</sup>	
	Bull	Steer	Bull	Steer	Bull	Steer	Bull	Steer	Bull	Steer	Bull	Steer
Subcutaneous :												
85%	24.8	26.2	6.5	7.5	49.7	41.0	2.23	1.09	35.7	38.4	63.6	53.1
100%	26.2	26.3	7.0	7.8	47.9	44.7	2.15	1.13	38.0	38.7	61.0	53.9
115%	25.6	28.3	9.6	7.4	48.2	44.5	22.3	1.11	39.8	40.6	59.3	53.7
Intermuscular :												
85%	24.7	28.0	13.7	12.4	47.4	39.2	2.34	0.76	42.8	45.2	55.5	44.9
100%	26.9	25.2	15.7	10.2	44.3	43.0	2.06	1.22	47.5	40.0	51.0	49.1
115%	26.1	25.4	12.3	10.8	46.2	44.5	2.17	0.91	43.1	40.7	55.3	50.1
Intramuscular :												
85%	25.8	27.9	10.4	9.2	43.2	40.0	7.05	0.22	40.1	41.3	56.2	51.1
100%	24.3	25.3	9.3	8.7	43.9	40.9	7.28	0.43	37.4	38.2	58.5	49.9
115%	25.4	27.3	11.3	9.3	43.4	43.8	6.40	0.60	40.0	41.0	55.9	51.9

<sup>1)</sup> Fat tissues were collected from Hanwoo bulls (30 month of age) and steers (32 month of age).

<sup>2)</sup> Total saturated fatty acids.

<sup>3)</sup> Total unsaturated fatty acids.

## 제5절 요약

### 1. 비거세우 사양시험

농후사료 섭취수준이 증체와 사료효율 및 부위별 지방조직의 지방산 조성이 미치는 효과를 조사하고자 비거세 한우 송아지(평균 193일령)를 대상으로 26개월령까지 19개월간에 걸쳐 사양시험을 실시하였다. 농후사료로는 중송아지 육성비육용(Grower, 7~10개월령), 비육전기용(Finisher I, 11~16개월령), 비육중기용(Finisher II, 17~20개월령) 및 비육후기용(Finisher III, 21~26개월령)으로 제조된 한우용 시판 배합사료를 자동사료급여기로 1일 2~3회 급여하였는데, 이때 85% 및 115% 처리구의 한우는 15개월령까지 100% 처리구에서의 한우와 동일한 체중을 기준으로 각각 15%씩 감소시켰거나 증가시켰다. 16~17개월령 동안에는 시험계획에 따라 85% 및 100% 처리구의 급여량이 115% 처리구 수준으로 점차 시켰으며 그 이후(18~26개월령)로도 농후사료 급여량을 21개월령까지 계속 증가시키되 모든 시험축의 체중에 관계없이 동일한 양을 급여하였다. 모든 공시축은 전 시험기간에 걸쳐 개체사육을 시켰으며 6, 14, 18 및 24개월령에서 3~5개부위 지방조직을 채취하여 지방산을 분석하였다. 조사된 결과를 요약하면 다음과 같다.

비거세 한우 송아지를 약 19개월간에 걸쳐 개체사육시킨 결과 시험기간 동안의 총 평균 1일 건물섭취량은 6.69kg이었으며 일당증체량은 0.95kg이었고 사료효율은 7.06이었다. 전체 시험기간에 걸쳐 비거세 한우의 증체가 농후사료 섭취수준과 밀접한 관계를 보였으나 20개월령까지의 사료효율은 섭취량이 낮을수록 우수한 결과를 보였다.

비거세 한우의 부위별 지방조직에서 공통적으로 조성비율이 높은 지방산은 C<sub>16:0</sub>, C<sub>18:0</sub> 및 C<sub>18:1</sub>이었다. 농후사료 급여수준은 14개월령의 피하지방내 C<sub>16:0</sub> 및 C<sub>18:1</sub>과 근내지방에서의 C<sub>18:1</sub> 및 C<sub>18:2</sub>를 제외하고는 각 부위별 지방조직의 지방산 조성에 영향하지 않았으며, 18개월령과 24개월령에서도 영양수준에 의한 차이를 발견할 수 없었다. 대체로 피하지방과 근내지방에서는 다른 부위에 비하여 불포화지방산인 C<sub>16:1</sub> 및 C<sub>18:1</sub>의 비율이 증가된 반면 C<sub>18:0</sub>의 경우 복강지방에서 상대적으로 높은 비율을 보였다. 비거세 한우의 연령이 증가함에 따라 C<sub>18:0</sub>와의 비율이 감소된 반면 C<sub>16:1</sub>, C<sub>18:1</sub> 및 C<sub>18:2</sub>의 비율이 증가된 경향이었다.

### 2. 대사시험

본 시험은 농후사료 급여수준이 한우 수소에 있어 시험사료의 반추위내 발효성상과 전장소화율에 미치는 효과를 조사하고자 실시하였다. 그러나 계획된 대로, 반추위의 특성이 비슷한 관계로 한우대신 면양을 사용하였다. 시험동물로는 평균체중 61kg

인 반추위 누관이 장착된 수면양(Corriedale) 3두를 이용하였으며, 실제 비거세 한우의 경우와 같이 농후사료 급여수준에 따라 85%, 100% 및 115%의 3처리를 두었다. 본 시험은 3두의 면양을 대상으로 3수준의 농후사료 급여수준에 대한 효과를 조사하고자 3 x 3 Latin square design 방법으로 실시되었다. 농후사료 100% 처리구의 경우 NRC 면양 사료(영양소) 요구량(1985)을 참조하여 건물 섭취량을 설정하였는데, 예를 들어 체중이 50kg인 면양의 일당증체량이 0.2kg으로 예상할 경우 체중의 2.5% 수준으로 육성비육용 농후사료를 급여할 경우 1일 1.25kg(건물 기준)이 되었다. 85% 및 115% 처리구의 면양에는 100%에서의 동일한 체중을 기준으로 하여 농후사료 급여량을 각각 15%씩 감소시켰거나 증가시켰다.

전체적으로 농후사료를 많이 급여할수록 반추위액의 pH가 낮아지고 암모니아 농도와 휘발성지방산 생성량(농도)이 증가되었다. 농후사료를 115% 급여한 처리구의 acetate 조성 비율이 가장 낮은 반면 propionate 비율은 크게 증가하였으나, 100% 급여구 및 85% 급여구 간에 차이는 없었다. Butyrate의 경우 농후사료 급여 수준에 의한 차이는 없는 것으로 나타났다.

급여한 농후사료의 반추위 내 예상 분해율을 조사한 바, 급여 수준이 증가할수록 건물과 유기물의 소화율이 다소 감소하는 경향을 보였으나, 처리간 차이는 없었다. 이러한 경향은 전장 소화율에서도 비슷하게 나타났다. 즉, 건물, 조지방 및 NDF 소화율은 농후사료 급여 수준이 증가할수록 다소 낮아지는 경향을 보였다. 그러나 조단백질의 경우 오히려 급여수준이 높을 때 소화율이 다소 감소되는 경향을 보였다.

### 3. 거세우 사양시험

농후사료 섭취수준이 증체와 사료요구율 및 부위별 지방조직의 지방산 조성에 미치는 효과를 구명하고자 거세 한우 수송아지(7개월령, 평균 체중 139kg)를 대상으로 25개월령까지 18개월간에 걸쳐 사양시험을 실시하였다. 농후사료(배합사료)로는 중송아지 육성비육용(Grower, 7~12개월령), 비육전기용(Finisher I, 13~16개월령), 비육중기용(Finisher II, 17~20개월령) 및 비육후기용(Finisher III, 21~25개월령)으로 제조된 한우용 시판 농후사료를 자동사료급여기로 1일 2~3회 급여하였는데, 이때 85% 및 115% 처리구의 한우는 25개월령까지 100% 처리구의 한우와 동일한 체중을 기준으로 각각 15%씩 감소시켰거나 증가시켰다. 전체 시험기간에 걸쳐 볏짚을 자유로이 섭취토록 하였다. 모든 공시축은 전체 시험기간 동안 개체사육 시켰으며 지방산 조성을 분석하기 위해 15, 18 및 25개월령에서 피하, 근간 및 근내지방 등 3개 부위의 지방조직을 채취하였다.

전체 시험기간에 걸쳐 거세 한우의 증체가 농후사료 급여수준에 의한 영향을 받지 않아 급여 수준이 낮을수록 사료 요구율도 낮았다. 전체 시험기간 동안 거세 한우의

평균 1일 건물섭취량은 5.23kg이었으며 일당증체량은 0.75kg이었고 사료 요구율은 6.92였다.

거세 한우의 부위별 지방조직에서 공통적으로 조성비율이 높은 지방산은 C<sub>16:0</sub>, C<sub>18:0</sub> 및 C<sub>18:1</sub>이었다. 농후사료 급여수준은 전체 시험기간에 걸쳐 각 부위별 지방조직의 지방산 조성에 영향하지 않았다. 부위별 지방조직의 일부 지방산 조성비율은 연령의 변화와 관계없이 일관된 경향을 보였는데, C<sub>14:0</sub>은 피하, 근간 그리고 근내지방의 순으로 점차 낮아진 경향이었으며, C<sub>16:0</sub>의 경우 근내지방에서 그리고 C<sub>18:1</sub>과 USFA/SFA는 근간지방에서 상대적으로 낮은 조성비율을 보였다. 이와는 반대로 C<sub>16:1</sub>, C<sub>18:0</sub> 및 C<sub>18:2</sub>는 각각 피하, 근간 및 근내지방에서 조성비율이 가장 높은 경향을 보였다. 한편, C<sub>18:0</sub>은 연령이 증가함에 따라 조성비율이 점차 감소하는 경향을 보였으나 USFA/SFA 비율은 15개월령에 비하여 18개월령 이후에 다소 증가된 경향을 보였다.

## 제6절 인용문헌

- A.O.A.C.. 1990. Official methods of analysis (15th Ed.). Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C.
- Berg, R.T. and Butterfield, R.M. 1968. Growth pattern of bovine muscle, fat and bone. *J. Anim. Sci.* 27:611.
- Berge, P. 1991. Long-term effects of feeding during calfhoods on subsequent performance in beef cattle (A review) *Livestock Prod. Sci.* 28:179.
- Butterfield, R.M. and May, N.D.S. 1966. Muscle of the ox. University of Queensland Press, Brisbane, Australia.
- Ferrell, C.L., Kohlmeier, R.H., Crouse, J.D. and Glimp, H. 1978. Influence of dietary energy, protein and biological type of steer upon rate of gain and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 46:255.
- Folch, J., M. Lee and G.H. Sloan-Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. Biol. Chem.* 226:497.
- Guenther, J.J., Bushman, D.H., Pope, L.S. and Morris, R.D. 1965. Growth and development of the carcass tissues in beef calves from weaning to slaughter weight, with reference to the effect of plane of nutrition. *J. Anim. Sci.* 24:1184.
- Goering, H.K. and Van Soest, 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications). *Agric. Handbook 379*, ARS, USDA, Washington, DC.
- Hironaka, R. and Kozub, G.C. 1973. Compensatory growth of beef cattle restricted at two energy levels for two periods. *Can. J. Anim. Sci.* 53:709.
- Hornstein, I., Crowe, P.F. and Hiner, R. 1967. Composition of lipids in some beef muscle. *J. Food Sci.* 32:650.
- Lepage, G. and Roy, C.C.. 1986. Direct transesterification of all classes of lipid in a one-step reaction. *J. Lipid Research.* 27:114.
- Link, B.A., Bray, R.W., Cassens, R.G. and Kauffman, R.G. 1970. Fatty acid composition of bovine skeletal muscle lipids during growth. *J. Anim. Sci.* 30:726.
- O'Donovan, P.B. 1984. Compensatory gain in cattle and sheep. *Nutr. Abstr. Rev. Ser. B* 54:389.
- Patterson, D.C., Steen, R.W.J. and Kilpatrick, D.J. 1995. Growth and development of beef cattle. 1. Direct and residual effects of plane of nutrition during early

- life on components of gain and food efficiency. *J. Agric. Sci(Camb.)*. 124:91.
- Prior, R.L., Kohlmeier, R.H., Cundiff, L.V., Dikeman, M.E. and Crouse, J.D. 1977. Influence of dietary energy and carcass composition in different biological types of cattle. *J. Anim. Sci.* 45:132.
- Rumsey, T.S., Oltjen, R.R., Bovard, K.P. and Priode, B.M. 1972. Influence of widely diverse finishing regimens and breeding on depot fat composition in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 35:1069.
- SAS. 1985. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Inc., Cary, NC.
- Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. 1980. Principles and Procedures of Statistics. McGraw Hill Book Co., NY.
- Sturdivant, C.A., Lunt, D.K., Smith, G.C. and Smith, S.B. 1992. Fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular adipose tissues and M. longissimus dorsi of Wagyu cattle. *Meat Sci.* 32:449.
- Sumida, D.M., Vogt, D.W., Cobb, E.H., Iwanaga, I.I. and Reimer, D. 1972. Effect of breed type and feeding regime on fatty acid composition of certain bovine tissues. *J. Anim. Sci.* 35:1058.
- Thrall, B.E. and Cram, D.A. 1971. Relationship of serum, muscle and subcutaneous lipids to beef carcass traits and flavor. *J. Food Sci.* 36:194.
- Waldman, R.C., Suess, G.G. and Brungardt, V.H. 1968. Fatty acids of certain bovine tissues and their association with growth, carcass and palatability traits. *J. Anim. Sci.* 27:632.
- Yang, Y.T., Baldwin, R.L. and Garret, W.N. 1978. Effects of dietary lipid supplementation on adipose tissue metabolism in lambs and steers. *J. Anim. Sci.* 47:686.
- Yoshimura T. and Namikawa, K. 1983. Influence of breed, sex and anatomical location on lipid and fatty acid composition of bovine subcutaneous fat. *Jpn. J. Zootech. Sci.* 54:97.
- 善林明治. 1994. 牛肉生産の科學. 養賢堂. 東京.
- 강수원, 장선식, 정연후, 신기준, 손용석. 1995. 성장단계별 농후사료 급여수준이 한우 육성비육우의 사료효율, 산육능력 및 육질에 미치는 영향. *한국영양사료학회지.* 19:495.
- 송만강, 김내수, 정정수, 최양일, 원유석, 정재경, 최성호. 1998. 농후사료 급여수준이 비거세 한우의 증체와 부위별 지방조직의 지방산 조성에 미치는 효과. 40:485.

- 백봉현, 신기준, 김용곤, 이근상, 김강식. 1987. 한우 육성비육시 체중별 육생산과 사료효율 및 적정출하 체중에 관한 연구. 농시논문집 (축산. 가위). 29:6.
- 이상철, 강태홍, 한인규. 1991. 한우 수소 증체시 에너지 및 단백질 축적효율에 관한 연구. 한국영양사료학회지. 15:121.
- 이성수, 정재경, 박노형, 원유석. 1997. 거세가 한우의 도체특성과 혈청 대사물질에 미치는 영향. 한국축산학회지. 39:145.
- 조원모, 조영무, 홍성구, 정의수, 이종문, 윤상기. 2000. 보리 총체담근먹이 급여가 거세한우의 발육, 사료이용성 및 육질에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 42:181.
- 한국표준가축사료 급여기준(한우). 1992. 축산기술연구소. pp 182.
- 홍성구. 1996. 한우의 육질개선을 위한 비육기술 개발에 관한 연구. 박사학위 논문집.
- 홍성구, 이병석, 강희설, 조원모, 이종문, 백봉현, 김내수, 송만강. 1996a. 담근먹이 급여가 거세한우의 도체특성에 미치는 효과. 한국축산학회지. 38:69.
- 홍성구, 백봉현, 강희설, 조원모. 1996. 거세한우에 대한 제한급여 수준과 출하체중이 비육능력 및 육질에 미치는 효과. 한국축산학회지. 38:215.

## 제 3장 한우의 지방축적요인 구명

### 제 1절 재료 및 방법

본 세부과제에서 측정한 항목은 비거세 및 거세 한우에서 (1)지방조직의 지방합성 (2) 지방세포의 cellularity 및 (3)혈중 IGF-1의 농도였다. 각 항목별로 재료 및 방법에 대해 설명하면 다음과 같다.

#### 1. 지방조직의 지방합성(lipogenesis)

한우 비거세우 및 거세우 공히 생후 14, 18, 24 및 30개월령에 도살 직후 지방조직을 떼어내어 지방합성을 조사했는데 glucose 또는 acetate가 지방(lipid)로 전변된 양을 조사해서 지방합성을 측정했다. 측정부위는 피하지방(subcutaneous fat), 근간지방(intermuscular fat) 및 근내지방(intramuscular fat)등 3부위였는데 근내지방은 채취의 어려움 때문에 24개월과 30개월의 거세 한우에서만 측정했다. 본 연구에 사용했던 방법을 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

##### 가. 지방조직 채취

지방합성을 측정했던 부위는 피하지방, 근간지방 및 근내지방이었는데 도축후 박피와 탈장이 이루어지는 과정에서 좌측 13흉추에서 피하지방을 약 50g 떼어냈다(도살후 약 4분 경과). 근간지방은 수세과정을 거친 다음 좌반도체의 제 13 흉추와 제 1 요추 사이의 배최장근, 후배거근 및 장축근 사이에서 20g 정도를 채취하였다(도살 후 약 5분경과). 근내지방은 근육속에서 채취했기에 채취할 때 소의 체온을 유지하고 있었다.

##### 나. 지방합성 측정

한우 지방조직의 지방합성 측정은 도살된 한우로부터 신속하게 지방조직을 떼어내어서 그 절편을 KRB(Krebs-Ringer bicarbonate) buffer에서 incubation하는 중에  $^{14}\text{C}$ -acetate와  $^{14}\text{C}$ -glucose가 지방으로 전변된 양으로 측정했다. 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

지방합성을 측정하기 위한 KRB buffer 조성은 0.118M NaCl, 4.77mM KCl, 1.256mM  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , 1.232mM  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 1.232mM  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 24.79mM  $\text{NaHCO}_3$  였는데 여기에 25mM HEEPS, 5mM acetate 또는 glucose와 3% bovine serum



albumin을 넣고 gas(95% O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub>)를 첨가하고 난 뒤 pH = 7.4로 조절했다. Incubation tube는 유리로 만들어진 20ml scintillation vial을 사용했고 여기에 3ml KRB buffer를 넣었는데 이 buffer에 0.5 μCi의 <sup>14</sup>C-acetate 또는 <sup>14</sup>C-glucose를 포함시켰다. 도축당일 동위원소를 포함시키는 번거로움을 피하기 위해서 미리 3ml을 vial에 넣어서 -20℃에 얼려 뒀다가 사용했다. 약 30mg 크기의 지방조직 절편을 incubation vial에 넣고 shaking water bath에서 37℃를 유지하면서 2시간 동안 incubation 시켰다. vial을 가루얼음에 꽂아서 incubation을 중단시켰으며 약 30분 후 vial에서 절편을 꺼내어 무게를 측정했다.

무게 측정이 끝난 후 지방조직절편을 5ml의 Dole's solution(Dole, 1956)(부피로 isopropanol : 40, n-heptan : 10, 1N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : 1)이 든 vial에 넣은 후 ultrasonic waterbath에서 30분간 지방추출했다. 이 vial에 3ml의 hexane과 3ml의 H<sub>2</sub>O를 넣은 후 지방이 포함된 상층유기 용매를 scintillation vial에 넣고 추가로 1.5ml의 hexane으로 헹구었다. 유기용매를 dry-bath에서 증발시키고 난 뒤 5ml의 scintillation cocktail을 넣고 lipid scintillation counter로 <sup>14</sup>C-lipid의 activity를 측정했다. 지방합성은 acetate 또는 glucose가 지방으로 전환된 양으로 측정했는데 KRB buffer에 함유된 labeling 되지 않은 총 acetate 또는 glucose양 (5mM 3ml에는 15 μ mol)에, incubation vial에 포함된 <sup>14</sup>C activity 중 추출된 지방 중에 포함된 것의 비율을 곱해서 구했다.

## 2. 지방세포의 크기 측정

지방합성은 한우 비거세우 및 거세우 공히 14, 18, 24 및 30개월령에 도살 직후 떼어낸 지방조직으로부터 지방세포의 크기를 Coulter counter로 측정했는데 측정부위는 피하지방(subcutaneous fat), 근간지방(intermuscular fat) 및 신장부위지방(perirenal fat)이었다. 본 연구에 사용한 구체적인 지방세포 크기 측정방법은 다음과 같다.

도살직후 지방조직을 채취해서 dryice로 냉동시킨 후 -70℃에 보관했다가 시간이 날 때 지방세포의 크기를 측정했는데 주로 Etherton 등 (1997)의 방법을 따랐는데 구체적인 방법을 설명하면 다음과 같다.

각 sample 150~200mg을 냉동상태에서 칼로 세절 및 가위로 chopping한 후, 0.154M NaCl 37℃로 tissue slice를 2~3회 rinse했는데 fat cell이 깨지지 않도록 조심스럽게 rinse했다. rinse한 후, 지방세포를 고정하기 위해 3ml의 50mM collidine HCl buffer(pH7.4)가 들어있는 15ml tube에 지방세포를 넣었다. 또 5ml의 3% Oximium tetroxide in collidine HCl buffer를 넣고 72~96hr동안 fume hood안에서

incubation 했는데 반드시 작업은 fume hood 안에서 실시했고 이 buffer가 지방조직에 잘 침착되도록 하루에 6~10회 정도 shaking 했다.

지방세포를 고정한 후에 vortex mixer로 회전시켜 주었고 aspiration에 의해 osmium : collidine buffer를 hood 안에서 제거하고 10ml의 0.154M NaCl을 넣고 24hr incubation했고 도중에 6~10회 정도 shaking 했다. 고정된 지방세포를 분리 (isolation)하기 위해서 0.154M NaCl용액을 제거하고 10ml의 8M Urea in 0.154M NaCl 용액을 넣고 24~48hr 보관했다. 지방조직을 250 $\mu$ m nylon mesh를 통해 분리했는데 screen 위쪽의 지방조직은 버리고 mesh를 통해 분리된 지방세포만 한번 더 23 $\mu$ m nylon mesh를 이용하여 분리했다. 이때 screen 위쪽에 남게된 지방세포를 각 sample당 30ml 정도의 0.01% triton x-100 in dH<sub>2</sub>O(pH 10)로 rinse했고, 또 지방세포는 30ml의 0.01% triton x-100 in 0.154M NaCl(pH 10)로 rinse하면서 50ml tube에 모았다. 50ml tube에 모은 지방세포는 isonic 300ml를 넣은 glass에 0.5ml의 지방세포를 흡입해서 첨가했다. Coulter counter를 이용하여 25~250 $\mu$ m size의 지방세포 크기를 측정했다.

### 3. 혈중 IGF- I 농도 측정

한우 비거세우는 7개월령부터 총 11회, 거세우는 8.3개월령부터 총 14회 매 8주마다 소의 경정부에서 진공 채혈관(vacutainer)를 이용해서 채혈했다. 채혈후 2시간 동안 실온에서 정지한 후 3,000rpm에서 10분간 원심분리 하여 혈청을 분리했다. 분리한 혈청은 -70 $^{\circ}$ C에 보관했다가 분석시 해동하여 사용했다. 본 연구에 사용한 측정 방법을 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

#### 가. IGF-I RIA를 위한 IGFBP로부터 IGF extraction

혈중에 존재하는 대부분의 IGF는 IGF binding protein에 bound되어 있으므로 정확한 IGF농도측정을 위해서는 binding protein으로부터 IGF를 분리시켜야 하는데 흔히 acid ethanol로 extraction을 하는데 본 연구에 사용한 방법을 구체적으로 설명하면 아래와 같다.

- 1) Mix 100 $\mu$ l of serum and 400 $\mu$ l of acid-ethanol and vortex.
- 2) Incubation for 30min at room temperature.
- 3) Centrifuge 20min 1850 $\times$ g at 4 $^{\circ}$ C.
- 4) Transfer 250 $\mu$ l of the supernatant solution into 12 $\times$ 75 glass tube.
- 5) Add 100 $\mu$ l of 0.855M Trizma base and vortex.
- 6) Add 1.65ml assay buffer into 350 $\mu$ l of(5) and vortex and freez at 40 $^{\circ}$ C
- 7) Thaw and centrifuge and take only 1ml supernatant out of 2ml total.

8) Put (7) in ephendorf tube and freeze.

나. IGF-I iodination

iodination할 IGF-I은 호주의 GroPep에서 구입한 Anti-Human IGF-I(Rabbit)이었으며 1 $\mu$ g IGF-I과 500  $\mu$ ci NaI<sup>125</sup>를 chlormine-T를 촉매로 30초간 반응시켰고 sodium metabisulfite로 반응을 중지시켰다. iodination후 sephadex G-25 column에서 elution했는데 TCA precipitation이 98%이상인 것만 RIA에 사용했다. 사용후 남은 iodinated IGF-I은 -20 $^{\circ}$ C에 보관했고 iodination 시킨후 15일을 넘지 않고 사용했다.

다. IGF-I RIA

standard IGF-I과 antisera는 호주 GroPep에서 구입했다(각각 human IGF-I(CU 100)과 PAAI). 24시간 후 2nd antibody를 넣고 3시간 incubation후 nonspecific binding을 줄이기 위해서 1mol의 IGF-I assay buffer를 넣고 원심분리에 의해 bound와 free를 분리했다. B<sub>0</sub> binding은 약 45%이었으며 ED<sub>50</sub> 값은 10ng/ml이었다(original blood을 extraction 과정중에서 20배 희석했기에 200ng/ml에 해당함).

Assay buffer는 0.03M phosphate(pH7.5), 0.02% protaminsulfate, 0.05% Tween-20, 0.01M EDTA, 0.02% NaN<sub>3</sub>로 구성됐으며 본 RIA에 사용한 각 component의 부피는 다음과 같다.

	assay buffer	standard 또는 serum	1st antibody	2nd IGF-I
NSB	200 $\mu$ l	- $\mu$ l	- $\mu$ l	100 $\mu$ l
B <sub>0</sub>	100	-	100	100
Standards	-	100	100	100
Serum sample	-	100	100	100

\*NSB는 non-specific binding

## 제 2절 결과 및 고찰

### 1. 한우 비거세우의 지방합성, 지방세포 크기 및 IGF-I 농도

#### 가. 지방조직의 지방합성

월령별, 영양수준별 한우 지방조직의 지방합성을 조사하기 전에 적정조건을 확립하기 위해서 체중 400~450kg의 한우 암소 4마리로부터 피하지방을 채취해서 insulin 농도별, 기질에 의한 차이 그리고 incubation 시간에 따른 차이를 조사했는데 그 결과는 다음과 같다.

지방조직 절편을 2시간 incubation하는 중 4수준의 insulin 즉 0, 1, 10, 100ng/ml을 용액에 함유시켰는데 Table 1에서 보는대로 insulin 농도간에 지방합성의 유의차가 없었다. 이것은 10ng/ml의 insulin이 0ng/ml의 insulin에 비해 10배 이상의 지방합성 증가를 가져온 돼지 지방조직의 결과 (정, 1994)와는 판이하게 다르다. Miller 등 (1991)도 Angus 육우의 지방세포의 지방합성이 insulin에 의해 전혀 촉진되지 않았음을 보고해서 본 연구의 결과를 뒷받침해 주고 있다. 즉 이 결과는 반추동물의 지방조직은 단위동물의 그것과는 달리 insulin이 지방합성을 촉진시키지 않았음을 의미하고 앞으로의 한우의 성장단계별 지방합성 측정에서는 insulin을 incubation buffer에 포함시킬 필요가 없음을 말해준다.

Table 2에는 incubation 시간에 따른 지방합성량이 나타나 3있는데 2시간까지 지방합성량이 증가했기에 incubation을 위한 준비로 인한 오차를 줄이기 위해 2시간의 incubation이 바람직할 것으로 여겨진다. Table 3에는 기질(substrate)에 따른 지방합성량이 나타나있는데 한우의 피하지방조직은 glucose보다 acetate로부터의 지방합성량이 훨씬 더 높았는데 Smith와 Crouse (1984)도 같은 결과를 발표했다.

Table 1. Effect of insulin on the lipogenesis of Hanwoo subcutaneous adipose tissue<sup>a</sup>

Insulin (ng/ml)			
0	1	10	100
1,920 ± 206	2,120 ± 206	2,220 ± 206	2,319 ± 247

a Lipogenesis was expressed as acetate conversion to total lipid(p mole acetate converted to total lipid/mg tissue/2 hrs).

※ There were no statistical differences among treatments.

Table 2. Effect of incubation time on the lipogenesis of Hanwoo subcutaneous adipose tissue<sup>a</sup>

Incubation time(min)		
40	80	120
787 <sup>a</sup> ± 91	1,519 <sup>b</sup> ± 111	1,721 <sup>c</sup> ± 106

a Lipogenesis was expressed as acetate conversion to total lipid(p mole acetate converted to total lipid/mg tissue/2 hrs).

※ There was a significant difference between treatment

Table 3. Effect of substrate on the lipogenesis of Hanwoo subcutaneous adipose tissue<sup>a</sup>

Acetate	Glucose
1,855 ± 137	236 ± 130

a Lipogenesis was expressed as acetate or glucose conversion to total lipid(p mole acetate or glucose converted to total lipid/mg tissue/2 hrs).

※ There was a significant difference between treatment (p<0.001).

Table 4에는 비거세 한우의 월령별, 농후사료 급여수준별 및 지방부위별 acetate에 의한 지방합성이 나타나있는데 한우의 성장이 진행되면서 지방합성량이 감소하는 경향을 볼 수 있다. 일반적으로 소의 성장이 진행되면서 지방축적량이 많아지기에 월령이 높을수록 지방합성량이 높아질 것이라 예상되었는데 예상과는 반대로 감소했다. 이에 대한 이유는 지방축적(lipid deposition)은 지방합성(lipogenesis) 뿐만 아니라 지방분해(lipolysis) 또는 esterification 등이 관여하기 때문에 어느 한가지 측정결과만으로 단언하기는 어렵기 때문이다. 이와 관련하여 Smith 등 (1984)은 육우의 성장이 진행되면서 지방조직의 esterification 이 증가된 것을 보고했다. 또한 이들은 지방산합성에 중요한 acetyl-CoA carboxylase 활성도 소의 성장이 진행되면서 증가했다고 보고했다. 영양소 수준간에는 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 이에 대한 이유는 본 연구에서 사용한 배합사료의 급여량을 기준으로 85%, 100%, 115% 급여수준이 지방합성의 차이를 나타낼 만큼 처리간의 차이가 크지 않았던 것으로 사료된다. 그리고 지방조직의 부위별 지방합성량을 보면 피하지방이 근간지방보다 높은 경향을 나타냈다. Table 5에는 glucose에 의한 지방합성량이 나타나 있는데 acetate에 비해 지방합성량이 훨씬 적었다. 그러나 월령별 차이는 acetate와 비슷한 경향을 나타냈다. 지방조직 부위별 차이는 acetate의 경우와는 달리 두 조직간에 큰 차이는 없었다. 본 연구의 지방합성량의 상당부분이 오차가 큰데, 도축장으로부터 한우사육장(충남서산)이 멀리 떨어져 있어서 발생할 수 있는 이동스트레스와 열악한 계류환경에서 오는 스트레스 등이 그 일부 이유라고 여겨진다. 한가지 아쉬웠던 점은 근내지방조직 채취의 어려움 때문에 거세우 24와 30개월령에서만 근내지방조직을 떼어낼 수 있었던 것이다.

Table 4. Effects of age, feeding level and adipose tissue location on lipogenesis from acetate of adipose tissue in Hanwoo bull

Age (month)	Feeding level	Location	Lipogenesis <sup>a</sup>
15	85%	S	1634 ± 407
"	"	I	598 ± 181
"	100%	S	2219 ± 534
"	"	I	1014 ± 367
"	115%	S	1882 ± 341
"	"	I	549 ± 133
18	85%	S	849 ± 334
"	"	I	486 ± 97
"	100%	S	1234 ± 303
"	"	I	567 ± 49
"	115%	S	627 ± 31
"	"	I	321 ± 139
24	85%	S	169 ± 25
"	"	I	128 ± 31
"	100%	S	92 ± 31
"	"	I	93 ± 53
"	115%	S	199 ± 137
"	"	I	106 ± 46
30	85%	S	201 ± 25
"	"	I	411 ± 173
"	100%	S	225 ± 59
"	"	I	232 ± 42
"	115%	S	202 ± 57
"	"	I	246 ± 38

<sup>a</sup> Adipose tissue were collected immediately after the bulls were killed and tissue explants were incubated 2hr in KRB buffer containing <sup>14</sup>C-acetate. Lipogenesis was expressed as picomoles acetate converted to the total lipid/mg tissue/2hr.

※ S = subcutaneous fat, I = intermuscular fat.

※ Values are means ± SE.

Table 5. Effect of age, feeding level and adipose tissue location on lipogenesis from glucose of adipose tissue in Hanwoo bull

Age (month)	Feeding level	Location	Lipogenesis <sup>a</sup>
18	85%	S	120 ± 17
"	"	I	129 ± 19
"	100%	S	292 ± 106
"	"	I	150 ± 19
"	115%	S	154 ± 31
"	"	I	342 ± 157
24	85%	S	96 ± 18
"	"	I	71 ± 10
"	100%	S	98 ± 16
"	"	I	64 ± 12
"	115%	S	81 ± 14
"	"	I	64 ± 8
30	85%	S	42 ± 7
"	"	I	69 ± 16
"	100%	S	64 ± 10
"	"	I	64 ± 11
"	115%	S	70 ± 22
"	"	I	45 ± 5

<sup>a</sup> Adipose tissue were collected immediately after the bulls were killed and tissue explants were incubated 2hr in KRB buffer containing <sup>14</sup>C-glucose. Lipogenesis was expressed as picomoles glucose converted to the total lipid/mg tissue/2hr.

※ S = subcutaneous fat, I = intermuscular fat.

※ Values are means ± SE.



#### 나. 지방세포 크기

Table 6에는 비거세 한우의 월령과 지방조직 부위에 따른 지방세포의 평균직경이 나타나 있는데 한우에서는 15개월에서 30개월까지 지방세포의 크기가 계속 자람을 알 수 있다. 그러나 15개월령에서 18개월령 사이에 지방세포의 직경 증가가 가장 많았고 18개월령 이후에는 매우 적게 증가하였다. 또 한가지 지적할 것은 각 월령별로 신장주위지방, 피하지방, 근간지방의 순서로 직경이 큰데 이것은 소의 지방조직의 발달순서를 잘 반영해 준다. Table 7에는 비거세 한우의 월령별 그리고 농후사료 급여에 따른 지방세포의 직경이 나타나 있는데 소가 어릴 때 즉 15개월령에서는 115% 급여구가 다른 구에 비해 높은 경향을 나타냈으나 다른 월령에서는 영양수준간에 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다. 본 연구의 15개월령 한우의 피하지방세포의 평균 직경이  $104.3\mu\text{m}$ 이었고, Smith 등 (1984)은 12개월령 Angus  $\times$  Hereford 소에서 피하지방 세포의 직경이  $106.5\mu\text{m}$ 이라고 보고했다. 즉 한우가 3개월 더 나이가 들었음에도 피하지방 세포의 직경은 약간 작았다. 이와 관련해서 May 등 (1994)은 일본 화우는 Angus 소에 비해 크기가 작은 지방세포의 수가 더 많음을 보고했는데, 이 사실은 화우가 Angus 소에 비해 지방세포의 postnatal hyperplasia가 더 많이 일어남을 의미하고 결국 이것이 화우의 육질 우수성에 기여한 것이라고 여겨진다. 화우와 유전적 소질이 비슷한 한우의 육질 우수성도 이 사실과 관련이 있을 것으로 여겨진다. 한국의 실험 조건에서 cellularity 측정이 지방합성측정보다 오차가 적고, 지방세포의 hyperplasia가 육질에 기여할 것이므로 성장시기, 영양수준별, 품종간에 지방세포 분화를 포함한 광범위한 cellularity 실험이 앞으로 수행되어야 할 것으로 사료된다.

Table 6. Effect of adipose tissue location and age on the average adipocyte diameter of Hanwoo bull

Location	Age(month)	Diameter( $\mu\text{m}$ )
S	15	104 $\pm$ 6
"	18	143 $\pm$ 3
"	24	141 $\pm$ 4
"	30	147 $\pm$ 1
I	15	101 $\pm$ 5
"	18	136 $\pm$ 4
"	24	138 $\pm$ 4
"	30	142 $\pm$ 3
P	15	120 $\pm$ 7
"	18	170 $\pm$ 4
"	24	175 $\pm$ 4
"	3	191 $\pm$ 4
Pooled data		
S		133 $\pm$ 4 <sup>a</sup>
I		129 $\pm$ 3 <sup>a</sup>
K		163 $\pm$ 5 <sup>b</sup>
	15	108 $\pm$ 4 <sup>a</sup>
	18	150 $\pm$ 4 <sup>b</sup>
	24	151 $\pm$ 4 <sup>b</sup>
	30	160 $\pm$ 4 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> P < 0.05 within location or age.

※ S = subcutaneous fat, I = intermuscular fat.

V = perirenal fat.

※ Values are means  $\pm$  SE

Table 7. Effect of age and feeding level on average adipocyte diameter of Hanwoo bull

Age(month)	Feeding level	Diameter( $\mu\text{m}$ )
15	85%	103 $\pm$ 7
"	100%	105 $\pm$ 6
"	115%	115 $\pm$ 7
18	85%	144 $\pm$ 6
"	100%	154 $\pm$ 8
"	115%	150 $\pm$ 8
24	85%	154 $\pm$ 7
"	100%	159 $\pm$ 6
"	115%	140 $\pm$ 5
30	85%	158 $\pm$ 8
"	100%	159 $\pm$ 7
"	115%	161 $\pm$ 7

The data were pooled from adipocyte diameter of subcutaneous, intermuscular and perirenal adipose tissue.

※ Values are means  $\pm$  SE

다. 혈중 IGF-I 농도

Table 8에는 비거세 한우의 연령별 IGF-I 의 농도가 나타나 있는데 성장이 진행되면서 농도가 올라갔다가 성장후기에는 다시 낮아졌다. 영양수준이 다른 비거세 한우의 혈중 IGF-I 의 농도가 Table 9에 나타나 있는데 115% 구가 높은 경향을 나타냈으나 85%와 100% 급여구간에는 차이가 없었다. 이에 대한 이유는 본 연구에 사용한 영양소 제한 15%는 혈중 IGF-I 의 농도를 낮추기에 충분하지 않았기 때문으로 사료된다.

Table 8. Effect of age on serum IGF-I concentration in Hanwoo bull(mean  $\pm$  S.E)

Age (month)	IGF-I (ng/ml)
7.0	98 $\pm$ 10.2
9.0	133 $\pm$ 9.2
10.7	196 $\pm$ 9.2
13.5	203 $\pm$ 9.2
14.5	291 $\pm$ 9.2
16.3	309 $\pm$ 9.2
20.0	226 $\pm$ 9.2
21.8	244 $\pm$ 9.7
22.7	173 $\pm$ 9.5
24.5	145 $\pm$ 9.2
26.5	161 $\pm$ 9.4
28.0	162 $\pm$ 9.1
30.0	68 $\pm$ 6.6

Table 9. Effect of feeding level on serum IGF-I concentration in Hanwoo bull(mean  $\pm$  S.E)

Feeding level	IGF-I (ng/ml)
85 %	150 $\pm$ 6.0
100 %	150 $\pm$ 5.8
115 %	163 $\pm$ 5.9

## 2. 한우 거세우의 지방합성, 지방세포 크기 및 IGF- I 농도

### 가. 지방조직의 지방합성

농후사료의 급여수준에 따른 지방합성량의 차이가 나타나지 않아서 3 급여수준을 종합한 월령, 지방조직부위, 기질에 따른 지방합성 결과를 Table 10에 나타내었다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다. 1) 거세 한우의 성장이 진행되면서 지방축적량이 많아지기에 성장이 진행될수록 지방합성량이 많아질 것이 예상되었는데 의외로 본 연구에서는 감소했다. 이에 대한 이유는 지방축적(lipid deposition)은 지방합성뿐만 아니라 지방분해 또는 esterification 등의 요인도 관여하기 때문에 지방합성결과만으로 단언하기 어렵기 때문으로 사료된다. 2) 피하지방 및 근간지방의 지방합성량이 근내지방의 그것에 비해 많았다. 3) 전 성장기간 그리고 지방조직의 부위에 관계없이 acetate로부터의 지방합성량이 glucose로부터의 그것보다 많았다.

Table 10. Effect of location of age, adipose tissue, and substrate on lipogenesis of adipose tissue from 14 to 30 months in Hanwoo steer

Age (months)	Location(fat)	Substrate	Mean
14	Subcutaneous	Acetate	2005 ± 222.8
		Glucose	206 ± 16.7
	Intermuscular	Acetate	1697 ± 167.1
		Glucose	195 ± 14.3
18	Subcutaneous	Acetate	654 ± 131.3
		Glucose	44 ± 3.5
	Intermuscular	Acetate	553 ± 46.6
		Glucose	44 ± 3.9
24	Subcutaneous	Acetate	595 ± 50.6
		Glucose	48.9 ± 5.4
	Intermuscular	Acetate	490 ± 69.9
		Glucose	46 ± 4.2
	Intramuscular	Acetate	169 ± 27.1
		Glucose	50 ± 7.0
30	Subcutaneous	Acetate	178 ± 13.2
		Glucose	34 ± 3.2
	Intermuscular	Acetate	229 ± 41.9
		Glucose	37 ± 2.5
	Intramuscular	Acetate	121 ± 9.2
		Glucose	26 ± 2.3

\* Lipogenesis was expressed as picomole acetate or glucose conversion to total lipid per 2hr per mg tissue

\* Values are mean ± SE

#### 나. 지방세포의 크기

Table 11에는 14, 18, 24, 및 30개월령의 거세한우의 지방세포의 평균직경이 나타나 있는데 영양수준간에는 차이가 없었다. Table 12에는 월령별, 지방조직 부위별 지방세포의 직경이 나타나 있는데, 1) 피하지방, 근간지방 및 신장주위 지방 등 3부위 모두 30개월까지 세포크기가 계속 증가했다. 2) 신장주위 지방의 지방세포크기가 가장 크고, 그 다음에 피하지방, 근간지방의 순이었다. 이것은 한우 체내에서 지방조직의 발달순서를 잘 반영해 준다고 볼 수 있는데 신장주위 지방이 다른 지방조직보다 더 빨리 발달함을 알 수 있다.

Table 11. Effect of age, location of adipose tissue and feeding level on adipocyte size of Hanwoo steer

Age (month)	Location of adipose tissue	Feeding level (%)	Adipocyte diameter ( $\mu\text{m}$ )
14	Subcutaneous	85	129 $\pm$ 4.9
	"	100	142 $\pm$ 6.1
	"	115	138 $\pm$ 1.4
	Intermuscular	85	132 $\pm$ 6.9
	"	100	136 $\pm$ 4.2
	"	115	122 $\pm$ 8.5
	perirenal	85	141 $\pm$ 4.8
	"	100	150 $\pm$ 5.4
	"	115	151 $\pm$ 10
18	Subcutaneous	85	154 $\pm$ 1.4
	"	100	143 $\pm$ 9.8
	"	115	157 $\pm$ 5.0
	Intermuscular	85	144 $\pm$ 3.7
	"	100	179 $\pm$ 7.1
	"	115	145 $\pm$ 6.6
	perirenal	85	178 $\pm$ 6.8
	"	100	179 $\pm$ 7.1
	"	115	184 $\pm$ 4.7
24	Subcutaneous	85	156 $\pm$ 2.4
	"	100	155 $\pm$ 4.5
	"	115	164 $\pm$ 0.9
	Intermuscular	85	150 $\pm$ 1.7
	"	100	148 $\pm$ 5.6
	"	115	169 $\pm$ 13.5
	Kidney	85	206 $\pm$ 8.2
	"	100	215 $\pm$ 2.9
	"	115	215 $\pm$ 5.8
30	Subcutaneous	85	265 $\pm$ 7.7
	"	100	270 $\pm$ 4.2
	"	115	239 $\pm$ 5.1
	Intermuscular	85	227 $\pm$ 11.6
	"	100	224 $\pm$ 4.4
	"	115	227 $\pm$ 8.4
	perirenal	85	316 $\pm$ 4.2
	"	100	335 $\pm$ 7.4
	"	115	339 $\pm$ 17.6

\* Values are mean  $\pm$  SE



Table 12. Effect of age and location of adipose tissue on adipocyte size of Hanwoo steer

Age (month)	Location of adipocyte size	Adipocyte diameter ( $\mu\text{m}$ )
14	Subcutaneous	136 $\pm$ 3.4
	Intermuscular	130 $\pm$ 3.9
	perirenal	147 $\pm$ 4.0
18	Subcutaneous	151 $\pm$ 3.8
	Intermuscular	143 $\pm$ 2.5
	perirenal	180 $\pm$ 3.3
24	Subcutaneous	158 $\pm$ 2.0
	Intermuscular	154 $\pm$ 4.6
	perirenal	215 $\pm$ 3.9
30	Subcutaneous	259 $\pm$ 4.8
	Intermuscular	226 $\pm$ 4.3
	perirenal	330 $\pm$ 6.3

\* Values are mean  $\pm$  SE

다. 혈중 IGF-I 농도

농후사료급여수준에 따른 혈중 IGF-I의 농도의 차이가 나타나지 않아서 3 수준을 종합한 소의 월령별 IGF-I의 농도가 Table 13에 나타나 있는데 비거세우와는 달리 성장이 진행되면서 일관된 경향치를 보이지 않았다. 이에 대한 이유는 거세한우는 융성호르몬의 분비가 없는데 이 사실이 성장호르몬의 분비 및 IGF-I 농도에 영향을 미친 것으로 사료된다. Ge 등(2000) Angus에서 IGF-I을 측정했는데 본 연구에서 여러 다른 시기에서 측정하지 않았으므로 본 연구의 결과와 비교하기 어려웠다.

Table 13. Effect of age on serum IGF-I concentration in Hanwoo Steer

Age (months)	IGF-I (ng/ml)
8.3	66 ± 3.2
10.2	82 ± 2.7
12.3	58 ± 1.7
14.2	84 ± 2.9
15.8	76 ± 3.6
17.7	58 ± 3.1
19.5	70 ± 3.8
21.6	56 ± 4.1
23.6	53 ± 3.9
25.4	53 ± 3.7
27.2	48 ± 4.5
29.1	69 ± 4.5
31.1	50 ± 5.0
31.9	37 ± 4.2

\* Values are mean ± S.E

### 3. 한우 비거세우와 거세우의 비교

#### 가. 지방조직의 지방합성

농후사료의 급여수준에 따른 지방합성량의 차이가 없었기에 3급여수준을 종합한 월령, 지방조직부위, 기질 및 거세유무에 따른 지방합성결과가 Table 14에 나타나 있다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다. 1) 거세우의 지방조직의 지방합성량이 비거세우의 그것보다 많음이 예상되었는데 전반적으로 적은 경향을 나타냈는데 이에 대한 이유는, 지방축적은 본 연구에서 측정된 지방합성(lipogenesis) 뿐만 아니라 지방분해 그리고 중성지방합성 위한 esterfication 등도 관여하기 때문으로 사료된다. 2) 한우의 성장이 진행되면서 지방합성량이 많아질 것이 예상되었지만 오히려 감소되었다. 3) 18개월령까지는 근내지방조직의 크기가 작아서 측정 못했지만, 24개월 및 30개월 결과를 비교하면 피하지방 및 근간지방의 지방합성량이 근내지방의 그것보다 많았다. 4) 성장기간과 지방조직의 부위에 관계없이 초산으로부터 지방합성량이 포도당으로부터의 그것보다 많았다.

#### 나. 지방세포 크기

Table 15에는 비거세우와 거세우의 연령별, 지방조직 부위별 지방세포의 평균직경( $\mu\text{m}$ )이 나타나 있다. 농후사료 급여수준간에 차이가 나지 않았기에 급여수준에 관계없이 종합한 결과이다. 예상했던 대로 거세우의 지방세포의 크기가 비거세우의 그것보다 컸다. 지방조직의 양이 적어서 근내지방의 지방세포 크기는 측정 못했지만, 이 사실은 거세우의 육질이 비거세우의 그것보다 우수할 수 있음을 설명해준다고 사료된다. 암수 공히 신장주위지방, 피하지방, 근간지방의 순으로 지방세포의 크기가 컸는데 이 사실은 지방조직의 발달 순서를 잘 반영해주고 있다. Cianzio 등 (1985)도 같은 결과를 발표했다. 또 한가지 유의할 사실은 지방세포의 크기가 30개월까지 계속 증가하고 있다는 사실이다. 특히 거세우의 지방세포 크기가 24개월령에서 30개월까지의 기간 동안에 크게 증가했다는 것은 유의할 만하다. 이 사실은 육질향상과 관련하여 거세우의 도살 시기 결정에 상당한 도움을 줄 것이다. 연령별 그리고 지방조직 부위별로 조사한 본 연구의 지방세포의 크기 data는 자료가 광범위할 뿐만 아니라 수치가 합리적이어서 앞으로 고급 육질을 위한 한우의 육종 및 사양관리에 매우 귀중한 자료가 될 것이다.

#### 다. 혈중 IGF-I 농도

농후사료 급여량간에 차이가 나지 않아서 급여수준에 관계없이 종합한 비거세우와 거세우의 혈중 IGF-I의 농도가 table 16에 나타나 있다. 비거세우는 성장이 진행되면서 IGF-I 농도가 올라갔다가 다시 낮아지는 성장에 따른 경향치를 나타냈는데

거세우는 성장에 따른 경향치를 나타내지 않았다. 그리고 거세우의 IGF-I 농도가 비거세우의 그것보다 훨씬 낮았다. 이에 대한 이유는 비거세우에서 분비되는 testosterone이 거세우에는 분비되지 않아서 성장호르몬 및 IGF-I의 농도를 낮추었기 때문으로 여겨진다. Connor 등(2000)은 Angus 비거세우의 성장과 혈중 IGF-I 농도와의 상관관계를 구했는데 IGF-I와 일당증체량과는 뚜렷한 상관관계가 없었고, IGF-I와 배장근단면적 및 hip weight와는 양의 상관관계를 나타내었다고 보고했다. Davis와 Simmen(2000)도 IGF-I 농도가 marbling score 및 등지방두께 간에 유의상관관계를 보고했다.

Table 14. Effect of location of age, adipose tissue and substrate on lipogenesis of adipose tissue from of Hanwoo cattle 14 to 30 months

Age(month)	Location	Substrate	Cattle	Lipogenesis *	
14	Subcutaneous	Acetate	Bull	-	
			Steer	2,005 ± 222.8	
	Intermuscular	Glucose	Bull	-	
			Steer	206 ± 16.7	
		Acetate	Bull	-	
			Steer	1,697 ± 167.1	
18	Subcutaneous	Glucose	Bull	-	
			Steer	195 ± 14.3	
	Intermuscular	Acetate	Bull	903 ± 95	
			Steer	654 ± 131.3	
		Glucose	Bull	189 ± 24	
			Steer	144 ± 3.5	
	24	Subcutaneous	Acetate	Bull	471 ± 39
				Steer	553 ± 46.6
		Intermuscular	Glucose	Bull	214 ± 34
				Steer	44 ± 3.9
			Acetate	Bull	202 ± 46
				Steer	595 ± 50.6
Intramuscular		Glucose	Bull	92 ± 5	
			Steer	49 ± 5.4	
		Acetate	Bull	111 ± 14	
			Steer	490 ± 69.9	
	Glucose	Bull	66 ± 3		
		Steer	46 ± 4.2		
30	Subcutaneous	Acetate	Bull	52 ± 8	
			Steer	169 ± 27.1	
	Intermuscular	Glucose	Bull	41 ± 3	
			Steer	50 ± 7	
		Acetate	Bull	209 ± 30.3	
			Steer	178 ± 13.2	
	Intramuscular	Glucose	Bull	59 ± 9.2	
			Steer	34 ± 3.2	
		Acetate	Bull	303 ± 50	
			Steer	229 ± 41.9	
		Glucose	Bull	59 ± 7.5	
			Steer	37 ± 2.5	
30	Subcutaneous	Acetate	Bull	100 ± 11	
			Steer	121 ± 9.2	
	Intermuscular	Glucose	Bull	371 ± 4.2	
			Steer	26 ± 2.3	

\* Lipogenesis : p mole glucose conversion to total lipid/mg tissue/2hr (mean  $\pm$  SE)

Table 15. Effect of age and location of adipose tissue on the adipocyte size of Hanwoo cattle

Age(months)	Location of adipose tissue	Adipocyte diameter* ( $\mu$ m)	
		bull	steer
14	Subcutaneous	104 $\pm$ 6.4	136 $\pm$ 3.4
	Intermuscular	101 $\pm$ 5.1	130 $\pm$ 3.9
	Kidney	120 $\pm$ 7.2	147 $\pm$ 4.0
18	Subcutaneous	143 $\pm$ 1.8	151 $\pm$ 3.8
	Intermuscular	136 $\pm$ 2.2	143 $\pm$ 2.5
	Kidney	170 $\pm$ 2.4	180 $\pm$ 3.3
24	Subcutaneous	141 $\pm$ 4.7	158 $\pm$ 2.0
	Intermuscular	138 $\pm$ 2.3	154 $\pm$ 4.6
	Kidney	176 $\pm$ 2.7	215 $\pm$ 3.9
30	Subcutaneous	146 $\pm$ 2.7	259 $\pm$ 4.8
	Intermuscular	141 $\pm$ 3.6	226 $\pm$ 4.3
	Kidney	191 $\pm$ 1.1	330 $\pm$ 6.3

\* mean  $\pm$  SE

Table 16. Effect of age on serum IGF-I concentration in Hanwoo cattle

Bull		Steer	
age	IGF-I	age	IGF-I*
7.0	98 ± 10.2	8.3	66 ± 3.2
9.0	133 ± 9.2	10.2	82 ± 2.7
10.7	196 ± 9.2	12.3	58 ± 1.7
13.5	203 ± 9.2	14.2	84 ± 2.9
14.5	291 ± 9.2	15.8	76 ± 3.6
16.3	309 ± 9.2	17.7	58 ± 3.1
20.0	226 ± 9.2	19.5	70 ± 3.8
21.8	244 ± 9.7	21.6	56 ± 4.1
22.7	173 ± 9.5	23.6	53 ± 3.9
24.5	145 ± 9.2	25.4	53 ± 3.7
26.5	161 ± 9.4	27.2	48 ± 4.5
28.0	162 ± 9.1	29.1	69 ± 4.5
30.0	68 ± 6.6	31.1	50 ± 5.0
		31.9	37 ± 4.2

\*IGF-I : ng/ml (mean ± SE)

### 제 3절 인용문헌

1. Cianzio DS, Topel DG, Whitehurst GB, Beitz DC and Self HL. 1985. Adipose tissue growth and cellularity : changes in bovine adipocyte size and number. J. Anim. Sci. 60:970-6.
2. Connor, E.E., S.M. Barao, A.S. Kimrey, A.B. Parlier, L.W. Douglass, and G.E. Dahl 2000. Predicting growth in Angus bulls: The use of GHRH challenge, insulin-like growth factor-I, and insulin-like growth factor binding proteins. J. Anim. Sci. 78 : 2913-2918.
3. Davis ME and Simmen RC. 2000. Genetic parameter estimates for serum insulin-like growth factor- I concentration and carcass traits in Angus beef cattle. J. Anim. Sci. 78:2305-13.
4. Dole, U. P. 1956. A relation between non-esterified fatty acids in plasma and the metabolism of glucose. J. Clin. Invest. 35:150.
5. Etheron, T. D., Thompson, E. H. and Allen, C. E. 1997. Improved techniques for studies of adipocyte cellularity and metabolism. J. Lipid. Res. 18:552-557.
6. Ge W, Davis ME, Hines HC, Irvin KM and Simmen RC. 2001. Association of a genetic marker with blood serum insulinlike growth factor- I concentration and growth traits in Angus cattle. J. Anim. Sci. 79:1757-62.
7. Miller, M. F., Cross, H. R., Lunt, D. K. and Smith, S. B. 1991. Lipogenesis in acute and 48-hour cultures of bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue explants. J. Anim. Sci. 69:162-170.
8. May. S. G., Savell. J. C. and Smith. S. B. 1994. Evidence for preadipocyte proliferation during cultures of subcutaneous and intramuscular adipose tissue from Angus and Wagyu crossbred steers. J. Anim. Sci. 72:3110-3117.
9. Smith, S. B. and Crouse, J. D. 1984. Relative contributions of acetate, lactate and glucose to lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. J. Nutr. 14:792-800.
10. Smith, S. B., Prior, R. L., Ferrell, C. L. and Mersmann, J. J. 1984. Interrelationships among diet, age, fat deposition and lipid metabolism in growing steers. J. Nutr. 114:153-162.
11. 정정수. 1994. 유전공학 성장호르몬이 배양된 돼지지방 조직절편의 지방합성에 미치는 영향. 한국축산학회지. 36:391-396.



## 제4장 성장시기별 한우의 도체 특성, 육질변화, 근섬유 및 미세조직 변화

### 제 1절 서론

국민소득이 증대함에 따라 쇠고기 수요가 급증할 뿐 아니라 최근에는 질적으로도 우수한 고기를 선호하는 경향을 보이고 있다. 특히 UR협상이 타결된 결과 1995년부터 일정량의 쿼터를 통해 외국산 쇠고기가 계속 국내시장에 들어오게 되고, 전면 자유화 시기는 2001년으로 결정되었기에 수입쇠고기에 대응한 국내산 한우고기의 품질 차별화 전략이 매우 중요한 시점에 있다. 쇠고기 수입개방을 앞두고 한우의 국제 경쟁력을 제고시키기 위해서는 고급육 생산의 필요성이 인식되며, 한우의 산육능력 개량 및 산육기술 개발에 의한 육질 개선을 위한 연구가 요구되고 있다. 이러한 결과를 기대하기 위해서는 먼저 한우의 성장생리에 대한 정확한 구명과 육질과 관련된 여러 요인들에 대한 체계적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

가축에서 근육의 성장은 근섬유 수의 증가가 아니라 근섬유의 직경증가에서 기인하며 근섬유의 성장은 적색근섬유(IR 또는  $\beta R$ 형)나 중간근섬유(IIR 또는  $\alpha R$ 형)가 아니라 주로 백색근섬유(IIW 또는  $\alpha W$ 형)의 성장에서 많은 영향을 받는다(Ashmore 등, 1972). 그외 근육내 근섬유 성장 및 분화는 운동기능, 내분비, 사양조건 및 환경, 성별 및 품종 등의 여러 요인들에 의해서 영향을 받는다(Seideman 등, 1986).

소의 경우 산육능력과 육질은 품종에 따라 차이가 있는데 이것은 골격근을 구성하고 있는 근섬유의 조직화학적 특성이 관여하기 때문이다. 일반적으로 적색근섬유가 많을수록 고기가 유연하고(Calkins 등, 1981), marbling score가 높으며(May 등, 1977), 적색근섬유가 많은 근육이 사후 최종 pH가 높고, 색소함량이 많은 등 생화학적 요인에도 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Seideman과 Crouse, 1986). 또한 품종에 따른 근섬유 형태의 특성 차이는 유전적 요인에서 오며, 일반적으로 근육중량을 증가시키는 방향으로 개량하면 백색근섬유의 수가 증가한다고 하였다(Ashmore 등, 1972; May 등, 1977). 그 외 거세 및 사료내 에너지 수준이 성장중인 소의 근섬유 특성에 미치는 연구에 의하면, 근섬유 비율 변화는 연령이나 근육부위에 따라 변이가 크며, 거세우의 근섬유 크기는 비거세우보다 작으며, 제한급여는 근섬유 크기를 감소시키고 또한 IIW형 근섬유의 비율을 높인다고 하였다(Brandstetter 등, 1998a,b).

쇠고기의 육질은 품종에 따라 큰 차이가 날 뿐만 아니라(Callow, 1961; May 등,

1977; Seideman 등, 1986) 동일 품종에서도 성별(Ando, 1955; Johnston 등, 1981; 백 등, 1989), 성장단계(Berg와 Butterfield, 1968; Spindler 등, 1980), 거세유무(백 등, 1989; Picard 등, 1995; 홍 등, 1996a,b; 김, 1998), 비육기간 및 사료종류(송과 최, 1994; 강 등, 1995; 김, 1998) 등의 제반 요인에 의해 달라질 수 있다. 한우의 육질 향상을 위한 거세 연구에서 거세우가 수소보다 일당증체량이나 사료요구율이 낮으나, 육질이 향상된다고 보고된 바 있다(백 등, 1989; 홍 등, 1996a,b; 김, 1998). 그러나 한우의 육생산성이나 육질과 관련된 연구들이 출하체중 단계에서만 조사되거나 단순히 도체 특성이나 육질 특성만을 구명하여, 성장단계에 따른 도체특성, 육질 변화 및 근섬유 변화 등에 대한 체계적이고 종합적인 연구는 매우 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 성장단계에 따른 한우의 도체 특성, 육질 특성 및 근섬유의 변화를 구명하여 이를 고급육형 한우 개량을 위한 기초자료로 활용코자 실시하였다.

## 제 2절 재료 및 방법

### 1. 공시재료

성장단계별 한우의 도체특성과 육질특성 변화를 구명하기 위해 6개월령 한우 수송아지 6두(생체중,  $132.2 \pm 12.9\text{kg}$ ), 14개월령 비거세한우 12두( $301.2 \pm 31.9\text{kg}$ ), 18개월령 비거세한우 12두( $473.1 \pm 45.5\text{kg}$ ), 24개월령 비거세한우 12두( $662.2 \pm 56.3\text{kg}$ ), 30개월령 비거세한우 12두( $723.6 \pm 64.9\text{kg}$ ) 및 14개월령 거세한우 12두( $303.3 \pm 38.4\text{kg}$ ), 18개월령 거세한우 12두( $385.6 \pm 31.8\text{kg}$ ), 24개월령 거세한우 12두( $522.7 \pm 47.1\text{kg}$ ), 30개월령 거세한우 12두( $626.9 \pm 28.1\text{kg}$ ) 등 총 102두의 한우를 관행적인 방법으로 도축하여 도체특성, 육량 및 육질등급(축산물등급판정소, 1999)을 조사하였으며, 제1요추와 제5요추사이의 배최장근(3kg내외)을 채취한 후 냉장상태로 공시하면서 육질특성, 근섬유변화 및 미세조직 변화를 조사하였다.

비육용 농후사료로는 중송아지 육성비육용(Grower, 7~10개월령), 비육 전기용(Finisher I, 11~16개월령), 비육 중기용(Finisher II, 17~20개월령) 및 비육 후기용(Finisher III, 21~30개월령)으로 자동 사료급여기로 1일 2~3회 급여하였다. 성장단계별 농후사료 급여량은 한국표준가축사료 급여기준(1992)과 국내에서 실시된 한우 관련 시험(백 등, 1989; 강 등, 1995; 홍, 1996a)의 배합사료 급여량에 준하여 설정하였다. 시험개시 후 9개월령까지는 체중의 1.5% 수준으로 농후사료를 급여하였으며, 그 이후부터 17개월령까지 3개월 간격으로 1%씩 증가하여 급여하였다. 그 이후(18~30개월령)로도 농후사료 급여량을 21개월령까지 계속 증가시키되 모든 시험축의 체중에 관계없이 동일한 양을 급여하였으며(18개월령, 9.3kg; 19개월령, 9.8kg; 20개월령, 10.3kg; 21~30개월령, 10.8kg, 급여상태 기준), 사양시험은 축협중앙회 한우개량사업소에서 실시되었다. 시험축은 전 사양기간에 걸쳐 개체 사육시켰는데, 12개월

령까지는 1.5×3m<sup>2</sup>의 단방사에서, 그리고 그 이후에는 3×3m<sup>2</sup> 단방사에서 사육시켰다. 조사료로서의 볏짚과 물 및 미네랄 블록은 자유 채식토록 하였다. 각 성장기별 제조된 시험사료의 성분 함량은 Table 4-1에서 보는 바와 같다.

Table 4-1. Chemical composition(% , DM basis) of experimental concentrates for Hanwoo bulls and steers by feeding stage

Chemical composition <sup>1)</sup>	Concentrate by feeding stage <sup>2)</sup>			
	Grower	Finisher I	Finisher II	Finisher III
Dry matter	88.1	88.4	87.8	86.4
Organic matter	93.8	93.9	92.9	93.7
Crude protein	14.8	12.3	11.9	11.3
Ether extract	3.5	3.7	3.2	3.0
Ca	0.85	0.67	0.65	0.77
P	0.56	0.41	0.38	0.36
TDN	68.9	70.0	70.5	71.9

<sup>1)</sup> Contents of Ca, P and TDN in concentrates are calculated values.

<sup>2)</sup> Hanwoo bulls and steers were fed concentrates of Grower, Finisher I, Finisher II, Finisher III during 7 to 10, 11 to 16, 17 to 20 and 21 to 30 month of age, respectively.

## 2. 조사항목

### 가. pH

시료를 균질화 한 다음 시료 15g에 증류수 30ml를 가하여 Digital pH meter(Mettler Delta 340)로 pH를 측정하였다.

### 나. 일반성분 분석

시료의 수분, 지방, 단백질 및 회분은 AOAC(1990)방법에 따라 측정하였다.

### 다. 보수력 측정

시료의 보수력은 Miller 와 Harrison(1965)의 방법에 따라 2g의 시료를 여과지에 놓고 10,000psi의 압력으로 5분간 압착한 후 면적 비율로 측정하였다.

$$\text{보수력} = \frac{\text{분리된 고기즙의 면적}}{\text{고기의 전체면적}}$$

#### 라. 육색측정

육색은 사후 48시간 지난 도체로부터 채취한 시료를 직경 10cm, 두께 4cm인 시료를 이등분하여 4℃에서 30분간 발색시킨 후에 HunterLab 표색계(Spectro Colorimeter Model JX-777, Japan)를 이용하여 CIE값(L\*=명도, a\*=적색도, b\*=황색도)를 측정하였다. 이때 사용된 표준색판은 기기의 manual에 따라 X, Y, Z는 각각 94.10, 95.89, 114.25이며 L\*, a\*, b\*는 98.39, 0.13, -0.51이며, 이등분한 시료를 각각 3회씩 측정하였다.

#### 마. 가열감량

시료를 두께 2cm, 직경 15cm로 채취하여 가열전 무게를 측정한 후 진공포장하였다. 진공포장된 시료는 80℃ 열탕에서 심부온도가 70℃에 도달할 때까지 가열하였다. 가열한 후 진공포장을 개봉하고 시료표면의 수분을 제거하여 가열후 무게를 측정하여 가열감량을 조사하였다.

$$\text{가열감량(\%)} = \frac{\text{가열전 무게} - \text{가열후 무게}}{\text{가열전 무게}} \times 100$$

#### 바. 전단력

시료를 두께 2cm, 직경 15cm로 채취하여 진공 포장한 후, 심부온도가 70℃에 도달할 때까지 80℃ 열탕에서 가열하였다. 이 가열된 시료를 근섬유 방향으로 가로×세로×높이가 각각 1cm, 1cm, 2cm로 하여 table speed 110mm/min, chart speed 20mm/min, load cell 10kg의 조건에서 Sun Rheo Meter(Compac-100, Sun Scientific Co. Ltd., Japan)로 측정하였다.

#### 사. 관능검사

시료를 두께 2cm, 직경 15cm로 채취하여 진공 포장한 후, 심부온도측정기(Sato Keiryoki Co., Pc-9400)를 이용하여 심부온도가 70℃에 도달할 때까지 80℃ 열탕에서 가열하였다. 이 가열된 시료를 근섬유 방향으로 가로, 세로, 높이가 모두 1cm가 되게 채취한 후, 숙련된 관능검사 요원 5명이 각각 풍미, 다즙성, 연도, 전체기호도의 네가지 항목을 5점 scale(5=very good flavor, very juicy, very tender or very acceptable ; 1=very poor flavor, very dry, very tough or very unacceptable)로 조사하였다. 각 성장월령별 관능검사는 연구의 특성상 동시에 이뤄지지 못하고 성장월령별로 도축된 후 1주일 이내에 수행되었다.

#### 아. 근섬유조사

조직화학적 검사를 위한 시료는 신선한 상태에서 각 등심근육의 중앙부위에서  $1 \times 1 \times 1\text{cm}^3$  크기로 육편을 절취하였다. 절취한 시료는 액체질소에 냉각한 isopentane으로 급속동결시킨 후 실험에 사용할 때까지  $-70^\circ\text{C}$ 에서 보관하였다. 보관된 시료는 cryostat microtome(Model Cryotome<sup>®</sup>E, Life Science International Ltd., UK)를 이용하여 두께  $8\mu\text{m}$ 로 한 개의 시료당 3개의 연속동결절편을 만들었다. Myosin ATPase 효소의 활성은 嵯元 등(1991)의 방법에 따라, 그리고 succinic dehydrogenase(SDH)효소의 활성은 Ashmore 등(1972)의 방법에 따라 실시하였으며, myosin ATPase 활성과 SDH 활성에 따라 염색반응이 검출된 조직표본은 현미경으로 촬영( $\times 100$ )하고, Ashmore 등(1972)과 Khan 등(1974)의 방법에 따라 근섬유 type을 동정 분류하였다. 이때 알카리처리 후의 myosin ATPase 활성이 음성이고 산처리후의 ATPase 활성이 양성이며, SDH 활성이 높은 근섬유를 IR형, ATPase 반응에서 IR형 근섬유와 반대반응을 나타내는 것으로 SDH 반응에서 활성이 높은 근섬유를 IIR형, ATPase 반응이 IIR형과 같으나 SDH활성이 낮은 근섬유를 IIW형 근섬유로 분류하였다(Fig. 4-1). 각 근섬유의 구성비율과 직경 및 면적은 嵯元 등(1991)의 방법에 따라 측정하였다.

#### 자. TEM(투과형 전자 현미경)조사

시료의 미세조직은 Chang 등(1976)의 방법에 따라 투과형 전자현미경(Transmission Electron Microscope, Hitachi 600)을 통하여 조사하였다. 각 시료의 중앙부위에서 육편( $5 \times 5 \times 5\text{mm}^3$ )을 잘라내어, 0.1M phosphate buffer(pH 7.2-7.4)로 희석한 2.5% glutaraldehyde로 3시간 전 고정된 후, phosphate buffer로 15분간 2회 세척하였다. 0.1M phosphate buffer(pH 7.2-7.4)로 희석한 1%  $\text{OsO}_4$ 용액에서 1시간 동안 후 고정시킨 다음, 0.1M phosphate buffer로 15분간 2회 세척하였다. 세척후 ethyl alcohol 농도를 30, 50, 70, 80, 90, 95, 100%까지 단계별로 증가시켜 30분간 탈수시켰다. 탈수시킨 후 Epon resin에 embedding 시킨 후 staining하여 미세조직을 관찰하였다.

#### 3. 통계분석

본 실험의 통계처리는 SAS(1980 a)의 일반선형모델(general linear model)에 의해 수행하였고 Duncan test(1980 b)로 유의성 5%수준에서 다중분석을 하였다.

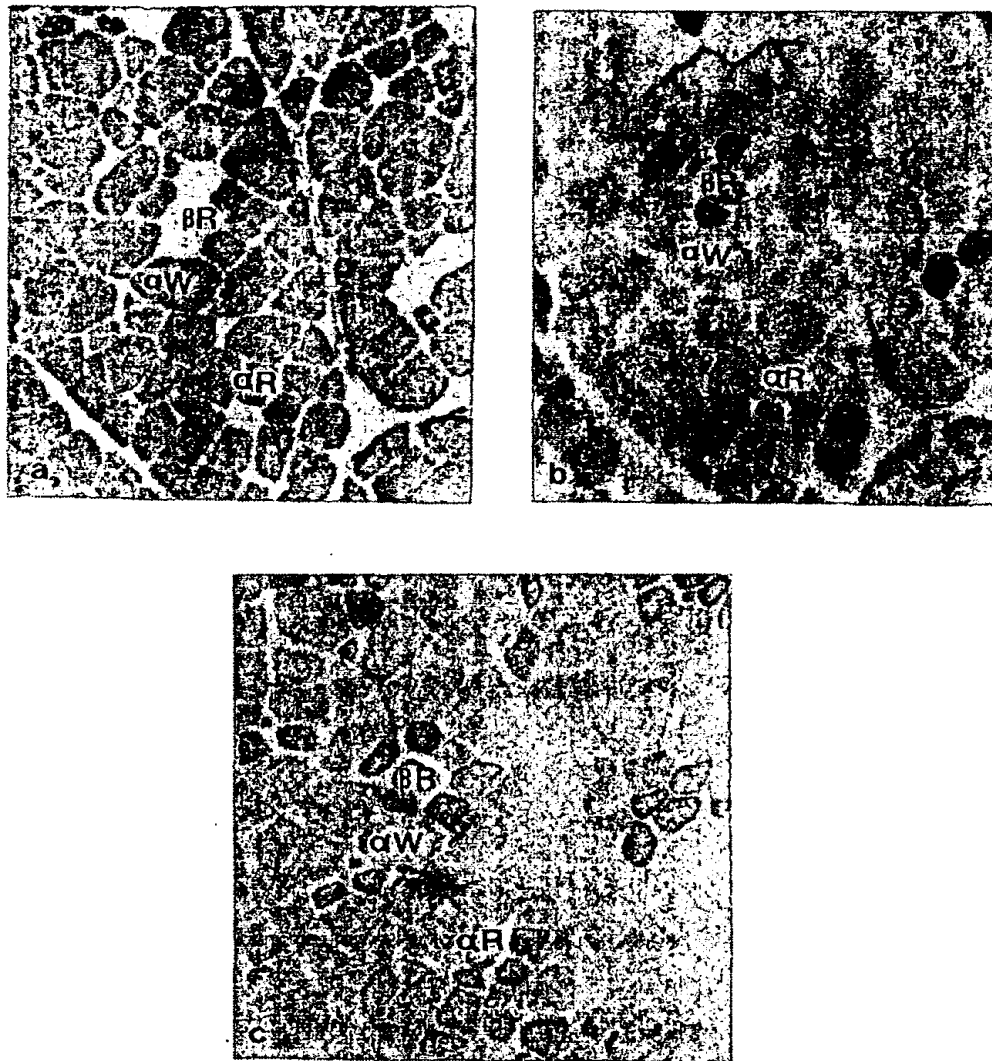


Fig. 4-1. Photomicrograph of cross section of *Longissimus* muscle from Hanwoo. Muscle sections were frozen in liquid nitrogen and treated with myosin-ATPase and succinic dehydrogenase(SDH). (a, alkaline myosin-ATPase; b, acid myosin-ATPase; c, SDH reaction;  $\beta$  R, red muscle fiber;  $\alpha$  R, intermediate muscle fiber;  $\alpha$  W, white muscle fiber;  $\times 100$ ).

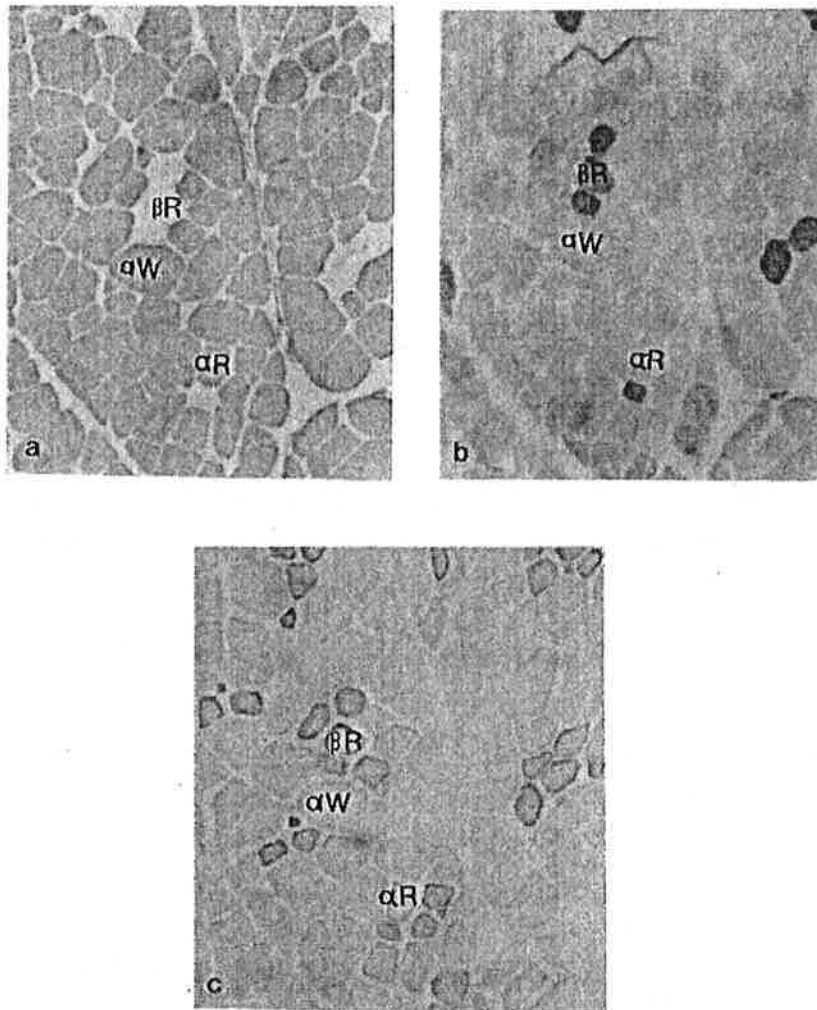


Fig. 4-1. Photomicrograph of cross section of *Longissimus* muscle from Hanwoo. Muscle sections were frozen in liquid nitrogen and treated with myosin-ATPase and succinic dehydrogenase(SDH). (a, alkaline myosin-ATPase; b, acid myosin-ATPase; c, SDH reaction;  $\beta$ R, red muscle fiber;  $\alpha$ R, intermediate muscle fiber;  $\alpha$ W, white muscle fiber;  $\times 100$ ).

### 제 3절. 결과 및 고찰

#### 1. 성장월령에 따른 비거세 한우의 도체특성과 육질변화

성장월령에 따른 비거세 한우의 도체특성, 육량 및 육질등급의 결과는 Table4-2에서 보는 바와 같다. 6개월령에서 24개월령으로 성장함에 따라 도체율과 등지방두께를 제외한 생체중, 도체중과 배최장근 단면적은 유의적으로 증가하였다 ( $P<0.05$ ). 등지방두께는 18개월령에서 24개월령이상으로 성장함에 따라 유의적으로 증가하였으며( $P<0.05$ ), 도체율은 6개월령에서 14개월령까지는 감소하였으나, 점차 회복되어 24개월령 이후에는 증가하였다. 14개월령에서 도체율의 감소는 주로 두부와 내장기관 등의 성장에서 기인한 것으로 사료되었으며, 24개월령이후는 증가된 등지방두께에 의한 지방조직의 증가로 도체율이 다소 회복되는 것으로 사료되었다. 6개월령과 14개월령의 도체는 모두 육량등급은 A등급을 나타내었으나, 18개월령이상으로 성장함에 따라 B등급으로 감소하였다. 이러한 육량등급의 감소는 앞서 언급한 증가된 등지방층 두께에 의한 지방조직의 증가에서 기인한 것으로 사료되었다. 육질등급의 경우 6개월령과 14개월령의 도체는 등의등급을 나타내었고, 18개월령이상으로 성장함에 따라 3등급으로 증가하였으나, 그 증가폭은 적었다.

강 등(1995)에 의하면 비거세 한우를 생시부터 24개월령까지 육성비육시켰을 때 도체중은 6개월령 72.4kg에서 24개월령 358.1kg으로, 등지방두께는 9개월령 0.18cm에서 24개월령 1.41cm로, 배최장근단면적은 6개월령 36.83cm<sup>2</sup>에서 24개월령 89.15cm<sup>2</sup>로 증가하였으며, 육량등급은 9개월령 A등급에서 12개월령 이후에는 B등급을 나타냈다고 하여 본 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 다만 본 시험에서는 30개월령까지 사육시킨 바, 생체중, 도체중과 배최장근 단면적이 증가한 반면 다른 도체특성은 24개월령과 비교할 때 큰 차이가 나타나지 않았으며, 특히 30개월령 육질등급의 경우 유의적인 차이를 나타냈으나( $P<0.05$ ), 모두 육질등급이 3등급에 해당되어 24개월령 이상으로 비거세 한우를 사양시키는 것은 육질향상에 크게 유리하지 않은 것으로 사료되었다. 그 외 비거세 한우를 개시체중 373.5kg에서 34주에 걸쳐 사육시킨 송과 최(1994)의 실험에서도 사육기간이 연장됨에 따라 생체중, 도체중, 등지방두께와 배최장근 단면적이 증가하였으나 비거세 한우의 경우 거세등의 특수한 방법을 도입하지 않고 단순한 사육기간의 연장만으로는 육질개선은 어렵다고 하여 본 연구결과와 유사한 경향을 보였다.



Table 4-2. Carcass characteristics of Hanwoo bulls by growing age

Age(month)	6	14	18	24	30
Live wt. (Kg)	132.2±12.9 <sup>e</sup>	301.2±31.9 <sup>d</sup>	473.1±45.5 <sup>c</sup>	662.2±56.3 <sup>b</sup>	723.6±64.9 <sup>a</sup>
Carcass wt.(Kg)	77.0±7.2 <sup>e</sup>	163.7±18.3 <sup>d</sup>	260.3±25.1 <sup>c</sup>	401.8±43.1 <sup>b</sup>	430.6±38.2 <sup>a</sup>
Dressing percent(%)	57.3±0.2 <sup>b</sup>	54.3±1.7 <sup>c</sup>	55.2±3.8 <sup>c</sup>	60.6±2.0 <sup>a</sup>	59.5±1.2 <sup>a</sup>
Backfat thickness(cm)	0.2±0.0 <sup>b</sup>	0.2±0.0 <sup>b</sup>	0.3±0.1 <sup>b</sup>	1.2±0.4 <sup>a</sup>	1.2±0.4 <sup>a</sup>
Ribeye area (cm <sup>2</sup> )	33.8±4.3 <sup>d</sup>	52.8±7.3 <sup>c</sup>	75.8±7.1 <sup>b</sup>	89.0±6.5 <sup>a</sup>	93.9±9.7 <sup>a</sup>
Yield grade <sup>A</sup>	1.0±0.0 <sup>b</sup>	1.0±0.0 <sup>b</sup>	1.8±0.4 <sup>a</sup>	1.9±0.7 <sup>a</sup>	1.8±0.6 <sup>a</sup>
Quality grade <sup>B</sup>	4.0±0.0 <sup>a</sup>	4.0±0.0 <sup>a</sup>	3.0±0.0 <sup>b</sup>	2.9±0.3 <sup>b</sup>	2.6±0.5 <sup>c</sup>

<sup>A</sup> 1=grade A, 2= grade B, 3= grade C.

<sup>B</sup> 0-1=grade 1, 1-2=grade 2, 2-3=grade 3, 3-4=out of grade.

<sup>a,b,c,d,e</sup> Means in the same row with different superscripts differ(P<0.05).

성장월령에 따른 비거세한우의 육질특성은 Table 4-3에서 보는 바와 같다. 육질 특성에서 등심근의 pH와 보수력은 18개월령을 제외하고는 유사한 경향이였다. 육색의 경우 명도(L\* value)는 14개월령에서 18개월령이상으로 성장함에 따라 유의적으로 감소하였고(P<0.05), 적색도(a\* value)는 이와는 반대로 14개월령에서 18개월령이상으로 성장함에 따라 증가하여 등심근의 육색이 진한 적색쪽으로 변화하였다. 전단력의 경우 14개월령에서 18개월령과 24개월령으로 성장함에 따라 유의적으로 증가하여(P<0.05) 질겨졌으나, 30개월령에는 다시 감소하였다. 가열감량의 경우 6개월령에서 24개월령까지 감소하는 경향을 보이다가 30개월령에 다시 유의적으로 증가하였다(P<0.05).

비거세 한우를 24개월령까지 육성비육 시킨 강 등(1995)의 실험에서 비육월령이 경과함에 따라 전단력과 보수성은 12~15개월령까지 증가하다가 그후 점차 감소한다고 하여 본 연구결과와는 다소 상이한 경향을 보였다. 한우 수소와 거세우를 생시부터 24개월령까지 육성비육시킨 김(1998)의 실험에서 육색은 성장월령이 진행됨에 따라 수소와 거세우 모두 육색이 짙어지는 경향을 보였으며, 수소의 경우 가열감량과

보수성은 18개월령을 제외하고는 유사한 경향이었고 전단력은 6개월령이후 성장월령이 진행됨에 따라 낮아져 24개월령까지 최고기의 육질이 연해지고 있다고 하여 전단력의 경우는 본 연구결과와 다소 상이한 경향이였다.

Table 4-3. Meat quality traits of *Longissimus* muscle from Hanwoo bulls by growing age

Age(month)	6	14	18	24	30
pH	5.4±0.1 <sup>b</sup>	5.5±0.3 <sup>b</sup>	5.9±0.4 <sup>a</sup>	5.3±0.3 <sup>b</sup>	5.4±0.2 <sup>b</sup>
Water holding capacity <sup>A</sup>	0.9±0.1 <sup>b</sup>	1.3±0.4 <sup>ab</sup>	1.5±0.8 <sup>a</sup>	1.0±0.3 <sup>ab</sup>	1.2±0.6 <sup>ab</sup>
CIE L*	33.6±2.2 <sup>a</sup>	37.8±4.8 <sup>a</sup>	25.1±1.2 <sup>b</sup>	25.8±3.3 <sup>b</sup>	20.6±4.9 <sup>b</sup>
CIE a*	8.0±1.7 <sup>cd</sup>	5.5±3.8 <sup>d</sup>	10.2±1.3 <sup>bc</sup>	12.9±2.6 <sup>b</sup>	21.5±4.6 <sup>a</sup>
Shear force(Kg/cm <sup>2</sup> )	2.3±0.5 <sup>c</sup>	2.5±0.9 <sup>c</sup>	3.5±0.7 <sup>ab</sup>	4.0±0.6 <sup>a</sup>	3.1±0.4 <sup>b</sup>
Cooking loss(%)	25.0±4.2 <sup>ab</sup>	24.2±4.1 <sup>ab</sup>	22.6±4.4 <sup>b</sup>	22.8±3.9 <sup>b</sup>	27.3±2.6 <sup>a</sup>

<sup>A</sup> Ratio of total juice area to meat film area.

<sup>a,b,c,d</sup> Means in the same row with different superscripts differ(P<0.05).

성장단계별 비거세 한우의 등심근 육색 사진은 Fig. 4-2(a, b, c, d, e)에서 보는 바와 같다. 6개월령의 등심근(Fig. 4-2 a)은 육색이 다소 갈색을 띄우고 있으나, 매우 엷은 적색이었으며 조직감이 매우 부드러웠으나, 근육내 지방 침착도는 거의 없었다. 14개월령 등심근(Fig. 4-2 b)은 6개월령에 비해서 조직감이 다소 거칠어지는 것을 관찰할 수 있었으나, 아직도 육색은 엷은 적색이며 근육내 지방 침착도도 거의 관찰되지 않았다. 18개월령의 등심근(Fig. 4-2 c)에서는 14개월령 등심근보다 근육내 지방 침착도가 다소 증가하였으며, 육색은 적색도가 강해지는 경향을 나타냈다. 24개월령의 등심근(Fig. 4-2 d)에서도 이러한 경향으로 나타났으나, 18개월령과 유사한 외관을 보였다. 그러나 30개월령의 등심근(Fig. 4-2 e)은 24개월령에 비해 육색이 진한 적색을 나타냈으며 근육내 지방 침착도가 다소 증가한 경향을 보여주고 있으나, 전체적으로 고급육의 범주에는 미치지 못하였다.

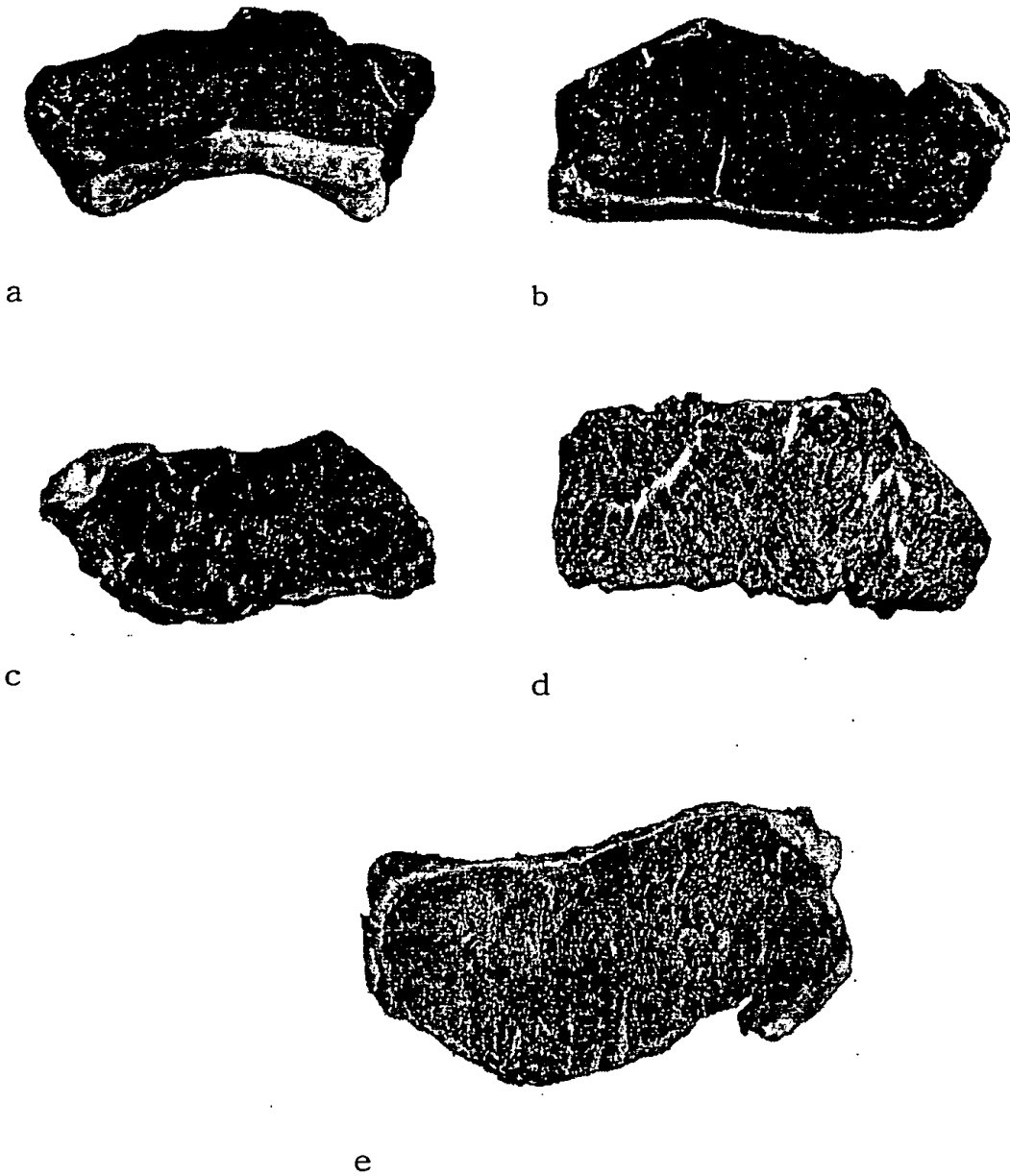


Fig. 4-2. Photograph of *Longissimus* muscle from Hanwoo bulls(a, 6 month; b, 14 month; c, 18 month; d, 24 month; e, 30 month).

성장월령에 따른 비거세한우 등심근의 일반성분 결과는 Table 4-4에서 보는 바와 같다. 6개월령에서 18개월령이상으로 성장함에 따라 수분함량은 유의적으로 감소하였으며( $P<0.05$ ), 단백질함량은 증가하는 경향을 나타내었다. 수분감소에 따른 지방함량의 증가는 6개월령에서 24개월령이상으로 성장함에 따라 유의적으로 나타났으나( $P<0.05$ ), 24개월령과 30개월령 사이에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다( $P>0.05$ ). 그외 회분함량은 성장월령에 따른 유의적인 차이가 없었다( $P>0.05$ ).

비육월령이 경과함에 따라 수분함량은 감소된 반면 단백질 및 지방함량이 증가하는 결과는 생시부터 24개월령까지 육성비육시킨 강 등(1995)과 김(1998)의 비거세한우 시험결과와 일치된 경향이었으며, 그외 송과 최(1994)의 사육기간에 따른 비거세한우의 육성 비육시험에서도 수분과 조지방함량에서 유사한 결과를 보였다.

Table 4-4. Proximal analysis of *Longissimus* muscle from Hanwoo bulls by growing age.

Age(month)	6	14	18	24	30
Moisture(%)	76.9±0.2 <sup>a</sup>	75.7±1.4 <sup>ab</sup>	74.7±1.4 <sup>b</sup>	71.0±2.6 <sup>c</sup>	71.0±1.8 <sup>c</sup>
Protein(%)	20.8±0.3 <sup>b</sup>	21.4±3.4 <sup>b</sup>	22.4±0.5 <sup>ab</sup>	23.4±1.1 <sup>a</sup>	22.7±2.3 <sup>ab</sup>
Fat(%)	1.6±0.5 <sup>c</sup>	2.1±1.4 <sup>c</sup>	2.6±1.6 <sup>bc</sup>	4.0±1.8 <sup>ab</sup>	4.5±2.0 <sup>a</sup>
Ash(%)	1.1±0.2	1.1±0.1	1.1±0.1	1.0±0.3	1.2±0.1

<sup>a,b,c</sup>. Means in the same row with different superscripts differ( $P<0.05$ ).

성장월령에 따른 비거세 한우 등심근의 관능검사 결과는 Table 4-5에서 보는 바와 같다. 풍미의 경우 6개월령에서 24개월령까지 성장함에 따라 큰 차이는 보이지 않았으나, 30개월령에서는 유의적으로 증가하여( $P<0.05$ ) 적어도 24개월령 이상이 되어야 한우 특유의 풍미를 갖는 것으로 사료되었다. 다즙성의 경우 6개월령에서 14개월령이상으로 성장함에 따라 유의적으로 감소하였으며( $P<0.05$ ), 14개월령에서 30개월령 사이에서는 큰 변이를 나타내지 않았다. 연도의 경우 6개월령에서 18개월령이상으로 성장함에 따라 유의적으로 감소하여( $P<0.05$ ) 질겨졌으나, 18개월령에서 30개월령 사이에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다( $P>0.05$ ). 이는 객관적인 연도측정인 전단력 분석결과(Table 3)에서 30개월령에서 고기가 연해졌다는 것을 제외하고는 유사한 경향을 보인 것으로 사료되었다. 전체 기호도에서는 6개월령에서 14개월령 이상으로 성장함에 따라 수치가 유의적으로 감소하였으며( $P<0.05$ ), 14개월에서 30개월령 사이에는 유의적인 차이가 없었으나( $P>0.05$ ), 점차 감소하는 경향을 나타내어 성

장에 따른 전체 기호도의 큰 증가는 기대하기 어려운 것으로 사료되었다.

송과 최(1994)의 비거세 한우 육성비육시험에서 사육기간이 증가함에 따라 관능검사의 풍미점수는 현저히 증가하였으며, 연도점수는 유의적으로 감소하였고, 다즙성은 큰 변이를 보이지 않아 본 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 김(1998)은 성장월령에 따른 비거세 한우의 관능적 특성에서 6개월령 쇠고기가 가장 질기고, 풍미도 좋지 않으며 그 이후는 점차 향상된다고 하여 연도점수에서는 본 실험결과와 다소 상이한 경향을 나타내었다.

Table 4-5. Panel test\* of *Longissimus* muscle from Hanwoo bulls by growing age

Age(month)	Flavor	Juiciness	Tenderness	Total acceptability
6	3.78±0.15 <sup>bc</sup>	4.22±0.20 <sup>a</sup>	4.50±0.24 <sup>a</sup>	4.25±0.16 <sup>a</sup>
14	3.68±0.19 <sup>c</sup>	3.77±0.19 <sup>bc</sup>	4.00±0.36 <sup>ab</sup>	3.93±0.25 <sup>b</sup>
18	3.80±0.23 <sup>bc</sup>	3.91±0.26 <sup>b</sup>	3.86±0.49 <sup>b</sup>	3.90±0.34 <sup>b</sup>
24	3.90±0.10 <sup>b</sup>	3.63±0.16 <sup>c</sup>	3.88±0.17 <sup>b</sup>	3.68±0.13 <sup>b</sup>
30	4.09±0.18 <sup>a</sup>	3.74±0.34 <sup>bc</sup>	3.53±0.49 <sup>b</sup>	3.82±0.34 <sup>b</sup>

\* 5 point scale ; 5=very good flavor, very juicy, very tender or very acceptable ; 1=very poor flavor, very dry, very tough or very unacceptable.

<sup>a,b,c</sup> Means in the same column with different superscripts differ(P<0.05).

## 2. 성장월령에 따른 비거세 한우의 근섬유 및 미세조직 변화

성장월령에 따른 비거세 한우 등심근의 근섬유 비율의 변화는 Table 4-6에서 보는 바와 같다. 근섬유의 구성비율을 보면, 6개월령과 24개월령을 제외하고는 IIW형(백색근섬유)의 비율이 가장 많았고, 다음이 IR형(적색근섬유), 그리고 IIR형(중간근섬유)의 순서이었다. 이러한 결과는 May등(1977)과 Johnston 등(1981)의 결과와 일치되는 경향이었다. 그러나 근섬유의 비율은 성장월령에 따라 차이가 나타났다. IR형 근섬유 비율에서는 6개월령부터 24개월령까지 성장함에 따라 감소하는 경향을 보이다가 30개월령에는 다시 유의적으로 증가하였다(P<0.05). IIW형 근섬유 비율에서는 14개월령에서 24개월령으로 성장함에 따라 증가하는 경향을 보이다가 30개월령에는

다시 유의적으로 감소하였다( $P<0.05$ ). 반면에 IIR형 근섬유 비율에서는 14개월령에서 18개월령으로 성장함에 따라 유의적으로 감소하였다가( $P<0.05$ ), 24개월령이후에는 다시 유의적으로 증가하였다( $P<0.05$ ). 분만직후 송아지 근섬유의 숫자는 고정되어 있지만(Ashmore 등, 1972), 그 이후 성장하는 동안의 근육내 근섬유 성장 및 분화는 운동기능, 거세, 사양조건 및 환경 등의 영향에 따라 근섬유 비율등에는 많은 변이를 보인다(Ockerman 등, 1984; Seideman 등, 1986; Picard 등, 1995). 본 연구결과에서도 성장에 따라 IR, IIW 및 IIR형 근섬유 비율간에 변이를 보였는데, 특히 IIW형 근섬유 비율의 증가는 IR과 IIR형 근섬유 감소와 연관이 있는 것으로 사료되었다. Seideman 등(1986)과 Brandstetter 등(1998a)에 의하면, 소의 근육에서 성장함에 따라 IR형 근섬유의 비율변화는 크지 않으나, IIW형 근섬유의 비율은 크게 증가하는 경향을 보이는데, 이는 IIR형 근섬유가 IIW형 근섬유로 전환되는 결과에서 기인한 것이라고 하여, 본 연구결과와 부분적으로 일치되는 경향을 보였다.

Table 4-6. Muscle fiber\* ratio of *Longissimus* muscle from Hanwoo bulls by growing age

Age(month)	IR muscle fiber(%)	IIR muscle fiber(%)	IIW muscle fiber(%)
6	38.3±3.8 <sup>a</sup>	38.6±2.6 <sup>a</sup>	23.1±3.8 <sup>c</sup>
14	27.9±3.4 <sup>b</sup>	27.1±4.0 <sup>b</sup>	44.9±6.6 <sup>b</sup>
18	25.8±6.0 <sup>b</sup>	12.5±6.9 <sup>c</sup>	61.0±7.8 <sup>a</sup>
24	19.5±4.5 <sup>c</sup>	20.7±10.2 <sup>b</sup>	59.8±9.7 <sup>a</sup>
30	29.1±7.9 <sup>b</sup>	24.0±7.2 <sup>b</sup>	46.9±12.8 <sup>b</sup>

\* IR, red muscle fiber; IIR, intermediate muscle fiber; IIW, white muscle fiber.  
<sup>a,b,c</sup>. Means in the same column with different superscripts differ( $P<0.05$ ).

성장월령에 따른 비거세한우 등심근의 근섬유 직경의 변화는 Table 4-7에서 보는 바와 같다. 18개월령과 24개월령을 제외하고는 IIW형 근섬유의 직경이 가장 컸으며, 다음이 IIR형, 그리고 IR형 근섬유의 직경이 가장 작았다. 이는 일본화우(岩元 등, 1991), 한우(김 등, 1996) 및 외국 육우종(May 등, 1977; Spindler 등, 1980; Brandstetter 등, 1998a)에서의 결과와 일치하는 경향이었다. IR형과 IIR형 근섬유 직

경은 6개월령에서 18개월령으로 성장함에 따라 증가하는 경향을 보이다가, 24개월령 이후에는 유의적으로 증가하였다( $P<0.05$ ). IIW형 근섬유에서도 6개월령에서 18개월령으로 성장함에 따라 근섬유 직경이 커지는 경향을 보였으며, 특히 18개월령 이후에는 증가폭이 매우 큰 경향이였다( $P<0.05$ ).

Table 4-7. Muscle fiber diameter of *Longissimus* muscle from Hanwoo bulls by growing age

Age(month)	IR muscle fiber( $\mu\text{m}$ )	IIR muscle fiber( $\mu\text{m}$ )	IIW muscle fiber( $\mu\text{m}$ )
6	28.1 $\pm$ 4.3 <sup>c</sup>	30.1 $\pm$ 4.4 <sup>c</sup>	31.1 $\pm$ 5.8 <sup>c</sup>
14	29.8 $\pm$ 6.4 <sup>c</sup>	31.0 $\pm$ 7.8 <sup>c</sup>	41.2 $\pm$ 10.3 <sup>c</sup>
18	35.9 $\pm$ 10.6 <sup>b</sup>	32.2 $\pm$ 12.4 <sup>c</sup>	47.0 $\pm$ 11.3 <sup>b</sup>
24	41.4 $\pm$ 13.3 <sup>a</sup>	37.2 $\pm$ 11.7 <sup>b</sup>	55.6 $\pm$ 9.3 <sup>a</sup>
30	44.9 $\pm$ 6.5 <sup>a</sup>	50.5 $\pm$ 12.6 <sup>a</sup>	64.2 $\pm$ 10.0 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> Means in the same column with different superscripts differ( $P<0.05$ ).

성장월령에 따른 비거세 한우 등심근의 근섬유 면적의 변화는 Table 4-8에서 보는 바와 같다. 근섬유 직경에서와 같이 성장월령이 증가함에 따라 근섬유 면적이 증가하는 경향을 나타내었는데, IR형과 IIW형은 6개월령에서 14개월령으로 성장함에 따라 증가하는 경향을 보이다가, 18개월령 이후에 유의적으로 근섬유 면적이 증가하였다( $P<0.05$ ). 반면에 IIR형 근섬유에서는 6개월령에서 18개월령으로 성장함에 따라 근섬유 면적이 증가하는 경향을 나타내다가, 24개월령 이후에 유의적으로 증가하였다( $P<0.05$ ). 세가지 타입의 근섬유에서는 18개월령을 제외하고는 IIW형 근섬유의 면적이 가장 컸으며, 다음의 IIR형, 그리고 IR형 근섬유의 면적이 가장 작았다. 이는 한우(김 등, 1996) 및 외국 육우종(Spindler 등, 1980; Brandstetter 등, 1998a)에서의 결과와 일치하는 경향이였다.

Table 4-8. Muscle fiber area of *Longissimus* muscle from Hanwoo bulls by growing age

Age(month)	IR muscle fiber( $\mu\text{m}^2$ )	IIR muscle fiber( $\mu\text{m}^2$ )	IIW muscle fiber( $\mu\text{m}^2$ )
6	451.8 $\pm$ 54.0 <sup>c</sup>	465.5 $\pm$ 39.9 <sup>c</sup>	589.8 $\pm$ 49.4 <sup>b</sup>
14	643.4 $\pm$ 46.8 <sup>b</sup>	715.8 $\pm$ 51.3 <sup>b</sup>	752.4 $\pm$ 64.5 <sup>b</sup>
18	942.3 $\pm$ 277.2 <sup>a</sup>	827.2 $\pm$ 138.4 <sup>b</sup>	1166.1 $\pm$ 239.5 <sup>a</sup>
24	1067.3 $\pm$ 306.5 <sup>a</sup>	1094.9 $\pm$ 315.4 <sup>a</sup>	1222.1 $\pm$ 353.7 <sup>a</sup>
30	924.1 $\pm$ 246.8 <sup>a</sup>	999.9 $\pm$ 277.0 <sup>a</sup>	1389.2 $\pm$ 508.1 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> Means in the same column with different superscript differ(P<0.05)

성장월령에 따른 비거세 한우 등심근의 면적대비 근섬유조성 비율의 변화는 Table 4-9에서 보는 바와 같다. 성장월령이 증가함에 따라 IR형과 IIR형의 면적대비 근섬유 조성비율이 감소하는 경향을 나타내는 반면에, IIW형 근섬유는 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 성장월령이 6개월령에서 30개월령으로 증가함에 따라 IR형과 IIR형의 근섬유 비율은 감소하나 IIW형의 근섬유 비율은 증가하며(Table 4-6 참조), 근섬유 직경과 면적의 증가폭이 IR형과 IIR형에 비해서 IIW형 근섬유에서 항상 크기 때문인 것으로(Table 4-7과 4-8 참조) 사료되었다. Ashmore 등(1972)에 따르면 가축에서 근육의 성장은 근섬유 수의 증가가 아니라 근섬유의 직경 증가에서 기인하며, 근섬유의 성장은 IR이나 IIR형이 아니라 주로 IIW형 근섬유의 성장에 크게 영향을 받는다고 하였으며, 이는 본 결과와 일치하는 경향이였다.



Table 4-9. Relative muscle area of fiber types of *Longissimus* muscle from Hanwoo bulls by growing age

Age(month)	IR muscle fiber(%)	IIR muscle fiber(%)	IIW muscle fiber(%)
6	35.4±3.9 <sup>a</sup>	36.7±2.1 <sup>a</sup>	27.9±3.1 <sup>d</sup>
14	25.3±3.9 <sup>b</sup>	27.3±4.4 <sup>b</sup>	47.4±7.4 <sup>c</sup>
18	22.8±7.9 <sup>b</sup>	10.1±6.2 <sup>b</sup>	67.1±9.9 <sup>a</sup>
24	17.2±6.4 <sup>c</sup>	23.5±9.9 <sup>c</sup>	59.3±17.1 <sup>ab</sup>
30	24.2±8.2 <sup>b</sup>	21.3±7.7 <sup>b</sup>	54.5±14.1 <sup>bc</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Means in the same column with different superscript differ(P<0.05)

성장월령에 따른 비거세한우 등심근의 투과형 전자현미경의 사진은 Figs. 4-3,4-4,4-5,4-6과 4-7에서 보는 바와 같다. 6개월령 등심근의 전자현미경 사진(Fig. 4-3)에서는 근섬유내 미세조직의 발달이 완전치 않아 근질의 기본구성조직인 Z선이 불분명하며, 암대(A band)와 명대(I band)의 조직들도 느슨하였으며, A-I band의 식별이 어려웠다. 14개월령 등심근의 사진(Fig. 4-4)에서는 근섬유내 미세구조들의 발달로 근질에서 M-line이 명확하게 관찰되기 시작하였으며, Z-선도 6개월령에 비해 굵게 발달한 것을 관찰할 수 있었다. 18개월령 등심근의 사진(Fig. 4-5)에서는 14개월령에 비해서 더욱 분화된 근섬유의 미세구조를 관찰할 수 있었으며, 암대와 명대의 형성이나 구분이 확연하였고, Z-선도 완전하게 형성된 것으로 관찰되었다. 그외 24개월령 등심근(Fig. 4-6)과 30개월령 등심근(Fig. 4-7)의 전자현미경 사진은 18개월령과 유사한 경향을 나타내었으나, 더욱 명확하게 발달된 미세구조들을 관찰할 수 있었으며, 특히 A-I band의 식별이 뚜렷하였다.



Fig. 4-3. Transmission electron microscope(TEM) micrograph of *Longissimus* muscle from 6 month Hanwoo bull(M, M-line; Z, Z-line).



Fig. 4-4. TEM micrograph of *Longissimus* muscle from 14 month Hanwoo bull.(A, A-band; I, I-band).

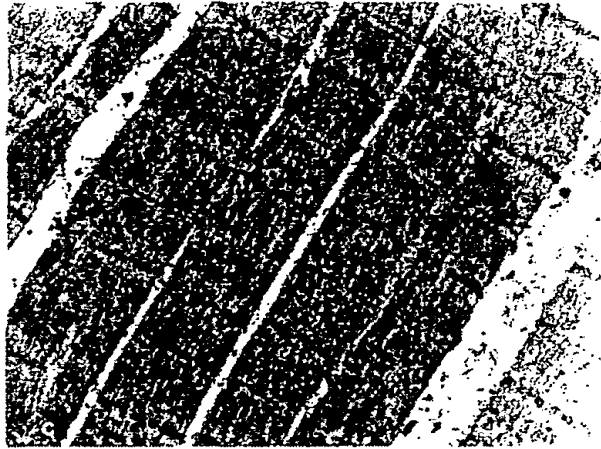


Fig. 4-5. TEM micrograph of *Longissimus* muscle from 18 month Hanwoo bull

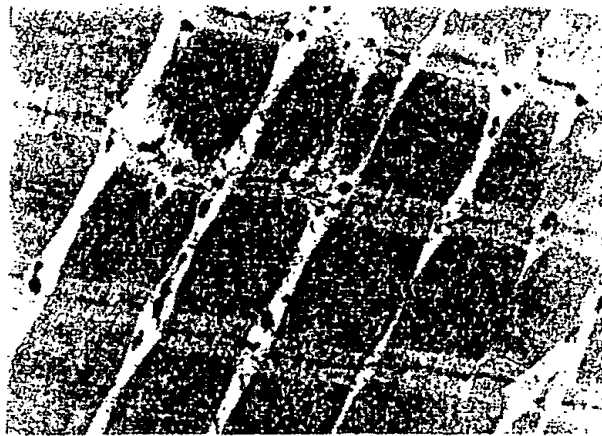


Fig. 4-6. TEM micrograph of *Longissimus* muscle from 24 month Hanwoo bull

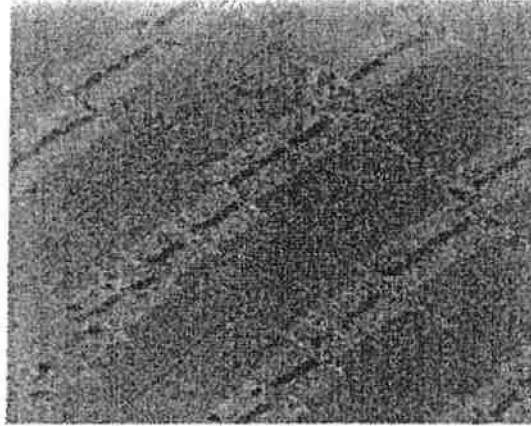


Fig. 4-7. TEM micrograph of *Longissimus* muscle from 30 month Hanwoo bull.

### 3. 성장월령에 따른 거세한우의 도체특성과 육질변화

성장단계별 거세한우의 도체특성, 육량 및 육질등급 결과는 Table 4-10에서 보는 바와 같다. 6개월령에서 30개월령으로 성장함에 따라 생체중, 도체중, 배최장근단면적은 유의적으로 증가하였다( $P < 0.05$ ). 도체율은 6개월령에서 14개월령까지는 감소하였으나, 18개월령 이후에는 회복하는 경향을 보였으며, 특히 30개월령에서 유의적으로 높았다( $P < 0.05$ ). 14개월령에서 도체율의 감소는 주로 두부와 내장기관의 성장에서 기인한 것으로 사료되었으며, 24개월령 이후에는 증가된 등지방층 두께와 배최장근 증가에 의한 근육성장 등으로 회복한 것으로 사료되었다. 육량등급은 6개월령의 A등급에서 14개월령 이후에는 B등급으로 감소되었으며, 30개월령에는 C등급을 나타내었는데, 이는 주로 등지방층 두께 증가에 의한 것으로 사료되었다. 육질등급은 6개월령과 14개월령의 도체는 등의등급을 나타내었고 18개월령에서는 3등급으로 증가하였으며, 24개월령에는 2등급을, 그리고 30개월령에는 1등급을 나타내어 유의적으로 증가된 근육내 지방침착도(marbling score)에 의해서 육질등급이 향상되고 있는 것으로 판단되었다.

이 결과로 볼 때, 거세한우의 경우 24개월령 이상 비육되어야 높은 육질등급을 갖춘 고급육 생산이 가능할 것으로 사료되었다.

거세는 육질개선에 좋은 방법으로 근내지방도와 육질등급을 향상시키는데, 김(1998)의 한우 연구에서는 성장월령에 따른 수소와 거세우의 육질등급은 18개월령까지는 큰 차이를 보이지 않으나, 24개월령에서는 수소에 비해 거세우의 1등급 출현율이 크게 높아졌다고 하여 본 연구의 결과와 일치하는 경향이였다. 그외 흉 등

(1998)도 조기 거세시 성장함에 따라 정육율은 감소되나 체지방함량과 등지방 두께가 증가하여 육질등급을 향상시켰다고 보고하였다.

Table 4-10. Carcass characteristics of Hanwoo steers by growing age.

Age(month)	6	14	18	24	30
Live wt.(Kg)	132.2±12.9 <sup>c</sup>	303.3±38.4 <sup>d</sup>	385.6±31.8 <sup>c</sup>	522.7±47.1 <sup>b</sup>	626.9±28.1 <sup>a</sup>
Carcass wt.(Kg)	77.0±7.2 <sup>e</sup>	161.2±22.9 <sup>d</sup>	210.1±17.8 <sup>c</sup>	295.0±26.5 <sup>b</sup>	370.4±12.0 <sup>a</sup>
Dressing percent(%)	57.3±0.2 <sup>ab</sup>	53.2±3.4 <sup>c</sup>	54.5±1.5 <sup>c</sup>	56.8±1.8 <sup>b</sup>	59.1±1.7 <sup>a</sup>
B a c k f a t thickness(cm)	0.2±0.0 <sup>c</sup>	0.2±0.1 <sup>c</sup>	0.4±0.2 <sup>c</sup>	0.9±0.4 <sup>b</sup>	1.4±0.4 <sup>a</sup>
Ribeye area(cm <sup>2</sup> )	33.8±4.3 <sup>e</sup>	53.3±4.2 <sup>d</sup>	66.8±9.2 <sup>c</sup>	75.6±6.2 <sup>b</sup>	82.6±6.6 <sup>a</sup>
Yield grade <sup>A</sup>	1.0±0.0 <sup>c</sup>	1.0±0.0 <sup>c</sup>	1.0±0.0 <sup>c</sup>	1.7±0.5 <sup>b</sup>	2.9±0.4 <sup>a</sup>
Quality grade <sup>B</sup>	4.0±0.0 <sup>a</sup>	4.0±0.0 <sup>a</sup>	2.9±0.3 <sup>b</sup>	1.5±0.5 <sup>c</sup>	1.0±0.0 <sup>d</sup>

<sup>A</sup> 1= grade A, 2=grade B, 3=grade C.

<sup>B</sup> 0-1=grade 1, 1-2=grade 2, 2-3=grade 3, 3-4= out of grade

<sup>a,b,c,d,e</sup> Means in the same row with different superscripts differ (P<0.05).

성장단계별 한우의 육질특성 변화는 Table 4-11과 4-12에서 보는 바와 같다. 일반성분에서는 6개월령에서 30개월령으로 성장함에 따라 등심근내의 수분은 6개월령 76.88%에서 30개월령 64.36%으로 유의적으로 감소하였으며, 지방은 6개월령 1.59%에서 30개월령 12.53%로 유의적으로 증가하였다(P<0.05). 단백질 함량은 6개월령에서 30개월령까지 24개월령을 제외하고는 대체로 증가하는 경향이였다. 그외 회분함량은 성장월령에 따른 유의적인 차이는 없었다(P>0.05). 성장월령이 증가함에 따라 수분함량은 감소되고, 반면에 단백질 및 지방 함량은 증가하는 경향을 나타내는데, 특히 거세우의 경우 근내지방이 높을수록 등심근의 수분함량이 낮았으며, 지방함량은 근내지방이 높을수록 높았다는 김(1998)과 Bailey 등(1996)의 연구결과와 일치하는 경향이였다. 등심근의 pH는 24개월령에 5.52로 가장 높게 나타났으며, 6개월령과 30개월령에서 5.36으로 가장 낮은 pH를 보였다. 보수력은 6개월령에서 18개월령까지

보수력이 0.87에서 1.00으로 감소하다가 다시 24개월령이후에 증가하는 경향이였다. 육색은 명도(L\* value)가 6개월령에서 14개월령 까지 증가하다가 18개월령 이후에는 계속 감소하는 경향을 보였으며, 적색도(a\* value)는 성장월령에 따라서 대체로 증가하는 경향을 나타내어, 등심근의 육색이 진한 적색쪽으로 변화하였다. 전단력은 6개월령에서 18개월령으로 증가함에 따라 증가하다가 24개월령 이후로 감소하였다. 가열감량은 6개월령에서 14개월령까지 증가하다가 18개월령이후에 다시 감소하기 시작하여 30개월령에 18.46%로 가장 낮은 가열감량을 나타내었다. 한우 거세우를 생시부터 24개월령 까지 육성비육시킨 김(1998)의 실험에서 육색은 성장월령이 진행됨에 따라 짙어지는 경향을 보였으며, 전단력은 14개월령까지는 증가하나 그 이후는 점차 감소하는 경향을 보였는데, 이는 근육의 발달과정에서 근섬유의 형성이 성숙되는 과정에서 점차 짙겨지다가 근섬유 사이 지방조직의 발달 등으로 다시 연도가 개선되어 진다고 하여 본 연구결과와 일치되는 경향을 나타냈다.

Table 4-11. Proximal analysis traits of *Longissimus* muscle from Hanwoo steers by growing age.

Age(month)	6	14	18	24	30
Moisture(%)	76.88±0.22 <sup>a</sup>	73.73±1.00 <sup>b</sup>	67.90±3.30 <sup>c</sup>	67.58±3.22 <sup>c</sup>	64.36±3.51 <sup>d</sup>
Protein(%)	20.77±0.29 <sup>b</sup>	22.74±0.55 <sup>a</sup>	23.26±1.01 <sup>a</sup>	18.12±1.00 <sup>c</sup>	23.61±1.94 <sup>a</sup>
Fat(%)	1.59±0.48 <sup>d</sup>	2.43±0.57 <sup>d</sup>	4.98±1.10 <sup>c</sup>	8.54±3.20 <sup>b</sup>	12.53±3.60 <sup>a</sup>
Ash(%)	1.09±0.17	1.14±0.06	1.03±0.08	1.09±0.08	1.00±0.07

<sup>a,b,c,d</sup> Means in the same row with different superscript differ(p<0.05)

Table 4-12. Meat quality traits of *Longissimus* muscle from Hanwoo steers by growing age.

Age(month)	6	14	18	24	30
pH	5.36 ± 0.10 <sup>b</sup>	5.31 ± 0.14 <sup>b</sup>	5.48 ± 0.08 <sup>a</sup>	5.52 ± 0.07 <sup>a</sup>	5.36 ± 0.08 <sup>b</sup>
Water holding capacity	0.87 ± 0.13 <sup>b</sup>	1.00 ± 0.06 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.18 <sup>a</sup>	0.91 ± 0.09 <sup>ab</sup>	0.98 ± 0.03 <sup>a</sup>
CIE L*	33.56 ± 2.18 <sup>c</sup>	46.03 ± 8.31 <sup>a</sup>	39.77 ± 3.95 <sup>b</sup>	35.93 ± 4.59 <sup>bc</sup>	24.18 ± 1.83 <sup>d</sup>
CIE a*	8.02 ± 1.71 <sup>c</sup>	14.11 ± 4.69 <sup>a</sup>	11.62 ± 1.20 <sup>b</sup>	15.79 ± 1.58 <sup>a</sup>	16.43 ± 1.16 <sup>a</sup>
CIE b*	5.77 ± 0.39 <sup>d</sup>	13.10 ± 1.75 <sup>a</sup>	8.01 ± 1.08 <sup>c</sup>	12.05 ± 0.69 <sup>b</sup>	7.66 ± 0.66 <sup>c</sup>
Shear force(Kg/cm <sup>2</sup> )	2.32 ± 0.49 <sup>c</sup>	4.26 ± 0.33 <sup>ab</sup>	4.83 ± 0.57 <sup>a</sup>	3.95 ± 1.02 <sup>b</sup>	2.86 ± 0.50 <sup>c</sup>
Cooking loss(%)	24.98 ± 4.22 <sup>b</sup>	30.39 ± 1.72 <sup>a</sup>	27.33 ± 2.09 <sup>b</sup>	21.28 ± 2.22 <sup>c</sup>	18.46 ± 2.65 <sup>d</sup>

<sup>A</sup> ratio of total juice area to meat film area.

<sup>a,b,c,d</sup> Means in the same row with different superscript differ(p<0.05)

성장단계별 거세한우의 등심근 육색사진은 Fig 4-8(a, b, c, d, e)에서 보는 바와 같다. 6개월령의 등심근(Fig. 4-8 a)은 육색이 다소 갈색을 띄우며 매우 얇은 적색이 있으나, 조직감이 매우 부드럽고 근육내 지방 침착도는 거의 없었다. 14개월령의 등심근(Fig. 4-8 b)은 6개월령에 비해 조직감이 다소 거칠어진 경향이었으나, 근육내 지방침착도는 커다란 변화가 나타나지 않았다. 18개월령의 등심근(Fig. 4-8 c)에서는 근육내지방 침착도가 다소 증가한 것을 관찰할 수 있었으며, 육색도 진한 적색을 띄우는 경향이였다. 24개월령의 등심근(Fig. 4-8 d)에서는 근육내지방 침착도가 매우 발달되었으며, 육색은 전형적인 쇠고기의 진한 적색을 나타내어 고급육의 범위에 들었다. 30개월령의 등심근(Fig. 4-8 e)에서도 이러한 경향은 더욱 확연하게 관찰되어 근육내 지방침착도가 넓게 그리고 고르게 발달되었으며 육색은 진한 적색과 함께 다소 어둡게 나타났으며, 성장월령의 증가에 따라 조직감이 다소 거칠게 나타났지만, 전형적인 고급육의 범주에 들었다.

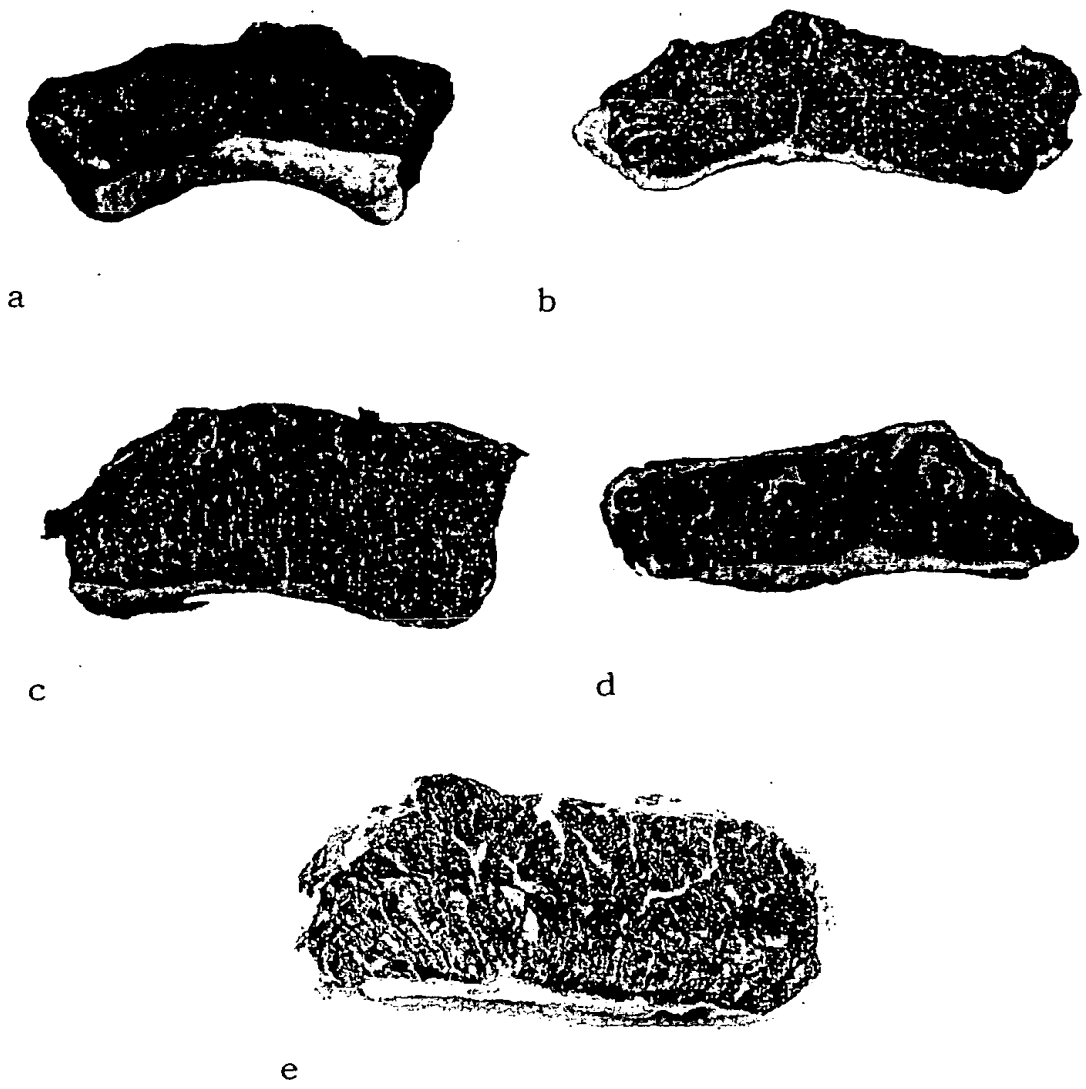


Fig. 4-8. Photograph of *Longissimus* muscle from Hanwoo steers(a, 6 month; b 14 month; c, 18 month; d, 24 month; e, 32 month).



성장단계별 거세 한우육의 관능특성변화는 Table 4-13에서 보는 바와 같다. 풍미 특성에서는 6개월령에서 14개월령 이상으로 성장함에 따라 풍미점수가 유의적으로 증가하여 어느 정도의 성장이 이뤄져야 거세 한우육 특유의 풍미를 갖는 것으로 사료되었다. 다즙성 특성에서는 14개월령에서는 감소하였다가 18개월령 이후에는 증가하는 경향을 나타냈다. 연도특성에서도 14개월령 이상으로 성장함에 따라 유의적으로 연도점수가 감소하여 고기가 질겨지는 경향을 나타냈으나, 30개월령에는 연도가 다시 증가하는 경향을 보였다. 그외 전체기호도에서는 14개월령에서는 기호도가 낮았으나, 18개월령 이후에는 기호도가 회복되는 경향을 나타내다가, 30개월령에는 유의적으로 기호성이 증가하였다.

Table 4-13. Panel test\* of *Longissimus* muscles from Hanwoo steers by growing age.

Age(month)	Flavor	Juiciness	Tenderness	Overall acceptability
6	3.78±0.15 <sup>c</sup>	4.22±0.20 <sup>a</sup>	4.50±0.24 <sup>a</sup>	4.25±0.16 <sup>a</sup>
14	4.10±0.12 <sup>a</sup>	3.82±0.24 <sup>b</sup>	3.99±0.17 <sup>b</sup>	3.87±0.27 <sup>b</sup>
18	4.13±0.11 <sup>a</sup>	4.02±0.28 <sup>b</sup>	4.09±0.19 <sup>b</sup>	4.04±0.19 <sup>b</sup>
24	4.05±0.06 <sup>b</sup>	3.94±0.29 <sup>b</sup>	3.97±0.14 <sup>b</sup>	4.02±0.21 <sup>b</sup>
30	4.08±0.21 <sup>a</sup>	4.08±0.19 <sup>b</sup>	4.09±0.24 <sup>b</sup>	4.18±0.19 <sup>a</sup>

\* 5 point scale ; 5=very good flavor, very juicy, very tender or very acceptable ; 1=very poor flavor, very dry, very tough or very unacceptable.

<sup>a,b,c</sup> Means in the same column with different superscripts differ(P<0.05).

#### 4. 성장월령에 따른 거세한우의 근섬유 및 미세조직 변화

성장월령에 따른 거세한우 등심근의 근섬유 비율의 변화는 Table 4-14에서 보는 바와 같다. 근섬유의 구성 비율을 보면, 6개월령을 제외하고는 다른 모든 개월령에서 IIW(백색근섬유)의 조성이 가장 많았으며, 근섬유 조성은 성장월령이 증가함에 따라 IR형과 IIR형 근섬유의 조성은 감소하는 경향이었으나, IIW형 근섬유의 비율은 증가하는 경향을 나타내었다. IR(적색근섬유)형 근섬유는 6개월령에 38.31%로 가장 많은 비율을 나타내었으며, 6개월령을 제외하고는 14개월령에서 30개월령으로 성장함에 따라서 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. IIR(중간근섬유)형 근섬유에 있어서도 6개월령에 가장 많은 근섬유 비율을 나타내었으며, 6개월령에서 24개월령 까지

근섬유 조성이 감소하는 경향을 보이다가 30개월령 이후에 다시 유의적으로 증가하는 경향이였다. IIW(백색근섬유)형 근섬유는 6개월령에서 14개월령 사이에 23.12%에서 42.03%로 큰 차이를 보이면서 유의적으로 증가하였다. 본 연구결과에서 성장에 따라 IIW형 근섬유 비율의 증가는 IR과 IIR형 근섬유 감소와 연관이 있는 것으로 사료되었다. Seideman 등(1986)과 Brandstetter 등(1998a)에 의하면, 소의 근육에서 성장함에 따라 IR형 근섬유의 비율변화는 크지 않으나, IIW형 근섬유의 비율은 크게 증가하는 경향을 보이는데, 이는 IIR형 근섬유가 IIW형 근섬유로 전환되는 결과에서 기인한 것이라고 하여, 본 연구결과와 부분적으로 일치되는 경향을 보였다.

Table 4-14. Muscle fiber\* ratio of *Longissimus* muscle from Hanwoo steers by growing age.

Age(month)	IR muscle fiber(%)	IIR muscle fiber(%)	IIW muscle fiber(%)
6	38.31 ± 3.76 <sup>a</sup>	38.58 ± 2.90 <sup>a</sup>	23.12 ± 3.80 <sup>c</sup>
14	24.83 ± 6.88 <sup>b</sup>	26.19 ± 5.74 <sup>b</sup>	48.98 ± 5.89 <sup>a</sup>
18	29.92 ± 6.37 <sup>b</sup>	28.05 ± 6.24 <sup>b</sup>	42.03 ± 7.64 <sup>b</sup>
24	29.31 ± 7.42 <sup>b</sup>	18.84 ± 9.36 <sup>c</sup>	51.85 ± 5.67 <sup>a</sup>
30	29.80 ± 2.80 <sup>b</sup>	27.49 ± 2.47 <sup>b</sup>	42.71 ± 3.03 <sup>b</sup>

\* IR, red muscle fiber; IIR, intermediate muscle fiber; IIW, white muscle fiber  
<sup>a,b,c</sup> Means in the same column with different superscript differ(P<0.05)

성장월령에 따른 거세 한우의 근섬유 직경의 변화는 Table 4-15에서 보는 바와 같다. 근섬유의 직경은 근섬유의 종류에 상관없이 성장월령이 증가하는 경향이였다. 특히 IIW형 근섬유의 직경이 모든 개월령에서 IR과 IIR형 근섬유에 비하여 큰 직경을 보였다. IR형 근섬유에 있어서는 6개월령에서 24개월령까지 근섬유의 직경이 증가하는 경향이였고, 30개월령의 IR형 근섬유의 직경은 24개월령의 근섬유에 비하여 작게 나타났으나 유의적 차이는 없는 것으로 나타났다. 한우 거세우에 있어서 IR형 근섬유의 직경의 성장은 24개월령이후에 더 이상의 증가는 없을 것으로 사료되었다. IIR형 근섬유는 성장월령에 따라서 대체로 증가하는 경향이였으나, 24개월령을 제외하고는 유의적 차이는 없는 것으로 사료되었으며, 다른 근섬유형에 비하여 직경의 변화도 가장 적은 것으로 나타났다. IIW형 근섬유의 직경의 변화가 성장월령에 따라서 가장 크게 나타났으며, 특히 6개월령에서 14개월령 사이에 가장 큰 변화를 나타

내었다. 14개월령 이후에 직경의 크기가 커지는 경향이었으나 유의적인 차이는 없었다.

Table 4-15. Muscle fiber diameter of *Longissimus* muscle from Hanwoo steers by growing age

Age(month)	IR muscle fiber( $\mu\text{m}$ )	IIR muscle fiber( $\mu\text{m}$ )	IIW muscle fiber( $\mu\text{m}$ )
6	28.10 $\pm$ 1.99 <sup>c</sup>	30.12 $\pm$ 1.73 <sup>b</sup>	30.95 $\pm$ 3.19 <sup>b</sup>
14	30.94 $\pm$ 7.15 <sup>bc</sup>	31.90 $\pm$ 6.49 <sup>b</sup>	46.81 $\pm$ 8.99 <sup>a</sup>
18	33.55 $\pm$ 5.37 <sup>ab</sup>	32.75 $\pm$ 4.20 <sup>b</sup>	49.13 $\pm$ 6.07 <sup>a</sup>
24	38.06 $\pm$ 2.79 <sup>a</sup>	38.76 $\pm$ 2.10 <sup>a</sup>	46.92 $\pm$ 3.38 <sup>a</sup>
30	36.47 $\pm$ 5.99 <sup>a</sup>	33.55 $\pm$ 4.65 <sup>b</sup>	51.93 $\pm$ 4.41 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> Means in the same column with different superscript differ(P<0.05)

성장월령에 따른 거세 한우의 근섬유 면적의 변화는 Table 4-16에서 보는 바와 같다. 근섬유의 직경에서와 같이 성장월령이 증가함에 따라서 근섬유 면적은 증가하는 경향이었으며, IIW형 근섬유의 면적이 IR형과 IIR형 근섬유의 면적에 비하여 모든 성장월령에서 항상 큰 수치를 나타냈다. IR형 근섬유는 18개월령을 제외하고는 성장월령이 증가함에 따라서 유의적으로 증가하였다. IIR형 근섬유 또한 18개월령을 제외하고는 성장월령이 증가함에 따라서 증가하는 경향이었으나, 14개월령과 24, 30개월령간에 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. IIW형 근섬유는 6개월령과 14개월령사이에 근섬유의 성장이 2배에 가까운 두드러진 면적의 증가를 나타내었으며, 근섬유 면적의 변화는 다른 두가지 근섬유에 비하여 큰 변화를 보였다.

Table 4-16. Muscle fiber area of *Longissimus* muscle from Hanwoo steers by growing age

Age(month)	IR muscle fiber( $\mu\text{m}^2$ )	IIR muscle fiber( $\mu\text{m}^2$ )	IIW muscle fiber( $\mu\text{m}^2$ )
6	451.77 $\pm$ 54.04 <sup>c</sup>	465.48 $\pm$ 39.90 <sup>b</sup>	589.80 $\pm$ 49.43 <sup>d</sup>
14	584.38 $\pm$ 119.92 <sup>bc</sup>	654.08 $\pm$ 141.41 <sup>a</sup>	1165.36 $\pm$ 389.87 <sup>b</sup>
18	528.57 $\pm$ 92.32 <sup>bc</sup>	562.79 $\pm$ 68.68 <sup>ab</sup>	863.20 $\pm$ 119.51 <sup>c</sup>
24	655.28 $\pm$ 100.17 <sup>b</sup>	671.24 $\pm$ 122.31 <sup>a</sup>	1065.21 $\pm$ 233.45 <sup>cb</sup>
30	816.51 $\pm$ 261.84 <sup>a</sup>	699.16 $\pm$ 202.71 <sup>a</sup>	1462.01 $\pm$ 313.67 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Means in the same column with different superscript differ(P<0.05)

성장월령에 따른 면적대비 근섬유조성 비율의 변화는 Table 4-17에서 보는 바와 같다. IR형과 IIR형 근섬유는 성장월령에 따라 감소한 반면에 IIW형 근섬유는 증가하는 경향을 나타내었다. 6개월령에서는 IR형과 IIR형 근섬유의 면적대비 근섬유 조성 비율이 IIW형 근섬유에 비하여 높게 나타났으나, 14개월령 이후에는 IIW형 근섬유의 면적대비 근섬유 조성 비율이 다른 두 IR형과 IIR형 근섬유에 비하여 높게 나타났다. 이는 성장월령이 6개월령에서 30개월령으로 증가함에 따라 IR형과 IIR형의 근섬유 비율은 감소하나 IIW형의 근섬유 비율은 증가하며(Table 4-6 참조), 근섬유 직경과 면적의 증가폭이 IR형과 IIR형에 비해서 IIW형 근섬유에서 항상 크기 때문인 것으로(Table 4-7과 4-8 참조) 사료되었다. Ashmore 등(1972)에 따르면 가축에서 근육의 성장은 근섬유 수의 증가가 아니라 근섬유의 직경 증가에서 기인하며, 근섬유의 성장은 IR이나 IIR형이 아니라 주로 IIW형 근섬유의 성장에 크게 영향을 받는다고 하였으며, 이는 본 결과와 일치하는 경향이었다.

Table 4-17. Relative muscle area of fiber types of *Longissimus* muscle from Hanwoo steers by growing age

Age(month)	IR muscle fiber(%)	IIR muscle fiber(%)	IIW muscle fiber(%)
6	35.35 ± 3.91 <sup>a</sup>	36.71 ± 2.06 <sup>a</sup>	27.94 ± 3.11 <sup>c</sup>
14	17.02 ± 6.23 <sup>c</sup>	19.92 ± 6.22 <sup>bc</sup>	63.07 ± 7.5 <sup>a</sup>
18	23.15 ± 4.42 <sup>b</sup>	23.66 ± 6.13 <sup>b</sup>	53.19 ± 5.95 <sup>b</sup>
24	22.2 ± 6.25 <sup>bc</sup>	14.74 ± 8.11 <sup>c</sup>	63.06 ± 7.28 <sup>a</sup>
30	23.01 ± 6.53 <sup>b</sup>	18.17 ± 4.41 <sup>bc</sup>	58.83 ± 7.71 <sup>ab</sup>

<sup>a,b,c</sup> Means in the same column with different superscript differ(P<0.05)

성장단계별 거세한우의 등심근의 미세조직 변화는 Fig. 4-9, 4-10, 4-11, 4-12, 4-13에서 보는 바와 같은데, 전체적인 성장단계는 비거세한우와 유사한 경향이였다. 6개월령 등심근(Fig. 4-9)에서는 근섬유내 미세조직의 발달이 완전치 않아 근질의 기본 구성조직인 Z선이 불분명하며, 암대(A band)와 명대(I band)의 조직들도 느슨하였으며, A-I band의 식별이 어려웠다. 14개월령 거세한우의 등심근(Fig. 4-10)은 6개월령(Fig. 4-9)에 비해서 미세구조가 명확해졌으며, 전체적인 근육의 근절 및 구조 등(암대, 명대, Z-line 등)이 관찰되었다. 18개월령 거세한우의 등심근(Fig. 4-11)은 14개월령에 비해서 더욱 분화된 근섬유의 미세구조를 관찰할 수 있었으며, 암대와 명대의 형성이나 구분이 확연하였고, Z선도 완전하게 형성된 것으로 관찰되었다. 24개월령 등심근(Fig. 4-12)과 32개월령 등심근(Fig. 4-13)은 18개월령과 유사한 경향을 나타냈으나, 더욱 명확하게 발달된 미세구조들이 관찰되었으며, 근원섬유의 분화가 명확하며, 특히 A-I band의 식별이 확연하게 나타났다.

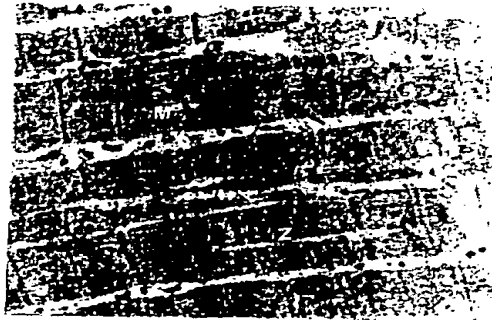


Fig. 4-9. Transmission electron microscope(TEM) micrograph of *Longissimus* muscle from 6 month Hanwoo steer(M, M-line; Z, Z-line).

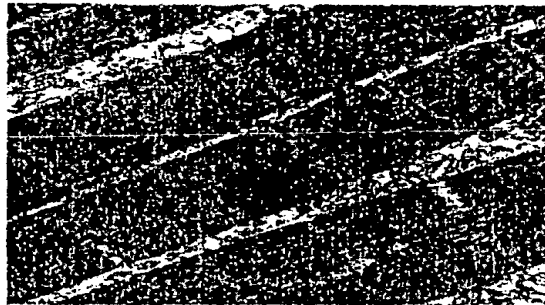


Fig. 4-10. TEM micrograph of *Longissimus* muscle from 14 month Hanwoo steer.



Fig. 4-11. TEM micrograph of *Longissimus* muscle from 18 month Hanwoo steer.

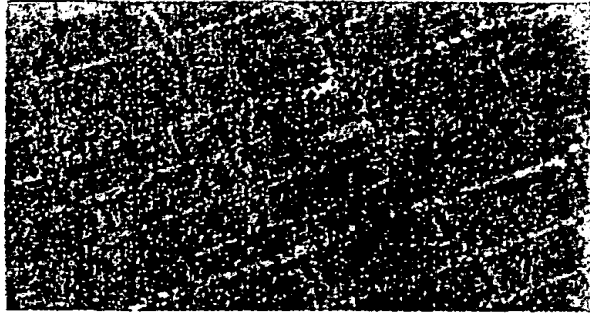


Fig. 4-12. TEM micrograph of *Longissimus* muscle from 24 month Hanwoo steer.



Fig. 4-13. TEM micrograph of *Longissimus* muscle from 30 month Hanwoo steer.

## 제4절 결과요약

성장단계에 따른 한우의 도체특성, 육질특성 및 근섬유 변화를 구명한 결과는 다음과 같다.

도체특성에서는 비거세 한우가 6개월령에서 30개월령으로 성장함에 따라 도체율과 등지방 두께를 제외한 생체중, 도체중과 배최장근 단면적은 유의적으로 증가하였다. 등지방두께는 18개월령에서 24개월령 이상으로 성장함에 따라 유의적으로 증가했으며, 도체율은 6개월령에서 14개월령까지는 감소하였으나, 점차 회복되어 24개월령 이후에는 증가하였다. 육량등급은 6개월령과 14개월령의 도체는 A등급을 나타냈으나, 18개월령 이상으로 성장함에 따라 B등급으로 감소하였다. 육질등급의 경우 6개월령과 14개월령의 도체는 등의등급을 나타냈고, 18개월령이상으로 성장함에 따라 3등급으로 증가하였으나, 24개월령 이상으로 성장시켜도 육질등급은 크게 향상되지 않았다. 거세한우의 경우도 6개월령에서 30개월령으로 성장함에 따라 도체율과 등지방두께를 제외한 생체중, 도체중과 배최장근 단면적은 유의적으로 증가하였으나, 증가폭은 비거세한우보다 낮았다. 등지방 두께는 18개월령에서 30개월령으로 성장함에 따라 유의적으로 증가했으며, 도체율은 6개월령에서 14개월령까지는 감소하였으나, 점차 회복되어 30개월령에는 증가하였다. 육량등급은 6개월령의 A등급에서 14개월령 이후에는 B등급으로 감소되었으며, 30개월령에는 C등급을 나타내었다. 육질등급은 6개월령과 14개월령의 도체는 등의등급을 나타냈고, 18개월령에서는 3등급으로 증가하였으며, 24개월령에는 2등급을, 그리고 30개월령에는 1등급을 나타내어 성장함에 따라 육질등급은 크게 향상되었다.

육질특성에서는 비거세 한우 등심근의 pH와 보수력은 18개월령을 제외하고는 유사한 경향이었으며, 육색은 14개월령에서 18개월령 이상으로 성장함에 따라 진한 적색쪽으로 변화하였다. 전단력의 경우 14개월령에서 18개월령과 24개월령으로 성장함에 따라 유의적으로 증가하여 질겨졌으나, 30개월령에는 다시 감소하였다. 일반성분에서는 6개월령에서 18개월령 이상으로 성장함에 따라 수분함량은 감소하였으나, 단백질함량과 지방함량은 증가하였다. 관능검사에서는 성장월령이 증가함에 따라 풍미는 증가한 반면, 연도와 전체기호도는 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 거세한우의 경우 pH는 18개월령과 24개월령을 제외하고는 유사한 경향이었으며, 보수력도 6개월령을 제외하고는 유사한 결과를 나타내었다. 육색은 14개월령에서 18개월령 이상으로 성장함에 따라 진한 적색쪽으로 변화하였다. 전단력의 경우 6개월령에서 14개월령과 18개월령으로 성장함에 따라 유의적으로 증가하여 질겨졌으나, 24개월령 이후에는 감소하여 고기가 연해졌다. 일반성분에서는 6개월령에서 14개월령 이상으로 성장함에 따라 수분함량은 감소하였으나, 단백질함량은 증가하는 경향이였다. 지방함량은 6개월령에서 18개월령 이상으로 성장함에 따라 유의적으로 증가하였다. 관능검사



에서는 성장월령이 증가함에 따라 풍미는 증가하는 경향이었고, 다즙성, 연도와 전체 기호도는 점차 감소하는 경향을 보였으나, 30개월령에는 다소 증가하였다.

근섬유 변화에서는 비거세 한우의 경우 6개월령과 24개월령을 제외하고는 IIW형(백색근섬유)의 비율이 가장 많았고, 다음이 IR형(적색근섬유) 그리고 IIR형(중간근섬유)의 순서로 비율이 작았다. 근섬유 비율은 24개월령까지 성장함에 따라 IR형과 IIR형 근섬유 비율은 감소한 반면, IIW형 근섬유 비율은 증가하는 경향을 나타냈다. 근섬유 직경의 변화에서는 18개월령과 24개월령을 제외하고는 IIW형 근섬유의 직경이 가장 컸으며, 다음이 IIR형 그리고 IR형 근섬유 직경이 가장 작았다. 세타입의 근섬유 직경은 6개월령에서 18개월령 이상으로 성장함에 따라 직경이 커지는 경향을 보였으며, 특히 IIW형 근섬유 직경의 증가폭이 매우 컸다. 근섬유 면적의 변화는 근섬유 직경의 변화와 유사한 경향을 나타냈다. 면적대비 근섬유 조성 비율의 변화에서도 성장월령이 증가함에 따라 IR형과 IIR형의 비율은 감소하는 경향을 나타내는 반면에, IIW형 근섬유는 증가하는 경향을 나타냈다. 거세한우의 경우도 6개월령을 제외하고는 IIW형 근섬유의 비율이 가장 많았고, 다음에 IR형 그리고 IIR형의 순서로 비율이 작았다. 근섬유 비율은 24개월령까지 성장함에 따라 IR형과 IIR형 근섬유 비율은 감소한 반면 IIW형 근섬유 비율은 증가하는 경향을 나타냈다. 거세 한우의 근섬유 직경과 면적의 변화에서도 비거세 한우와 유사한 경향을 나타내었다. 면적대비 근섬유 조성 비율의 변화에서도 성장월령이 증가함에 따라 IR형과 IIR형의 비율은 감소하는 경향을 나타내는 반면에 IIW형 근섬유는 증가하는 경향을 나타냈다.

성장월령에 따른 등심근의 투과형 전자현미경 사진에서는 비거세우와 거세우의 미세조직 변화가 유사한 경향이였다. 6개월령 등심근은 근섬유내 미세조직의 발달이 완전하지 못했으나, 14개월령을 거쳐 18개월령에서 더욱 발달된 근섬유와 함께 근육내 미세구조가 전체적으로 형성되었다. 24개월령과 30개월령 등심근은 18개월령과 유사한 경향이였으나, 더욱 명확하게 발달된 미세구조들을 나타내었다.

## 제5절. 인용문헌

- Ando, N. 1955. Chemical study on the beef of Korean cattle. *Memoirs of the faculty of agriculture.* 1(1):3.
- A.O.A.C. 1990. *Official methods of analysis (15th Ed.)* Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C.
- Ashmore, C. R., Tompkins, G. and Doerr, L. 1972. Postnatal development of muscle fiber types in domestic animals. *J. Anim. Sci.* 34:37.
- Bailey, C. M., Probert, C.L., Richardson, P., Bohman, V.R. and Chancerelle, J. 1996. Quality factors of longissimus dorsi of young bulls and steers. *J. Animal Sci.* 25(Supplement) : 504.
- Berg, R. T. and Butterfield, R. M. 1968. Growth pattern of bovine muscle, fat and bone. *J. Anim. Sci.* 27:611.
- Brandstetter, A. M., Picard, B. and Geay, Y. 1998 a. Muscle fiber characteristics in four muscles of growing bulls. 1. Postnatal differentiation. *Livestock Production Sci.* 53:15
- Brandstetter, A. M., Picard, B. and Geay, Y. 1998 b. Muscle fiber characteristics in four muscles of growing male cattle. II. Effect of castration and feeding level. *Livestock Production Sci.* 53:25.
- Calkins, C. R., Dutson, T. R., Smith, G. C., Carpenter, Z. L. and Davies, G. W. 1981. Relationship of fiber type composition to marbling and tenderness of bovine muscle. *J. Food Sci.* 46:708.
- Callow, E. H. 1961. Comparative studies of meat. VII. A comparison between Hereford, Dairy Shorthorn, and Friesian steers on four levels of nutrition. *J. Anim. Sci.* 56:265.
- Chang, M. U., Arai, K., Doi, Y. and Yora, K. 1976. Morphology and intercellular appearance of orchid fleck virus. *Ann. Phytopath. Soc. Japan.* 42:156.
- Johnston, D. M., Moody, W. G., Boling, J. A. and Bradley, N. W. 1981. Influence of breed type, sex, feeding system and muscle bundle size on bovine fibre type characteristics. *J. Food Sci.* 46:1760.
- Khan, M. A. 1976. Histochemical characteristics of vertebrate striated muscle: A review. *Progress in Histochem. and Cytochem.* 8:1.
- May, M. L., Dikeman, M. E. and Schalles, R. 1977. Longissimus muscle histological characteristics of Simmental x Angus, Hereford x Angus and Limousin x Angus crossbred steers as related to carcass composition and meat

- palatability traits. *J. Anim. Sci.* 44:571.
- Miller, W. M. and Harrison, D. L. 1965. Effect of marination in sodium hexametaphosphate solution on the palatability of loin steaks. *Food Technol.* 19:94.
- Ockerman, H. W., Jaworek, D., VanStavern, B., Parrett, N. and Pierson, C.J. 1984. Castration and sire effect on carcass traits, meat palatability and muscle fiber characteristics in Angus cattle. *J. Anim. Sci.* 59:981.
- Picard, B., Robelin, J. and Geay, Y. 1995. Influence of castration and postnatal energy restriction on the contractile and metabolic characteristics of bovine muscle. *Ann. Zootech.* 44:347.
- SAS. 1980a. SAS Procedures Guide for Personal computers, Version 6 Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- SAS. 1980b. SAS/STAT Guide for Personal computers, Version 6 Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Seideman, S. C. and Crouse, J. D. 1986. The effect of sex condition, genotype and diet on bovine muscle fiber characteristics. *Meat Sci.* 17:55.
- Seideman, S. C., Crouse, J. D. and Cross, H. R. 1986. The effect of sex condition and growth implant on bovine muscle fibre characteristics. *Meat Sci.* 17:79.
- Spindler, A. A., Mathias, M. M. and Cramer, D. A. 1980. Growth changes in bovine muscle fibre types as influenced by breed and sex. *J. Food Sci.* 45:29.
- 岩元久雄, 尾野喜孝, 後藤貴文, 四村正太郎, 中西良孝, 梅津項三郎, 高原齊. 1991. 黒毛和種, 褐毛和種およびホルスタイン種の去勢雄 牛間での筋纖維型 構成關する比較檢討. *日畜會報.* 62:674.
- 강수원, 정연후, 송용석, 김용곤, 임석기. 1995. 비육기간이 한우 육성 비육우 부분육 생산 및 육질 특성에 미치는 영향. *한영사지.* 19(1):69.
- 김대곤, 정근기, 성삼경, 최창본, 김성겸, 김덕영, 최봉재. 1996. 거세가 한우 및 홀스타인 비육우 도체의 이화학적 특성에 미치는 영향. *한축지.* 38:239.
- 김용곤. 1998. 한우 비육시 성장월령 및 사료급여방법에 따른 체조직 및 육질특성 변화에 관한 연구. 박사학위논문. 경상대학교.
- 백봉현, 김용곤, 신기준, 이근상, 김강식. 1989. 한우수소, 거세 및 암소육성비육시 육 생산성과 사료 이용성에 관한 연구. *농시논문집(축산).* 31(4):1.
- 송만강, 최양일. 1994. 사료급여방법, YELLOW GREASE 첨가 및 사육기간이 비거세 한우의 도체특성 및 육질에 미치는 효과. *한영사지.* 18(1):30.
- 축산물등급판정소. 1999. 축산물등급제. 축협중앙회.

한국표준가축사료 급여기준(한우). 1992. 축산기술연구소. p. 182.

홍성구, 백봉현, 강희설, 조원모. 1996a. 거세한우에 대한 제한급여 수준과 출하체중이 비육능력 및 육질에 미치는 효과. 한축지. 38(3):215.

홍성구, 백봉현, 이병석, 조원모, 강희설, 이종문. 1996b. 한우의 출하체중과 거세가 비육능력 및 육질에 미치는 영향. 농시논문집(축산). 38(1):705.

## 제5장 한우 개량 체계 simulation 모형 개발과 개량 체계 비교 연구

### 제1절 서론

가축을 개량하기 위한 육종 체계는 많은 시간과 인력 그리고 비용이 들어가는 아주 복잡한 시스템이다. 성공적으로 육종목표를 달성하기 위해서는 축군을 수용할 사육시설, 자본 및 인력 등 주변 여건뿐만 아니라 가축집단에 대한 정확한 특성의 파악과 장기적 안목에서 수립된 육종계획이 필요하다. 대상 축군과 유사한 특성을 가지는 기초축군을 컴퓨터를 이용한 모의실험을 통하여 생성하고, 생성된 축군을 여러 가지 방법에 의해 교배와 선발을 수행해 봄으로써 긴 세월이 소요되거나 현실적으로 실험이 불가능한 경우에 육종계획에 필요한 정보를 얻을 수 있으며 육종목표에 가장 빠르게 접근할 수 있고 경제적인 방법을 찾아낼 수 있을 것이다.

본 연구는 한우 집단의 다양한 가축 육종 체계 및 선발방법들간의 상호 비교 할 수 있도록 모의실험 모형을 개발하고, 개발된 모형의 적정성을 확인하기 위하여 모의실험 프로그램을 실행하여 얻어진 자료가 모의실험 입력모수와 일치하는가를 검증하기 위하여 수행되었다.

또한 개발된 모형을 가지고 한우 개량 체계의 효율성 제고를 위한, 기존 후대검정 체계와 후대 검정을 생략하기 위하여 초음파 측정기술을 도입한 개체 능력검정 체계를 비교하고 이의 경제성을 분석하였다.

### 제2절 모의실험을 위한 모형의 개발

#### 1. 기초축군 모형

기초축군의 개체생성에 상가적모형(additive genetic model)을 적용하였으며, 각 개체는 혈연관계가 없고 무한히 큰 모집단에서 표본추출 되었다고 가정하였다. 년도, 계절, 성 등, 고정효과는 모형에 포함하지 않았다(Sorensen and Kennedy, 1984a, b; Belonsky and Kennedy, 1988).

모의실험에 의해 생성되는 기초축군 내 각 개체의 형질의 표현형가는 다음과 같이 표

현된다.

$$y_{ij} = \mu_i + a_{ij} + e_{ij}$$

여기서  $y_{ij}$ 는  $i$ 번째 형질의  $j$ 번째 개체의 표현형가,

$\mu_i$ 는  $i$ 번째 형질의 기초집단 평균,

$a_{ij}$ 는  $i$ 번째 형질의  $j$ 번째 개체의 상가적 유전효과,

$e_{ij}$ 는  $i$ 번째 형질의  $j$ 번째 개체의 잔여오차이고,

$a_i \sim N(0, \sigma_{a_i}^2)$ ,  $e_i \sim N(0, \sigma_{e_i}^2)$ ,  $\text{COV}(a_i, e_i) = 0$ 으로 가정하였다.

$\mathbf{A}$ ,  $\mathbf{E}$ 를 각각 기초집단의 형질간 상가적 유전효과와 잔여오차의 분산 및 공분산 행렬이라고 하고 이들이 양정치 행렬(positive definite)이면 Cholesky decomposition에 의해 다음 식이 성립한다.

$$\mathbf{A} = \mathbf{L}_A \mathbf{L}_A^T, \quad \mathbf{E} = \mathbf{L}_E \mathbf{L}_E^T$$

여기서  $\mathbf{A}$ 는 기초집단의 형질간 상가적 유전효과 분산 및 공분산 행렬,

$\mathbf{E}$ 는 기초집단의 형질간 상가적 유전효과 분산 및 공분산 행렬,

$\mathbf{L}_A$ ,  $\mathbf{L}_E$ 는 하삼각행렬이고,  $\mathbf{L}_A^T$ ,  $\mathbf{L}_E^T$ 는 그 전치행렬이다.

생성된 기초집단의 형질간 상가적 유전효과와 잔여오차의 분산 및 공분산 값이  $\mathbf{A}$ 와  $\mathbf{E}$ 가 되도록 하기 위해, 다음과 같이 형질수( $n$ ) 만큼 요소(element)를 가지는 정규분포 난수 열벡터  $\mathbf{r}_{ai}$ ,  $\mathbf{r}_{ei}$ 를 행렬  $\mathbf{L}_A^T$ 와  $\mathbf{L}_E^T$ 에 곱하여 각 개체의 형질들의 상가적 유전효과와 잔여오차를 나타내는 열벡터  $\mathbf{a}_i$ ,  $\mathbf{e}_i$  값을 구하였다.

$$\mathbf{a}_i = \mathbf{r}_{a_i} \mathbf{L}_A^T, \quad \mathbf{e}_i = \mathbf{r}_{e_i} \mathbf{L}_E^T$$

여기서  $\mathbf{a}_i$ ,  $\mathbf{e}_i$ 는  $i$ 번째 형질의 상가적 유전효과 및 잔여오차 벡터,

$\mathbf{r}_{a_i}$ ,  $\mathbf{r}_{e_i}$ 는  $i$ 번째 형질의 정규분포 난수 벡터이다.

## 2. 자손 모형

자손의 상가적 유전효과는 부모의 상가적 유전효과 평균에 멘델리안 샘플링 (Mendelian sampling)을 더한 값이다(Kennedy, 1995; Belovsky와 Kennedy, 1988).

$$a_{o_{ij}} = \frac{1}{2}(a_{s_{ij}} + a_{d_{ij}}) + ms_{s_{ij}} + ms_{d_{ij}}$$

$$y_{ij} = \mu_i + a_{o_{ij}} + e_{ij}$$

여기서  $y_{ij}$ 는  $i$ 번째 형질의  $j$ 번째 개체의 표현형가,

$\mu_i$ 는  $i$ 번째 형질의 기초집단 평균,

$a_{s_{ij}}$ 는  $i$ 번째 형질의  $j$ 번째 개체의 아버지의 상가적 유전효과,

$a_{d_{ij}}$ 는  $i$ 번째 형질의  $j$ 번째 개체의 어미의 상가적 유전효과,

$a_{o_{ij}}$ 는  $i$ 번째 형질의  $j$ 번째 개체의 상가적 유전효과,

$e_{ij}$ 는  $i$ 번째 형질의  $j$ 번째 개체의 잔여오차이다.,

$ms_{s_{ij}}$ 는  $i$ 번째 형질의  $j$ 번째 개체의 아버로부터 기인하는 멘델리안

샘플링,

$ms_{d_{ij}}$ 는  $i$ 번째 형질의  $j$ 번째 개체의 어미로부터 기인하는 멘델리안 샘플링이다.

멘델리안 샘플링은 선발의 영향을 받지 않고 부모의 상가적 유전효과  $a_{s_{ij}}$ ,  $a_{d_{ij}}$ 에 독립이며, 기초집단의 형질간 상가적 유전효과의 분산 및 공분산행렬이  $\mathbf{A}$ 이면 부모의 멘델리안 샘플링의 분산 및 공분산 행렬  $\mathbf{A}_S$ ,  $\mathbf{A}_D$ 는 다음과 같다(Kennedy, 1995).

$$\mathbf{A}_S = \frac{1}{4} \mathbf{A}(1 - F_S), \quad \mathbf{A}_D = \frac{1}{4} \mathbf{A}(1 - F_D)$$

여기서  $\mathbf{A}_S$ ,  $\mathbf{A}_D$ 는 부모의 멘델리안 샘플링의 분산 및 공분산 행렬,

$F_S$ ,  $F_D$ 는 부모의 근교계수이다.

$\mathbf{A}_S$ ,  $\mathbf{A}_D$ 가 양정치 행렬(positive definite)이면 Cholesky decomposition에 의해 다음 식이 성립한다.

$$\mathbf{A}_S = \mathbf{L}_S \mathbf{L}_S^T, \quad \mathbf{A}_D = \mathbf{L}_D \mathbf{L}_D^T$$

생성된 개체들의 형질간의 부모의 멘델리안 샘플링의 분산 및 공분산 값이  $\hat{\mathbf{A}}_S$ ,  $\hat{\mathbf{A}}_D$ 가 되도록 하기 위해 다음과 같이  $\mathbf{L}_S^T$ 와  $\mathbf{L}_D^T$ 에 형질수만큼 요소를 가지는 정규분포 난수 행벡터  $\mathbf{r}_{as_i}$ ,  $\mathbf{r}_{ad_i}$ 를 곱하여 각 개체 부모의 멘델리안 샘플링을 나타내는 열벡터  $\mathbf{ms}_{s_i}$ ,  $\mathbf{ms}_{d_i}$  값을 구하였다.

$$\mathbf{ms}_{s_i} = \mathbf{r}_{as_i} \mathbf{L}_S^T, \quad \mathbf{ms}_{d_i} = \mathbf{r}_{ad_i} \mathbf{L}_D^T$$



여기서  $ms_{s_i}$ ,  $ms_{d_i}$ 는  $i$ 번째 형질의 부모의 멘델리안 샘플링 벡터,

$r_{as_i}$ ,  $r_{ad_i}$ 는  $i$ 번째 형질의 정규분포 난수 벡터이다.

### 3. 모의실험 프로그램 작성

#### 가. 프로그램 흐름도

모의실험을 위한 프로그램의 처리 흐름도는 Fig. 1과 같으며, 다음과 같은 과정을 수행한다.

- ① 입력한 모의실험 모수를 읽는다.
- ② 난수 초기값(seed)을 사용하여 난수 발생기를 초기화시킨다.
- ③ 현재일자를 시작일자로 설정한다.
- ④ 기초축군을 생성한다.
- ⑤ 종빈우들 중에서 교배 가능한 개체들을 종모우들과 임의교배를 실시한다.
- ⑥ 현재일자를 하루 증가시킨다.
- ⑦ 현재날짜가 12월 31일이면 평가대상이 되는 개체(육성우)에 대해 평가를 실시하여 평가 순위에 의해 종모우 및 종빈우로 선발한다. 현재날짜가 12월 31일에 도달하지 못했으면 위 ⑤번으로 가서 교배를 반복한다.

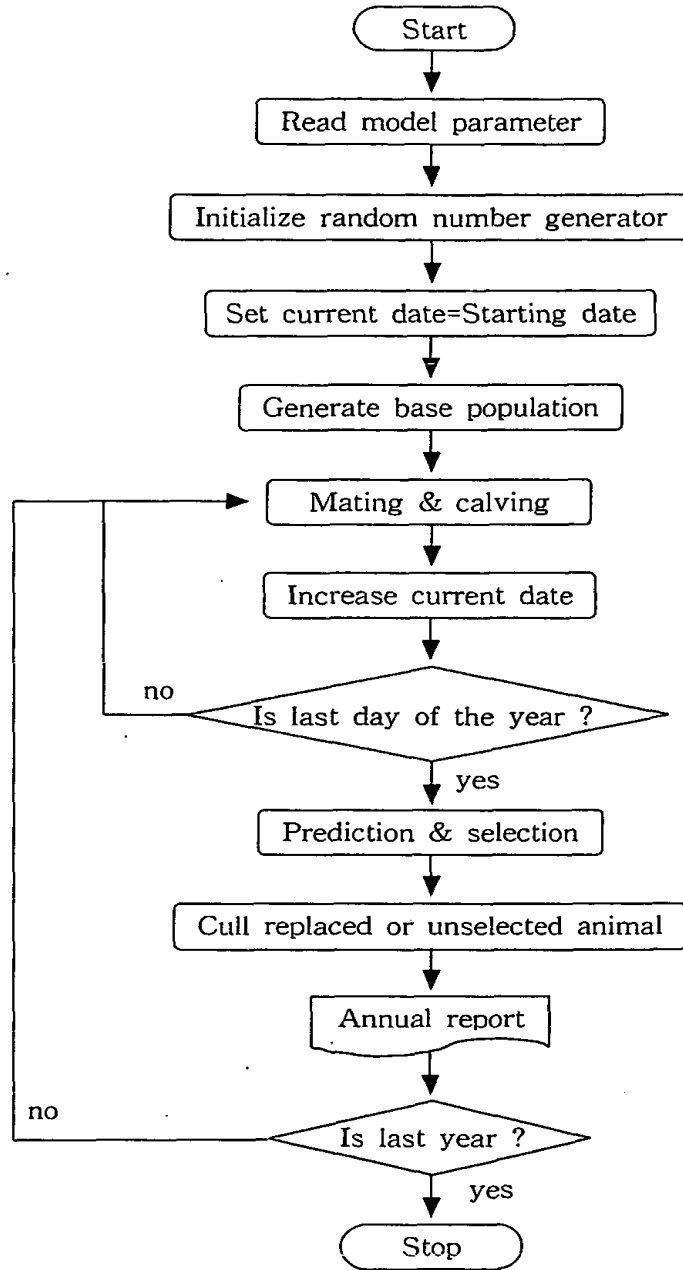


Fig. 34. Flow chart of simulation process

- ⑧ 기존 종모우와 종빈우를 새로 편입할 개체로 교체한다.
- ⑨ 종모우, 종빈우, 평가개체에 대한 자료를 출력한다.

- ⑩ 현재날짜가 종료일자이면 프로그램을 마치고, 종료일자에 도달하지 못했으면 위 ⑤번으로 간다.
- ⑪ 위 과정을 서로 다른 난수 초기값을 사용해서 주어진 반복횟수만큼 실행한다.

나. 모의실험을 위한 모수

- ① 모델명: 모의실험 모형의 명칭.
- ② 시작일자, 종료일자: 모의실험은 시작일자에서 출발하여 종료일자가 되면 일련의 과정을 마치게 된다.
- ③ 난수초기값: 난수초기값은 난수발생기를 초기화하기 위한 seed.
- ④ 증빈우 교체율: 매년 새로운 개체로 교체하는 증빈우의 비율(%).
- ⑤ 반복회수: 난수 값을 달리해서 반복실험 할 횟수.
- ⑥ 육성을: 송아지부터 육성기까지의 생존율.
- ⑦ 연령분포: 기초축군을 생성할 때 종모우, 증빈우, 육성숫소, 육성암소의 수를 결정하는데 사용한다.
- ⑧ 형질: 모의실험에서 다룰 형질의 이름, 기초집단 평균값, 선발할 형질 지정 등으로 구성된다.
- ⑨ 분산 및 공분산 행렬: 생성할 기초축군의 상가적 유전효과의 분산 및 공분산행렬과 잔여오차의 분산 및 공분산행렬로 구분한다.

다. 기초축군 생성

기초축군을 생성하는 절차는 다음과 같다.

- ① 기초축군 생성에 필요한 자료를 읽는다.
- ② 난수발생기를 주어진 seed를 사용하여 초기화한다.
- ③ 상가적 유전효과 및 잔여오차의 분산 및 공분산 행렬 A, E를 Cholesky decomposition한다.
- ④ 연령분포에 따라 생성할 개체의 수만큼 다음 과정을 반복 실행하여 개체를 생성

한다.

- 개체 ID는 1부터 시작하여 생성순서에 따라 일련번호를 붙인다. 기초축군의 아버지와 어미의 ID는 모두 0으로 기록한다.
- 개체모형에 따라 개체의 상가적 유전효과 및 잔여오차를 구하고 평균값에 이를 더하여 표현형가를 계산하고, 각 형질별로 상가적 유전효과(TBV)와 표현형가를 기록한다.
- 주어진 성별 연령분포자료에 따라 개체의 성을 결정하여 기록한다.
- 생년월일을 결정하여 기록한다. 모의실험 시작일자를 기준으로 목표하는 연령이 되도록 다음과 같은 계산방법을 사용한다. 계산은 날짜 연산 함수에 의해 수행되며, 모든 날짜는 Julian date(1900년 1월 1일을 기점으로 경과된 날 수)로 변환되어 계산된 후 다시 년-월-일 포맷으로 표시된다.

$$\text{생년월일} = \text{시작일자} - \text{목표연령} \times 365 - \text{RND} \times 365$$

여기서 RND는 0이상 1 미만 범위에서 균일분포(uniform distribution)

하는 난수이고, 생년월일 및 시작일자는 Julian date이다.

- 종빈우인 경우 산차, 최근분만일(Y)을 계산하여 기록한다.

$$Y = \text{개체의 생년월일} + \text{초산일령}(809\text{일})$$

Y가 모의실험 시작일자보다 크면 초산일령에 도달하지 못한 것이므로 산차를 0으로 기록하고 계산을 마친다.

Y가 모의실험 시작일자보다 작으면 최근 분만일을 Y로, 산차를 1로 설정한다. 초산일로부터 383일 주기로 정상발정으로 분만한 것으로 보고 다음 계산과정을 수행한다.

①  $Y = Y + 383$

② Y가 모의실험 시작일자보다 크면 최근 분만일과 산차를 기록하고 계산을 마친다.

③ Y가 모의실험 시작일자보다 작으면 최근 분만일을 Y로 설정하고 산차를 하나 증가시킨다.

④ 조건 ②에 도달할 때까지 ①~③ 과정을 반복한다.

라. 교배

축군 내 각 종빈우를 검사하여 다음 조건에 맞는 종빈우는 교배를 실시한다.

- ① 미경산우: 산차가 0이고, 일령이 809일 이상인 경우.
- ② 경산우: 산차가 1 이상이고, 현재일자가 최근 분만일로부터 383일을 경과한 경우.

교배 절차는 다음과 같다.

- ① 대상 종빈우와 교배할 종모우를 결정한다. 종모우 개체 선정은 축군 내 종모우 중에서 임의로 선정한다.
- ② 분만할 송아지의 ID는 순차적으로 부여한다.
- ③ 송아지의 육종가와 표현형가를 계산하고, 근교계수를 계산한다.
- ④ 분만할 송아지의 성을 결정한다.
- ⑤ 종빈우의 분만일자를 송아지의 생년월일로 한다.
- ⑥ 송아지를 분만한 종빈우의 최근분만일을 수정하고, 산차를 1 증가시킨다.

마. 개체 육종가 추정

1) 추정모형 및 도구

개체의 육종가를 추정하기 위하여 다음과 같이 단형질 개체모형을 이용하였다.

$$\mathbf{y} = \mathbf{I}\boldsymbol{\mu} + \mathbf{Z}\mathbf{u} + \mathbf{e}$$

여기서,  $\mathbf{y}$  : 형질의 관측치 벡터,

$\boldsymbol{\mu}$  : 형질의 평균 벡터,

$\mathbf{Z}$  : 개체의 incidence matrix,

$\mathbf{u}$  : 개체효과 벡터  $\sim N(0, \mathbf{I}\sigma_a^2)$ ,

$\mathbf{e}$  : 잔여오차 벡터  $\sim N(0, \mathbf{I}\sigma_e^2)$ 이고

$\mathbf{I}$  : 항등행렬(Identify matrix)

$E(\mathbf{y}) = \mathbf{I}\boldsymbol{\mu}$ ,  $COV(\boldsymbol{\mu}, \mathbf{e}) = 0$ 으로 가정하였다.

육종가 추정은 MTDFREML(Multiple Trait Derivative-Free Restricted Maximum Likelihood) Package(Boldman 등, 1995)를 사용하였다. MTDFREML

의 실행방법 중 주어진 자료에 의해 추정된 상가적 유전효과 및 잔여오차의 분산 및 공분산을 추정하여 유전력을 구하고 그 결과에 의해 개체의 육종가를 추정하는 방법(option 1)과 알려져 있는 상가적 유전효과 및 잔여오차의 분산 및 공분산을 모수로 주고 개체의 육종가를 추정하는 방법(option 2)이 있는데, 본 연구에서는 기초집단의 크기가 작아 표본추출오차로 인하여 상가적 유전효과 및 잔여오차의 분산 및 공분산 값의 추정치에 변이가 심하여(Koots와 Gibson, 1996) 기초축군의 상가적 유전효과 및 잔여오차의 분산 및 공분산을 사용하여 option 2 방법에 의해 개체의 육종가를 추정하였다.

## 2) 평가 대상 및 절차

새로 종모우와 종빈우로 편입할 육성우의 평가는 매년 12월 31일에 실시한다.

- ① 자료파일의 생성: 대상개체의 기록을 사용하여 혈통 자료파일과 형질 관측치 자료파일을 만든다.
- ② MTDFREML의 option 2 방법을 사용하여 각 형질의 평균, 개체별 육종가를 추정한다.
- ③ 개체의 추정 육종가(EBV)를 읽어 개체 레코드에 기록한다.

## 3) 선발

### 가) 선발 시기 및 대상

번식에 사용할 종모우와 종빈우의 선발은 매년 12월 31일에 개체 평가 후 실시한다.

평가대상 육성우 중에서 선발하되, 종모우는 매년 모두 육성우에서 새로 선발된 개체들로 대체된다. 종빈우는 기초자료에 주어진 교체율만큼 육성우에서 선발하여 기존 종빈우를 대체하며, 기존 종빈우 중 나이가 많은 순서대로 새로 교체된 종빈우 수만큼 도태시켜 종빈우의 수를 일정하게 유지시킨다. 선발대상 육성우 중에서 선발되지 않은 개체는 도태한다.

### 나) 선발방법

- ① 임의 선발: 균일분포 난수를 사용하여 선발대상 육성우 중에서 필요한 수만큼 임의로 골라낸다. 따라서 개체의 육종가나 표현형가 등 개체기록은 선발에 전혀 이용되지 않는다.

- ② 표현형 선발: 선발대상 육성우 개체들을 형질의 표현형가 크기 순으로 나열한 다음 가장 큰 값을 가진 개체부터 필요한 수만큼 선발한다.
- ③ 추정 육종가에 의한 선발: 선발대상 육성우의 개체들을 MTDFREML 프로그램에 의해 평가된 추정 육종가(EBV; estimated breeding value) 크기 순으로 나열한 다음 가장 큰 값을 가진 개체부터 필요한 수만큼 선발한다.
- ④ 육종가에 의한 선발: 선발대상 육성우의 개체들을 개체 자료에 기록된 육종가(TBV; true breeding value) 크기 순으로 나열한 다음 가장 큰 값을 가진 개체부터 필요한 수만큼 선발한다.

#### 4. 프로그램의 개발 및 운영환경

한우 모의실험 프로그램은 Microsoft Windows98 운영체제에서 Microsoft Visual Basic 6.0을 사용하여 개발하였고, 프로그램은 실행파일로 compile되어 독립된 package로 만들어진다. 프로그램은 Microsoft Windows98 또는 그 상위 운영체제에서 설치하고 사용할 수 있다.

#### 5. 프로그램의 검증실험

모의실험의 입력값으로 주어진 형질의 평균값 및 분산, 공분산 등 모의실험 모수와 이를 사용하여 생성된 기초축군의 자료는 같은 특성을 가져야 한다. 그리고 임의교배에 의해 생성된 자료는 세대가 진행됨에 따라 근교계수가 증가하고 이로 인해 집단내 분산은 감소한다(Kennedy 1995). 또 유전적 부동으로 인해 집단의 평균이 변동하며, 집단간 분산은 증가하게 된다. 모의실험 모형이 이러한 특성을 정확하게 표현하는지 확인하기 위해 다음과 같은 조건을 부여하여 모의실험을 실시하였다.

##### 가. 모의실험 모수

모의실험에 사용한 형질은 12개월령 체중(BW12), 18개월령 체중(BW18), 초음파 생체측정 배장근단면적(LMAU), 도체측정 배장근단면적(LMAC), 초음파 생체측정 근내지방도(MSU), 도체측정 근내지방도(MSC) 등 6개 형질로 평균, 상가적 유전효과의 분산 및 공분산 그리고 잔여오차의 분산 및 공분산 등 실험에 사용한 유전모수는 박(1999)이 1986~1996년(2~22차 검정) 사이의 한우개량사업소 당대검정우 및 후대검정우 자료를 분석하여 얻은 유전력, 유전상관, 표현형상관 추정치와, Sihm & Park(1990)의 유전상관 및 표현형상관을 사용하여 계산하였다.

Table 1은 모의실험에 사용할 형질들의 이름, 평균, 유전력, 상가적 유전효과 및 잔여 오차에 대한 표준편차 및 상대적 변이(relative variation)를 나타낸 것이며, Table 2, 3은 모의실험에 사용할 형질들의 상가적 유전효과 및 잔여오차에 대한 분산 및 공분산 값을 나타낸 것이다. 아직 초음파측정 형질에 대한 유전모수가 추정된 연구결과가 없으므로, 모의실험 대상 형질 중 도체측정 배장근단면적(LMAC)과 초음파측정 배장근단면적(LMAU), 그리고 도체측정 근내지방도(MSC)와 초음파측정 근내지방도(MSU)의 평균과 분산 및 공분산 값은 같은 것으로 가정하였고, LMAC와 LMAU의 상관을 0.8로, MSC와 MSU의 상관을 0.6으로 가정하였다.

Table 42. Means, standard deviations and relative variations of traits for simulation

Trait*	Mean	Heritability	Additive genetic effect		Residual error	
			SD	RV(%)**	SD	RV(%)
WT12(kg)	288.0	0.417	19.21	6.67	22.73	7.89
WT18(kg)	460.8	0.283	22.73	4.93	36.15	7.85
LMAU(cm <sup>2</sup> )	80.3	0.321	4.82	6.00	7.00	8.72
LMAC(cm <sup>2</sup> )	80.3	0.321	4.82	6.00	7.00	8.72
MSU	1.58	0.309	0.41	26.10	0.62	39.02
MSC	1.58	0.309	0.41	26.10	0.62	39.02

\*BW12 and BW18 : body weight at 12 months and 18 months of age

LMAC : *longissimus* muscle area measured from carcass

LMAU : *longissimus* muscle area measured by ultrasound scanning from live cattle

MSC : marbling score measured from carcass

MSU : marbling score measured by ultrasound scanning from live cattle

\*\*Relative variation; SD/(phenotypic mean)×100



Table 43. Additive genetic variances and covariances of traits for simulation

Trait	WT12	WT18	LMAC	LMAU	MSC	MSU
WT12	369.15	366.842 (0.84)	0.926 (0.01)	0.926 (0.01)	-0.079 (-0.01)	-0.079 (0.01)
WT18		516.650	24.091 (0.22)	24.091 (0.22)	0.094 (0.01)	0.094 (0.01)
LMAC			23.210	18.568* (0.80)	0.000 (0.00)	0.000 (0.00)
LMAU				23.210	0.000 (0.00)	0.000 (0.00)
MSC					0.170	0.102** (0.60)
MSU						0.170

\*Assumed that LMAC/LMAU correlation = 0.8

\*\*Assumed that MSC/MSU correlation = 0.6

Values in parentheses are coefficients of additive genetic correlation

Table 44. Residual error variances and covariances of traits for simulation

Trait	WT12	WT18	LMAC	LMAU	MSC	MSU
WT12	516.65	624.53 (0.78)	82.541 (0.33)	82.541 (0.33)	2.507 (0.11)	2.507 (0.11)
WT18		1,307.03	168.253 (0.53)	168.253 (0.53)	4.340 (0.14)	4.340 (0.14)
LMAC			49.010	39.208* (0.80)	0.126 (0.02)	0.126 (0.02)
LMAU				49.010	0.126 (0.02)	0.126 (0.02)
MSC					0.380	0.228** (0.60)
MSU						0.380

\*Assumed that LMAC/LMAU correlation = 0.8

\*\*Assumed that MSC/MSU correlation = 0.6

Values in parentheses are coefficients of residual error correlation

## 나. 시험방법

모의실험에 의해 생성된 기초집단 및 임의교배에 의해 생성된 그 후손들의 통계적 특성이 주어진 모의실험 모수와 일치하는지 확인하기 위해, Table 1, 2, 3과 같이 각 형질들에 대한 입력모수를 부여하였다. 종모우가 각각 10, 100 및 1,000두로 구성되는 G1, G2 및 G3으로 3축군을 설정하고, 종모우 1두당 종빈우 10두 비율을 유지하였다. 종빈우는 나이가 많은 순으로 매년 25% 교체하는 조건을 부여하였고, 송아지 육성은 95%로 설정하였다. 주어진 조건에 따라 기초축군을 생성하고, 20년간 임의교배하여 자료를 생성하였다.

## 다. 조사항목

평균, 왜도(skewness) 및 첨도(kurtosis) : 각 축군별로 년도별 표현형가, 참육종가(true breeding value) 및 잔여오차(residual error)의 평균; 왜도 및 첨도를 구하고, 전체 년도에 대해 평균과 표준오차를 구하였다.

분산 및 공분산 : 각 축군별로 연도별 상가적 유전효과 및 잔여오차에 대한 분산 및 공분산 값을 구하고, 전체 년도에 대해 평균과 표준오차를 구하였다.

근교계수 : 개체의 근교계수를 구하고 각 축군의 년도별 평균값을 계산하였다.

## 6. 결과 및 고찰

Table 1~3에 제시한 모수들을 사용하며, 종모우가 10, 100, 1,000두로 구성되는 3축군을 구성하고, 종모우 1두당 종빈우 10두 비율로 하며, 종빈우는 매년 25% 교체하는 조건을 부여하여 기초축군을 생성하고, 20년간 임의교배하여, 년도별로 표현형가, 상가적 유전자형가 및 잔여오차의 평균, 왜도(skewness) 및 첨도(kurtosis)를 구하였으며, 이들 통계량의 20년 전체 추정치의 평균 및 표준오차를 구한 결과는 Table 4와 같다.

각 형질의 표현형, 상가적 유전효과 및 잔여오차의 평균, 왜도 및 첨도의 추정치는 모든 축군에서 입력모수와 비슷하였으며, 축군의 규모가 클수록 입력모수에 보다 근접한 결과를 보였고, 표준오차 추정치는 축군의 규모가 클수록 작아지는 경향을 보이고 있는데, 평균, 왜도 및 첨도의 추정 표준오차가 작은 축군에 크게 나타나는 것은 표본추출 오차(sampling error)로부터 기인한 것으로 보인다. 김 등(1994)은 표본의 평균이나

분산은 모집단 전체를 조사한 것이 아니기 때문에 모집단과 차이가 있을 수 있는데, 모집단으로부터 무작위로 얻은 표본이라도 표본의 크기에 따라 정보의 편의가 존재하게 된다고 하였다.

도체 측정한 형질과 초음파 생체측정한 형질의 평균값은 같은 것으로 가정하였는데, Table 4의 결과도 이런 가정과 부합하였다.

Table 5와 6은 각 축군의 년도별로 상가적 유전효과 및 잔여오차의 분산 및 공분산 추정치 평균 및 표준오차를 나타낸 것이며, 잔여오차의 분산 및 공분산 추정치는 모의실험 모수(Table 2, 3)와 잘 일치하고 있으며, 축군의 규모가 작을 때, 추정치의 오차가 커지고, 표준오차가 큰 경향은 평균값 추정치와 같은 경향으로 역시 표본추출오차에 의한 것으로 보인다. 그러나 상가적 유전효과의 분산 추정치는 축군의 크기가 작을수록 작아지는 경향을 보이는 데, 이는 축군의 크기가 작을수록 근교계수의 증가가 빠르게 일어나고, 그에 따라 유전분산의 감소가 나타나기 때문으로 보이며, 본 연구에서 모의 실험 기간이 20년이므로 충분히 영향을 받을 수 있을 것으로 보인다.

Table 45. Estimates of mean, skewness and kurtosis of the random mated populations generated by simulation

Trait	Group*	Phenotype			Additive genetic effect			Residual error		
		Mean	Skew.	Kurt.	Mean	Skew.	Kurt.	Mean	Skew.	Kurt.
BW12 (kg)	G1	286.8 (3.23)	0.09 (0.25)	-0.02 (0.37)	-0.27 (3.17)	0.09 (0.28)	0.15 (0.57)	-0.91 (2.16)	0.08 (0.22)	0.08 (0.49)
	G2	288.8 (1.40)	-0.02 (0.09)	0.02 (0.17)	1.00 (1.01)	0.02 (0.09)	0.00 (0.16)	-0.18 (0.69)	0.02 (0.11)	0.03 (0.23)
	G3	288.2 (0.51)	0.00 (0.03)	-0.01 (0.04)	0.17 (0.39)	0.00 (0.03)	0.00 (0.05)	0.05 (0.25)	0.01 (0.03)	-0.02 (0.06)
BW18 (kg)	G1	457.4 (4.17)	0.02 (0.28)	0.16 (0.47)	-2.21 (3.49)	-0.02 (0.24)	0.20 (0.72)	-1.20 (3.62)	0.03 (0.24)	0.17 (0.59)
	G2	460.6 (2.00)	-0.01 (0.06)	-0.01 (0.18)	0.36 (1.41)	0.03 (0.10)	-0.06 (0.18)	-0.58 (1.08)	-0.01 (0.09)	0.00 (0.17)
	G3	461.1 (0.63)	0.00 (0.02)	-0.01 (0.05)	0.26 (0.45)	0.00 (0.03)	0.00 (0.05)	0.03 (0.34)	0.01 (0.03)	0.00 (0.05)
LMAC (cm <sup>2</sup> )	G1	79.3 (1.15)	-0.04 (0.27)	-0.15 (0.45)	-0.73 (0.83)	0.01 (0.26)	-0.10 (0.50)	-0.30 (0.67)	-0.01 (0.29)	0.09 (0.42)
	G2	80.2 (0.27)	-0.04 (0.09)	0.03 (0.16)	0.08 (0.27)	-0.02 (0.10)	-0.10 (0.15)	-0.15 (0.21)	-0.02 (0.10)	-0.01 (0.16)
	G3	80.2 (0.15)	0.00 (0.03)	0.01 (0.05)	-0.12 (0.10)	0.01 (0.03)	0.00 (0.05)	0.00 (0.08)	0.00 (0.02)	0.01 (0.06)
LMAU (cm <sup>2</sup> )	G1	79.8 (0.91)	0.00 (0.24)	0.02 (0.36)	-0.18 (0.72)	0.04 (0.19)	-0.31 (0.28)	-0.35 (0.54)	-0.05 (0.25)	0.14 (0.61)
	G2	80.3 (0.32)	-0.01 (0.08)	-0.01 (0.16)	0.13 (0.23)	-0.01 (0.11)	-0.03 (0.15)	-0.11 (0.24)	-0.03 (0.09)	-0.01 (0.13)
	G3	80.2 (0.12)	0.00 (0.03)	-0.01 (0.05)	-0.08 (0.09)	0.00 (0.02)	0.00 (0.05)	-0.01 (0.06)	0.00 (0.03)	-0.01 (0.05)
MSC	G1	1.7 (0.09)	-0.01 (0.29)	-0.06 (0.55)	1.68 (0.08)	0.11 (0.23)	-0.10 (0.46)	0.00 (0.04)	-0.02 (0.31)	0.15 (0.65)
	G2	1.6 (0.03)	0.00 (0.07)	0.00 (0.13)	1.58 (0.02)	0.04 (0.09)	-0.03 (0.17)	-0.01 (0.02)	0.04 (0.08)	-0.02 (0.14)
	G3	1.6 (0.01)	0.01 (0.02)	0.04 (0.06)	1.58 (0.00)	0.01 (0.03)	0.00 (0.04)	0.00 (0.01)	0.02 (0.03)	0.01 (0.06)
MSU	G1	1.7 (0.11)	-0.02 (0.21)	-0.16 (0.43)	1.70 (0.09)	0.02 (0.32)	-0.01 (0.29)	-0.02 (0.06)	-0.01 (0.24)	-0.15 (0.44)
	G2	1.6 (0.02)	0.00 (0.07)	0.02 (0.15)	1.60 (0.02)	0.01 (0.08)	-0.02 (0.12)	0.00 (0.02)	0.00 (0.08)	0.00 (0.13)
	G3	1.6 (0.01)	0.01 (0.03)	0.01 (0.06)	1.58 (0.01)	0.00 (0.03)	-0.02 (0.06)	0.00 (0.01)	0.01 (0.03)	0.01 (0.05)

\*Population group size : G1(sire 10 hds., dam 100hds.), G2(sire 100hds., dam 1,000hds.), G3(sire 1,000hds., dam 10,000hds.)

Values in parentheses are standard error

Table 46. Estimates of additive genetic variance and covariance of the random mated populations generated by simulation

Trait	Group*	BW12	BW18	LMAC	LMAU	MSC	MSU
BW12	G1	351.499 (54.979)	347.960 (63.151)	-1.326 (11.298)	-5.255 (11.171)	-0.561 (0.731)	-0.284 (0.983)
	G2	363.199 (28.169)	364.503 (30.017)	0.780 (3.379)	0.193 (2.696)	-0.199 (0.350)	-0.163 (0.365)
	G3	372.405 (5.209)	369.701 (6.296)	1.028 (0.789)	0.803 (0.675)	-0.113 (0.092)	-0.162 (0.103)
BW18	G1		491.746 (99.518)	19.990 (12.700)	17.658 (13.573)	-0.715 (1.033)	-0.438 (1.233)
	G2		517.104 (35.267)	23.614 (4.073)	22.517 (3.354)	0.027 (0.434)	-0.042 (0.429)
	G3		517.558 (9.217)	23.608 (1.313)	23.521 (1.360)	0.067 (0.086)	0.025 (0.119)
LMAC	G1			22.358 (4.904)	18.294 (4.498)	-0.110 (0.332)	-0.153 (0.252)
	G2			22.369 (0.955)	17.542 (1.006)	0.038 (0.096)	0.024 (0.080)
	G3			23.044 (0.404)	18.529 (0.329)	-0.005 (0.016)	0.009 (0.019)
LMAU	G1				23.171 (4.701)	-0.156 (0.231)	-0.225 (0.213)
	G2				21.984 (1.166)	0.039 (0.097)	0.029 (0.073)
	G3				23.307 (0.399)	-0.003 (0.020)	0.007 (0.017)
MSC	G1					0.175 (0.026)	0.103 (0.023)
	G2					0.174 (0.010)	0.105 (0.006)
	G3					0.169 (0.003)	0.100 (0.000)
MSU	G1						0.168 (0.026)
	G2						0.171 (0.009)
	G3						0.170 (0.002)

\*Population group size : G1(sire 10 hds., dam 100hds.), G2(sire 100hds., dam 1,000hds.), G3(sire 1,000hds., dam 10,000hds.)

Values in parentheses are standard error

Table 47. Estimates of residual error variance and covariance of the random mated populations generated by simulation

Trait	Group*	BW12	BW18	LMAC	LMAU	MSC	MSU
BW12	G1	515.500 (66.872)	623.541 (117.228)	82.059 (21.419)	79.615 (21.152)	2.611 (1.218)	2.586 (1.500)
	G2	513.453 (21.191)	617.527 (28.013)	83.226 (5.568)	81.601 (5.355)	2.385 (0.517)	2.479 (0.612)
	G3	516.476 (9.339)	621.872 (11.418)	81.790 (1.878)	82.045 (2.012)	2.524 (0.197)	2.552 (0.182)
BW18	G1		1312.090 (249.704)	170.387 (35.891)	169.645 (37.476)	4.265 (1.861)	4.416 (2.517)
	G2		1290.550 (45.656)	167.612 (9.878)	165.918 (9.184)	4.085 (0.783)	4.280 (0.971)
	G3		1301.990 (16.578)	166.912 (3.274)	167.091 (3.595)	4.334 (0.321)	4.353 (0.298)
LMAC	G1			50.633 (7.448)	39.655 (7.128)	0.051 (0.476)	0.153 (0.524)
	G2			48.952 (2.252)	39.033 (1.699)	0.105 (0.152)	0.079 (0.174)
	G3			48.707 (0.543)	38.923 (0.567)	0.134 (0.034)	0.128 (0.046)
LMAU	G1				48.990 (7.595)	0.177 (0.408)	0.185 (0.444)
	G2				48.390 (1.349)	0.128 (0.139)	0.086 (0.157)
	G3				48.740 (0.656)	0.124 (0.043)	0.120 (0.042)
MSC	G1					0.372 (0.054)	0.240 (0.037)
	G2					0.378 (0.022)	0.227 (0.018)
	G3					0.381 (0.006)	0.229 (0.005)
MSU	G1						0.405 (0.045)
	G2						0.380 (0.019)
	G3						0.381 (0.006)

\*Population group size : G1(sire 10 hds., dam 100hds.), G2(sire 100hds., dam 1,000hds.), G3(sire 1,000hds., dam 10,000hds.)

Values in parentheses are standard error

Table 7은 초음파측정 배장근단면적(LMAU)과 도체측정 배장근단면적(LMAC), 그리고 초음파측정 근내지방도(MSU)와 도체측정 근내지방도(MSC)간의 표현형가, 상가적 유전효과 및 잔여오차의 상관성이 주어진 모수(배장근단면적 0.8, 근내지방도 0.6)와 잘 일치함을 보여주고 있고, 축군의 크기가 클수록 모수에 근접하고 표준오차가 작아지는 것은 평균, 분산 및 공분산의 경우와 같았다.

Table 48. Estimates of coefficients of correlations between carcass and ultrasound measurements of the random mated populations generated by simulation

Group*	LMAC/LMAU			MSC/MSU		
	Phenotype	Additive genetic effect	Residual error	Phenotype	Additive genetic effect	Residual error
G1	0.797 (0.042)	0.799 (0.046)	0.793 (0.040)	0.633 (0.053)	0.600 (0.075)	0.618 (0.050)
G2	0.799 (0.012)	0.791 (0.014)	0.802 (0.010)	0.602 (0.022)	0.613 (0.016)	0.599 (0.024)
G3	0.799 (0.003)	0.800 (0.004)	0.799 (0.003)	0.599 (0.008)	0.598 (0.008)	0.600 (0.007)

\*Population group size : G1(sire 10 hds., dam 100hds.), G2(sire 100hds., dam 1,000hds.), G3(sire 1,000hds., dam 10,000hds.)

Values in parentheses are standard error

### 제3절. 한우 당대검정 및 후대검정 체계의 비교 모의실험

#### 1. 재료 및 방법

##### 가. 모의실험 설계

##### 1) 모형

한우 개량 체계 모의실험 모형 개발”에서 개발한 모의실험 프로그램을 사용하여, 도체형질의 초음파 생체측정 기술을 도입하여 개체 당대검정으로 성장형질과 동시에 도체형질을 개량하는 체계와, 개체 능력검정으로 성장형질에 대해 후보종모우를 선발하고 후대검정에 의해 도체형질을 개량하는 현행 후대검정 체계간의 비교를 위해 다음과 같이 당대검정 모형(Model I)과 후대검정 모형(Model II)을 설정하였다.

##### 가) Model I

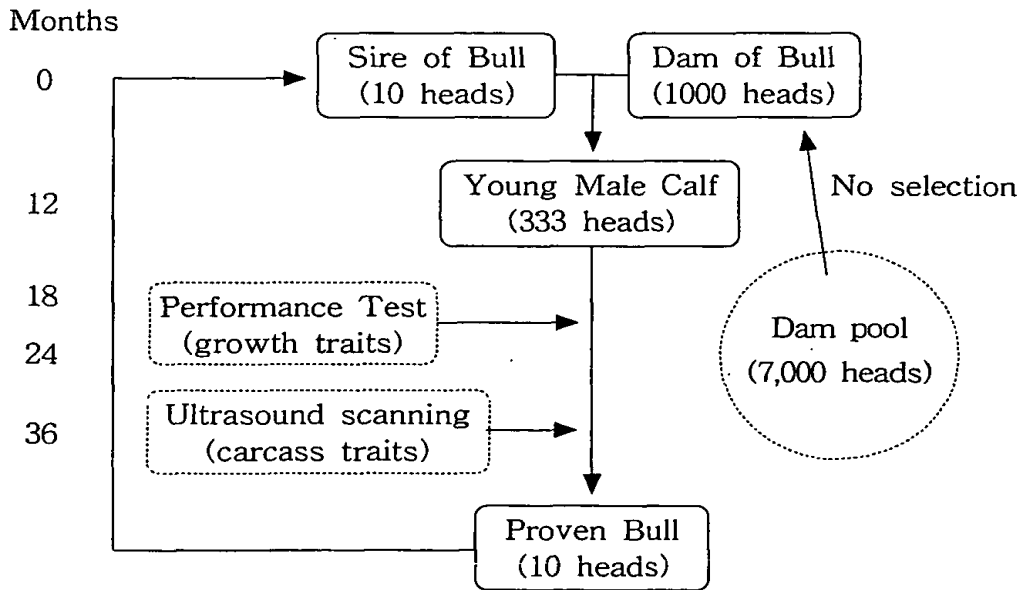


Fig. 1. Performance test scheme(Model I) for Hanwoo improvement

Fig. 1은 7,000두의 종빈우 집단(dam pool)을 유지시키면서 매년 10두의 종모우와 종빈우 집단에서 임의로 선택한 1,000두의 종빈우를 교배하여, 여기서 태어난 수송아지 중 333두를 6개월령부터 24개월령까지 능력검정을 실시하고, 24개월령에 도체형질을



초음파 측정하여 18개월령 체중, 초음파측정 배장근단면적 및 초음파 측정 근내지방도 성적으로 보증종모우 10두를 선발하는 Model I 을 나타낸 것이다. 교배에 의해 생산된 암송아지와, 종빈우 집단에 있는 나머지 종빈우도 보증종모우와 교배하고, 그에 따라 생산된 암송아지는 종빈우 집단으로 편입시키고, 그 수만큼 기존 종빈우를 도태시켜서 종빈우 집단의 수를 일정하게 유지시켰다.

측정형질은 12개월령 및 18개월령 체중, 도체측정 및 초음파 생체측정한 배장근단면적 과 근내지방도 등 6개 항목이었다.

나) Model II

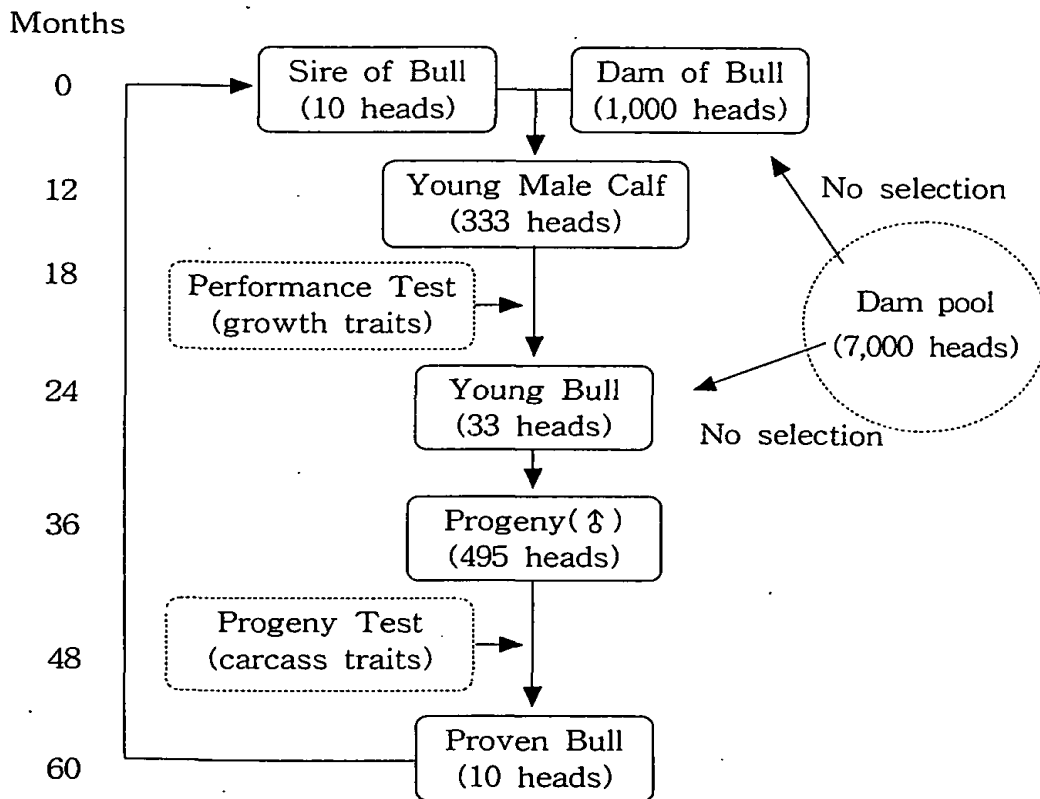


Fig. 2. Performance and progeny test scheme(Model II) for Hanwoo improvement

Fig. 2는 7,000두의 종빈우 집단(dam pool)을 유지시키면서, 매년 10두의 종모우와 종빈우 집단에서 임의로 선택한 1,000두의 종빈우를 교배하여, 수송아지 중 333두를 선

택하여 6개월령부터 12개월령까지 능력검정을 실시하여 12개월령 체중으로 후보종모우 33두를 선발하고, 후보종모우 1두당 15두의 수송아지를 생산하여 도체측정 배장근 단면적과 근내지방도에 대해 후대검정하여, 10두의 보증종모우를 선발하는 Model II 를 나타낸 것이다. 교배에 의해 생산된 암송아지와, 종빈우 집단에 있는 나머지 종빈우도 보증종모우와 교배하고, 그에 따라 생산된 암송아지는 종빈우 집단으로 편입시키고, 그 수만큼 기존 종빈우를 도태시켜서 종빈우 집단의 수를 일정하게 유지시켰다.

측정형질은 12개월령 및 18개월령 체중, 도체 측정된 등심 단면적과 근내지방도 등 4 항목이었다.

## 2) 모의실험 모수

Model I 의 모의실험에 사용된 형질들의 평균, 상가적 유전효과 및 잔여오차의 분산 및 공분산은 Table 1~3과 같고, 축군의 규모는 Fig. 1과 같으며, 송아지 육성율은 95%로 하였다. 모의실험 기간은 30년이고 난수 초기값을 달리하여 20반복하였다. 모의실험 대상 형질 중 도체측정 배장근단면적(LMAC)과 초음파측정 배장근단면적(LMAU), 그리고 도체측정 근내지방도(MSC)와 초음파측정 근내지방도(MSU)의 평균 및 분산과 공분산은 같은 것으로 가정하고, LMAC와 LMAU의 상관을 0.8로, MSC와 MSU의 상관을 0.6으로 가정하였다.

Model II 의 실험조건은 Model I 과 같으며, 축군의 규모는 Fig. 2와 같다.

Table 49. Means, standard deviations and relative variations of traits for simulation

Trait*	Mean	Heritability	Additive genetic effect		Residual error	
			SD	RV(%)**	SD	RV(%)
WT12(kg)	288.0	0.417	19.21	6.67	22.73	7.89
WT18(kg)	460.8	0.283	22.73	4.93	36.15	7.85
LMAU(cm <sup>2</sup> )	80.3	0.321	4.82	6.00	7.00	8.72
LMAC(cm <sup>2</sup> )	80.3	0.321	4.82	6.00	7.00	8.72
MSU	1.58	0.309	0.41	26.10	0.62	39.02
MSC	1.58	0.309	0.41	26.10	0.62	39.02

\*BW12 and BW18 : body weight at 12 months and 18 months of age

LMAC : *longissimus* muscle area measured from carcass

LMAU : *longissimus* muscle area measured by ultrasound scanning from live cattle

MSC : marbling score measured from carcass

MSU : marbling score measured by ultrasound scanning from live cattle

\*\*Relative variation; SD/(phenotypic mean)×100

Table 50. Additive genetic variances and covariances of traits for simulation

Trait	WT12	WT18	LMAC	LMAU	MSC	MSU
WT12	369.15	366.842 (0.84)	0.926 (0.01)	0.926 (0.01)	-0.079 (-0.01)	-0.079 (0.01)
WT18		516.650	24.091 (0.22)	24.091 (0.22)	0.094 (0.01)	0.094 (0.01)
LMAC			23.210	18.568* (0.80)	0.000 (0.00)	0.000 (0.00)
LMAU				23.210	0.000 (0.00)	0.000 (0.00)
MSC					0.170	0.102** (0.60)
MSU						0.170

\*Assumed that LMAC/LMAU correlation = 0.8

\*\*Assumed that MSC/MSU correlation = 0.6

Values in parentheses are coefficients of additive genetic correlation

Table 51. Residual error variances and covariances of traits for simulation

Trait	WT12	WT18	LMAC	LMAU	MSC	MSU
WT12	516.65	624.53 (0.78)	82.541 (0.33)	82.541 (0.33)	2.507 (0.11)	2.507 (0.11)
WT18		1,307.03	168.253 (0.53)	168.253 (0.53)	4.340 (0.14)	4.340 (0.14)
LMAC			49.010	39.208* (0.80)	0.126 (0.02)	0.126 (0.02)
LMAU				49.010	0.126 (0.02)	0.126 (0.02)
MSC					0.380	0.228** (0.60)
MSU						0.380

\*Assumed that LMAC/LMAU correlation = 0.8

\*\*Assumed that MSC/MSU correlation = 0.6

Values in parentheses are coefficients of residual error correlation

### 3) 선발형질 및 방법

두 형질 이상을 동시 선발하는 경우, 다음과 같이 개체의 추정 육종가를 표준화 한 후 모두 더한 값을 기준으로 선발 우선 순위를 정하였다.

$$Z_i = (X_i - \mu_i) / \sigma_i$$

여기서  $Z_i$ 는 개체의  $i$ 번째 형질의 표준화한 추정육종가,

$X_i$ 는 개체의  $i$ 번째 형질의 추정육종가,

$\mu_i$  및  $\sigma_i$ 는  $i$ 번째 형질의 추정육종가 평균과 표준편차이다.

Model I의 선발대상 형질은 다음과 같이 정하였다.

- ① BW18
- ② LMAU
- ③ MSU
- ④ BW18+LMAU
- ⑤ BW18+MSU
- ⑥ LMAU+MSU
- ⑦ BW18+LMAU+MSU

Model II의 선발대상 형질은 다음과 같이 정하였다.

- ① BW12+LMAC
- ② BW12+MSC
- ③ BW12+LMAC+MSC

4) 사료섭취량

가) 성장곡선

한우의 성장곡선은 김 등(1996)에 의해 가장 적합한 것으로 추정된 Gompertz(Winsor, 1932)의 모형을 사용하였다.

$$WM_t = Ae^{-be^{-kt}}$$

여기서 회귀계수 A, b, k는 다음과 같이 생시체중(BW), 성숙체중(WMA) 그리고 t일령의 체중(WM<sub>t</sub>)에 관한 식으로 표현된다(김과 주, 1996).

$$A = WMA$$

$$b = \ln(WMA) - \ln(BW)$$

$$k = \frac{\ln[\ln(WMA) - \ln(BW)] - \ln[\ln(WMA) - \ln(WM_t)]}{t}$$

따라서 한 개체의 성장곡선을 구하기 위해 생시체중(BW), 12개월 체중(WM<sub>365</sub>), 18개월 체중(WM<sub>548</sub>) 등 3점의 값을 가지고 다음 수식으로 성숙체중을 iteration 방법으로 구하였으며, 전회에 계산된 값과의 차이가 0.1 이하이면 수렴하는 것으로 하였다.

$$b = \ln(WMA) - \ln(BW)$$

$$k = \frac{\ln[\ln(WMA) - \ln(BW)] - \ln[\ln(WMA) - \ln(WM_{365})]}{365}$$

$$WMA = \frac{WM_{548}}{e^{be^{-348k}}}$$

나) 암소의 체중 설정

암소의 생시체중은 수소의 95%, 12개월 체중은 수소의 77%, 18개월 체중은 수소의 73%로 설정하여(농림부 등, 1999). 위 절차에 따라 성숙체중을 구하였다.

다) 건물 섭취량

이유 후(90일)의 개체에 대한 일일 건물 섭취량(DMI) 및 농후사료 비율은 한우사양표준(농촌진흥청, 1992)에 따라 다음과 같이 구하였다.

$$DMI_{\text{male}} = (0.068 + 0.0205 \times DG + 0.0039 \times DG^2) \times LWT^{0.75}$$

$$DMI_{\text{female}} = (0.0515 + 0.0473 \times DG - 0.0061 \times DG^2) \times LWT^{0.75}$$

여기서  $DMI_{\text{male}}$  및  $DMI_{\text{female}}$ 은 각각 숫소와 암소의 일일 건물섭취량(kg)이고, DG는 일당증체량(kg), LWT는 생체중(kg)이다.

건물섭취량 중 농후사료 비율은 다음 수식에 의해 계산하였다.

생체중 100kg 미만

$$CFR(\%) = 0.25LWT + 50DG$$

생체중 100kg이상~300kg미만

$$CFR(\%) = 12.806 + 56.29DG$$

생체중 300kg이상

$$CFR(\%) = -0.02365 + 0.203067LWT^{0.75} + 60.668DG$$

5) 연간 개량량의 경제적 가치 추정

모의실험에서 추정된 18개월 체중, 배장근 단면적, 근내지방도의 연간 개량량에 대한 경제적 가치를 추정하기 위해 다음과 같은 절차를 수행하였다.



가) 경락가격에 대한 회귀분석

한우개량사업소에서 실시한 후대검정자료(23, 24, 26 및 28차)를 사용하여 다음과 같은 선형회귀분석을 실시하였다.

$$\widehat{P}_{ijk} = \beta_0 + \beta_1 W_i + \beta_2 L_j + \beta_3 M_k + \varepsilon$$

여기서  $\widehat{P}_{ijk}$ 는 추정 두당 경락가격

$W_i$ 는 18개월 체중

$L_j$ 는 배장근 단면적

$M_k$ 는 근내지방도

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ 은 추정할 회귀계수

$\varepsilon$ 은 잔여오차이다.

나. 조사항목

① 근교계수

모의실험 프로그램은 각 개체 자료 생성시 근교계수를 계산하며, 년도별로 20반복 전체에서 종모우의 근교계수를 평균하였다.

② 평균 및 연간개량량

년도별로 20반복 전체에서 형질별 종모우의 TBV(true breeding value) 평균을 구하였다. 연간개량량은 다음과 같이 TBV의 회귀식을 사용하여 추정하였으며, Model I 은 5년차 이후의 종모우에 대하여 계산하고 Model II는 10년차 이후의 종모우에 대하여 추정하였다.

$$\widehat{TBV}_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon$$

여기서  $\widehat{TBV}_i$ 는  $i$ 번째 년도의 참육종가 추정치

$X_i$ 는  $i$ 번째 년도,

$\beta_0$  및  $\beta_1$ 은 추정할 회귀계수

$\varepsilon$  은 잔여오차이다.

③ 분산

년도별로 20반복 각각 종모우의 TBV 분산을 추정한 다음 20반복 평균을 구하여 추정치로 이용하였으며, 이 평균 추정치들을 가지고 표준오차를 구하였다.

④ 추정육종가(EBV; estimated breeding value)의 오차

각 개체의 형질별 추정오차(EBV-TBV)를 년도별로 20반복 전체에서 평균을 구하였다.

⑤ 사육비용

농후사료 1kg의 가격을 250원, 조사료 1kg의 가격을 200원으로 하여 조사기간동안 개체가 섭취한 사료의 양을 구하고, 전체 사육비의 43.1%(농협중앙회, 2001)를 사료비로 하여 전체 사육비를 산출하였다.

$$\text{사료비(원)} = \text{농후사료섭취량(kg)} \times \text{농후사료가격(원/kg)} \\ + \text{조사료섭취량(kg)} \times \text{조사료 가격(원/kg)}$$

$$\text{사육비} = \frac{\text{사료비(원)}}{\text{사육비 중 사료비 비율(\%)}} \times 100$$

사육비는 1년 단위로 산출하였으며, 기간 내에 축군에 편성되어 있는 개체들의 평균 12개월 및 18개월 평균 체중을 구하고 생시체중을 24kg으로 설정하여 성숙 체중을 구한 다음 이에 따른 일령별 사료섭취량을 계산하여 일령에 따라 사료섭취량 누적표를 작성하였다. 일령별 누적 사료섭취량 표를 사용하여 한 개체의 연도 종료시 일령의 누적 사료섭취량에서 연도 시작시 일령의 누적 사료섭취량을 빼서 개체의 연간 사료섭취량을 계산하였다.

⑥ 도태축의 판매수익

도태축의 생체 1kg당 가격을 5,000원으로 하여 판매 수입으로 계산하였다.

⑦ 연간 개량량의 경제적 가치

18개월 체중, 배장근단면적 및 근내지방도의 연간 개량량에 따른 두당 경제적 이익의 차이는 다음 식에 의해 구하였다.

$$\widehat{\Delta P} = \beta_1 \Delta W + \beta_2 \Delta L + \beta_3 \Delta M$$

여기서  $\widehat{\Delta P}$ 는 연간 개량량에 의한 추정 두당 경락가격 증가량

$\Delta W$ 는 18개월 체중의 연간 개량량

$\Delta L$ 은 배장근 단면적의 연간 개량량

$\Delta M$ 은 근내지방도의 연간 개량량

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ 은 추정 회귀계수이다.

## 2.. 결과 및 고찰

### 가. 근교계수

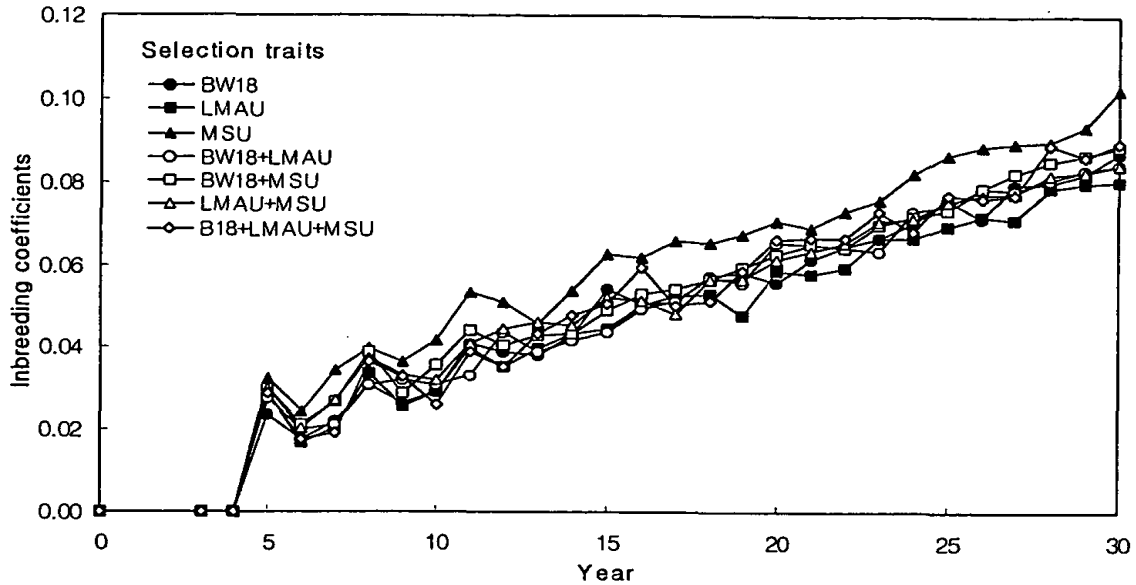


Fig. 3. Trends of inbreeding coefficients of the proven bulls in Model I

Model I의 보증종모우의 근교계수 변화는 Fig. 3과 같다. 기초축군의 보증종모우는 처음에 3년을 사용하며 그 이후는 매년 새로운 종모우로 교체되었다. 기초축군의 종빈우가 시작 년도에 종모우와 교배한 후 다시 같은 종모우와 교배할 수 있는 2년차에 생산된 송아지는 5년차에 종모우로 선발되게 되며, 따라서 5년차부터 근교계수가 나타나기 시작하고, 그 증가율은 초기에 크게 나타났다. 6년차에 선발된 종모우는 5년차에 비하여 근교계수가 감소하였고, 이런 경향은 11년차까지 3년 주기로 나타나며, 그 이후는 주기성이 사라졌는데, 이는 최초 종모우 사용기간이 3년이고, 종모우와 종빈우의 교체에 따른 과도현상으로 보인다. 즉 초기의 급격한 근교계수 증가는 종모우를 처음에 3년간 사용하게 되는 모델의 특성으로 인해 나타난 것으로 보이며, 그 이후는 근교계수의 증가는 선형에 가까웠다.

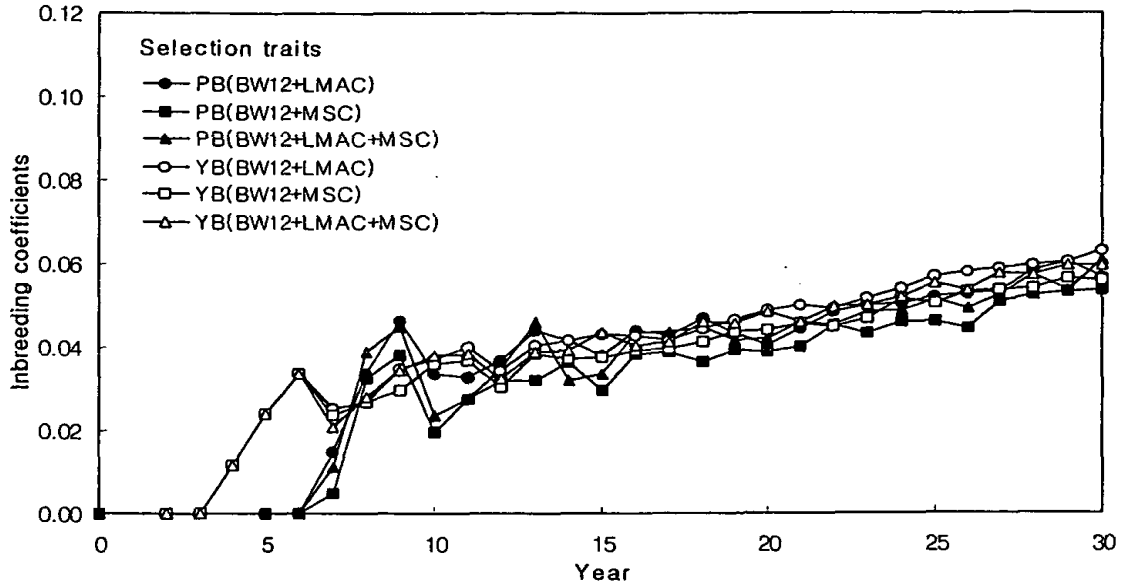


Fig. 4. Trends of inbreeding coefficients of the proven bulls and the young bulls in Model II

Model II의 후보종모우 및 보증종모우의 근교계수 변화는 Fig. 4와 같다. 기초축군의 보증종모우는 처음에 5년을 사용하였으며 그 이후는 매년 새로운 종모우로 교체되었다. 기초축군의 종빈우가 시작 년도에 보증종모우와 교배한 후 다시 같은 보증종모우와 교배할 수 있는 2년차에 생산된 송아지는 4년차에 후보종모우로 선발되었으며, 따라서 후보종모우의 근교계수는 4년차부터 나타나기 시작하여 6년차까지 급격하게 증가하다가 7년차에 감소하였는데, 이는 5년차에 교체된 보증종모우의 영향으로 보인다. 이런 경향은 5년 주기로 나타나지만 점차 변화가 작아졌다. 보증종모우의 근교계수는 5년차에 교체된 종모우의 자손이 번식에 사용되는 7년차부터 근교계수가 나타났다. 보증종모우의 근교계수는 후보종모우의 근교계수 패턴을 따라가는 경향이 보였는데, 6년차에서 선발된 후보종모우가 보증종모우로 선발되는 9년차의 보증종모우는 후보종모우와 같은 패턴을 나타냈다.

Model I의 선발방법에 따른 근교계수 증가율은 MSU에 의한 선발을 제외하면 비슷하였고, Model II도 같은 경향이었으며, Fig. 3, 4에 나타난 편차는 일정한 규칙성이 없어 임의부동에 의한 것으로 사료된다.

Kennedy(1995)는 근교계수의 증가율은 선발방법과 유전력에 달려있다고 하였다. 즉 임의교배나 표현형에 의한 선발에 비해 BLUP 등 평가도구에 의한 추정육종가를 사용하여

선발했을 때 근교계수가 높아지며, 표현형 선발을 했을 경우 유전력이 높을수록 근교계수가 빨리 증가한다고 하였다. MSU에 의한 선발시 근교계수가 다른 선발방법에 비해 높은 것은 MSU의 상대적 변이(relative variation)가 다른 형질에 비해 커서(Table 2, 3) 개량량이 다른 형질에 비해 높기 때문에 선발된 개체의 후손에 전달되는 부모의 능력도 높아 상대적으로 선발된 개체의 후손이 다시 선발될 가능성이 높기 때문으로 보인다. 또한 근교계수의 증가율은 축군의 크기에 따라 달라지며(안; 1995), 근교계수 추정식은 축군 크기에 관한 함수라고 하였다(Falconer, 1996). 선발형질들의 유전력이 12개월령 체중 0.42, 18개월령 체중 0.28, 배장근단면적 0.32, 근내지방도 0.31로 크게 차이가 없으며, 더구나 추정된 육종가에 의해 선발하는 경우에는 유전력의 차이에 따른 근교계수 증가율의 차이는 감소하게 되므로(Belonsky와 Kennedy, 1988) 큰 차이가 나지 않았던 것으로 보인다. 또한 여러 형질로 선발한 축군이 단일 형질 선발과 근교계수가 비슷한 것은 각각의 선발형질이 근교계수의 증가에 기여하는 정도가 각 형질의 연간개량량에 기여하는 정도와 비슷하다는 것을 나타내고 있다. 30년간의 모의실험 후 평균 근교계수는 Model I 이 0.088 그리고 Model II가 0.058로 Model II는 Model I의 근교계수의 66% 정도로 낮은 증가율을 보였다. 이는 세대간격이 Model I 이 3년이며, Model II는 5년으로 더 길기 때문으로 보인다.

#### 나. Model I의 선발반응

##### 1) 성장형질

Table 4는 Model I 내 7개 선발축군의 12개월(BW12) 및 18개월(BW18) 체중의 TBV 변화를 년도에 따른 회귀식으로 나타낸 것이며, Fig. 5, 6은 각 선발축군의 개량 추이를 표시한 것이다.

12개월령 체중의 연간개량량은 BW18 선발축군이 3.14kg으로 가장 높았고, BW18+MSU, BW18+LMAU 및 BW18+LMAU+MSU 선발 축군의 연간개량량이 각각 1.99, 1.84 및 1.22 kg이었다. BW18외에 다른 형질이 선발에 포함되었을 때 BW12의 선발반응이 줄어드는 경향은 18개월령 체중과 비슷하였다. 선발형질에 BW18이 포함되지 않은 LMAU 및 MSU 선발축군은 각각 -0.08 및 -0.06 kg으로 5%수준의 유의성이 인정되었으나  $r^2$  값은 0.001로 극히 낮아 선발반응을 인정하기 어렵고, LMAU+MSU 선발축군은 선발반응이 없었다( $P=0.45$ ,  $r^2=0$ ).

Table 52. Linear regression coefficients\* of true breeding values of body weight of the proven bulls on year in Model 1

Trait	Selection traits	$\beta_0 \pm SE$	Pr>F	$\beta_1 \pm SE$	Pr>F	$r^2$	rg**
BW12	BW18	296.4±0.52	0.0001	3.14±0.029	0.0001	0.683	1.089
	LMAU	288.4±0.59	0.0001	-0.08±0.032	0.0199	0.001	-0.026
	MSU	288.2±0.58	0.0001	-0.06±0.032	0.0493	0.001	-0.022
	BW18+LMAU	292.6±0.56	0.0001	1.84±0.030	0.0001	0.398	0.640
	BW18+MSU	293.4±0.54	0.0001	1.99±0.029	0.0001	0.450	0.692
	LMAU+MSU	287.7±0.58	0.0001	0.02±0.032	0.4494	0.000	0.008
	BW18+LMAU+MSU	290.7±0.57	0.0001	1.22±0.031	0.0001	0.217	0.425
BW18	BW18	472.5±0.57	0.0001	4.39±0.031	0.0001	0.782	0.952
	LMAU	464.9±0.69	0.0001	0.85±0.038	0.0001	0.084	0.185
	MSU	462.7±0.68	0.0001	0.01±0.037	0.7556	0.000	0.003
	BW18+LMAU	469.4±0.62	0.0001	3.17±0.034	0.0001	0.608	0.687
	BW18+MSU	468.6±0.61	0.0001	2.93±0.033	0.0001	0.584	0.635
	LMAU+MSU	464.5±0.69	0.0001	0.75±0.037	0.0001	0.067	0.162
	BW18+LMAU+MSU	467.3±0.66	0.0001	2.38±0.036	0.0001	0.439	0.516

\*  $TBV_i = \beta_0 + \beta_1 year_i + \epsilon$

\*\*rg(relative genetic gain; %/yr) =  $\beta_1 / (\text{base population mean}) \times 100$

18개월령 체중(BW18)의 연간개량량( $\beta_1$ )은 BW18 선발축군이 4.39kg으로 가장 높았고, 선발형질에 18개월령 체중이 포함된 BW18+LMAU, BW18+MSU 및 BW18+LMAU+MSU 선발축군의 연간개량량은 각각 3.17, 2.93 및 2.38kg이었다. BW18과 LMAU 및 MSU간의 유전분산은 각각 24.091 및 0.094, 유전상관은 0.22 및 0.01이므로(Table 2) BW18+LMAU, BW18+MSU 및 BW18 +LMAU+MSU 선발축군은 BW18외에 다른 형질이 선발형질에 포함되면 BW18의 선발반응은 줄어들게 되며, 유전상관이 낮은 MSU가 선발형질에 포함된 축군은 더욱 낮아졌다.



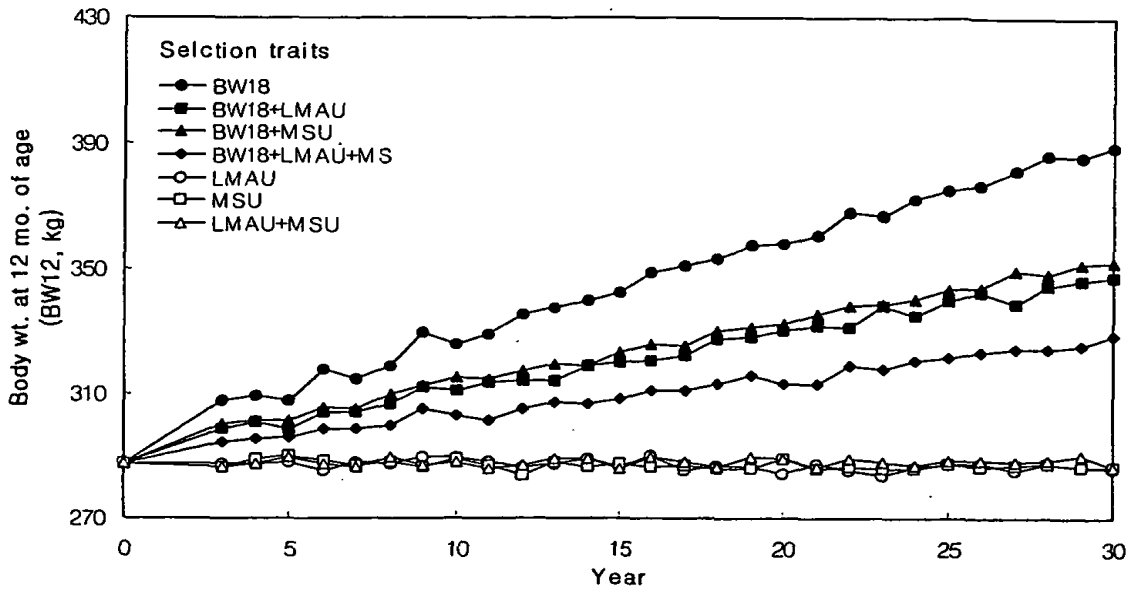


Fig. 5. Trends of true breeding values of body weight at 12 months of age of the proven bulls in Model I

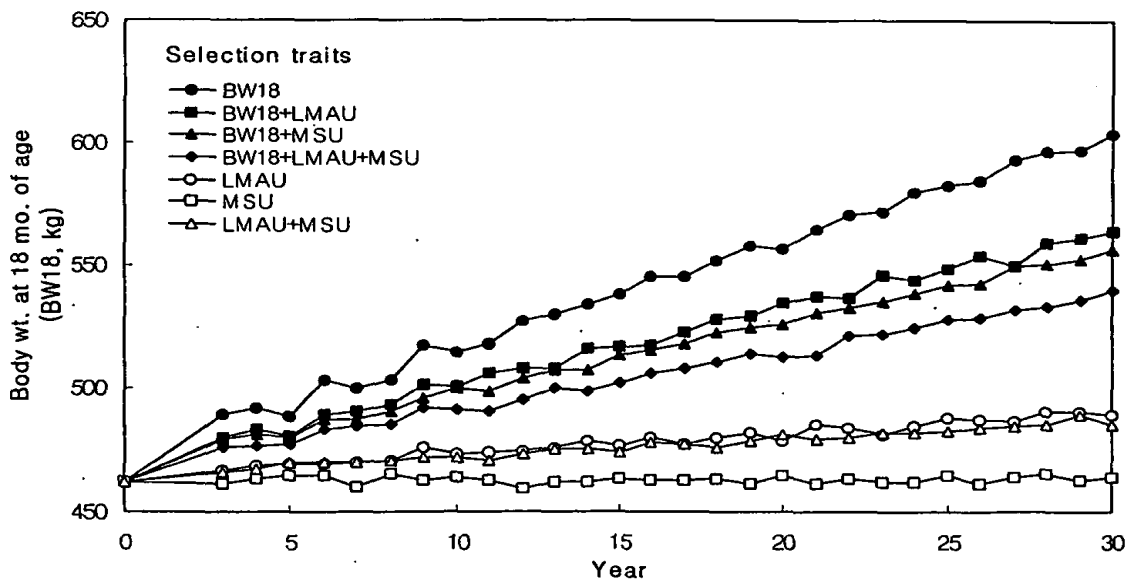


Fig. 6. Trends of true breeding values of body weight at 18 months of age of the proven bulls in Model I

선발형질에 BW18이 포함되지 않은 LMAU 및 LMAU+MSU 선발 축군은 연간개량

량이 각각 0.85 및 0.75kg으로 낮고 결정계수(coefficient of determination;  $r^2$ )가 0.084 및 0.067로 극히 낮아서 선발반응을 기대하기 어렵다고 판단된다. MSU 선발축군은 선발반응이 없었다( $P=0.76$ ,  $r^2=0$ ).

12개월령 체중은 다른 도체형질과의 유전상관은 낮은 반면 18개월령 체중과는 0.84로 높아 18개월령 체중에 의한 간접선발 효과가 크게 나타났다. BW18 선발축군의 18개월령 체중의 상대적 유전적 연간개량율(relative genetic gain)이 0.952%이며, 12개월령 체중은 1.089%로 직접선발 형질인 18개월령 체중보다 높는데, 이는 12개월령 체중의 유전력이 0.417로 18개월령 체중의 유전력(0.283) 보다 높고(Table 1), 두 형질간의 유전상관이 0.84로 높기 때문인 것으로 사료된다. BW18+MSU 선발축군도 같은 경향이었다. 그러나 BW18+LMAU 및 BW18+LMAU+MSU 선발축군은 18개월령 체중의 상대적인 유전적 연간개량율은 12개월령 체중에 비해 높았다. 12개월령 및 18개월령 체중이 선발형질에 직접 포함되지 않은 LMAU, MSU 및 LMAU+MSU 선발축군은 선발반응을 인정하기 어려웠는데, Fig. 6에 나타난 바와 같이 18개월령 체중은 LMAU 및 LMAU+MSU 선발축군에서는 선발반응이 미미하게 나타나는 경향이지만, MSU 선발축군은 전혀 선발반응이 없었다. BW18과 LMAU 및 MSU간의 유전상관은 0.22 및 0.01(Table 2)로 LMAU가 선발형질에 포함된 축군이 MSU만 포함된 축군에 비해 선발반응이 높은 것을 설명해 준다. 그러나 BW12와 LMAU 및 MSU간의 유전상관은 모두 0.01로 작아 Fig. 5에 나타난 바와 같이 LMAU, MSU, LMAU+MSU 선발 축군 모두 선발반응을 나타내지 않았다.

## 2) 도체형질

Table 5는 Model I 내 7개 선발축군의 초음파측정 배장근단면적(LMAU) 및 도체측정 배장근단면적(LMAC)의 TBV 변화를 년도에 따른 회귀식으로 나타낸 것이며, Fig. 7, 8은 각 축군의 선발반응을 표시한 것이다. 초음파측정 배장근단면적(LMAU)의 연간개량량은 LMAU 선발 축군이 0.961cm<sup>2</sup>로 가장 높았고, LMAU+MSU, BW18+LMAU 및 BW18+LMAU+MSU 선발축군의 연간개량량은 각각 0.688, 0.678 및 0.601cm<sup>2</sup>이었다. 선발형질에 LMAU가 포함되지 않은 BW18 및 BW18+MSU 선발축군의 연간개량량은 각각 0.205 및 0.157cm<sup>2</sup>이고,  $r^2$  도 각각 0.103 및 0.06으로 낮았다. MSU 선발축군은 선발반응이 없었다( $P=0.76$ ,  $r^2=0$ ).

도체측정 배장근단면적(LMAC)의 연간개량량은 LMAU 선발축군이 0.764cm<sup>2</sup>으로 가

장 높았고, LMAU+MSU, BW18+LMAU 및 BW18+LMAU+MSU 선발축군의 연간 개량량은 0.553, 0.569 및 0.519cm<sup>2</sup>으로 초음파측정 배장근단면적의 선발반응과 유사한 경향이었다. 선발형질에 LMAU가 포함되지 않은 BW18 및 BW18+MSU 선발축군의 연간개량량은 0.202 및 0.136cm<sup>2</sup>으로 낮았고 r<sup>2</sup> 도 각각 0.101 및 0.044로 낮았다. MSU에 의한 선발은 유의성이 없었다(P=0.093, r<sup>2</sup>=0.001).

Table 53. Linear regression coefficients of true breeding values of *longissimus* muscle area of the proven bulls on year in Model 1

Trait	Selection traits	$\beta_0 \pm SE$	Pr>F	$\beta_1 \pm SE$	Pr>F	r <sup>2</sup>	rg**
LMAU	BW18	80.7±0.15	0.0001	0.205±0.0081	0.0001	0.103	0.256
	LMAU	83.3±0.12	0.0001	0.961±0.0067	0.0001	0.787	1.197
	MSU	80.3±0.15	0.0001	0.003±0.0083	0.7580	0.000	0.003
	BW18+LMAU	82.2±0.13	0.0001	0.678±0.0072	0.0001	0.612	0.844
	BW18+MSU	80.5±0.15	0.0001	0.157±0.0083	0.0001	0.060	0.195
	LMAU+MSU	82.5±0.13	0.0001	0.688±0.0072	0.0001	0.619	0.856
	BW18+LMAU+MSU	82.2±0.14	0.0001	0.601±0.0075	0.0001	0.538	0.749
LMAU	BW18	80.8±0.15	0.0001	0.202±0.0081	0.0001	0.101	0.252
	LMAU	82.5±0.14	0.0001	0.764±0.0075	0.0001	0.650	0.951
	MSU	80.4±0.15	0.0001	-0.014±0.0082	0.0929	0.001	-0.017
	BW18+LMAU	81.7±0.14	0.0001	0.569±0.0077	0.0001	0.497	0.709
	BW18+MSU	80.7±0.16	0.0001	0.136±0.0085	0.0001	0.044	0.170
	LMAU+MSU	81.9±0.14	0.0001	0.553±0.0075	0.0001	0.491	0.689
	BW18+LMAU+MSU	81.4±0.14	0.0001	0.519±0.0077	0.0001	0.450	0.646

\*  $TBV_i = \beta_0 + \beta_1 year_i + \epsilon$

\*\*rg(relative genetic gain; %/yr)=  $\beta_1 / (\text{base population mean}) \times 100$

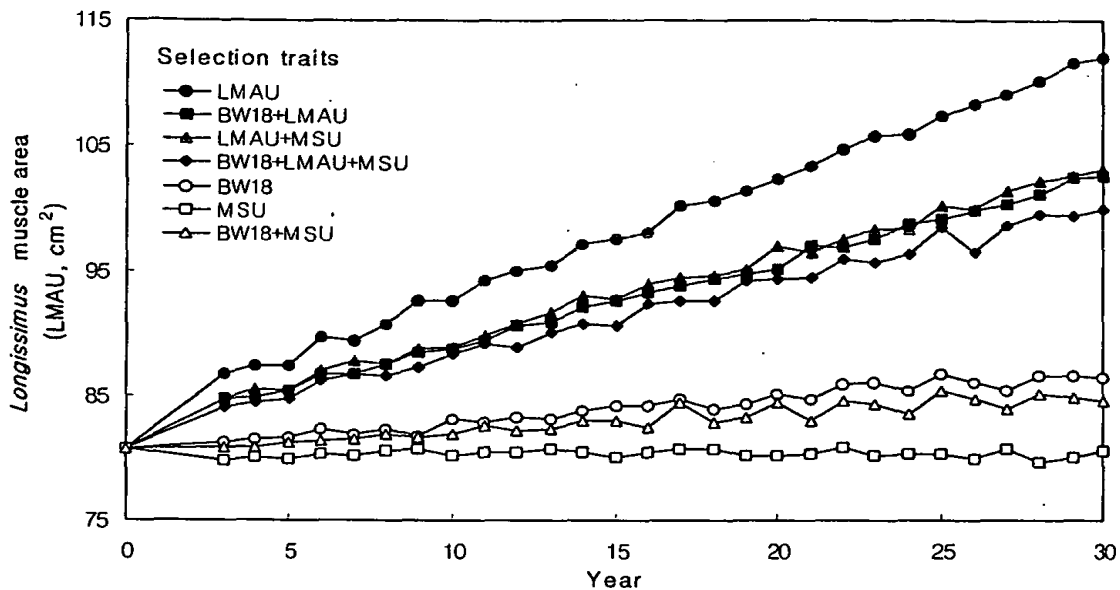


Fig. 7. Trends of true breeding values of *longissimus* muscle area measured by ultrasound of the proven bulls in Model I

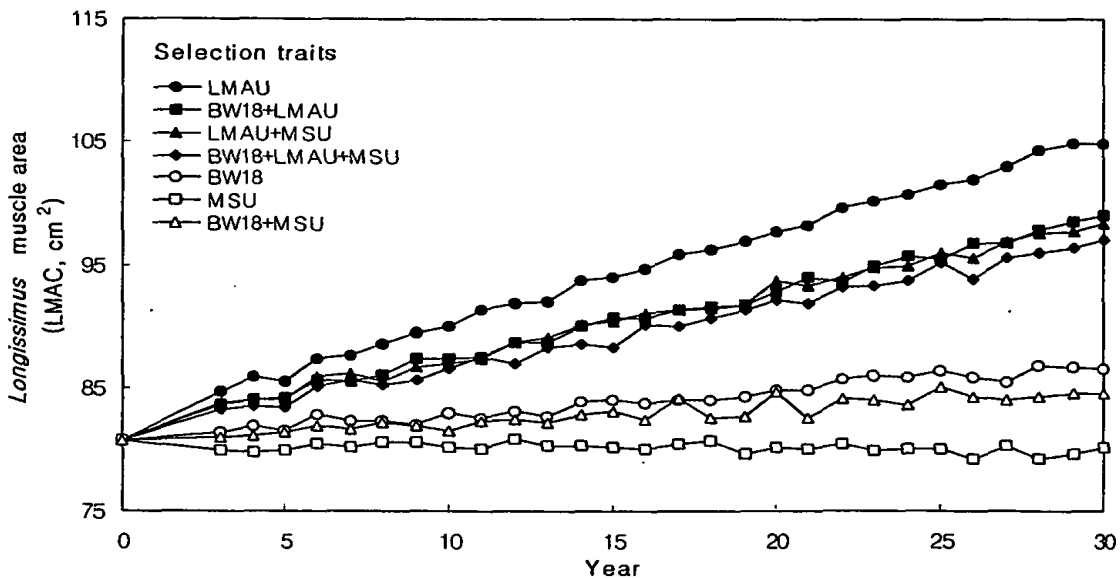


Fig. 8. Trends of true breeding values of *longissimus* muscle area measured from carcass of the proven bulls in Model I

LMAC의 선발반응은 주로 LMAU에 의한 간접선발에 따른 것이므로 LMAU, BW18+LMAU, LMAU+MSU 및 BW18+LMAU+MSU 선발축군의 LMAC 연간개량량은 LMAU 연간개량량의 79.5, 83.9, 80.4 및 86.4%로 두 형질간 상관 0.8에 유사한 값을 보였다. Fig. 7과 8은 이런 관계가 반영되어 선발반응의 크기는 다르지만 비슷한 모양을 나타내고 있다.

Table 6은 Model I 내 7개 선발축군의 초음파측정 근내지방도(MSU) 및 도체측정 근내지방도(MSC)의 TBV 변화를 년도에 따른 회귀식으로 나타낸 것이며, Fig. 9, 10는 각 축군의 선발반응을 표시한 것이다. 초음파 측정 근내지방도의 연간개량량은 MSU 선발축군이 0.079로 가장 높았고, LMAU+MSU, BW18+MSU 및 BW18+LMAU+MSU 선발축군이 각각 0.054, 0.053 및 0.043이었다. 선발형질에 MSU가 포함되지 않은 BW18 선발축군은 선발반응이 없었고( $P=0.63$ ,  $r^2=0$ ), LMAU 선발 축군은 미미하게 부의 선발반응을 보였지만 선발효과를 인정하기는 어려웠고 ( $-0.001$ ,  $P<0.05$ ,  $r^2=0.04$ ), BW18+LMAU 선발 축군 역시 0.001( $P<0.05$ ,  $r^2=0.05$ )로 임의부동에 기인한 변화로 보여진다.

Table 54. Linear regression coefficients\* of true breeding values of marbling score of the proven bulls on year in Model I

Trait	Selection traits	$\beta_0 \pm SE$	Pr>F	$\beta_1 \pm SE$	Pr>F	$r^2$	rg**
MSU	BW18	1.58 ± 0.013	0.0001	0.000 ± 0.0007	0.6293	0.000	0.021
	LMAU	1.60 ± 0.013	0.0001	-0.001 ± 0.0007	0.0430	0.001	-0.090
	MSU	1.87 ± 0.010	0.0001	0.079 ± 0.0006	0.0001	0.782	5.010
	BW18+LMAU	1.58 ± 0.013	0.0001	0.001 ± 0.0007	0.0481	0.001	0.087
	BW18+MSU	1.76 ± 0.011	0.0001	0.053 ± 0.0006	0.0001	0.568	3.356
	LMAU+MSU	1.78 ± 0.011	0.0001	0.054 ± 0.0006	0.0001	0.591	3.447
	BW18+LMAU+MSU	1.74 ± 0.012	0.0001	0.043 ± 0.0006	0.0001	0.448	2.739
MSC	BW18	1.54 ± 0.013	0.0001	0.001 ± 0.0007	0.1319	0.000	0.066
	LMAU	1.59 ± 0.013	0.0001	0.000 ± 0.0007	0.5419	0.000	-0.028
	MSU	1.80 ± 0.012	0.0001	0.047 ± 0.0006	0.0001	0.479	2.947
	BW18+LMAU	1.58 ± 0.013	0.0001	-0.001 ± 0.0007	0.2988	0.000	-0.045
	BW18+MSU	1.69 ± 0.012	0.0001	0.030 ± 0.0007	0.0001	0.255	1.884
	LMAU+MSU	1.71 ± 0.012	0.0001	0.033 ± 0.0007	0.0001	0.292	2.063
	BW18+LMAU+MSU	1.65 ± 0.013	0.0001	0.026 ± 0.0007	0.0001	0.206	1.671

\*  $TBV_i = \beta_0 + \beta_1 year_i + \epsilon$

\*\*rg(relative genetic gain; %/yr) =  $\beta_1 / (\text{base population mean}) \times 100$

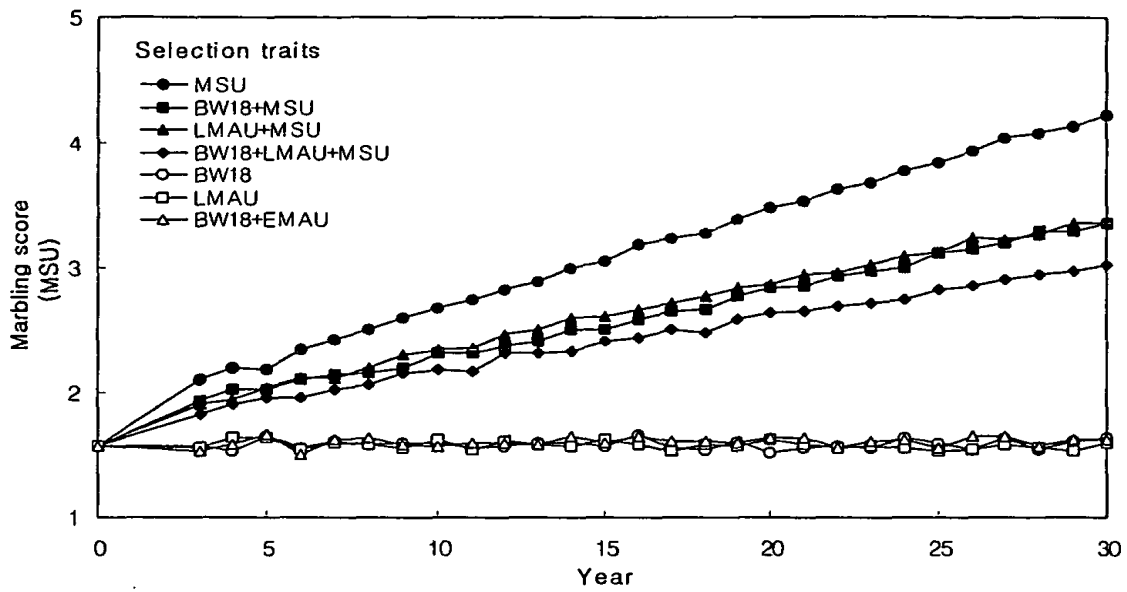


Fig. 9. Trends of true breeding values of marbling score measured by ultrasound of the proven bulls in Model 1

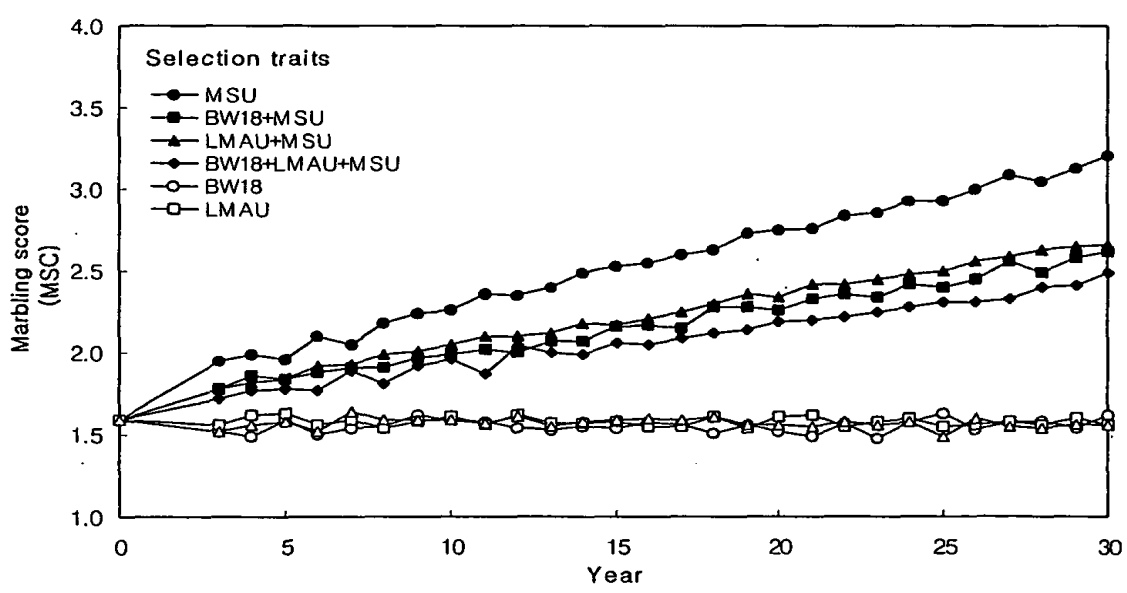


Fig. 10. Trends of true breeding values of marbling score measured from carcass of the proven bulls in Model 1

도체측정 근내지방도의 연간개량량은 MSU 선발 축군이 0.047로 가장 높았고, LMAU+MSU, BW18+MSU 및 BW18+LMAU+MSU 선발축군이 0.033, 0.030 및 0.026으로 MSU의 경우와 비슷한 경향을 보였다. 선발형질에 MSU가 포함되지 않은 BW18( $P=0.13$ ,  $r^2=0$ ) 및 BW18+LMAU( $P=0.3$ ,  $r^2=0$ ) 선발축군은 선발반응이 없었다.

도체측정 근내지방도(MSC)의 선발반응은 MSU에 의한 간접선발에 의한 것이며, MSU, BW18+MSU, LMAU+MSU 및 BW18+LMAU+MSU 선발축군의 MSU 연간개량량의 59.5, 56.6, 61.1 및 60.5%로 두 형질간 상관 0.6에 유사한 값을 보였다.

#### 다. Model II의 선발반응

##### 1) 성장형질

Table 7은 선발에 따른 Model II내 3개 축군의 후보종모우와 보증종모우의 TBV 변화를 년도에 의한 회귀식으로 나타낸 것이다. 각 축군의 선발형질 중 12개월령 체중은 당대검정 선발형질이며, 후대검정 선발형질은 LMAC, MSC 및 LMAC+MSC이다.

Table 7에 표시된 바와 같이 후보종모우의 12개월령 체중의 연간개량량은 BW12+LMAC 및 BW12+LMAC+MSC 선발축군이 각각 2.453 및 2.407kg으로 비슷하였고, 보증종모우는 각각 2.429 및 2.393kg으로 후보종모우보다 1~2% 감소하였다. BW12+MSC 선발축군은 2.438kg으로 후보종모우 2.423kg 보다 0.6% 증가하였지만, 전 선발축군에서 그 차이가 작아 후대검정에 의해 12개월령 체중의 개량속도는 거의 영향을 받지 않은 것으로 나타났다(Fig. 11).

또 후보종모우와 보증종모우의 12개월령 체중 선발차는 Table 8에 나타낸 바와 같이 LMAC, MSC 및 LMAC+MSC로 후대검정하여 선발했을 때 각각 0.2, 0.09, -0.06kg으로 후보종모우에 비해 보증종모우의 12개월령 체중이 0.06%, 0.03%, -0.01% 증가 또는 감소하였는데, BW12와 LMAC 및 MSC간의 유전상관이 0.01 및 -0.01로 극히 작아 변화량이 미미한 것으로 사료된다.

Table 55. Linear regression coefficients\* of true breeding values of the proven bulls and the young bulls on year in Model II

Trait	Bull	Selection traits	$\beta_0 \pm SE$	Pr>F	$\beta_1 \pm SE$	Pr>F	$r^2$	rg**
BW12	PB	BW12+LMAC	294.4 ± 0.84	0.0001	2.429 ± 0.039	0.0001	0.49	0.84
		BW12+MSC	294.1 ± 0.84	0.0001	2.438 ± 0.039	0.0001	0.49	0.85
		BW12+LMAC+MSC	295.1 ± 0.86	0.0001	2.393 ± 0.040	0.0001	0.47	0.83
	YB	BW12+LMAC	301.0 ± 0.47	0.0001	2.453 ± 0.022	0.0001	0.49	0.85
		BW12+MSC	301.6 ± 0.47	0.0001	2.423 ± 0.022	0.0001	0.48	0.84
		BW12+LMAC+MSC	302.2 ± 0.47	0.0001	2.407 ± 0.022	0.0001	0.47	0.84
BW18	PB	BW12+LMAC	468.6 ± 1.13	0.0001	2.908 ± 0.053	0.0001	0.43	0.63
		BW12+MSC	467.6 ± 1.11	0.0001	2.481 ± 0.052	0.0001	0.36	0.54
		BW12+LMAC+MSC	468.4 ± 1.14	0.0001	2.807 ± 0.054	0.0001	0.41	0.61
	YB	BW12+LMAC	473.0 ± 0.62	0.0001	2.929 ± 0.029	0.0001	0.43	0.64
		BW12+MSC	474.8 ± 0.62	0.0001	2.470 ± 0.029	0.0001	0.35	0.54
		BW12+LMAC+MSC	474.0 ± 0.62	0.0001	2.811 ± 0.029	0.0001	0.42	0.61
LMAC	PB	BW12+LMAC	81.6 ± 0.22	0.0001	0.447 ± 0.010	0.0001	0.33	0.56
		BW12+MSC	80.8 ± 0.29	0.0001	0.007 ± 0.014	0.6081	0.00	0.01
		BW12+LMAC+MSC	81.2 ± 0.25	0.0001	0.336 ± 0.012	0.0001	0.17	0.42
	YB	BW12+LMAC	79.4 ± 0.15	0.0001	0.453 ± 0.007	0.0001	0.25	0.56
		BW12+MSC	80.6 ± 0.16	0.0001	0.018 ± 0.008	0.0189	0.00	0.02
		BW12+LMAC+MSC	79.3 ± 0.15	0.0001	0.351 ± 0.007	0.0001	0.16	0.44
MSC	PB	BW12+LMAC	1.64 ± 0.02	0.0001	-0.003 ± 0.001	0.0202	0.00	-0.16
		BW12+MSC	1.64 ± 0.02	0.0001	0.036 ± 0.001	0.0001	0.27	2.28
		BW12+LMAC+MSC	1.60 ± 0.02	0.0001	0.026 ± 0.001	0.0001	0.13	1.64
	YB	BW12+LMAC	1.63 ± 0.01	0.0001	-0.002 ± 0.001	0.0007	0.00	-0.13
		BW12+MSC	1.43 ± 0.01	0.0001	0.037 ± 0.001	0.0001	0.22	2.35
		BW12+LMAC+MSC	1.50 ± 0.01	0.0001	0.025 ± 0.001	0.0001	0.11	1.55

\*  $\widehat{TBV}_i = \beta_0 + \beta_1 year_i + \epsilon$

\*\*rg(relative genetic gain; %/yr) =  $\beta_1 / (\text{base population mean}) \times 100$



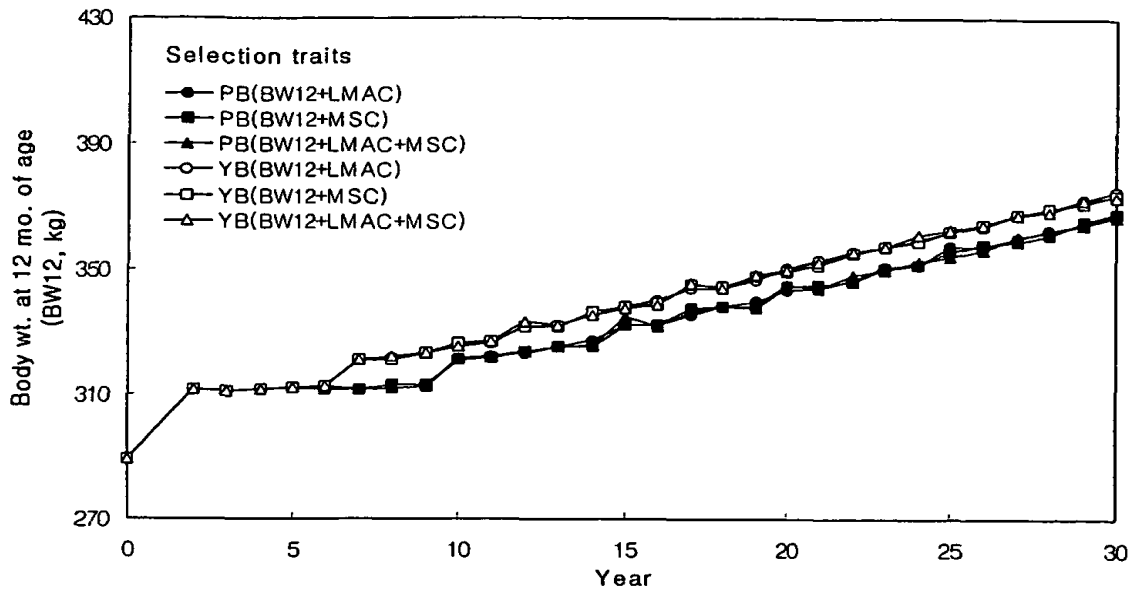


Fig. 11. Trends of true breeding values of body weight at 12 months of age of the proven bulls and the young bulls in Model II

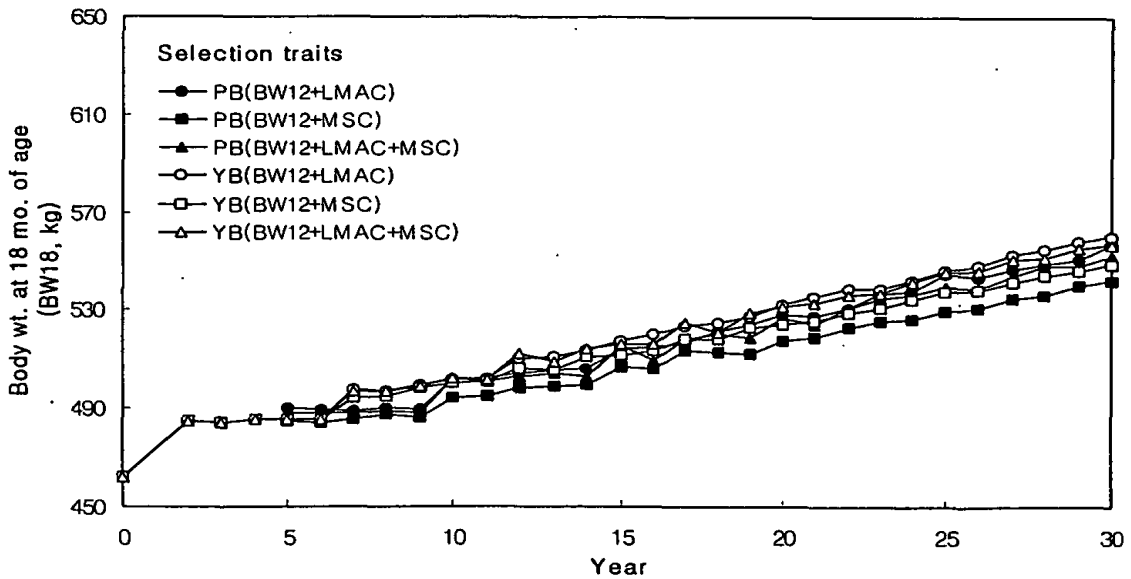


Fig. 12. Trends of true breeding values of body weight at 18 months of age of the proven bulls and the young bulls in Model II

Table 56. Selection differentials of true breeding values of the proven bulls from the young bulls in Model II

Selection traits	BW12 (kg)	BW18 (kg)	LMAC (cm <sup>3</sup> )	MSC
BW12+LMAC	0.20(0.06)*	3.99(0.78)	3.63(4.25)	0.01( 0.41)
BW12+MSC	0.09(0.03)	0.39(0.08)	0.08(0.10)	0.30(15.83)
BW12+LMAC+MSC	-0.06(-0.01)	2.91(0.57)	2.60(3.09)	0.21(11.41)

\*Values in parentheses are relative selection differential(%) = (selection differential/young bull mean) × 100.

18개월령 체중은 주로 당대검정 단계에서 12개월령 체중에 의해 간접 선발된 것으로 연간개량량은 BW12+LMAC 및 BW12+LMAC+MSC 선발 축군이 각각 2.929 및 2.811kg으로 비슷하였고, BW12+MSC 선발시는 2.470kg으로 다른 선발 축군에 비해 약간 작았다. 보증종모우는, BW12+LMAC 및 BW12+LMAC+MSC 선발 축군이 각각 2.908 및 2.807kg으로 후보종모우에 비해 0.7% 및 0.1% 감소하였으며, BW12+MSC 선발축군은 2.481kg으로 0.4% 증가하였으나, 후대검정에 의해 18개월령 체중의 개량속도는 12개월령 체중과 마찬가지로 거의 영향을 받지 않은 것으로 사료된다(Table 4, Fig. 12). 그러나 후보종모우와 보증종모우의 18개월령 체중 선발차는 Table 4와 같이 LMAC, MSC 및 LMAC+MSC로 후대검정하여 선발했을 때 각각 3.99, 0.39 및 2.91kg으로 후보종모우보다 0.78, 0.08 및 0.57% 증가하였는데, 18개월령 체중과 LMAC 및 MSC간의 유전 공분산이 각각 24.091 및 0.094(Table 2)이므로 선발형질에 LMAC가 포함된 축군이 선발형질이 MSC인 축군보다 높은 것으로 보인다.

후보종모우의 12개월령 및 18개월령 체중 연간개량량의 분산은 각각 0.022 및 0.029이고, 보증종모우의 12개월령 및 18개월령 체중 연간개량량의 분산은 0.039~0.040 및 0.052~0.054 범위에 있어 보증종모우가 후보종모우에 비해 분산이 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 자유도의 차이에서 기인하는 것으로 보인다.

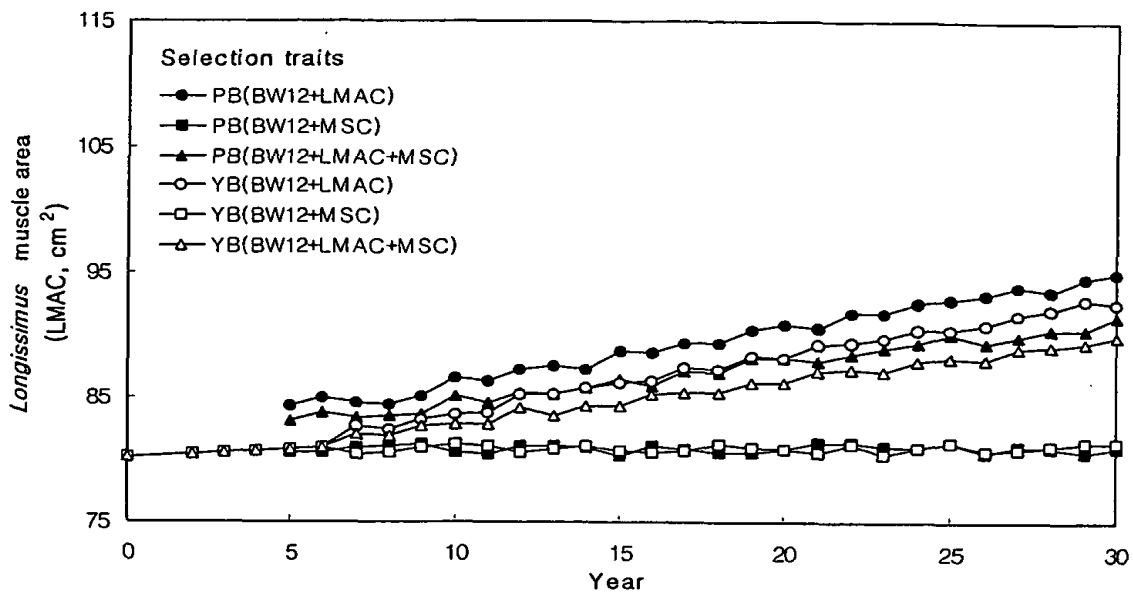


Fig. 13. Trends of true breeding values of *longissimus* muscle area measured from carcass of the proven bulls and the young bulls in Model II

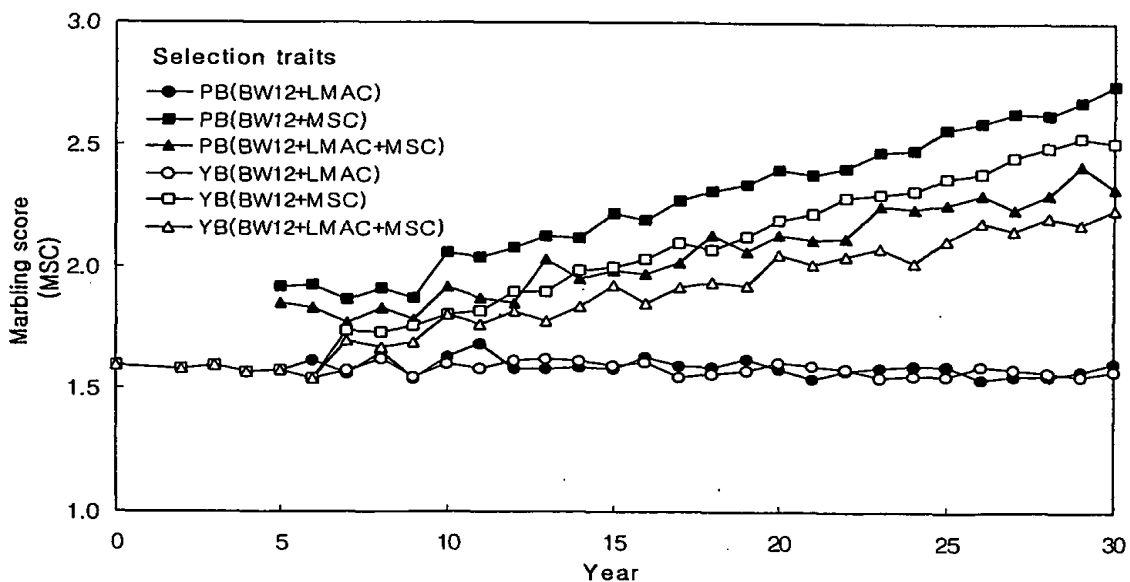


Fig. 14. Trends of true breeding values of marbling score measured from carcass of the proven bulls and the young bulls in Model II

## 2) 도체형질

Table 7과 Fig. 13에 표시된 바와 같이 후보종모우의 도체측정 배장근단면적(LMAC)의 연간개량량은 BW12+LMAC 및 BW12+LMAC+MSC 선발 축군이 각각 0.453 및 0.351cm<sup>2</sup>이었다. BW12+MSC 선발시는 0.018cm<sup>2</sup>으로 5% 수준의 유의성이 인정되나  $r^2$ 는 0으로 선발반응을 기대할 수 없었다. 보증종모우는 BW12+LMAC 및 BW12+LMAC+MSC 선발축군이 각각 0.447 및 0.336cm<sup>2</sup>으로 후보종모우보다 각각 1.3 및 4.3% 감소하였으며, BW12+MSC 선발시는 선발반응이 없었다. 그러나 후보종모우와 보증종모우간의 배장근단면적의 선발차는 Table 8과 같이 LMAC 및 LMAC+MSC로 후대검정하여 선발했을 때 각각 3.63 및 2.60cm<sup>2</sup>으로 후보종모우보다 4.25 및 3.09% 증가하였다.

Table 7과 Fig. 14에 표시된 바와 같이 후보종모우의 도체측정 근내지방도(MSC)의 연간개량량은 BW12+MSC 및 BW12+LMAC+MSC 선발축군이 0.037 및 0.025이었다. BW12+LMAC 선발축군은 -0.002로 0.1% 수준의 유의성이 인정되나  $r^2$ 는 0이었다. 보증종모우는 BW12+MSC 및 BW12+LMAC +MSC 선발축군이 각각 0.036 및 0.026으로 후보종모우보다 각각 2.7% 감소 및 3.8% 증가하였으며, BW12+LMAC 선발시는 유의성은 인정되나  $r^2$ 는 0이었다. 그러나 후보종모우와 보증종모우간 근내지방도의 선발차는 Table 8에 나타낸 바와 같이 MSC 및 LMAC+MSC로 후대검정하여 선발했을 때 각각 0.30 및 0.21로 후보종모우보다 15.88 및 11.41% 증가하였다.

후보종모우와 보증종모우의 도체측정 배장근단면적 연간개량량의 분산은 각각 0.007~0.008 및 0.010~0.014 범위로, 보증종모우가 후보종모우에 비해 분산이 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 자유도의 차이에서 기인하는 것으로 보인다.

라. Model I 과 Model II 의 선발반응 비교

Fig. 15는 Model I 과 Model II 보증종모우의 12개월령 체중 TBV 변화를 년도에 따라 표시한 것이다. 12개월령 체중은 Model I 은 주로 18개월령 체중에 의한 간접선발에 의해 개량 속도가 결정되며 세대간격은 3년이고, Model II 는 12개월령 체중으로 직접 선발하게 되며, 세대간격은 5년이다.

개체선발에 있어서 직접선발(  $R_X$  )에 대한 간접선발(  $CR_X$  )의 상대적 효과는 다음 식으로 표시된다.

$$\frac{CR_X}{R_X} = r_g \frac{i_y h_y}{i_x h_x} \text{ (Falconer, 1996)}$$

여기서  $r_g$  는 두 형질간 유전상관이고,  $h_y, h_x$  는 유전력의 평방근이며, 선발강도 ( $i_y, i_x$ ) 는 본 연구에서는 동일하므로 위 식은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\frac{CR_X}{R_X} = r_g \frac{h_y}{h_x}$$

Model I 에서 BW18 선발측군의 18개월령 체중에 의한 12개월령 체중의 간접선발효과를 계산하면,  $\frac{CR_X}{R_X} = 0.84 \frac{\sqrt{0.283}}{\sqrt{0.417}} = 0.692$  가 된다. 따라서 12개월령 체중으로 직접 선발하면  $3.14/0.692=4.58\text{kg}$  (Table 4) 가 되며, Model I 과 Model II 모두 12개월령 체중으로 직접 선발한다고 가정하면 세대간격의 차이에 의해 Model II 의 12개월령 체중 개량속도는 Model I 의 60%정도가 될 것이다. 따라서 Model II 의 12개월령 체중의 예상 연간개량량은  $4.58 \times 0.6=2.75\text{kg}$  가 되며, Model II 의 12개월령 체중의 연간개량량은 2.393~2.438kg으로 (Table 9), 대략 일치한다고 볼 수 있다. 즉 12개월령 체중은 Model I 은 주로 18개월령 체중에 의해 간접 선발되었기 때문에 개량속도가 낮으며 Model II 는 직접선발에 따라 개량속도가 높아 세대간격의 차이에도 불구하고 Model II 가 높은 개량속도를 나타낸 것으로 사료된다.

Table 57. Comparison of genetic gain per year of the proven bulls in Model I and Model II

Trait	Model I		Model II		a/b (%)
	Selection traits	Genetic gain per year(a)	Selection traits	Genetic gain per year(b)	
BW12 (kg)	BW18+LMAU	1.84	BW12+LMAC	2.429	75.8
	BW18+MSU	1.99	BW12+MSC	2.438	81.6
	BW18+LMAU+MSU	1.22	BW12+LMAC+MSC	2.393	51.0
BW18 (kg)	BW18+LMAU	3.17	BW12+LMAC	2.908	109.0
	BW18+MSU	2.93	BW12+MSC	2.481	118.1
	BW18+LMAU+MSU	2.38	BW12+LMAC+MSC	2.807	84.8
LMAC (cm <sup>3</sup> )	BW18+LMAU	0.569	BW12+LMAC	0.447	127.3
	BW18+LMAU+MSU	0.519	BW12+LMAC+MSC	0.336	154.5
MSC	BW18+MSU	0.030	BW12+MSC	0.036	83.3
	BW18+LMAU+MSU	0.026	BW12+LMAC+MSC	0.026	100.0

Table 9에 표시된 Model I의 BW18+LMAU, BW18+MSU 및 BW18+LMAU+MSU 선발축군의 12개월령 체중의 연간개량량은 각각 1.84, 1.99 및 1.22kg으로, Model II의 BW12+LMAC, BW12+MSC 및 BW12+LMAC+MSC 선발축군의 연간개량량 2.429, 2.438 및 2.393kg의 75.8%, 81.6% 및 51.0% 수준으로, 12개월령 체중의 연간개량량은 Model II가 Model I에 비해 크게 나타났다.

Fig. 16은 Model I과 Model II 보증종모우의 18개월령 체중 TBV 변화를 년도에 따라 표시한 것이다. 18개월령 체중은 Model I에서는 직접선발이 이루어지고, Model II에서는 12개월령 체중으로 간접 선발하게 되며, Model II의 12개월령 체중에 의한 18개월령 체중의 간접선발효과는 102.88%가 되는데, 이러한 결과는 유전상관이 높고, 12개월령 체중의 유전력이 18개월령 체중의 유전력보다 높은 조건에서 가능해진다.

Model II에서 18개월령 체중의 예상 연간개량량은 Table 4로부터  $4.39 \times 1.0288 \times 0.6 = 2.709\text{kg}$ 가 된다. Table 9를 보면 Model II의 18개월령 체중의 연간개량량은 2.481~2.908kg가 되며, 대략 일치한다고 볼 수 있다.

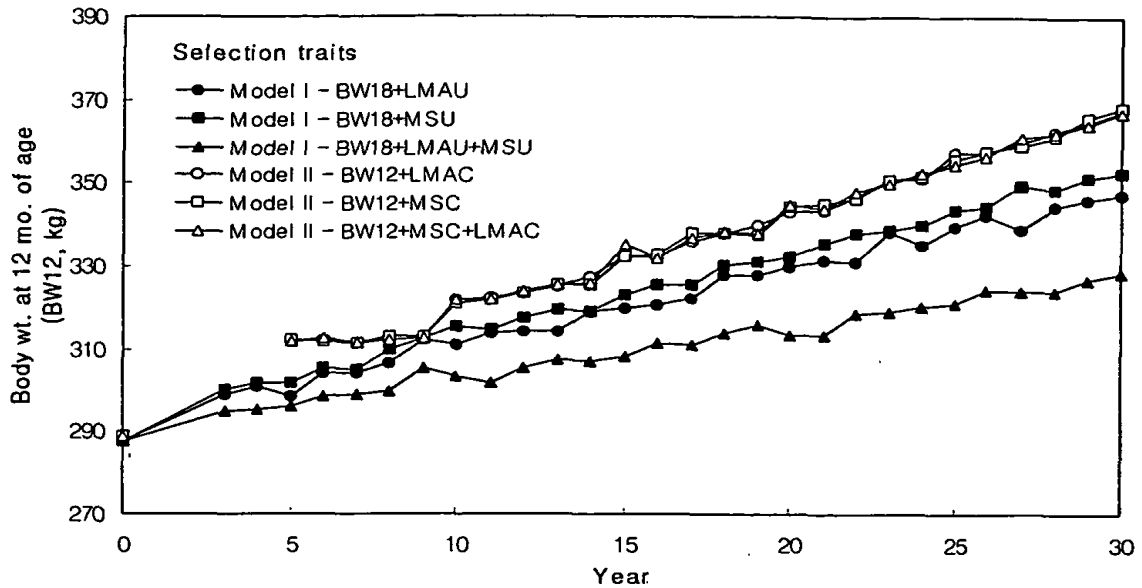


Fig. 15. Comparison of true breeding values of body weight at 12 months of age of the proven bulls in Model I and Model II

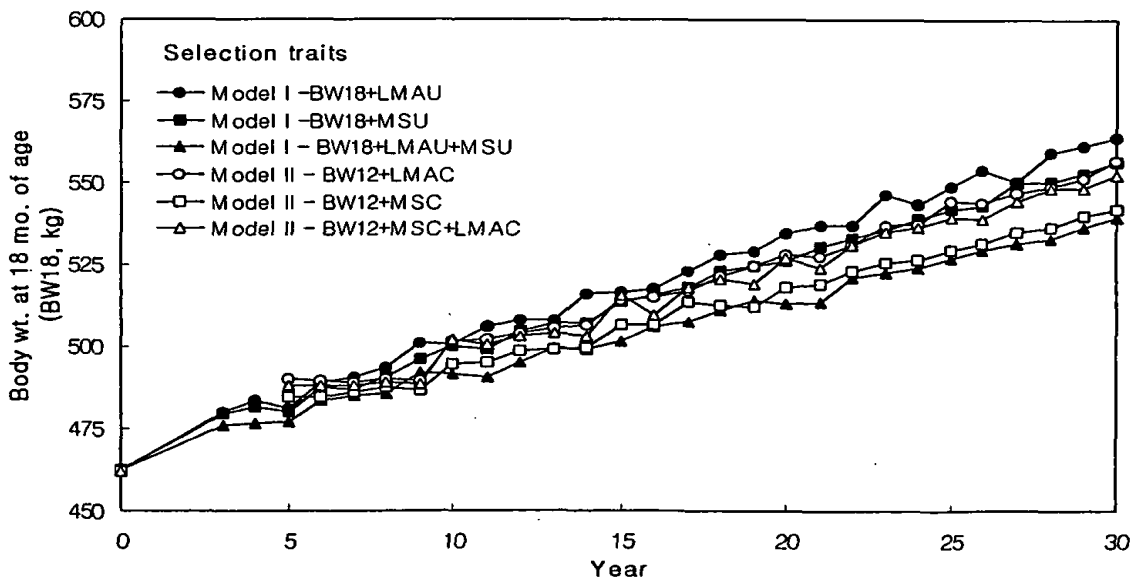


Fig. 16. Comparison of true breeding values of body weight at 18 months of age of the proven bulls in Model I and Model II

즉 Model II의 18개월령 체중은 12개월령 체중에 의해 간접 선발되는 효과에 의해 세대간격이 같다면 직접선발보다 약 2.88% 높지만 세대간격이 Model I에 비해 길어 개량속도가 낮아진 것으로 보인다.

Model I의 BW18+LMAU, BW18+MSU 및 BW18+LMAU+MSU 선발축군의 연간개량량은 각각 3.17, 2.93 및 2.38kg으로 Model II의 BW12+LMAC, BW12+MSC 및 BW12+LMAC+MSC 선발축군의 연간개량량 2.908, 2.481 및 2.807kg의 109.01%, 118.1% 및 84.8% 수준이었다.

Fig. 17은 Model I과 Model II 보증종모우의 도체측정 배장근단면적(LMAC) TBV 변화를 년도에 따라 표시한 것이다.

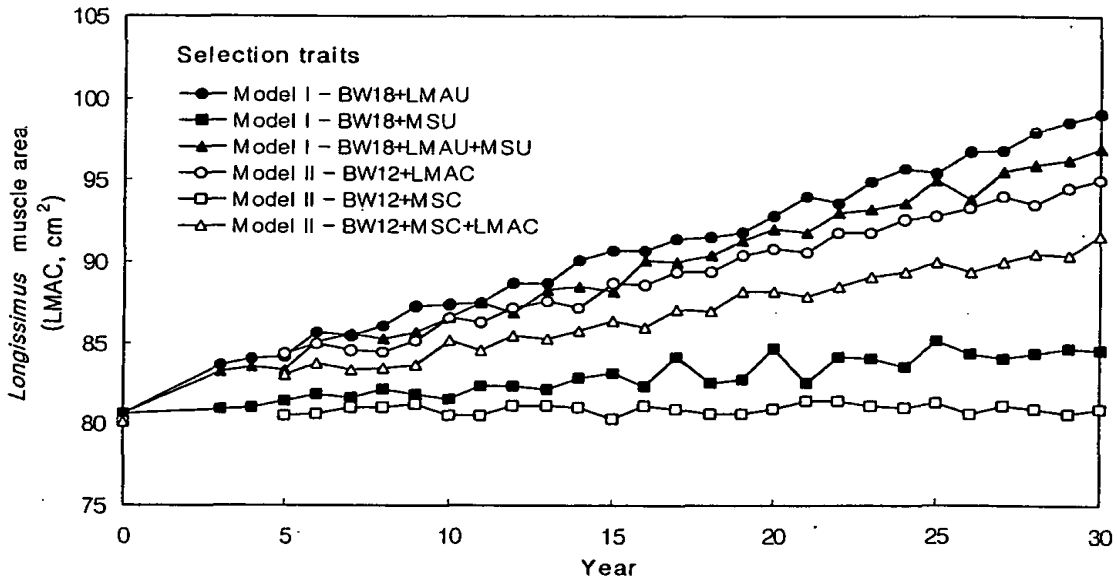


Fig. 17. Comparison of true breeding values of *longissimus* muscle area measured from carcass of the proven bulls in Model I and Model II

도체측정 배장근단면적은 Model I에서는 LMAU에 의해 간접 선발되고, Model II에서는 후보종모우 중에서 후대검정에 의해 선발하게 되며, Model I에서 BW18+LMAU 및 BW18+LMAU+MSU 선발축군의 연간개량량은 각각 0.569 및 0.519cm<sup>2</sup>으로 Model II의 BW12+LMAC 및 BW12+LMAC+MSC 선발축군의 연간개량량 0.447 및 0.336cm<sup>2</sup>의 127.3 및 154.58% 수준이었다. LMAC와 BW12 및 MSC 간의 유전상관은 각각 0.01 및 0(Table 2)이므로 Model II에서 BW12+MSC 선발시



LMAC의 선발효과는 기대할 수 없었다. 그러나 BW18과 LMAC간의 유전상관이 0.22이므로 Model I의 BW18+MSU 선발축군의 유전적 개량효과는 BW18 선발에 의한 간접선발 효과로 보이지만 그 결정계수( $r^2$ )는 0.044로 작았다.

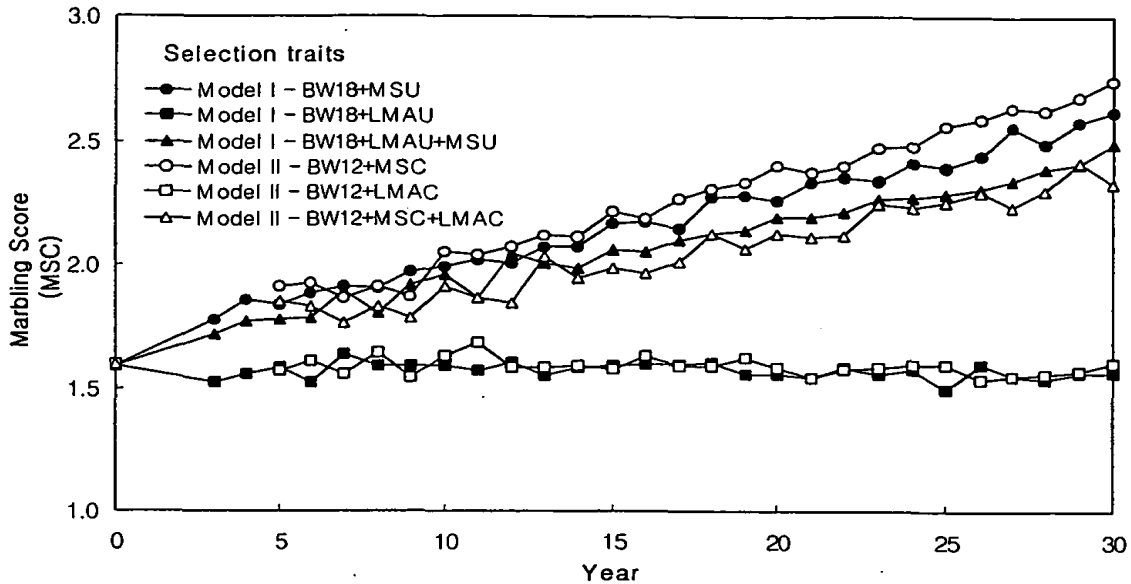


Fig. 18. Comparison of true breeding values of marbling score measured from carcass of the proven bulls in Model I and Model II

Fig. 18은 Model I 과 Model II 보증종모우의 도체측정 근내지방도(MSC) TBV 변화를 년도에 따라 표시한 것이다. 도체측정 배장근단면적은 Model I에서는 MSU에 의해 간접선발 되고, Model II에서는 후보종모우 중에서 후대검정에 의해 선발하게 되며, 선발형질이 BW18+MSU 및 BW18 +LMAU+MSU인 Model I의 연간개량량은 각각 0.030 및 0.026으로 선발형질이 BW12+MSC 및 BW12+LMAC+MSC인 Model II의 연간개량량 0.036 및 0.026의 83.3 및 100% 수준이었다. BW18+LMAU 및 BW12+LMAC 선발축군은 선발반응이 없었다.

Model I 과 Model II를 비교해 보면 12개월령 체중의 연간개량량은 Model I이 Model II의 51~81.6% 수준으로 전반적으로 Model II가 우수하였고, 18개월령 체중은 후대검정 선발형질을 배장근단면적과 근내지방도 중 한 개만 사용하였을 경우 109.0~118.1% 수준으로 Model I이 우수하였고, 두 개를 모두 사용하였을 경우 84.8%로 Model II가 우수하였다(Table 9). 박(1999)은 도체중과 12개월령 및 18개월

령 체중과의 유전상관은 0.71 및 0.96 그리고, 표현형상관을 0.52 및 0.80이라고 하였다. 성장형질 최종 목표는 도체중 또는 도살시 생체중이므로 18개월령 체중에서 연간 개량량이 높은 Model I 이 바람직한 것으로 사료된다.

도체측정 배장근단면적(LMAC)을 보면 Model I 이 초음파측정 배장근단면적(LMAU)에 의해 간접선발 되지만, Model II의 연간개량량은 127.3~154.58% 수준으로 월등히 높게 나타났다(Table 9). 도체측정 근내지방도는 후대검정 선발형질로 근내지방도를 사용했을 경우 Model I 이 Model II의 83.3%로 Model II가 우수했지만 배장근단면적 및 근내지방도 모두를 선발형질로 했을 경우에는 두 모형의 연간개량량이 동일하였다(Table 9). 그러나 이는 초음파 측정 근내지방도의 정확도를 0.6으로 가정한 결과이며, 기술개발에 의해 정확도를 개선하면 충분히 Model I 이 우수한 결과로 나타날 수 있을 것이다.

마. Model I 과 Model II의 개량비용 비교

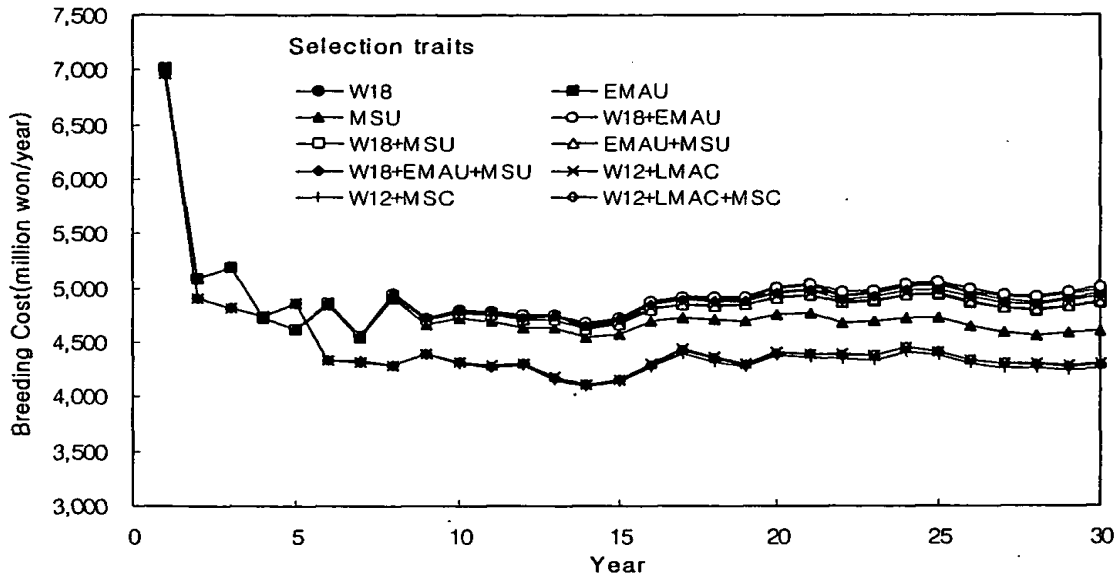


Fig. 19. Comparison of breeding costs per year in Model I and Model II

Fig. 19는 당대검정모형(Model I)과 후대검정모형(Model II)의 각 선발형질에 따른 축군의 개량비용을 추정한 것이다. 비용 추정을 위해 매년 각 개체의 1년간 사료 섭취량을 추정하여 사료비를 구하고, 이를 바탕으로 사육비를 계산한 다음, 1년 사이에 도태한 개체의 판매가격을 빼서 연간 비용으로 하였다.

당대검정 모형의 MSU 선발축군은 18개월체중의 개량효과가 거의 없었는데(Table 4, Fig. 6), 이런 이유로 Fig. 19의 MSU 축군은 비용증감이 거의 없는 것으로 나타났으며, 후대검정모형의 3 선발축군(BW12+LMAC, BW12+MSC, BW12+LMAC+MSC)은 공통적으로 12개월 체중이 선발형질에 포함되어 있어 비슷한 경향을 나타냈다. 당대검정 또는 후대검정 모형 내 각 축군간의 차이는 거의 없이 비슷하였는데, 이는 같은 모형이라면 가축의 생산 및 도태 과정이 동일하므로 체중 형질의 개량 정도에 따라 사료섭취량의 변화가 있고, 또 도태시 생체 판매가격의 변화가 있으므로 사료가격과 생체 판매가격의 변화에 따라 달라질 수 있으므로 모형내 선발축군에 따른 차이는 큰 의미를 부여할 수 없을 것으로 사료된다.

전반적으로 당대검정모형 7축군에 비해 후대검정 모형 3축군은 개량비용이 적었다. 이는 후대검정모형에서 후대검정우들의 사육기간이 24개월로 종모우나 증빈우 집단의 사육기간보다 짧아 판매시 이익이 발생하므로 나타나는 현상으로 보인다. 이러한 결과로 볼 때, 당대검정모형에 비해 후대검정 모형이 비용면에서 유리한 것으로 볼 수 있지만, 조건에 따라 달라질 수 있는 여지가 많이 있는 것으로 사료된다.

#### 바. Model I 과 Model II의 개량량에 대한 경제적 가치

##### 1) 후대검정우의 경락가격에 대한 회귀

23차~28차 후대검정우의 경락가격(지육 가격)에 대한 18개월체중, 배장근 단면적 및 근내지방도의 회귀계수를 구한 결과는 Table 10과 같다.

23차~28차 전체 자료를 대상으로 구한 회귀는  $r^2$ 값은 0.50으로 각 검정차수별로 구한 값(0.82~0.89)에 비해 작았다. 이는 경락 당시의 지육 시세가 차수별로 다르지만 회귀모형에서는 이 부분이 포함되어 있지 않기 때문인 것으로 사료된다. 경제적 이익을 최대로 하는 육종계획을 수립에는 현재 가격이 아니라 적어도 몇 년 후의 가격을 결정하는 요인이 적용되어야 하는 것이지만 현재 가격을 적용하여 보면 현재 적용하고 있는 육종체계의 적합성을 가늠해 볼 수 있을 것으로 사료된다. Table 10의 결과를 보면 체중이 경락가격에 미치는 영향은 큰 변화가 없으나, 배장근단면적 및 근내지방도의 비

중이 늘어나는 경향을 보였다. 이는 육량기준지수식에서 배장근단면적의 계수가 0.088로 도체중량의 계수 0.008보다 크므로 육량지수를 결정하는데 있어 보다 큰 영향을 미치고 있고, 소비자가 고급육을 선호하는 경향을 보이는 것과 관련이 있는 것으로 보이지만, 대상 자료가 좁은 날짜 범위인 점 때문에 결정적인 경향으로 판단하기 어려울 것으로 사료된다.

Table 58. Linear regression coefficients of price for beef of steers

Period of progeny test (year/month)	Intercept	Body weight	<i>Longissimus</i> muscle area	Marbling Score	$r^2$
23'th('98/11)	-287761 ± 93166	4067 ± 196	4143 ± 1358	59525 ± 5536	0.89
24'th('99/03)	-753547 ± 125230	4728 ± 233	5768 ± 1486	95599 ± 6194	0.85
26'th('00/03)	-1853041 ± 215840	5206 ± 411	19909 ± 2790	257804 ± 13744	0.83
27'th('00/08)	-1238315 ± 191246	6098 ± 336	10226 ± 3327	165650 ± 12060	0.86
28'th('01/03)	-585601 ± 172605	4485 ± 386	9618 ± 2196	168880 ± 9338	0.82
Overall	-1139559 ± 149822	5548 ± 324	10482 ± 2070	93922 ± 9227	0.50

Table 11과 Fig. 20은 당대검정모형(모형 I)내 선발형질별로 모의실험한 결과로부터 도출된 18개월체중, 배장근단면적 및 근내지방도의 연간 유전적 개량량(Table 4~6)에 따른 두당 경락가격 증가량을 검정 차수별로 추정된 회귀계수를 적용하여 계산한 것이다.

23차 및 24차 검정의 경우 BW18 선발축군이 경락 가격 상승폭이 가장 컸지만 26차~28차 검정에서는 BW18+LMAU 및 BW18+LMAU+MSU 선발축군이 가장 큰 상승폭을 나타내었다. 두 선발축군의 차이는 의미를 가지지 않는 것으로 보인다. LMAU 또는 LMAU+MSU 선발축군은 서로 비슷하였고, 26차~28차에서 상승폭이 증가하였다. 이러한 결과로 볼 때, 경락가격을 결정에 큰 영향을 미치는 형질은 23~24차에서는 18개월체중(BW18)이었고, 그 이후 차수에서는 초음파측정 배장근단면적(LMAU)이었다고 사료된다.

Table 59. Economic gains in Model I (unit: won/year • head)

Period of progeny test	MSU	LMAU	LMAU+MSU	BW18+MSU	BW18+LMAU+MSU	BW18+LMAU	BW18
23'th	2955	9357	9427	14521	15116	16877	18913
24'th	4957	9906	11370	19034	18630	20120	23821
26'th	12469	22724	26026	24828	30695	28186	25216
27'th	7067	22426	22004	21089	27350	27863	24668
28'th	7630	20461	20693	14944	22337	20757	14916
Overall	4305	21259	18905	12020	20431	20546	13620

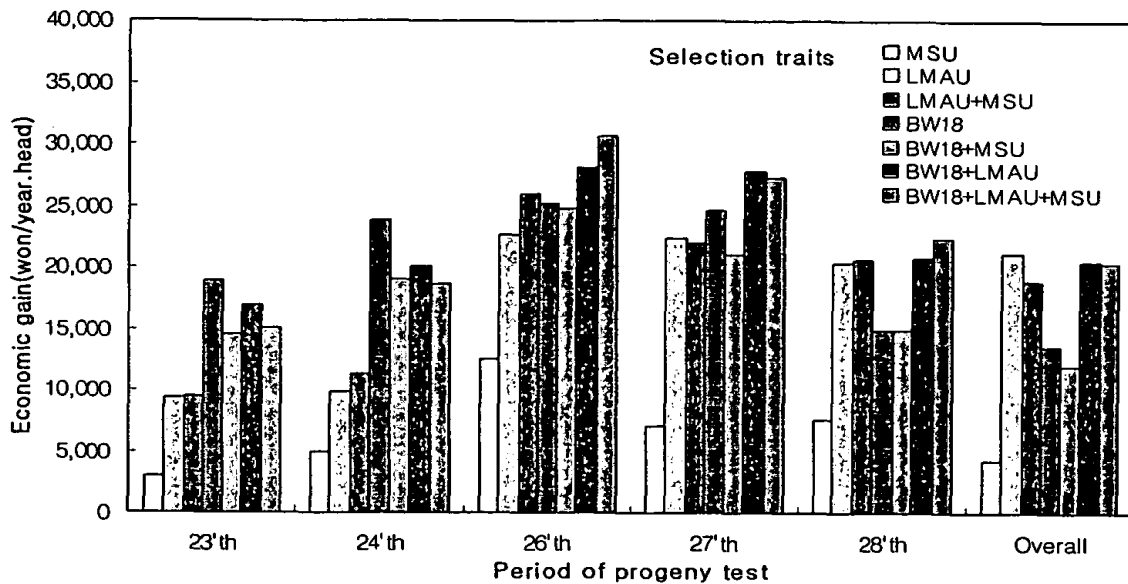


Fig 20. Comparison of economic gains in Model I

Table 12와 Fig. 21은 후대검정모형(모형 II)내 선발형질별로 모의실험한 결과로부터 도출된 18개월체중, 배장근단면적 및 근내지방도의 연간 유전적 개량량(Table 7)에 따른 두당 경락가격 증가량을 검정 차수별로 추정된 회귀계수에 따라 계산한 것이다.

당대검정 모형의 경우와 같이 배장근 단면적의 영향이 근내지방도보다 크게 나타났으며, 후대검정 모형에서는 모든 선발특성에 12개월체중이 선발형질에 포함되어 있으므로

로 체중의 증가에 따른 영향은 알 수가 없었다.

Table 60. Economic gains in Model II (unit: won/year • head)

Period of progeny test	BW12+MSC	BW12+LMAC	BW12+LMAC+MSC
23'th	12126	14758	15354
24'th	16453	17685	19451
26'th	21233	23440	28119
27'th	16880	23405	24791
28'th	11819	16868	18850
Overall	8444	16714	16535

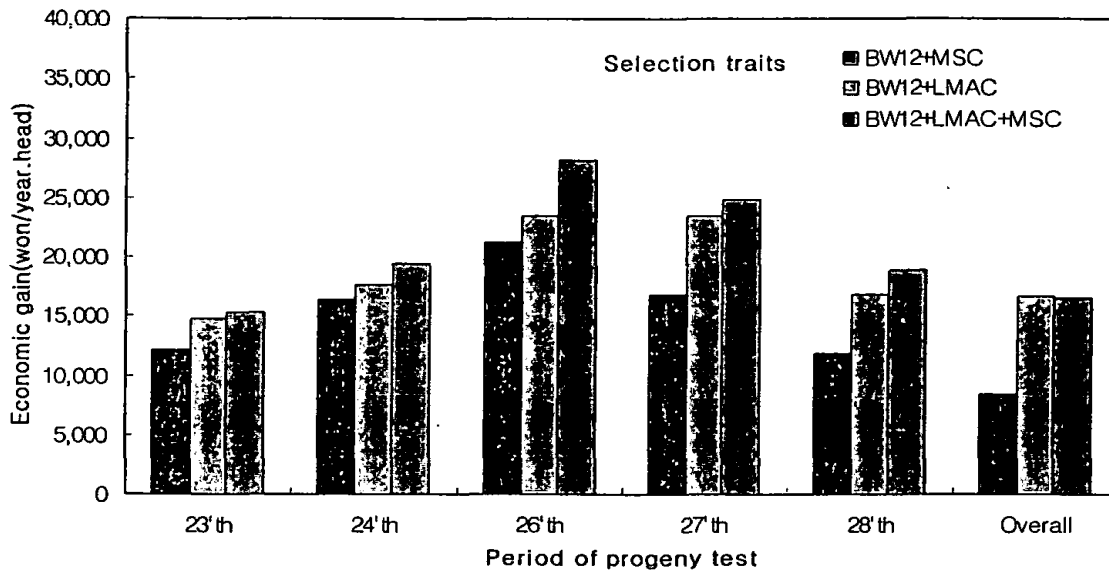


Fig 21. Comparison of economic gains in Model II

Fig. 22는 당대검정모형과 후대검정모형의 두당 경락가격 증가량을 비교한 것이다. 전반적으로 당대검정모형이 후대검정 모형에 비해 두당 경락가격 증가량이 크게 나타났다.

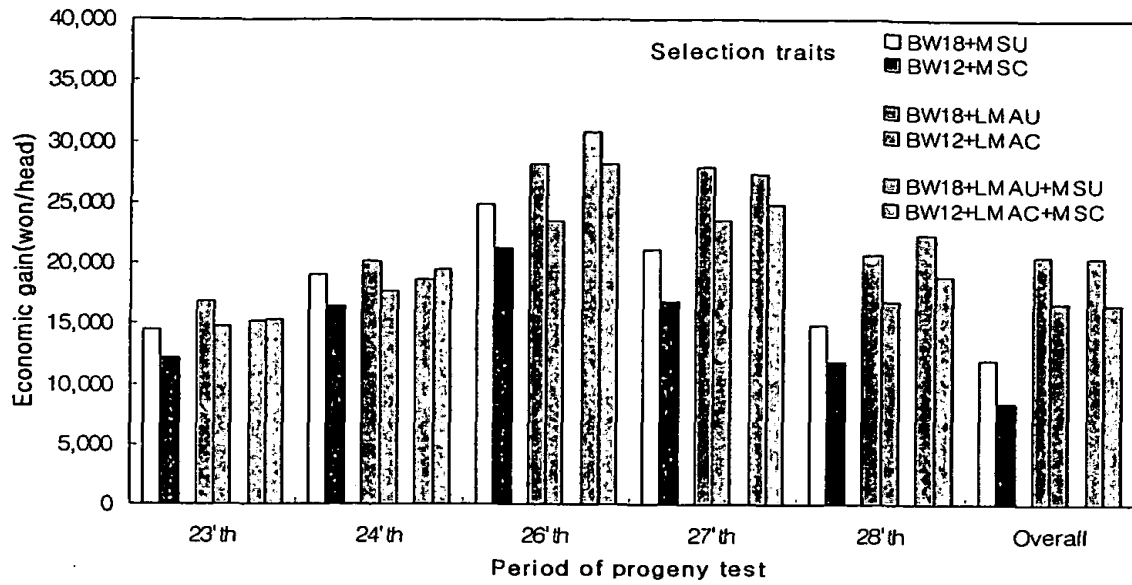


Fig 22. Comparison of economic gains in Model I and Model II

## 제4절 요약

가축 육종 체계 또는 선발방법의 상호 비교를 할 수 있도록 다형질 모의실험을 위한 확률모형을 개발하고, 개발된 모형에 따라 프로그램을 작성하였으며, 모수를 입력하고 실행하여 생성된 자료가 주어진 유전모수의 특성을 나타내는지 확인하기 위하여 모의실험을 실시하였다.

기존 연구결과로부터 얻어진 평균과 상가적 유전효과 및 잔여오차의 분산 및 공분산 값을 실험 모수로 사용하여 모의실험 축군을 생성하였다. 선발방법은 임의교배, 표현형가, 참육종가 및 추정육종가에 의한 선발 중에서 선택할 수 있도록 하였고, 개체의 육종가는 MTDFREML package를 사용하여 추정하였다. 모의실험 프로그램의 정확성을 검증하기 위하여 크기가 다른 3 축군을 20년간 임의교배하여 모의실험한 결과, 축군의 크기에 관계없이 평균값과 분산 및 공분산 값은 모의실험 모수로 주어진 값과 비슷하였고, 축군의 크기가 클수록 모의실험 모수로 주어진 값에 더욱 근접하였으며 표준오차가 작아졌다. 이상의 결과를 보면, 모의실험 모형에 의해 생성된 축군의 자료는 모의실험 모수와 같은 통계적 특성을 유지하는 것으로 사료된다.

초음파 생체 측정기술을 적용하여 당대검정에서 성장형질과 도체형질을 동시에 선발하는 모형과 기존 후대검정 모형을 비교하기 위한 모의실험을 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다. 당대검정 모형(Model I)은 종모우 10두와 7,000두 규모의 종빈우 집단에서 선택한 1,000두의 종빈우를 교배하여 생산된 333두의 수송아지 중에서 보증종모우 10두를 선발하는 모형이다. Model I의 선발형질은 18개월령 체중(BW18), 초음파 측정 배장근단면적(LMAU) 및 초음파측정 근내지방도(MSU) 등 3형질을 조합한 7가지로 구성하였다.

후대검정 모형(Model II)은 종모우 10두와 7,000두 규모의 종빈우 집단에서 선택한 1,000두의 종빈우를 교배하여 생산된 333두의 수송아지 중에서 능력검정에 의해 후보종모우 33두를 선발한 후, 후보종모우 1두당 15두의 수송아지를 후대검정하여 보증종모우 10두를 선발하는 모형이다. Model II의 능력검정 선발형질은 12개월령 체중(BW12)으로 하였고, 후대검정 선발형질은 도체측정 배장근단면적(LMAC), 도체측정 근내지방도(MSC) 등 2형질을 조합한 3가지로 구성하였다.

선발형질들의 추정 육종가를 표준화하여 같은 비중으로 선발기준에 적용하였다. Model I 과 Model II의 근교계수는 30년 간의 모의실험 후 각각 0.088 및 0.058이었으며 각 모형 내 선발축군 간에 증가율에 큰 차이가 없었으나 모형간에는 세대간격의



차이로 인해 증가율에 차이가 있었다.

모의실험 결과를 볼 때, 18개월령 체중과 배장근단면적은 초음파측정기술을 사용하여 Model I 로 선발하는 것이 Model II보다 개량속도를 높일 수 있었으며, 근내지방도는 Model II가 개량속도가 약간 높거나 같았으며, 초음파측정의 정확도를 조금만 더 높인다면 Model I에 의한 선발이 더 효과적이 될 수 있을 것이다. 따라서 초음파측정 기술을 도입한 Model I로 선발하는 것이 개량속도를 높일 수 있으며, 세대간격을 단축할 수 있고, 결과적으로 경제적 효율이 있을 것으로 사료된다.

## 제5절 인용문헌

- Belonsky, G. M. and B. W. Kennedy. 1988. Selection on individual phenotype and best linear unbiased predictor of breeding value in a closed swine herd. *J. Anim. Sci.* 66:1124.
- Boldman, K. G., L. A. Kriese, L. D. Van Vleck, C. P. Van Tassell and S. D. Kachman, 1995. A manual for use of MTDFREML. USDA. ARS.
- Falconer D. S. and T. F. C. Mackay. Introduction to quantitative genetics. 4th ed. England. Pearson Education Ltd. 1996.
- Houghton, P. L. and L. M. Turlington. 1992. Application of ultrasound for feeding and finishing animals: a review. *J. anim. Sci.* 70:930.
- Kennedy, B. W. Quantitative genetics theory in animal breeding. Univ. of Guelph Canada. 1995.
- Koots, K. R. and J. P. Gibson. 1996. Realized sampling variances of estimates of genetic parameters and the difference between genetic and phenotypic correlations. *Genetics.* 143:1409.
- Liu, Y. 1992. Statistical modeling and computer processing of animal ultrasonic images for developing an automated evaluation system(carass). Dissertation Abstracts. UMI 1994 version. AAC 9300774.
- Shin O. Y., Y. I. Park. 1990. Estimation of genetic parameters for body weights of Korean Native Cattle. *Korean J. Anim. Sci.* 32(6):315.
- Sorensen, D. A. and B. W. Kennedy. 1984a. Estimation of response to selection using least squares and mixed model methodology. *J. Anim. Sci.* 58:1097.
- Sorensen, D. A. and B. W. Kennedy. 1984b. Estimation of genetic variances from unselected and selected populations. *J. Anim. Sci.* 59:1213.
- Wilson D. E. 1992. Application of ultrasound for genetic improvement. *J. Anim. Sci.* 70:973.

- Winsor, C. R. 1932. The Gompertz curve. Proc. Nat. Acad. Sci. 18:1.
- 김내수, 김정우, 박홍양, 상병찬, 여정수, 전광주, 최광수, 홍기창. 생물학도를 위한 응용통계학. 유한문화사. 1994.
- 김내수, 주종철. 1996. 체계분석을 위한 한우의 생물학적 모형 개발. 한국축산학회지. 38:359.
- 김내수, 주종철, 이득환. 1996. 한우의 체계분석을 위한 성장곡선 모수의 추정. 한국축산학회지. 38:119.
- 농촌진흥청. 1992. 한우표준가축사료급여기준(한우). 농촌진흥청.
- 농림부, 축산기술연구소, 축협중앙회. 1999. 가축개량 관련자료. 농림부, 축산기술연구소, 축협중앙회.
- 농협중앙회. 2001. 번식우 생산비 조사. [http://livestock.nonghyup.com/managementinfo/production/production\\_000.htm](http://livestock.nonghyup.com/managementinfo/production/production_000.htm)
- 박철진. 1999. 한우의 성장 및 도체형질에 대한 유전모수 및 유전적 변화 추세의 추정에 관한 연구. 서울대학교 박사학위논문.
- 안병석. 1995. 한우 체중의 유전적 변화 추정에 관한 모의실험 연구. 충북대학교 박사학위논문.