

GOVP1199904348

636.4  
L2937

최 종  
연구보고서

고품질 돈육생산을 위한 돼지의 우수계통 개발에  
관한 연구

Studies on the establishment of linebred  
nucleus herds to produce quality pork

연구기관

축산기술연구소 종축개량부  
서울대학교 농업생명과학대학

농 립 부

## 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 "고품질 돈육 생산을 위한 돼지의 우수계통 개발에 관한 연구"의 최종 보고서로 제출합니다.

1998. 12. 30

주관연구기관명 : 농촌진흥청 축산기술연구소

총괄연구책임자 : 박 무균

연구원 : 최 진성, 권 오섭

연구원 : 이 학교, 이 종문

연구원 : 김 명직, 조 규호

연구원 : 박 종대, 박 준철

연구원 : 정 기화, 정 재두

연구원 : 진 현주, 노 진식

연구원 : 이 동원, 허 태영

연구원 : 조 창연, 이 상훈

연구원 : 김 준연

연구원 : 정 영철 (정P&C연구소)

협동연구기관명 : 서울대학교 농업생명과학대학

협동연구책임자 : 박 영일

연구원 : 김 낙환

연구원 : 오 상현

## 요 약 문

### I. 제 목

고품질 돈육생산을 위한 돼지의 우수계통 개발에 관한 연구

### II. 연구개발의 목적 및 중요성

우리나라의 돼지사육두수가 사상 처음으로 7백만두를 넘어섰고 돼지고기의 수출도 증가되고 있어 축산에서의 양돈산업은 중요시 되고 있다. 그러나 종돈의 개량에 대한 연구가 다른 분야에서 보다 진전되지 못하여 우량종돈 확보에 문제가 드러나고 있으며 이러한 결과는 매년 외국으로 부터의 종돈수입량 증가로 이어지고 있다. 또한 여러나라의 다양한 종돈이 수입되어 종돈이나 비육돈의 개체변이가 대단히 크고 수출규격돈의 합격률이 낮게 나타나고 있다. 이것은 양돈농가의 사양관리나 출하기술 등의 문제도 있으나 동일품종에도 개체차이가 많아 유전적으로도 돼지의 품종내 개체변이가 큰 원인으로 생각되어진다. 특히 도체형질에 변이가 많은 경향이 있다. 선진외국에서는 이미 다양한 특징의 계통육성과 교잡방식으로 Hybrid종을 생산하여 육종산업화 하고 있다, 국내에서도 1987년 정부의 정책사업으로 전문종돈장에서 돼지의 계통조성을 권장하고 추진하여 왔으나 현재 소기의 성과를 거두지 못하고 일부 종돈장에서만 소수의 계통이 조성되고 있다.

따라서 본 연구는 1) 유전성이 확실하여 결과를 예측하고 반복할수 있으며, 2) 균일성이 우수하고 3) 교잡에 의한 비육돈 생산시 잡종강세효과를 높이는 폐쇄군육종방식에 의하여 모계 2계통을 조성하고, 최근의 통계기법인 BLUP animal model을 이용한 선발기술, 첨단유전공학인 유전자분석에 의한 불량육질생산 유전자(PSS) 검색과 육질관련 유전자 구명 등 돼지 계통조성과 관련된 개량기술을 개발하여 국내 종돈개량에 기여코저 실시되었다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

#### 1. 돼지의 근교계통조성

- 가. 돼지의 모계통으로 이용되는 대요크셔종과 랜드레이스종에 대하여 폐쇄군 육종 방법으로 매세대 초산돈의 번식능력과 산육능력을 검정하고 형제 검정돈의 도체를 조사하였으며 선발방법은 2세대까지는 표현형 선발지수에 의한 가계내 선발을 하였고, 3세대이후는 육종가에 의한 모계 선발지수를 적용하여 개체선발을 하였다.
- 나. 각 세대의 선발돈에 대한 교배방법에서 2세대까지는 각 계통별로 5가계를 구성하여 Dial식 가계간교배를 하였으나 3세대이후는 근친계수를 고려하여 개체간 교배를 하였다
- 다. 기초돈의 구성에서 대요크셔종 계통은 캐나다 Genetiporc 사에서 도입한 원종돈 37두( 수컷 7, 암컷 30)와 축산기술연구소 선발돈 42두(수컷 3, 암컷 39)를, 랜드레이스종 계통은 국내외 우수 종모돈 10두의 정액과 사천지소에서 선발된 암컷 82두를 공여하였으나 2세대에서는 3가계를 덴마크 도입종돈 34두로 대체하였다.
- 라. 모계 2 품종의 계통조성 결과, 현재까지 대요크셔종은 4세대 72두, 랜드레이스종은 3세대 77두를 선발하였다.
- 마. 본 연구에서 계통조성된 대요크셔종 3세대 수컷 4두와 랜드레이스종 암컷 10두를 계통간교배하여 생산된 일대잡종(F1) 63두의 산육능력을 검정하였다.

## 2. BLUP을 이용한 육종가추정 및 선발모형 개발

- 가. 우리나라 공인능력검정소에서 능력검정된 대요크셔종 3,450두, 랜드레이스종 1,987두, 듀-룩종 2,572두 합계 8,009두의 자료를 이용하여 유전모수를 추정하고 본 연구에서 추진중인 대요크셔종과 랜드레이스종의 계통돈에 대한 육종가를 평가하였다.
- 나. 미국 Iowa주립대학교의 Hazel교수와 Lush교수에 의해 개발된 방법에 근거하여 조사형질과 개량목표에 따라 적용할수 있는 모계 선발지수 8개 모형과 부계 선발지수 4개 모형을 개발하였다.
- 다. 단형질 혼합모형과 다형질 혼합모형에 의한 선발 방법의 효율성을 분석하기 위하여, 본 연구에서 계통조성 중인 대요크셔종 233두와 랜드레이스종 237두에 대한 번식능력과 산육능력 검정성적을 단형질 animal model과 다형질 animal model로 분석하고 상관관계를 추정하였으며 표현형가와 육종가에 의한 선발순위에 대하여도 상관관계를 추정하여 비교하였다.
- 라. 돼지의 계통간교잡에 의하여 생산되는 계통간 교잡종의 능력에 대한 교잡효과를 알기 위하여 S 종돈장에서 1985년부터 1993년까지의 기간에 분만된 4개의 순종 계통과 이들 계통간 교배에 의하여 생산된 12가지 종류의 계통간 교잡종 총 6,696복에 대한 자료를 이용하여 각 계통의 일반조합능력, 특정조합능력, 모체효과, 상반교잡효과 및 잡종강세효과를 추정하였다.
- 마. 돼지의 계통조성 기간을 단축하기 위하여 매 세대 번식에 이용하는 종모돈과 종빈돈 두수를 어느 규모로 축소할 수 있는가를 알아 보려고 돈군내 개체간 혈연계수 및 근교계수가 세대의 경과에 따라서 어떻게 변화하는가를 모의실험 (simulation)을 통하여 연구하였다.

### 3.계통돈의 경제형질과 관련된 유전표지의 구명

- 가. 계통돈에서 PSS(Porcine stress syndrome)유전자를 제거하기 위하여 PCR-RFLP분석법으로 계통돈의 PSS유전자의 다형성을 확인하고 PSS유전자를 보유한 개체는 본 연구의 계통에서 도태하였다.
- 나. PSS유전자의 보유개체에 대하여는 상호교배에 의한 자돈생산으로 PSS유전자의 세대간 발현양상을 분석하였다.
- 다. PSS유전자를 보유하지 않은 정상돈과 보유돈에 대한 교배조합별 번식능력과 산육능력을 조사하여 PSS유전자와 능력과의 관계를 분석하였다.
- 라. 돼지의 산육성과 관련된 유전적 표지를 구명하기 위하여 본 연구소에서 계통조성중인 대요크셔종 122두와 그외 햄프셔종 10두,듀록종 10두의 혈액을 공시하여 Genomic DNA를 추출하고 PCR-RAPD기법으로 Microsatellite markers의 다형을 typing하였다.
- 마. 돼지의 Chromosome 7 부위에 위치한 microsatellite primer중 산육형질과 관련되어 있는 유전자가 있을 것으로 보고된 fluorescent primer 5종을 제작하고 primer의 염기서열을 분석하였다.
- 바. 본 연구에서 분석된 Microsatellite maker S0102,SW157, S0064에 대한 각 개체의 유전자형과 산육형질의 연관성을 분석하였다.

#### IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

##### 1. 돼지의 근교계통개발

- 가. 계통돈의 세대별 근친도 변화를 추정한 결과에서 대요크셔종 계통 4세대의 평균 근친계수는 0.0095로 낮았으나, 평균 혈연계수는 0.1029로 나타나 돈군의 혈연 관계가 높게 상승되고 있었으며, 랜드레이스종 계통 3세대는 평균 근친계수가 0.0008, 평균 혈연계수는 0.046으로 낮게 나타났다.
- 나. 초산인 모돈의 생존산자수에서 대요크셔종 3세대는 9.2두, 랜드레이스종 2세대는 10.6두 였으며 육종가는 각각 0.063, 0.061두로 추정되어 향상되는 경향을 나타 내었다.
- 다. 선발 종모돈의 일당증체량, 등지방두께, 90kg 도달일령은 대요크셔종 4세대가 각각 985g, 1.47cm, 136일이었으며, 랜드레이스종 3세대는 각각 922g, 1.48cm, 142일이었다.
- 라. 각 형질에 대한 육종가는 세대가 경과됨에 따라 등지방두께를 제외한 대부분 형 질에서 향상되는 경향을 나타내었다.
- 마. 폐쇄군육종에서의 선발과 교배방법은 표준적 방법인 가계내 선발과 가계간 Dial 식 교배보다 개체선발과 개체간 교배가 효과적으로 나타났다.
- 바. 계통돈의 균일성은 대부분 형질에서 세대가 경과됨에 따라 표준편차가 감소되어 변이의 차이가 적어지는 경향이였다.
- 사. 본 연구의 결과에서 폐쇄육종에 의한 방법으로 7세대까지 완성할 때 번식능력과 산육능력이 우수한 근교계통이 개발될 것으로 예상되며, 또한 이들 계통들은 PSS Free 모계통으로 활용될 것이다.

## 2. BLUP에 의한 육종가 추정 및 선발모형 개발

- 가. 종돈의 선발에 이용할 수 있는 육종가에 의한 선발지수 모계통 8개 모형과 부계통 4개 모형을 개발하였다.
- 나. 단형질 혼합모형과 다형질 혼합모형의 육종가를 추정하고 상호간의 상관 관계를 추정한 결과는 산자수, 일당중체량 및 등지방두께에서 높은 상관관계를 나타내었다.
- 다. 계통돈의 번식능력과 산육능력에 대한 육종가와 표현형가와의 상관관계를 추정한 결과는 일당중체량과 등지방두께에서 높게 나타났으나 번식형질은 낮게 나타났다.
- 라. 돼지의 번식능력에 대한 계통간 교배조합의 결합능력을 추정한 결과는 순종 계통의 특정결합능력과 상반교잡효과에서 교배조합에 따라 정부(正負)의 차이가 나타났다.
- 마. 계통조성기간 단축에 대한 연구에서 종모돈 6두, 종빈돈 30두 유지시 5세대에서 혈연계수 22%정도 도달되어 기간단축이 가능하였으나 그 이후의 계통유지에서 근친도가 너무 높아지는 것으로 추정되었다.

## 3. 계통돈의 경제형질과 관련된 유전표지 구명

- 가. 돼지의 품종별 PSS유전자 잠재성인자의 발현양상은 랜드레이스, 요크셔, 듀록, 햄프셔 순으로 높은 발현율을 나타내었다.
- 나. 요크셔품종의 교배체계에서 PSS 유전자 잠재성인자의 발현양상은 종빈돈이 잠재성일 때 세대유전이 많은 경향을 보였다.

- 다. 요크셔 품종의 계통조성 3세대의 경우 PSS 유전인자 형태별 돈육 생산성은 중모돈 및 중빈돈 모두 정상일때 등지방두께가 1.489cm으로 부모중 어느한쪽이 잠재성일 때 1.385cm 보다 유의적( $P < 0.007$ )으로 두꺼웠다.
- 라. PSS 유전자 교배체제별 산자수 및 자돈성장 효과를 보면 부모 모두 정상일 때 산자수는 복당 8.103두로 부모 어느한쪽이 잠재성일 때 복당 7.479두보다 많은 경향을 보였다.
- 마. 돼지의 Chromosome 7의 위치에서 Microsatellite 3개 영역(S0102, SW175, S0064)의 다형성을 분석한 결과는 9% PAGE에서 93~160bp 크기의 24개 유전자형을 확인할 수 있었다.
- 바. 자동염기서열분석기를 이용한 경우 S0102는 121~135bp 크기의 4개 대립유전자 8종류의 조합양상을, SW175는 125~129bp의 3개 대립유전자 6종류의 조합양상을, S0064의 경우는 104~116bp 크기의 4개 대립유전자 8종류의 조합양상을 확인할 수 있었다.
- 사. 요크셔 계통돈에서 MS 3개 영역의 특성을 조사한 결과 S0102에서 CC(129/129) 32.8%, SW175에서 AB(125/127) 43.6% 그리고 S0064에서는 BC(112/114) 17.2%로 가장 높은 발현율을 보였다.
- 아. 요크셔 계통돈에서 MS 3개영역의 발현특성과 경제형질과의 연관성을 분석한 결과 일당증체량은 S0102-BC 및 S0064-AB, BB에서 유의적인 차이가 있었고, 등지방두께는 S0064-AC에서 유의적인 차이가 있었다. 또한 90kg 도달일령은 S0064-AB, BB에서 유의적으로 우수함이 인정되었다.
- 자. Microsatellite의 대립유전자 분석을 통하여 개체의 친자확인도 가능하였다.

#### 4. 결과활용에 대한 건의

- 가. 본 연구에서 조성된 돼지근교계통은 7세대까지 수행되어야 완전한 계통으로 사용할 수 있으나 현재 4세대에서 연구가 종료되므로 금후 본 연구소에서 PSS Free 계통으로 완성후 비육돈생산의 모계통으로 보급할 계획 임.
- 나. 본 연구에서 개발된 육종가에 의한 선발모형 (모계 8개와 부계 4개)에 대하여는 본 연구소에서 계통조성에 활용하여 검증후 전문종돈업에서 사용할수 있도록 시책 사업으로 건의할 계획임.
- 다. 본 연구에서 연구된 돼지의 불량육질생산 유전자(PSS)검색 기술을 이용하여 현재 국내 7개 전문종돈업의 종돈 899두에 대하여 유전자 검색을 지원하고 있으며 금후에도 계속 본 연구소에서 전문종돈업을 지원하고 시책사업으로 건의코져 함.
- 라. 돼지계통조성기술의 육질관련 Microsatellite 구명 등 본 연구에서 얻은 결과는 국내외 학술지를 통하여 기술을 전수할 계획임.

## S U M M A R Y

### I. Title

Studies on the Establishment of Linebred Nucleus Herds to Produce Quality Pork

### II. Objectives and Importance of the Study

Swine industry takes greater part in the overall livestock industry in Korea as swine population became over seven million heads and as export markets of pork became larger. However, there does not exist strong swine genetic basis to support the demand of breeding stocks, which lead to the increase in the number of breeding stock imports each year. Another problems are brought by too diverse genetic backgrounds of these breeding stocks imported that are bred to meet the homogeneity required for pork exportation market. Feeding and slaughtering may contribute to the low passing rate to the export market standards. However, substantial difference in genetic basis, even within the same breeds, to produce commercial herds might be the major problem. Especially, carcass characteristics tend to have great variation. There was considerable development in linebreeding and mating system which had produced hybrid pigs for swine business in western countries. Korean government attempted to build linebreds at several governmentally managed swine farms from 1987. However, there was no successful outcomes and only a few lines are maintained in those farms.

The objectives of this study were to develop two maternal lines by closed breeding scheme, to develop selection tools using breeding values predicted with BLUP animal models, to find genetic markers for the detection of undesirable genotypes in carcass quality(PSS) and to find the markers associated with carcass quality characteristics. We expected that inbred lines would 1) improve predictability and repeatability of genetic makeup over generation by increasing prepotency, 2) improve the homogeneity of the products, and 3) increase heterosis in the crossbred population for pork production.

### III. Progresses of Research

#### 1. Establishment of Inbred lines in swine

A. Maternal lines of Large Yorkshire and Landrace breeds were developed by closed breeding scheme. Reproduction and growth measures from the first litters were recorded each generation. Carcass measures were taken from sibs. Within family selection was made by the second generation based on phenotypic selection indices. Individual selection by maternal selection index based on breeding values were made from the third generation.

B. Dial type between family mating scheme was applied to five families within each line by the second generation. From the third generation, individual mating was applied which took into account inbreeding coefficients.

- C. Base population of Large Yorkshire was constructed with 37 GP's (3 boars and 30 gilts) from Genetiporc Inc. in Canada and 42 pigs (3 boars and 39 gilts) from National Livestock Research Institute (NLRI), Korea. Base population of Landrace was constructed with semen out of ten domestic and foreign boars with high performance records and 82 gilts or sows from Sachon branch of NLRI. Three families in the second generation were replaced with 34 breeding stocks from Denmark.
- D. Currently, 12 boars and 60 gilts in Large Yorkshire are selected at the 4th generation, and 12 boars and 65 gilts in Landrace are selected at the 3rd generation.
- E. We tested growth performance of 63 crossbreds (F1) which were produced by line crosses between four Landrace boars at the third generation and 10 Landrace sows and gilts.

## 2. Prediction of Breeding Values by BLUP methodology and Development of Selection Indices

- A. Genetic parameters were estimated using records from 8,009 heads officially tested in Korea. These records consisted of 3,450 Large Yorkshires, 1,987 Landraces and 2,572 Durocs. The parameters estimated were then plugged into the models to predict breeding values of line-bred animals, Large Yorkshire and Landrace lines, developed in the institute
- B. Based on the theory of Hazel and Lush at Iowa State University, we developed eight maternal selection indices and four paternal selection

indices which can be applied to various combination of traits and selection goals.

- C. Efficiencies in selection by univariate or multivariate models were compared. Breeding values of 233 Large Yorkshires and 237 Landraces in reproduction and growth traits were estimated using univariate and multivariate animal models. Simple and rank correlations between breeding values estimated by univariate and multivariate models were calculated and compared.
- D. To see the effects of crossbreeding between lines, we analyzed the records of 6,696 litters out of four purebred lines and twelve crossbreds mated between those purebred lines in S breeding farm. And general combining ability, specific combining ability, maternal effect, reciprocal effect and heterosis were estimated.
- E. Simulation models were developed to see the changes in the within herd relationships and inbreeding coefficients. These informations were used to see the possibility to decrease the number of sires and dams required for mating at each generation and therefore to shorten the time to build up lines.

### **3. Identification of genetic markers associated with economic traits of inbred lines**

- A. PSS (Porcine Stress Syndrome) positive (recessive homozygous) individuals were identified and culled using PCR-RFLP method.
- B. Carriers of PSS gene were mated reciprocally to see the pattern of PSS development over generations.

C. Relationships between the presence of PSS gene (dominant homozygotes and heterozygotes) and reproductive or growth traits of each mating were analyzed.

D. Blood samples were collected from 122 linebred Large Yorkshires, 10 Hampshires and 10 Durocs in the institute to identify genetic markers associated with growth traits. Genomic DNA were isolated from blood and microsatellite polymorphisms were investigated using PCR-RAPD technique.

E. Five types of fluorescent primers which are microsatellite primers located in chromosome 7 and which are presumed to include genes associated with growth performance of pigs were manufactured and their DNA sequences were analyzed.

F. Linkages between growth traits and genotypes based on microsatellite markers S0102, SW157 and S0064 were analyzed.

#### **IV. Results and Implementation**

##### **1. Establishment of Inbred Lines in swine**

A. Average inbreeding coefficient and relationship at the fourth generation of Large Yorkshire line were low, 0.0095 and 0.1029, respectively. Average inbreeding coefficient and relationship at the third generation of Landrace line were also low, 0.0008 and 0.046, respectively.

- B. Average litter size at the third generation of Large Yorkshire line was 9.2 and that at the second generation of Landrace was 10.6. Average breeding values of litter size in these two lines were 0.063 and 0.061. Therefore, the increased litter sizes in the future generations are expected.
- C. Averages of ADG, back fat thickness and days to 90kg's of selected sires were 985g, 1.47cm and 136 days at the fourth generation of Large Yorkshire and were 922g, 1.48cm and 142 days at the third generation of Landrace.
- D. Genetic trends tended to improve in most of the traits studied except back fat thickness.
- E. Individual selection and mating system was more efficient than traditional within family selection and dial type between family mating system.
- F. Standard deviation of most of the traits decreased over generations which implied increased homogeneity within lines.
- G. Upon completion of developing inbred lines by the seventh generation with closed breeding schemes, we will be able to hold high performance lines in both reproduction and growth characteristics. And these maternal lines will also be free from PSS genes.

## **2. Prediction of Breeding values by BLUP methodology and Development of Selection Indices**

- A. We developed eight maternal selection indices and four paternal selection indices based on breeding values of the traits.
- B. High correlations in litter size, ADG and back fat thickness were found between breeding values predicted with univariate models and multivariate models.
- C. There found high correlations between breeding values and phenotypic values of ADG and back fat thickness and low correlations between those of reproductive traits.
- D. Specific combining abilities of purebred lines and reciprocal effects varied depending on the couples mated.
- E. According to the results of simulation study, it was possible to attain 22% of average inbreeding coefficients at the fifth generation by mating six boars to 30 gilts. And the inbreeding became significant following generations.

## **3. Identifying genetic markers associated with economic traits of inbred lines**

- A. Occurrence of latent PSS genes were different depending on breeds in the order of Landrace, Yorkshire, Duroc and Hampshire from higher to lower.

- B. There was a greater tendency to express PSS gene in Yorkshires when dams were carriers.
- C. Progeny from normal sires and dams showed significantly ( $P < 0.007$ ) thicker backfat (1.489cm) than that from carrier sires or dams (1.385cm) in 3rd generation of Yorkshire.
- D. Normal parents produced large litter size (8.103 pigs) than carrier sires or dams (7.479 pigs).
- E. Twenty four different genotypes of 93~160bp microsatellites were identified with 9% PAGE within three microsatellite regions (S0102, SW175 and S0064) of chromosome 7.
- F. In S0102 region within 121~135bp, four allelic types were identified with automatic DNA sequencer to have eight possible genotypes. In SW175 region within 125~129bp, three allelic types were identified to have six possible genotypes. And in S0064 region within 104~116bp, four allelic types were identified to have eight possible genotypes.
- G. The genotypes with the highest frequencies at three microsatellite regions in Yorkshire line was CC(129/129) at S0102, AB(125/127) at SW175 and BC(112/114) with the frequencies 32.8%, 43.6% and 17.2%, respectively.
- H. Linkage analyses of these three microsatellite markers with economic traits showed significant difference in ADG at S0102-BC, S0064-AB and BB, significant difference in back fat at S0064-AC than the other genotypes. S0064-AB and BB showed significantly shorter days to 90kg than the other genotypes.

I. Microsatellite marker could be used for parentage identification as well.

#### 4. Implementations

A. The fourth generation of linebreeding is established currently. Completion of this project can be made after the seventh generation is established. We are planning to continue linebreeding for maternal lines free from PSS genes that can be supplied to commercial pig farmers as dams for pork production.

B. Selection indices (eight maternal and four paternal) developed can be used as selection tools by private swine breeders after proof in the procedure of institutional linebreeding.

C. Genetic marker analyses for undesirable carcass characteristics (PSS) developed in this study are currently applied to 899 domestic breeding stocks from seven private breeding farms. Our plan is to expand this kind supports to private swine breeders.

D. The microsatellite markers that are identified from this project and that are associated with pork quality will be open to public through domestic and foreign scientific papers along with the techniques for building inbred lines.

# CONTENTS

Chapter 1. Introduction .....	23
1. Objectives.....	23
2. Importance of the Study.....	24
3. Previous studies and Problems .....	27
Chapter 2. Establishment of Inbred Lines.....	30
1. Introduction.....	30
2. A inbred line in Large Yorkshire .....	31
3. A inbred line in Landrace.....	46
4. Crossbreeding between Lines .....	58
5. Summary .....	60
6. References .....	65
Chapter 3. Prediction of Breeding Values and Selection Indices.....	72
1. Introduction.....	72

2. Performance of Base Population and Genetic Parameters.....	74
3. Selection Indices.....	86
4. Prediction of Breeding Values.....	92
5. Designing for shorter time to Develop Inbred Lines.....	161
6. Combining Abilities, Reciprocal Effect and Heterosis .....	169
7. Summary .....	175
8. References .....	181
<b>Chapter 4. Identifying Genetic Markers Associated with Economic Traits of Inbred lines.....</b>	<b>183</b>
1. Introduction .....	183
2. Genetic Analyses of PSS locus by PCR-RFLP.....	184
3. Relationships between genetic marker and performance in economic traits by Mecrosatellite Typing and RAPD .....	191
4. Summary .....	203
5. References .....	204
<b>Chapter 5. Conclusion.....</b>	<b>206</b>

# 목 차

제 1 장 서 론.....	23
제 1 절 연구의 배경.....	23
제 2 절 연구개발의 중요성.....	24
제 3 절 국내외 관련 기술현황과 문제점.....	27
제 2 장 돼지 근교계통 조성.....	30
제 1 절 서 설 .....	30
제 2 절 대요크셔종 계통조성.....	31
제 3 절 랜드레이스종 계통조성.....	46
제 4 절 대요크셔종과 랜드레이스종의 계통간교배 연구.....	58
제 5 절 결과요약 .....	60
제 6 절 참고문헌 .....	65
제 3 장 BLUP을 이용한 육종가 추정 및 선발 모형 개발 .....	72
제 1 절 서 설 .....	72

제 2 절 기초돈군의 능력 및 유전모수 추정에 관한 연구 .....	74
제 3 절 선발모형의 개발을 위한 연구.....	86
제 4 절 BLUP에 의한 육종가 추정에 관한 연구 .....	92
제 5 절 계통조성기간 단축에 관한 연구 .....	161
제 6 절 조합능력, 상반교잡효과 및 잡종강세의 추정에 관한 연구.....	169
제 7 절 결과요약.....	175
제 8 절 참고문헌.....	181
제 4 장 계통돈의 경제형질과 관련된 유전표지의 구명 .....	183
제 1 절 서 설.....	183
제 2 절 PCR-RFLP분석법에 의한 계통돈의 PSS유전자 분석.....	184
제 3 절 Microsatellite typing 및 RAPD 기법을 이용한 유전적 표지와 경제형질 연관성.....	191
제 4 절 결과요약.....	203
제 5 절 참고문헌.....	204
제 5 장 종합결론.....	206

## 제 1 장 서 론

### 제 1 절 연구의 배경

우리나라의 양돈산업은 70년대이후 한국경제의 고도성장과 국민소득의 증대와 더불어 급성장하여 현재 돼지 사육두수가 7백만여두에 이르고 경영형태도 전업화 및 기업화로 발전할 뿐만 아니라 돼지고기의 소비증가도 매년 3.9%가 증가되어 2001년에는 1인당 소비량이 19.2kg으로 추정되고 있으나(농림수산부, 1994) 국내의 종돈개량 체계가 아직 확립되지 않아 외국의 종돈 수입량이 매년 증가하고 있는 실정이다. 1997년에는 외국으로 부터 수입된 종돈이 3,200여두나 되어 49억여원의 외화가 유출되고 최근에는 실용돈인 Hybrid종까지 무계획적으로 수입되어 종돈으로 사용되는 경우가 있는가 하면, 돼지수입에 따른 외국의 많은 질병까지 유입되는 등 돼지수입으로 인한 문제점들이 제기되고 있어 국내의 종돈개량이 절실히 요구되고 있다.

선진 외국에서는 돼지의 품종개량을 위하여 1940년대부터 근교계통조성과 교잡방법에 의한 고품질의 실용돈(Hybrid) 개발에 관한 연구가 지속되어 육종산업화에 까지 이르고 있으나 우리나라에서는 아직 본 연구가 이루어지지 못하다가 1987년에 정부의 정책사업으로 기업양돈에서 돼지계통조성을 하도록 권장하고 추진하여 왔으나 종돈의 육종사업에 장기간과 많은 자본이 소요되고 전문기술이 뒤따라야 하기 때문에 소기의 성과를 거두지 못하고 있으며 최근에는 국가기관에서 체계적인 돼지의 계통조성과 기술개발 연구를 해야 한다는 사회적 요구에 따라 본 연구를 수행하게 되었다.

## 제 2 절 연구개발의 중요성

### 1. 기술적인 측면

중돈개량은 폐쇄육종과 개방육종을 기술적으로 응용하여 고능력, 고품질의 품종을 개량해야 하는 전문기술과 연구가 필요하다. 돼지의 계통조성은 폐쇄육종의 방법으로 우량 유전자를 동형화시키고 고정시키는 과정으로 우수 핵돈군을 확보하여 측근내의 혈연계수가 20% 이상 되도록 유지하되 근친에 의한 능력저하현상이 나타나지 않도록 계획교배를 시도해야 하기 때문에 장기간이(7세대) 소요되고 전문기술을 요하게 된다. 근교계통의 이점은 첫째, 균일화 된 자손을 생산하여 규격화된 육돈을 대량으로 생산할 수 있고 둘째, 유전성이 확실하여 결과를 예측하고 반복할 수 있으며 셋째, 근교계통간 교잡방식을 이용하여 높은 잡종강세 효과를 얻을 수 있으므로 체계적인 순종계통의 교잡방식으로 고능력 고품질의 비육돈을 생산할 수 있다. 그러나 이러한 폐쇄육종방법은 능력저하의 위험성 때문에 일반 종돈장에서 수행하기가 어려우며, 하나의 계통으로 개발된 후 개방육종방법으로 일대잡종돈이나 3원교잡종 생산에 활용하도록 해야 한다.

현재 우리나라의 중돈개량은 산자검정이나 종모돈의 당대검정에 의한 산육능력 개량의 한계성을 벗어나지 못하며 특히 다양한 외국 품종의 교잡에 의한 비육돈 생산으로 균일성이 결여될 뿐아니라 고품질의 규격돈생산이 어려운 실정이다. 그러므로 돼지의 우수 계통개발을 위하여 첨단유전공학인 유전자분석을 활용하여 불량육질생산유전자(PSS)를 제거하고, BLUP을 이용한 육종가 추정 및 선발방법 개발, 단기 근교계통조성기술 등에 대한 연구가 필요하다.

표 1-1) 번식능력에 대한 근교계통간교배의 잡종강세 효과 (Glodek, 1970)

교배종류		생산복수	산자수	이유두수
2원교잡	품종간	13,363	0.8 %	4.0 %
	근교계통간	833	4.5	21.0
다원교잡	품종간	3,805	3.6	5.9
	근교계통간	518	12.9	16.6

## 2. 경제·산업적측면

WTO협정에 의한 축산물수입이 완전히 개방화될시 외국의 종돈은 물론 비육돈까지 여과없이 유입될 것으로 예상되는바 국내에 특정한 우수 품종과 계통이 없을시 돼지의 개량체계를 확립할수 없게되며 외국 육종회사의 종돈에대한 육종산업의 특성을 이용한 종돈 판매로 현재 닭의 경우와 같이, GPS 또는 PS종돈을 매년 수입하지 않으면 안 되게 되므로 종돈수입에 따른 막대한 외화 손실과 값비싼 종돈구입으로 인한 국내 비육돈 생산비의 상승으로 우리나라 양돈산업의 국제경쟁력을 약화시킨다. 현재 우리나라의 돈육 생산비는 대만의 1.2배, 미국의 1.6배가 높은 상황에서 돼지의 수출전략과 경쟁력 제고를 위하여는 비육돈 생산비중 가장 큰 비중을 차지하는 사료비와 자돈 생산비를 절감하는 방안이 제시되어야 하고 고급육의 균일화된 수출규격돈을 다량 생산할 수 있어야 한다.

그러므로 앞으로 예상되는 상황에 대처하기 위하여는 비록 시기적으로 늦기는 하였으나 한국형 종돈의 계통조성 기술개발과 우량 종돈보급체계가 확립될 수 있는 연구가 시급하다.

표 1-2) 비육돈 생산비 절감 목표

	'92	'97	2001
모돈 1두당 출하두수(두)	17.7	19.1	20.0
출하체중(kg)	97	102	105
생산비(90kg기준)	124천원	103천원	97천원

(농림수산부, 1994)

### 3. 사회적 측면

돼지의 개량체계가 잘 확립되어 있는 덴마크, 스웨덴, 영국과 같은 선진국에서는 피라밋형의 돼지집단구조를 가진다. 즉 피라밋의 최상부에 있는 중핵돈군(nucleus herd)에서는 계통조성과 능력검정을 통한 개량사업을 효과적으로 수행하여 능력이 아주 우수한 종돈을 보유하고 중핵돈군내에 있는 우수 유전자는 하부조직으로 가면서 증식돈군 → 실용돈 군의 경로를 거쳐서 비육돈을 생산하게 된다. 이러한 체계는 돼지의 유전적 개량과 능력향상을 위하여 효과적인 것으로 평가되고 있다. 그런데 우리나라는 매년 수많은 종돈을 도입하고 있으면서도, 위에 기술한 바와같은 개량체계를 확립하지 못하고, 지속적으로 원종돈(GGP)으로 사용할 수 있는 계통조성을 하지 못하고 있기 때문에 수입된 종돈이 당대에만 사용되거나 곧바로 비육돈을 생산하는데 사용되어 국내 종돈개량에 더이상 기여할 수 없게된다. 그러므로 돼지의 특정한 계통조성과 계통조성기술을 개발하는 것은 영속적인 종돈개량기반을 확립하는데 대단히 중요하다.

또한 이러한 기술과 접목하여 최근의 육종통계기법과 첨단유전공학을 이용한 특정형질에 대한 유전자의 조기 선발방법을 연구하여 종돈개량에 응용할 수 있는 기술을 개발하는 것은 우리나라 종돈개량에 크게 기여할수 있을것이다.

## 제 3 절 국내외 관련 기술현황과 문제점

### 1. 국내 기술 현황

○ '87-'88년에 14농장에서 계통조성 사업을 정부주도하에 시작하였으나 본사업은 현재 거의 중단되거나 기술개발을 포기한 상태 임.

○ 1988년 축산시험장에서 랜드레이스종에 대한 계통조성을 착수하여 현재 7세대 까지 완성하였으나 기초돈군으로 사용된 종돈의 능력이 우수하지 못하여 균일성이외의 특정형질에 대한 계통으로 활용을 못하고 있음.

○ 최근 국내 학계에서 DNA분석에 의한 돼지스트레스증후군(PSS)에 대한 유전자 구명기술이 많이 연구되고 있으나 실제 종돈장에서 실용화 하지 못하고 있는 실정임.

### 2. 국외 기술 현황

○ 미국에서는 1920-1950년 경에 King 과 Wright에 의해 돼지 계통조성 사업을 4-5년간 실시하여 혈연계수를 24%까지 상승시키면서 일당중체량과 등지방두께, 산자 수등을 개량하였으나 근친 피해가 많았던것으로 보고됨.

○ 영국 Edinburgh의 King (1959)은 대규모의 계통조성시험을 수행하여 시험시작 당시 146개 계통중 단지 18개 계통만이 3세대를 유지하였을 뿐만 아니라 도체성적과 같은 경제형질에서도 능력저하현상을 나타내어었다. 그러나 1975년이후 이렇게 조성된 고도의 근친계통 종모돈을 2품종 및 3품종 윤환교배에서 번식능력에 성공적으로 활용하였다.

○ 일본에서는 1969년부터 국가기관이 주관하여 돼지계통조성 사업을 실시하고 있으며 그 결과는 다음 표 1-3), 표 1-4)와 같다

표 1-3) 일본의 돼지계통조성 현황

(단위 : 계통)

품 종	완성 계통수	계통 조성중	계
랜드 레 이스	21	9	30
대 요 크 사	15	1	16
듀 - 목	3	4	7
햄 프 사	3	1	4
기 타	2	2	4
계	44	17	61

표 1-4) 실시기관별 계통조성 현황

기 관	완성 계통수	계통 조성중	실시장소
국 가 기 관	7	3	2개소
지 방 기 관	35	12	20 "
농 업 단 체	2	2	2 "
계	44	17	24 "

○ 일본에서는 계통조성을 위하여 선발지수식을 개발하여 선발에 이용 함

- Landrace 종에 이용된 선발지수식

$$I = 0.0127 X_1 - 4.0084 X_2 + 0.1866 X_3 + 0.3581 X_4 \quad (\text{제 1 - 2세대 선발용})$$

$$I = 0.0121 X_1 - 5.1837 X_2 + 0.2760 X_3 + 0.3996 X_4 \quad (\text{제 3 세대이후 선발용})$$

○ 1985년 캐나다의 Hudson 과 Kennedy 에 의하여 BLUP을 이용한 육종가 추정을 처음으로 돼지개량에 시도하여 효과적으로 활용.

○ 캐나다의 돼지육종회사인 GENETIPROC사에서 종돈수출을 위하여 핵돈군(GGP)으로 다음과 같이 계통을 조성중 임.

In the Nucleus		
Duroc	Landrace	Yorkshire
Sire line	Sire line	-
Dam line	Dam line	Dam line
-	Hyperprolific line	Hyperprolific line

○ MacLearn등(1993)은 RFLP기법을 이용하여 돼지에서 Porcine stress syndrome (PSS)의 유전적변이를 탐지 함.

○ 최근 돼지의 특정 형질에 대한 유전자탐색과 조기선발에 대한 연구가 수행중 임.

## 제 2 장 돼지의 근교계통조성

### 제 1 절 서 설

돼지의 계통조성은 돼지개량체계의 핵돈군을 형성하는 원종돈(GGP)을 특징있는 고능력 종돈으로 개량하는데 중요하다.

우리나라의 돼지개량체계는 핵돈군, 증식돈군, 실용돈군의 피라밋체계가 분명하지 못하고 종돈개량에 대한 연구가 다른 분야에서 보다 진전되지 못하여 우량 종돈확보에 문제가 드러나고 있으며 이러한 결과는 매년 외국으로 부터의 종돈수입량 증가로 이어지고 있다. 또한 여러나라의 다양한 종돈이 수입되어 종돈이나 비육돈의 개체변이가 대단히 크고 수출규격돈의 합격률이 낮게 나타나고 있다. 이것은 양돈농가의 사양관리나 출하기술 등의 문제도 있으나 동일품종에도 개체차이가 많아 유전적으로도 돼지의 품종내 개체변이가 큰 원인으로 생각되어진다. 특히 도체형질에 변이가 많은 경향이 있다. 선진외국에서는 이미 다양한 특징의 계통육성과 교잡방식으로 Hybrid종을 생산하여 육종산업화 하고 있다, 국내에서도 1987년 정부의 정책사업으로 전문종돈장에서 돼지의 계통조성을 권장하고 추진하여 왔으나 현재 소기의 성과를 거두지 못하고 일부 종돈장에서만 소수의 계통이 조성되고 있다.

돼지의 계통조성방법에는 폐쇄군육종방법과 개방육종방법이 이용되고 있으며 부계통과 모계통을 분리하여 육성하고 상업돈군에서는 이들 계통을 효율적으로 교잡하여 고능력, 고품질의 비육돈을 생산한다.

본 연구에서는 1) 유전성이 확실하여 결과를 예측하고 반복할수 있으며, 2) 균일성이 우수하고 3) 교잡에 의한 비육돈 생산시 잡종강세효과를 높이는 폐쇄군육종방법에 의하여 모계통으로 사용할 대요크셔종과 랜드레이스종의 2계통을 7세대까지 돈군 유지하여 혈연계수가 20%되도록 수행하였다. 또한 최근의 통계기법인 BLUP animal model을 이용한 선발기술과 첨단유전공학인 유전자분석에 의한 불량육질생산 유전자(QTL) 검색을 통하여 PSS Free 모계통을 조성하므로서 국내 종돈개량에 기여코자 실시되었다.

## 제 2 절 대요크셔종 계통조성

### 1. 시험기간 및 장소

본 연구의 대요크셔종 계통조성은 축산기술연구소 종축개량부 중소가축과에서 1996년 1월부터 1998년 12월까지 4세대에 걸쳐 수행되었다.

### 2. 수행방법

#### 가. 기초돈군 구성

대요크셔종 계통의 기초돈군(1세대)은 종축개량부 중소가축과에서 보유하고 있는 종돈 42두(♂ 3, ♀ 39)와 '95년에 캐나다 Genetiporc사에서 도입한 원종돈 37두(♂ 7, ♀ 30) 합계 79두를 선발하여 5 가계를 구성하였으며 기초돈군에 사용된 종모돈과 종빈돈의 개체별 내역과 1세대 교배계획은 다음 표 2-1), 표 2-2)와 같다.

표 2-1) 기초돈군에 사용된 종모돈 및 가계구성

가계	명 호	생년월일	부	모	동복산자 수(두)	90kg도달 일령(일)	등지방두께(cm)	선발 지수	도입선
A	1-768	'95. 2.13	25136C	8237B	15	115.7	0.865	148	'95도입 (캐나다)
	1-732	'95. 2. 9	10800C	7632B	13	127.4	0.820	135	
B	1-708	'95. 2. 1	9887C	7263C	14	144.8	0.798	120	'95도입 (캐나다)
	1-734	'95. 2. 1	9887C	8363C	14	140.9	0.865	125	
C	2-300	'95. 4. 3	7441D	9956C	13	132.0	0.909	137	'95도입 (캐나다)
	2-382	'95. 4. 3	7441D	9956C	13	130.3	1.064	129	
D	1-920	'95. 2.27	9678C	7537C	15	123.9	0.887	138	'95도입 (캐나다)
	2-272	'95. 3.21	6405D	1295A	15	132.0	0.754	132	
E	3-283	'93. 2.15	MARSHA LL77	MYOSOT IS 1170	13	-	0.80	-	'93도입 (영국) 축산현
	5-507	'92. 4. 4	6-411	1-119	9	130.0	1.40	213	

표 2-2) 기초돈군에 사용된 종빈돈 및 교배계획

종모돈	종 빈 돈							도입선
	가계	명 호	생년월일	부	모	L.S	B.F	
1-768(A)	E	4-963	'95. 4.16	5-507	2-42	13		축산연 (성환) " " " " " " " " " " "
1-732		4-53	'95. 4.28	5-507	3-165	12		
		4-96	'95. 5. 6	5-507	5-655	11		
		4-101	'95. 5. 6	5-507	5-655	11		
		4-107	'95. 5. 8	5-507	3-690	11		
		6-46	'95. 3.23	3-283	2-905	9		
		7-11	'95. 3. 8	6-26	3-54	11		
		1-712	'95. 3.20	3-692	4-706	10		
		2-355	'95. 4. 8	306	7-321	12		
		1-905	'95. 4.14	205	2-493	10		
		5-309	'95. 4.17	5-774	2-7	10		
		7-145	'95. 4.22	3-628	7-63	12		
			계 12두					
1-708(B)	A	9-572	'95. 1.22	25136C	8342C	14	1.90	'95도입 (캐나다) " " " " " " " " " " "
1-734		9-673	'95. 2.11	25136C	8560B	19	1.40	
		9-794	'95. 2.11	25136C	8560B	19	1.20	
		5-162	'95. 3. 9	25136C	8556C	13	1.20	
		9-506	'95. 1.25	10278C	7816C	14	1.20	
		9-380	'95. 1.17	9114C	10996C	14	1.00	
		9-515	'95. 1.25	10278C	7816C	14	1.20	
		9-993	'95. 2.21	10278C	1065A	19	1.30	
		9-869	'95. 2.16	10800C	7430B	13	1.20	
		9-951	'95. 2.16	10800C	7430B	13	1.10	
		5-20	'95. 3. 1	10800C	8291C	14	1.00	
		5-75	'95. 3. 1	10800C	8291C	14	0.90	
			계 12두					

종모돈	종 빈 돈							
	가계	명 호	생년월일	부	모	L.S	B.F	도입선
2-300(C) 2-382	B	9-725	'95. 2.13	9678C	6951D	13	1.30	'95도입
		9-957	'95. 2.23	9678C	7708B	13	1.40	(캐나다)
		9-555	'95. 1.26	9887C	10990C	13	1.20	"
		9-595	'95. 2. 1	9887C	7263C	14	1.30	"
		9-685	'95. 2. 7	9887C	6910C	17	1.20	"
		9-697	'95. 2. 9	9887C	7712B	15	1.20	"
		9-684	'95. 2. 9	10621C	8514B	19	1.00	"
		9-750	'95. 2. 9	10621C	7860C	13	1.30	"
		5-199	'95. 3. 9	10621C	9945C	13	0.90	"
		9-848	'95. 2.20	6063D	7101D	13	1.30	"
		5-188	'95. 3.15	6063D	8481C	14	1.30	"
		5-283	'95. 3.22	6063D	1567A	14	1.30	"
		5-350	'95. 3.20	7249D	7122D	13	1.30	"
		5-308	'95. 3.24	7249D	7268B	13	1.30	"
		계 14두						
1-920(D) 2-272	C	9-508	'95. 1.25	10278C	7816C	14	1.00	'95도입
		5-270	'95. 3.15	10800C	9605C	15	1.40	(캐나다)
		5-332	'95. 3.15	10800C	6165C	13	0.90	"
		3-450	'95. 3. 8	3-292	5-665	13		축산연
		3-512	'95. 4.12	3-292	7-339	11		(성환)
		3-577	'95. 5.24	3-292	5-23	11		"
		2-275	'95. 3. 3	301	1-954	10		"
		2-474	'95. 5.10	301	1-325	10		"
		2-475	'95. 5.10	301	1-325	10		"
		1-754	'95. 4. 1	3-692	4-694	8		"
		4-14	'95. 4.22	4-173	4-369	11		"

종모돈	종 빈 돈							
	가계	명 호	생년월일	부	모	L.S	B.F	도입선
3-283(E) 5-507		4-21	'95. 4.22	4-173	4-369	11		축산연
		계 12두						
	D	9-416	'93. 6.14	9-101	3-621	11		축산연
		7-63	'93.10.21	3-628	9-744	12		(성환)
		4-267	'94. 4.30	9-620	5-972	14		"
		4-375	'94. 5.28	9-620	9-100	9		"
		3-460	'95. 3.12	3-292	5-613	12		"
		5-312	'95. 4.17	5-774	2-7	10		"
		9-267	'93. 4. 3	9-475	4-241	11		"
		9-556	'93.11.14	9-475	5-941	12		"
	5-911	'94. 4. 2	5-461	9-248	10		"	
	7-321	'94. 4. 4	6-26	3-31	15		"	
	5-5	'94. 4.29	5-774	9-445	12		"	
	4-336	'94. 5.21	5-507	3-679	12		"	
	1-571	'95. 3. 5	3-692	3-316	10		"	
	7-3	'95. 3. 8	6-26	3-54	11		"	
	5-259	'95. 3. 8	5-774	5-505	15		"	
	9-746	'95. 3.16	2-225	3-70	10		"	
	1-757	'95. 4. 1	3-692	4-694	8		"	
	4-957	'95. 4.16	5-507	2-42	13		"	
	4-59	'95. 4.28	5-507	3-165	12		"	
	계 19두							
계 10두	5	69두						

나. 세대관리 및 세대경과

1) 세대관리

각 세대의 생산에서 선발까지 관리는 다음 그림 2-1)과 같은 계획에 따라 수행하였다. 즉 매세대 마다 모든 60두를 유지하고 이것으로부터 생산된 다음 세대의 자돈중 체중 30Kg내외에서 암컷 150두와 수컷 100두를 1차 선발하여 산육검정하고 체중 90Kg도달시에 암컷 60두와 수컷 10두를 2차선발 하였으며, 비선발된 수컷중 50두는 도체조사를 하도록 설계하였다. 이 때에 세대간격단축을 위하여 2세대이후는 초산돈을 번식에 공여하였다.

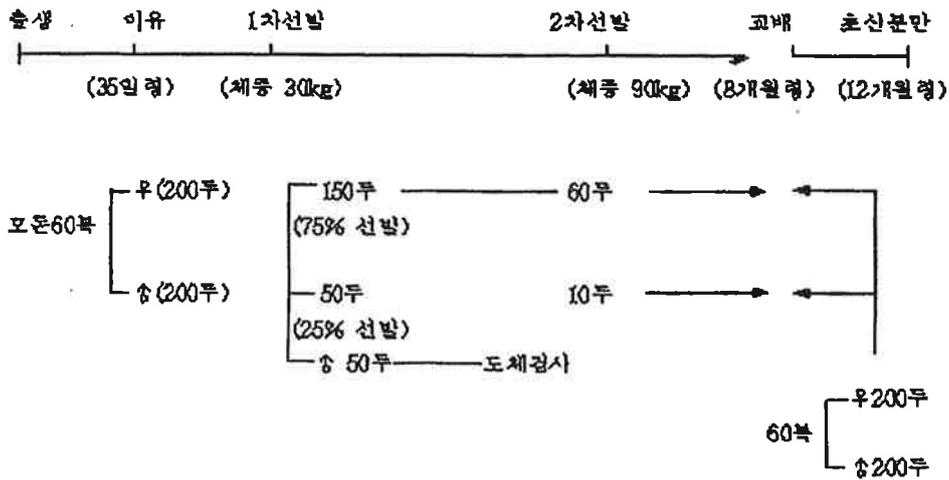


그림 2-1) 생산에서 선발까지의 세대관리

2) 세대경과

다음 그림 2-2)는 대요크셔종 계통조성의 1세대부터 4세대까지 생산, 검정, 선발의 과정을 나타내고 있다. 여기에서 각세대의 생산두수와 2차 선발두수는 계획대로 추진되었으나 2~4세대에서 암컷의 검정두수가 계획보다 적어 선발강도를 낮게하였다. 본 연구에서 조성된 4세대에서는 암컷 60두와 수컷 12두를 선발하였다.

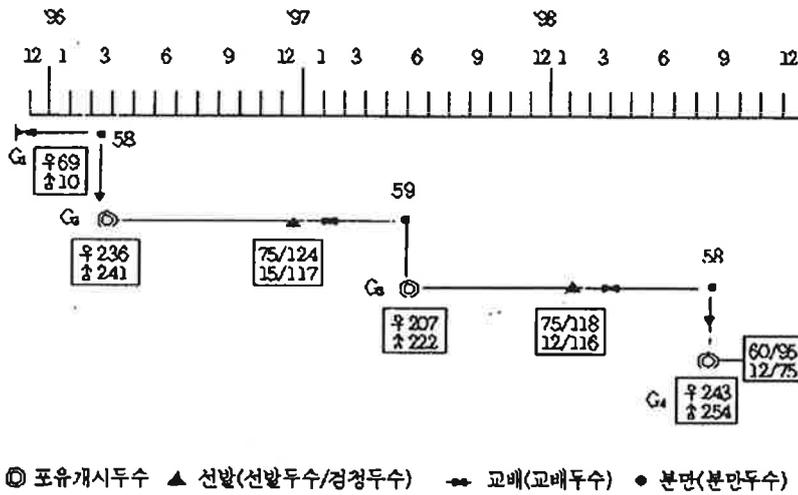


그림 2-2 ) 대요크셔종 계통의 세대경과

#### 다. 능력검정

본 연구의 수행을 위하여 매세대마다 선발 모돈에대한 산자검정과 후손에 대한 산육 능력검정을 실시하였으며 그 방법은 다음과 같다.

##### 1) 산자검정

- 산자수 : 모돈으로부터 생산된 총산자수, 생존자돈수, 사산수, 기형수를 조사하였으며 선발에는 생존자돈수를 적용하였다.
- 21일령복당체중 : 분만후 21일령에 포유중인 복당체중과 두당체중을 조사하였으며 양자로 와서 포유중인 자돈의 체중을 포함하였다.

##### 2) 산육능력검정

검정돈의 산육능력검정은 돼지능력검정기준(농림부고시 제97-20호)에 준하여 30kg에서 90kg 까지 검정하였으며, 수컷은 검정소검정방법으로 규정된 크기의 돈방(1.5×3.0m)에서 동복의 자돈 2두를 수용하였고, 암컷은 농장검정방법으로 한 돈방(3×3m)에 4두를 수용하여 실시하였다.

주요 형질에 대한 조사방법은 다음과 같다.

- 일당증체량 : 검정개시부터 검정종료시까지의 증체량을 검정기간으로 나눈 값
- 등지방두께 : 검정종료시 초음파측정기를 사용하여 어깨, 등, 허리 등 3 부위를 측정하여, 그 평균치를 90kg시 등지방 두께로 보정하였으며 사용된 보정공식은 다음과 같다.

보정된 등지방두께

$$= \text{실측 등지방두께} + (90 - \text{측정시 체중}) \times \frac{\text{실측 등지방두께}}{\text{측정시 체중} - b}$$

여기서 b는 수퇘지에서 -20, 암퇘지에서 +5 이다.

- 사료요구율 : 검정기간 동안의 동복 2두가 섭취한 사료량을 총 증체량으로 나눈 값
- 90kg도달일령 : 생후부터 90kg도달시까지의 일령으로 보정하여 산출

보정된 90kg 도달일령

$$= \text{검정종료 일령} + (90 - \text{실측 체중}) \times \frac{\text{검정종료 일령} - a}{\text{실측 체중}}$$

여기서 a는 수퇘지에서 50, 암퇘지에서 40 이다.

### 3) 도체조사

검정돈의 수컷중 한복에서 비선발된 1 두를 축산기술연구소 축산물이 용과의 도축장에서 조사하였으며 도체중, 도체장, 등지방두께, 등심단면적, 햄 비율 등을 조사하였다.

#### 라. 선발 및 교배

1차선발은 체중이 30kg전후에서 동복산자수가 6두이상이고 정상적인 유두수가 6쌍 이상이며 유전적 불량형질이 없는 건강한 자돈을 선발하였다.

2차선발은 체중이 90kg도달시 표현형 선발지수와 육종가 선발지수 순에 따라 외모 적격성을 판정하여 2세대는 가계내선발을, 3-4세대는 개체선발을 하였다. 선발에 이용된 선발지수식은 다음과 같이 2세대에서는 돼지검정기준의 검정소검정시 선발지수식을 사용하였으나, 3세대이후에는 본 연구과정에서 개발한 모계 선발지수식을 적용하였다.

· 1-2세대 :

$$I = 250 + 101 \text{ ADG} - 34.5 \text{ FE} - 31.3 \text{ BF}$$

· 3-4세대 :

$$I\text{♂} = 150 + 5 \text{ LS} + 1.5 \text{ LW21} + 19.8 \text{ ADG} - 7.7 \text{ FE} - 4.7 \text{ BF}$$

$$I\text{♀} = 150 + 5 \text{ LS} + 1.5 \text{ LW21} + 13.2 \text{ ADG} - 3.3 \text{ BF}$$

여기에서 LS는 모돈의 산자수, LW21은 모돈의 21일령 복당체중, ADG는 일당중체량, FE는 사료요구율, BF는 등지방두께이며 1세대와 2세대는 표현형가를, 3세대와 4세대는 육종가를 적용하였다.

이렇게 선발된 종돈의 교배는 1 - 2 세대에서는 5가계를 dial식 방법으로 가계교배 하였으나 3 세대이후에는 전산 교배프로그램에 의한 근친도를 고려하여 개체간 교배를 하였다.

#### 마. 사양관리

본 연구의 계통조성을 위한 사양관리는 축산기술연구소 관행에 준하여 매 세대 동일한 방법으로 다음 표 2-3)과 같이 하였다.

표 2-3) 성장단계별 사료급여

구 분	ME (kcal/kg)	조단백 (%)	급여기간	급여방법
갓 난 돼 지	3,600	21.5	7 ~ 42 일령	무제한급여
젖먹이돼 지	3,400	18.0	42 ~ 70	"
육성돈(검정돈)	3,400	15.5	70 ~ 180	"
임 신 돈	3,200	13.5	180 ~	제한급여
포 유 모 돈	3,200	14.5	"	"
종 모 돈	3,200	15.0	"	"

또한 종돈과 검정돈군에 대하여는 축산기술연구소의 예방접종 프로그램에 의하여 다음 표 2-4)와 같이 예방접종을 실시하였다.

표 2-4) 김정돈의 전염병 예방접종

접종대상축	전염병명	접종시기	접종방법
임신돈	전염성 위장염 +로타바이러스감염증	1차 : 분만 5-6주전 2차 : 분만 2주전	근육 주사
	돼지 유행성설사병	1차 : 분만 5-6주전 2차 : 분만 2-3주전	근육 주사
	돼지 위축성비염 +파스튜렐라성폐렴	분만 2-3주전	근육 주사
	돼지콜레라+돈단독	분만 3-4주후	피하 주사
	돼지 파보바이러스	분만 4-5주후	근육 주사
종모돈	돼지콜레라+돈단독	3월 1주	피하 주사
	돼지 파보바이러스	1차 : 3월 3주 2차 : 9월 1주	근육 주사
성돈	일본뇌염	4월 2주	근육 주사
후보돈 및 검정돈	돼지 파보바이러스	1차 : 종부 4-6주전 2차 : 종부 2-3주전	근육 주사
	일본뇌염	1차 : 3월 3주 2차 : 4월 2주	근육 주사
자돈	돼지콜레라	1차 : 생후 1일령 2차 : 이유시	근육 주사
	돼지 위축성비염 +파스튜렐라성폐렴	생후 1일령	근육 주사
	위축성비염	생후 1일령	비강내 접종

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 세대별 근교계수와 혈연계수 변화

고품질의 규격돈을 생산하기 위하여는 돼지고기의 질이 높아야 할 뿐 아니라 규격화된 상품성을 갖추어야 한다. 이와같이 규격화된 돼지를 생산하기 위하여는 유전적으로 균일성이 높고 반복성이 높은 종돈이 있어야만 된다. 이러한 종돈을 육성하기 위하여 폐쇄근육증방법을 이용하며, 하나의 계통이 완성되려면 일정 수준 이상의 근교계수와 혈연계수가 유지되도록 해야 한다.

일본의 경우 특정 집단이 한 계통으로 인정 받으려면 집단내 평균 혈연계수가 20% 이상 이고, 개체 상호간에는 10%이상 되어야 한다(占, 1996). 그러나 종돈군내의 근친도가 급격히 상승하게 되면 근친에 의한 능력저하형상이 나타나기 때문에 7세대까지 혈연계수가 서서히 올라가도록 교배계획을 수립하는 것이 중요하다.

본 연구에서 수행된 대요크서종 계통의 4세대까지 평균 근교계수와 혈연계수의 변화는 그림 2-3)과 같다. 기초돈군인 1세대의 평균 근교계수와 혈연계수는 각각 0.0006, 0.0217로 낮았으나 4세대에서는 각각 0.0095, 0.1029로 상승되었으며, 4세대에서 근교계수가 가장 높은 개체는 0.024로 나타났다. 이러한 근친도의 상승 추이는 阿部(1987)의 보고와 같은 경향을 나타냈다. 1세대에서 근친계수와 혈연계수가 나타난 것은 기초축군을 조성하는데 쓰여진 종축개량부의 보유돈 42두의 혈통자료를 조사하여 근교계수를 계산하였기 때문이다.

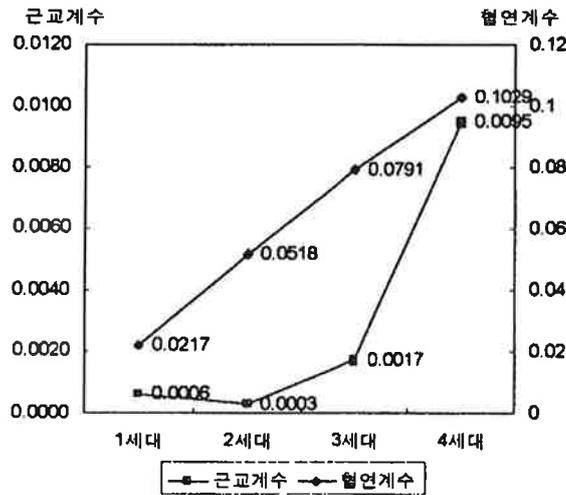


그림 2-3) 세대별 근친계수 및 혈연계수

#### 나. 계통돈의 세대별 번식능력

계통돈의 번식능력을 개량하기 위하여 매세대 모돈에 대한 산자수와 21일령복당체중을 조사한 표현형가와 육종가는 다음 표 2-5)과 같다.

본 연구에서 복당산자수가 6두 미만인 모돈의 번식능력은 미경산돈과 환경적 요인에 의한 영향을 고려하여 조사대상에서 제외하였다.

생존산자수는 1세대에서 평균 9.9두였으나 2, 3세대에서는 각각 9.4, 9.2두로서 세대가 경과함에 따라 표현형가가 감소하는 경향을 나타내었으나 육종가는 1~3세대별로 각각 0.031, 0.059, 0.063두씩 증가되는 경향을 보였다.

1세대의 표현형적 산자수가  $9.9 \pm 1.27$ 로 다른 세대에 비하여 높은 것은 기초돈군을 구성하는데 공여된 모돈중 2산차 20두와 3산차 3두가 포함되었으며, 도입된 37두의 초종부일령(범위 : 297~482일, 평균 :  $348.0 \pm 45.8$ 일)이 2 ~ 3 세대의 평균 초종부일령(255일)에 비하여 늦어진 때문으로 사료된다. Brubaker et al.( 1994)의 연구에 의하면 이러한 초종부일령의 차이에 기인하여 산자수가 0.39두 정도 높게 나타난다고 보고하였다.

1세대의 생존자돈수를 211~240일령으로 보정한 산자수는 9.3두 였다.

21일령복당체중은 세대별로 47.2~46.8Kg으로서 큰차이가 없었으나 3세대의 육종가가 0.049kg 증가되는 것으로 나타났다.

전세대를 통하여 볼때 생존자돈수와 21일령 복당체중에 대한 표현형가와 육종가는 세대별로 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, 3세대의 육종가에서 증가되는 경향을 나타낸 것은 3세대 선발시 본 연구에서 개발한 모계 선발지수의 적용이 영향한 것으로 사료된다.

표 2-5) 세대별 번식능력에 대한 표현형가와 육종가

세대별	조사복수	산자수( 두 )		21일령복당체중( kg )	
		표현형	육종가	표현형	육종가
1	50	$9.9(9.3^a) \pm 1.27$	0.031	47.2	-0.083
2	50	$9.4 \pm 1.54$	0.059	$47.4 \pm 9.86$	-0.230
3	49	$9.2 \pm 1.52$	0.063	$46.8 \pm 1.01$	0.049

<sup>a</sup> : 초종부 일령을 211-240일령으로 보정한 산자수

#### 다. 계통돈의 세대별 산육능력

대요크셔종 계통의 1세대부터 4세대까지 산육능력을 검정한 표현형가와 육종가는 다음 표 2-6)과 같다.

일당증체량은 수태지의 표현형가가 세대별로 굴곡이 있었으나 4세대에서 922g으로 나타나 2~3세대의 906, 897g보다 증가되었으며 육종가도 세대가 경과됨에 따라 증가되는 경향을 나타내어 4세대에서는 40.7g으로 크게 증가되었다. 암퇘지에서는 표현형

가가 세대 경과에 따라 감소되는 경향을 나타냈으나 육종가는 증가되는 것으로 나타나 유전적으로는 일당증체량이 증가되는 것으로 추정된다. 암돼지 4세대의 평균일당증체량은 표현형가 839g, 육종가 39.6g으로 수돼지보다 낮았다.

등지방두께는 수돼지와 암돼지에서 모두 표현형가가 감소된 것으로 나타나 4세대에서 각각 1.48, 1.47cm였으나 육종가에서는 반대로 각 세대마다 증가되는 것으로 추정되어 다음 세대의 등지방두께가 보다 두껍게 나타날 것으로 예상되며 이것은 일당증체량과 정(jf)의 유전상관이 높기 때문으로 고찰된다(Merks & Van Kemenade, 1989; NPPC,1995; 서,1996).

사료요구율은 수돼지에서 표현형가와 육종가에서 개선되고 있는 것으로 나타나 4세대에서 각각 2.38, -0.006 이었으며, 90kg도달일령은 4세대의 수돼지와 암돼지가 각각 140, 146일로서 세대가 경과됨에 따라 표현형가와 육종가 모두 단축되는 경향을 나타내고 있다.

또한 계통돈의 각 형질에 대한 균일성 변화를 살펴보면 세대가 경과함에 따라 일당증체량, 등지방두께, 90kg도달일령 등의 형질에서 표준편차가 감소하는 경향을 나타내어 본 연구의 목표대로 균일화 되어가고 있음을 알수있다.

표 2-6) 산육능력에 대한 세대별 표현형가와 육종가

성별	세대 별	일당증체량(g)		등지방두께(Cm)		사료요구율		90kg도달일령(일)	
		표현형가	육종가	표현형가	육종가	표현형가	육종가	표현형가	육종가
수 돼지	1	-	0.010	-	0.013	-	0.002	-	-0.040
	2	906±111	3.96	1.59±0.24	0.046	2.88±0.26	-0.016	141±9.8	-0.284
	3	897±105	8.77	1.44±0.20	0.039	2.56±0.14	-0.016	146±10.5	-0.236
	4	922±98	40.7	1.48±0.20	0.070	2.38±0.18	-0.016	140±8.3	-2.300
암 돼지	1	-	0.00	-	0.029	-	-	-	-0.004
	2	841±106	4.46	1.54±0.24	0.028	-	-	147±11.5	-0.249
	3	853±100	16.9	1.50±0.23	0.057	-	-	148±10.7	-0.816
	4	839±96	39.6	1.47±0.19	0.053	-	-	146±10.9	-2.285

라. 세대별 선발돈의 산육능력

대요크셔종 계통의 선발돈에 대한 능력평가는 다음 세대의 능력개량과 직접적으로 관련되므로 중요하다. 세대별 선발돈의 산육능력에 대한 표현형가와 육종가는 다음 표 2-7)과 같으며 일반적으로 모든 형질에서 검정돈군 평균 능력과 같은 경향을 나타내고 있으나 선발효과는 선발방법과 선발강도에 따라 각 세대간에 차이를 나타내고 있다.

일당증체량은 수퇘지의 선발돈에서 2,3,4세대의 표현형이 각각 965g, 1,028g, 985g이었으며, 육종가는 각각 16.53g, 58.47g, 62.55g으로 추정되어 검정돈의 평균 표현형가와 의 선발차가 59g, 131g, 63g이나 크게 나타났으며, 육종가도 검정돈보다 크게 나타나 유전적으로도 선발효과가 크게 나타나고 있음을 알수 있다. 이에 비하여 암퇘지는 2,3,4세대 선발돈의 표현형가가 각각 859g, 866g, 841g으로서 검정돈 평균 표현형가와 의 선발차가 각각 18, 13, 2g으로 적게 나타났으며 육종가도 10.24~38.63g의 범위로 수컷보다 낮았다.

표 2-7) 세대별 선발돈의 산육능력에 대한 표현형가와 육종가

성별	세대 별	일당증체량(g)		등지방두께(Cm)		사료요구율		90kg도달일령(일)	
		표현형가	육종가	표현형가	육종가	표현형가	육종가	표현형가	육종가
수퇘지	2	965±86	16.53	1.55±0.23	0.049	2.89±0.25	-0.008	139±9.2	-0.61
	3	1,028±63	58.47	1.44±0.16	0.058	2.53±0.11	-0.025	135.0±4.2	-3.72
	4	985±89	62.55	1.47±0.17	0.049	2.31±0.15	-0.040	136±6.1	-3.28
암퇘지	2	859±106	10.24	1.51±0.22	0.018	-	-	145±11.1	-0.61
	3	866±91	21.24	1.53±0.24	0.071	-	-	147±10.6	-1.41
	4	841±97	38.63	1.47±0.19	0.052	-	-	146±11.2	-2.25

등지방두께는 2~4세대 숫돼지의 표현형가가 각각 1.55,1.44,1.47Cm로 감소한 경향을 나타냈으나 육종가는 각각 0.049,0.058,0.049Cm로 증가하는 경향을 보임으로서 선발효과가 역의 방향으로 나타나고 있음을 알수 있으며 이것은 최종 선발시 선발지수의 순위 50%이상에서 일당증체량의 표현형가에 비중을 크게두고 선발한 결과로 고찰된다.

사료요구율은 2~4세대의 수퇘지에서 표현형가가 2.89,2.53,2.31로 감소되었고, 육종가도 부(負)의 방향으로 나타나 일당증체량에 비중을 두고 선발한 효과와 부(負)의 상관관계로 개선되는 것으로 사료된다.

90Kg도달일령은 2~4세대의 수퇘지에서 표현형가가 각각 139,135,136일로 단축되었고 검정돈과도 2~10일의 선발차가 크게 나타났으며 육종가도 -0.61~ -3.28일로 개량되고 있었다. 암퇘지에서는 수퇘지와 같은 경향을 보이고 있으나 선발차와 육종가가 낮게 나타났다. 이와같은 결과는 일당증체량의 선발효과와 선발강도에 영향된 것으로 고찰된다.

검정 종료후 선발된 세대별 선발율과 선발강도는 표 2-8)와 같다. 이 표에서 암컷의 선발율은 62.0~67.0%, 선발강도는 0.688~0.567으로 낮았던 반면, 수컷의 선발율은 11.5~17.6%, 선발강도는 1.688~1.470으로 높아서 수컷의 선발효과가 크게 나타난 것으로 고찰된다.

표 2-8) 세대별 선발율과 선발강도

세대별	성 별	선발율(%)	선발강도
2세대	암	62.0(31.2) <sup>a</sup>	0.612(1.122)
	수	12.8(6.2)	1.635(1.971)
	계	38.6(18.9)	0.991(1.431)
3세대	암	67.0(36.2)	0.541(1.036)
	수	11.5(5.4)	1.688(2.030)
	계	40.3(20.3)	0.961(1.391)
4세대	암	65.2(24.7)	0.567(1.279)
	수	17.6(4.7)	1.470(2.088)
	계	45.0(14.5)	0.880(1.572)

<sup>a</sup> : 각 세대에서 생산된 자돈을 모두 검정하여 선발하였을 경우의 선발율과 선발강도.

표 2-8)에서 팔호안의 선발율과 선발강도는, 매 세대에서 생산되는 자돈을 모두 검정에 참여시켰을 경우의 선발강도이다. 30Kg시 1차선발하여 검정하는 것보다 선발강도가 암퇘지에서는 1.83~2.26배, 수퇘지에서는 1.20~1.4배, 전체적으로는 1.44~1.79배 높아지는 것으로 나타났다. 이같은 결과는, 암퇘지의 검정두수를 늘려서 선발강도를 높이는 것이 효과적인 것으로 사료된다.

#### 라. 세대별 도체성적

계통돈의 육질에 대한 개량을 위하여 조사한 세대별 수퇘지의 도체성적은 다음 표 2-9)과 같다. 본 연구에서 도체조사한 대상돈은 수퇘지의 동복 검정돈중에서 선발되지 않은 개체에 대하여 도체조사하였으나, 선발 형질에는 포함하지 않았다. 3세대에는 도축장 사정으로 도체성적 조사가 다른 세대에 비하여 약 9일정도 늦어졌기 때문에 도체증이 크게 나타나 있으며 다른 세대와 성적을 비교할 수 없었다.

도체장(屠體長)은 2세대에서 100.5Cm였으나 4세대에서는 103.6Cm로 커져서 외모심사시 체장이 긴 개체를 선발한 효과로 보이며, 10번째 늑골부위에서 조사된 등지방두께는 2세대의 1.60Cm보다 4세대에서 약 0.08Cm 적어진 것으로 나타났다. 그러나 선발의 대상형질에 포함되지 않은 등심단면적이나 햄비율은 거의 증감의 차이가 없었다.

표 2-9) 세대별 수퇘지의 도체성적

세대별	조사두수	도체증	도체장	등지방두께(cm)	등심단면적(cm <sup>2</sup> )	햄비율(%)
2	41	69.1±8.60	100.5±3.30	1.60±0.57	21.5±4.27	29.9±1.07
3	35	77.0±7.50	105.2±3.40	1.68±0.46	21.0±4.11	30.3±1.19
4	20	69.6±7.93	103.6±3.32	1.52±0.32	21.5±3.79	30.2±0.91

### 제 3 절 랜드레이스종 계통조성

#### 1. 시험기간 및 장소

본 연구의 랜드레이스종 계통조성은 축산기술연구소 사천지소에서 1996년 6월부터 1998년 12월까지 3세대에 걸쳐 수행되었다.

#### 2. 수행방법

##### 가. 기초돈군 구성

랜드레이스종 계통의 기초돈군(1세대)은 사천지소에서 선발된 보유 종돈 82두와 국내외 우수종 종모돈의 정액(캐나다산 5두, 영국산 2두, 검정소산 3두)을 공여하여 5가계를 구성하였으며, 기초돈군에 사용된 종모돈과 종빈돈의 개체별 내역과 1세대 교배 계획은 다음 표 2-10), 표 2-11)와 같다. 그러나 2세대에서는 3가계를 덴마크에서 도입한 종돈 34두로 가계를 재편성하였다.

표 2-10) 기초돈군에 사용된 종모돈 및 가계구성

가계	번호	생년월일	산자수 (두)	90kg도달 일령(일)	일당증체 량 (g)	사료요구 율	등지방두 께(Cm)	도 입 선
A	1832	'93. 2.24	11	-	1.130	1.92	0.60cm	'93 영국
	5282	'93. 3.12	10	-	1.210	2.05	0.60	"
B	1195	'95. 3. 7	14	138	-	-	0.73	'95캐나다
	2119	'95. 3.11	14	138	-	-	0.88	"
C	2146	'95. 3.14	14	125	-	-	0.88	"
	2342	'95. 4. 3	14	127	-	-	0.82	"
D	18394	'94.12.17	11	126	1.055	2.10	1.00	제1검정소
	335	'94.12.28	13	123	1.184	2.24	1.33	"
E	2354	'95. 4. 4	13	118	-	-	0.75	'95캐나다
	197	'94.11. 7	12	133	1.154	2.38	0.76	제1검정소
5가계	10두							

표 2-11) 기초돈군에 사용된 종빈돈 및 교배계획

종 모 돈	종 빈 돈				
	가 계	명 호	생년월일	산자수	도입선
1832(A)	E	4-245	'95. 3. 8	-	사천지소
5282(A)		4-775	'94. 4.22	9	
		4-736	'94. 3.15	8	
		9-119	'94. 4.24	8	
		4-554	'93. 5. 2	10	
		4-584	'93. 4. 2	11	
		4-646	'93. 4.14	14	
		1-346	'94. 4.22	9	
		1-695	'94. 3.19	-	
		1-299	'94. 3. 1	11	
		1-610	'93. 5. 7	9	
		1-602	'93. 5. 5	-	
		1-149	'93. 4.27	9	
		1-329	'92. 3.27	12	
		1-301	'92. 4. 5	13	
		1-328	'92. 4.12	9	
		계 16두			
1195(B)	A	7-799	'95. 2.26	12	
2119(B)		7-761	'95. 2.20	8	
		7-590	'94. 4.17	8	
		7-566	'94. 4. 7	-	
		7-5	'94. 3.23	9	
		7-540	'94. 3.13	10	
		7-622	'92. 4.10	-	
		7-612	'92. 4.10	12	

종 모 돈	종 번 돈				
	가 계	명 호	생년월일	산자수	도입선
		7-611	'92. 4.10	11	사천지소
		7-255	'92. 4. 3	11	
		9-3	'93. 3. 8	9	
		9-46	'93. 3.23	9	
		9-100	'93. 5. 6	9	
		9-911	'93. 5. 6	8	
		9-37	'94. 3.25	10	
		9-899	'94. 4. 7	9	
		계 16두			
2146(C) 2342(C)	B	5-364	'95. 2.14	12	사천지소
		5-316	'95. 4.11	9	
		5-756	'93. 5. 3	10	
		5-734	'93. 4.17	10	
		6-164	'95. 2. 9	10	
		6-650	'94. 3. 8	11	
		6-647	'94. 3. 8	10	
		6-245	'93. 5.15	8	
		6-239	'93. 5.12	11	
		6-197	'93. 4. 6	-	
		6-171	'93. 4. 5	10	
		6-24	'93. 3.28	9	
		6-50	'92. 4.10	11	
		6-344	'92. 3.18	9	
		6-316	'92. 3. 5	11	
		6-309	'92. 3. 5	12	
		계 16두			

종 모 돈	종 빈 돈				
	가 계	명 호	생년월일	산자수	도입선
18394(D)	C	2-2	'95. 1.19	-	사천지소
335(D)		2-340	'94. 4.16	9	
		2-700	'94. 4. 8	8	
		2-292	'94. 3.28	10	
		2-272	'94. 3.25	9	
		2-271	'94. 3.25	11	
		2-514	'93. 4.29	8	
		2-512	'93. 4.29	10	
		2-48	'93. 4. 3	11	
		2-324	'93. 3.29	11	
		2-504	'93. 4.25	9	
		2-253	'94. 3.20	9	
		7-260	'92. 4. 3	11	
		9-1	'92. 3.27	9	
		9-524	'92. 3.27	14	
		9-293	'92. 2.26	11	
		9-550	'92. 4.27	10	
		계 17두			
197(E)	D	3-147	'94. 4.18	12	사천지소
2354(E)		3-111	'94. 3.31	9	
		1-651	'94. 2.21	-	
		1-177	'94. 5.12	10	
		1-134	'93. 4.23	9	
		1-133	'93. 4.23	9	
		3-636	'93. 4.16	9	
		1-490	'93. 4. 2	9	
		1-546	'93. 3.19	11	

종 보 돈	종 빈 돈			비 고	
	가 계	명 호	생년월일		산자수
		1-537	'93. 3.19	9	사천지소
		3-6	'93. 3. 5	9	
		3-467	'92. 4.26	10	
		3-997	'92. 4.19	11	
		3-996	'92. 4.19	10	
		1-344	'92. 4.23	10	
		1-133	'92. 4.12	9	
		1-275	'92. 3. 4	9	
		계 17두			

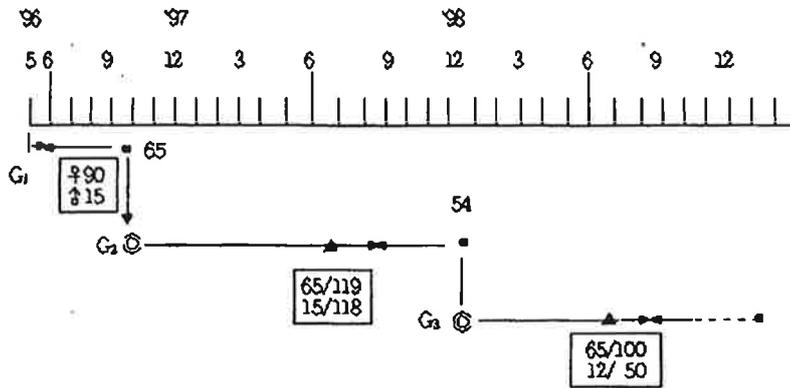
#### 나. 세대관리 및 세대경과

##### 1) 세대관리

각 세대의 생산에서 선발까지 관리는 대요크셔종 계통의 그림 2-1 )과 같은 계획에 따라 수행하였다. 즉 매세대 마다 모든 60두를 유지하고 이것으로부터 생산된 다음 세대의 자돈중 체중 30Kg내외에서 암컷 150두와 수컷 100두를 1차 선발하여 산육검정하고 체중 90Kg도달시에 암컷 60두와 수컷 10두를 2차선발 하였으며, 비선발된 수컷중 50두는 도체조사를 하도록 설계하였다. 이 때에 세대간격단축을 위하여 2세대이후는 초산돈을 번식에 공여하였다.

##### 2) 세대경과

다음 그림 2-4)은 랜드레이스종 계통조성의 1세대부터 3세대까지 생산, 검정,선발의 과정을 나타내고 있다. 여기에서 각세대의 생산두수와 2차 선발두수는 계획대로 추진 되었으나 3세대에서 암수의 검정두수가 계획보다 적어 선발강도를 낮게하였다. 본 연구에서 조성된 3세대에서는 암컷 65두와 수컷 12두를 선발하였으며 4세대는 12월 현재 생산중에 있다.



◎ 포유개시두수 ▲ 선발(선발두수/검정두수) ↔ 교배(교배두수) ◆ 분만(분만두수)

그림 2-4) 랜드레이스종 계통의 세대경과

#### 다. 능력검정

본 연구의 수행을 위하여 매세대마다 선발 모돈에대한 산자검정과 후손에 대한 산육 능력검정을 실시하였으며 그 방법은 다음과 같다.

##### 1) 산자검정

- 산자수 : 모돈으로부터 생산된 총산자수, 생존자돈수, 사산수, 기형수를 조사하였으며 선발에는 생존자돈수를 적용하였다.
- 21일령복당체중 : 분만후 21일령에 포유중인 복당체중과 두당체중을 조사하였으며 양자로 와서 포유중인 자돈의 체중을 포함하였다.

##### 2) 산육능력검정

검정돈의 산육능력검정은 돼지능력검정기준(농림부고시 제97-20호)에 준하여 30kg에서 90kg 까지 검정하였으며, 수컷은 검정소검정방법으로 규정된 크기의 돈방(1.5×3.0m)에서 동복의 자돈 2두를 수용하였고, 암컷은 농장검정방법으로 한 돈방(3×3m)에 4두를 수용하여 실시하였다.

주요 형질에 대한 조사방법은 다음과 같다.

- 일당증체량 : 검정개시부터 검정종료시까지의 증체량을 검정기간으로 나눈 값

- 등지방두께 : 검정종료시 초음파측정기를 사용하여 어깨, 등, 허리 등 3 부위를 측정하여, 그 평균치를 90kg시 등지방 두께로 보정하였으며 사용된 보정공식은 다음과 같다.

보정된 등지방두께

$$= \text{실측 등지방두께} + (90 - \text{측정시 체중}) \times \frac{\text{실측 등지방두께}}{\text{측정시 체중} - b}$$

여기서 b는 수퇘지에서 -20, 암퇘지에서 +5 이다.

- 사료요구율 : 검정기간 동안의 동복 2두가 섭취한 사료량을 총 증체량으로 나눈 값
- 90kg도달일령 : 생후부터 90kg도달시까지의 일령으로 보정하여 산출

보정된 90kg 도달일령

$$= \text{검정종료 일령} + (90 - \text{실측 체중}) \times \frac{\text{검정종료 일령} - a}{\text{실측 체중}}$$

여기서 a는 수퇘지에서 50, 암퇘지에서 40 이다.

### 3) 도체조사

검정돈의 수컷중 한복(腹)에서 비선발된 1 두를 축산기술연구소 축산물이용과의 도축시설에서 조사하였으며 도체중, 도체장, 등지방두께, 등심단면적, 햄 비율 등을 조사하였다.

### 라. 선발 및 교배

1차선발은 체중이 30kg전후에서 동복산자수가 6두이상이고 정상적인 유두수가 6쌍 이상이며 유전적 불량형질이 없는 건강한 자돈을 선발하였다.

2차선발은 체중이 90kg도달시 표현형 선발지수와 육종가 선발지수 순에 따라 외모 적격성을 판정하여 2세대는 가계내선발을, 3세대는 개체선발을 하였다. 선발에 이용된 선발지수식은 다음과 같이 2세대에서는 돼지검정기준의 검정소검정시 선발지수식을 사용하였으나, 3세대이후에는 본 연구과정에서 개발한 모계 선발지수식을 적용하였다.

· 1-2세대 :

$$I = 250 + 101 \text{ ADG} - 34.5 \text{ FE} - 31.3 \text{ BF}$$

· 3 세대 :

$$I\text{♂} = 150 + 5 \text{ LS} + 1.5 \text{ LW21} + 19.8 \text{ ADG} - 7.7 \text{ FE} - 4.7 \text{ BF}$$

$$I\text{♀} = 150 + 5 \text{ LS} + 1.5 \text{ LW21} + 13.2 \text{ ADG} - 3.3 \text{ BF}$$

여기에서 LS는 모돈의 산자수, LW21는 모돈의 21일령 복당체중, ADG는 일당중체량, FE는 사료요구율, BF는 등지방두께이며 1세대와 2세대는 표현형가를, 3세대는 육종가를 적용하였다.

이렇게 선발된 종돈의 교배는 1 - 2 세대에서는 5가계를 dial식 방법으로 가계교배 하였으나 3 세대이후에는 전산 교배프로그램에 의한 근친도를 고려하여 개체간 교배를 하였다.

#### 마. 사양관리

본 연구의 계통조성을 위한 사양관리는 사천지소 관행에 준하여 매 세대 동일한 방법으로 대요크셔종의 사료급여기준인 표 2-3)과 예방접종프로그램인 표 2-4)에 준하여 실시하였으나 검정돈사료이외의 사료는 사천지소에서 별도 구입하여 급여하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 근교계수 및 혈연계수 변화

본 연구에서 수행된 대요크셔종 계통의 4세대까지 평균 근교계수와 혈연계수의 변화는 그림 2-5)과 같다. 기초돈군인 1세대와 2세대의 평균 근교계수와 혈연계수는 각각 0.0000, 0.0292~0.0262로 낮았으나 3세대에서는 각각 0.0008, 0.046으로 낮은 상승을 보였다. 이러한 근친도의 상승 추이는 2세대에서 덴마크에서 도입된 종돈으로 일부 가계를 교체한 결과로 고찰된다.

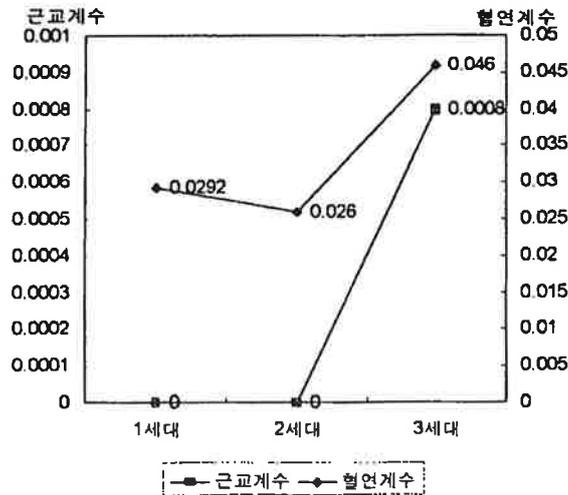


그림 2-5) 랜드레이스종의 세대별 근친계수 및 혈연계수

#### 나. 세대별 번식능력에 대한 표현형가와 육종가

랜드레이스종 계통은 비육돈 생산시 모계통으로 이용되기 때문에 다른 품종보다 번식능력이 중요시 된다. 본 연구에서 랜드레이스종 계통의 번식능력을 개량하기 위하여 매세대 모돈에 대한 산자수와 21일령복당체중을 조사한 표현형가와 육종가는 다음 표 2-12)와 같다. 이 표에서 조사복수(腹數)는 본 연구에서 번식에 이용된 모돈이 미경산돈이고, 산자수는 환경적 요인에 많은 영향을 받기 때문에 복당산자수가 6두 미만인 모돈의 번식능력을 제외하였다.

생존산자수는 1,2 세대에서 각각 10.2두, 10.6두 였고 육종가도 각각 0.147, 0.061두로 추정되어 비교적 우수한 성적이었으며 다음 세대의 산자능력 향상이 예상된다.

21일령복당체중은 세대별로 각각 49.5, 48.1Kg으로서 큰차이가 없었으나 1~2세대의 육종가가 각각 0.339, 0.295kg으로 추정되어 산자수와 같은 경향을 나타내었다.

전세대를 통하여 볼때 생존자돈수와 21일령 복당체중에 대한 표현형가와 육종가는 세대별로 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, 매 세대에서 육종가가 증가되는 경향이 있으므로 선발에 의한 유전적 개량효과가 나타나는 것으로 사료된다.

표 2-12) 랜드레이스종의 번식능력에 대한 세대별 표현형가와 육종가

세대별	조사복수	생존산자수( 두 )		21일령복당체중( kg )	
		표현형	육종가	표현형	육종가
1	58	10.2	0.147	49.5	0.339
2	47	10.6±1.99	0.061	48.1±7.64	0.295

다. 세대별 산육능력에 대한 표현형가와 육종가

랜드레이스종 계통의 1세대부터 3세대까지 산육능력에 대한 표현형가와 육종가는 다음 표 2-13)와 같다.

일당증체량은 수태지의 표현형가가 2~3세대에서 각각 834, 892g으로 3세대에서 증가되었으며 육종가도 2세대에서는 감소되는 것으로 나타났으나 3세대에서 증가되는 경향으로 나타났으며, 암태지에서도 표현형가가 2~3세대에서 각각 785, 839g으로 증가되었을 뿐만아니라 육종가도 2세대에서는 -17.1g 이었던 것이 3세대에서는 4.64g으로 증가되어 다음 세대에 유전적인 일당증체량의 증가가 예상된다.

등지방두께는 수태지와 암태지에서 모두 표현형가가 감소된 것으로 나타나 3세대에서 각각 1.45, 0.98cm 였으나, 육종가에서는 각각 0.079, -0.054로 나타나 다음 세대의 등지방두께에 대한 개량도를 예측할 수 없었다. 그러나 3세대의 등지방두께가 2세대보다 크게 감소한 결과는 2세대에 도입된 덴마크산 랜드레이스가 정육율이 높고 등지방두께가 적은 특징을 갖고있기 때문인 것으로 사료된다.

사료요구율은 수태지에서 3세대의 표현형가와 육종가가 증가되고 있는 것으로 나타나 대요크 셔종과는 반대의 결과로 나타나고 있으며 일당증체량의 증가에도 불구하고 사료요구율이 높아지는 요인에 대한 분석이 요구된다.

90kg도달일령은 2~3세대에서 수태지에서 각각 144일, 148일로 증가되었고 암태지에서도 각각 148, 156일로 증가되어 일당증체량과 같이 증가되므로서 두 형질간에 부의 상관관계가 있다는 이론과 일치하지 않았다. 이와같은 요인에 대하여는 덴마크산 종돈도입과 사천지소의 분만 시설 개선에 따른 조기이유에 영향된 것으로 사료되며, 금후 4세대까지 검정한 결과에 따라 분석이 가능할 것으로 생각한다.

표 2-13) 랜드레이스종의 산육능력에 대한 세대별 표현형가와 육종가

성별	세대 별	일당증체량(g)		등지방두께(Cm)		사료요구율		90kg도달일령(일)	
		표현형가	육종가	표현형가	육종가	표현형가	육종가	표현형가	육종가
수태지	1	-	-	-	-	-	-	-	0.57
	2	834±90	-16.6	1.49±0.06	-0.019	2.54±0.14	-0.008	144±9.76	0.87
	3	892±61	2.12	1.45±0.26	0.079	2.72±0.13	0.002	148±8.38	0.31
암태지	1	-	-	-	-	-	-	-	0.22
	2	785±70	-17.1	1.46±0.06	0.040	-	-	148±9.51	0.60
	3	839±57	-16.1	0.98±0.17	-0.054	-	-	156±7.31	0.86

라. 세대별 선발돈의 산육능력

랜드레이스종 계통의 선발돈에 대한 능력평가는 다음 세대의 능력개량과 직접적으로 관련되므로 중요하다. 세대별 선발돈의 산육능력에 대한 표현형가와 육종가는 다음 표 2-14)과 같으며 일반적으로 모든 형질에서 검정돈군 평균 능력과 같은 경향을 나타내고 있었다.

표 2-14) 세대별 선발돈의 산육능력에 대한 표현형가와 육종가

성별	세대 별	일당증체량(g)		등지방두께(Cm)		사료요구율		90kg도달일령(일)	
		표현형가	육종가	표현형가	육종가	표현형가	육종가	표현형가	육종가
수태지	2	856±78	-12.2	1.46±0.05	-0.032	2.57±0.16	-0.004	145±8.7	-
	3	922±53	19.0	1.48±0.33	0.079	2.70±0.11	-0.009	142±5.2	-
암태지	2	798±71	-11.1	1.47±0.07	0.042	-	-	147±10.0	-
	3	850±53	8.28	1.00±0.18	-0.039	-	-	155±6.37	-

일당증체량은 선발된 수퇘지의 2~3세대가 각각 856,922g으로 검정돈과의 선발차가 각각 22g,30g으로서 적었으며 육종가도 각각 -12.2g,19.0g 으로 적게 나타났다. 암퇘지에서도 세대별 표현형가가 각각 798g,850g으로서 선발차가 적었으며, 육종가도 각각 -11.1g,8.28g으로서 수퇘지와 같은 추이었다.

등지방두께는 선발된 수퇘지가 3세대에서 1.48Cm, 암퇘지가 1.00Cm로서 검정돈군과의 선발차가 거의 없었으며 육종가도 검정돈군과 차이가 없었다.

사료요구율과 90Kg도달일령도 선발돈의 능력이 검정돈군의 평균 능력과 거의 같은 수준으로 선발효과가 나타나지 않고 있다. 단 수퇘지 3세대의90Kg도달일령이 142일로서 검정돈군보다 6일 단축되었다.

검정 종료후 선발된 세대별 선발율과 선발강도는 표 2-15)와 같다. 암컷의 선발율은 2세대에 54.6%, 3세대에 65.0% 이었으며, 선발강도는 각각 0.726과 0.570이었다. 수컷은 각각 선발율이 12.7%와 24.0%, 선발강도는 1.640과 1.295 이었다. 대요크셔종과 비교하여 선발강도가 비슷하였음에도 선발차가 적게 나타난 것은 우수한 능력의 개체가 지체의 결격등 원인으로외모의 적격성에서 선발되지 못하였기 때문으로 사료된다.

표 2-15) 세대별 선발율과 선발강도

		선발율(%)	선발강도
2세대	암	54.6(21.8) <sup>a</sup>	0.726(1.351)
	수	12.7(4.6)	1.640(2.097)
	계	33.8(12.9)	1.084(1.631)
3세대	암	65.0(24.6)	0.570(1.281)
	수	24.0(4.5)	1.295(2.106)
	계	51.3(14.6)	0.777(1.568)

<sup>a</sup> : 각 세대에서 생산된 자돈을 모두 검정하여 선발하였을 경우의 선발율과 선발강도.

마. 세대별 도체성적

2세대와 3세대 각각 50두와 18두의 수퇘지에 대한 도체성적을 조사한 결과가 표 2-16)에 있다. 이 표에서 2세대의 도체장은 101.7Cm, 등지방두께 1.45Cm, 등삼단면적 20.8cm<sup>2</sup>, 햄비율 30.3%로 조사되어 대요크셔종 2세대와 비슷한 성적이었으나 3세대에서는 도체조사의 시기가 늦어져 도체중의 모든 형질에서 증가한 것으로 나타났기 때문에 다른 세대와 비교할 수가 없다.

표 2-16) 세대별 수퇘지의 도체성적

세대별	조사두수	도체중	도체장	등지방두께(cm)	등삼단면적(cm <sup>2</sup> )	햄비율(%)
2	50	65.9±6.08	101.7±3.93	1.45±0.46	20.8±3.49	30.3±1.14
3	18	89.8±12.2	111.6±5.09	1.57±0.58	27.2±5.20	29.5±0.89

## 제 4 절. 대요크셔종과 랜드레이스종의 계통간 교배 시험

### 1. 시험기간 및 장소

본연구는 1998.7월부터 1998.12월까지 축산기술연구소 증소가축과에서 수행하였다.

### 2. 수행방법

#### 가. 공시동물

본 연구에서 조성중인 대요크셔계통 수컷과 랜드레이스계통 암컷을 계통간교배하여 생산된 일대잡종(F1) 돼지의 번식능력과 산육능력을 조사하기 위하여 사천지소의 랜드레이스계통 2세대 모돈 10두를 증소가축과에 이관하여 대요크셔계통 3세대 수퇘지 4두와 교배하였으며, 여기에서 생산된 일대잡종(F1) 63두에 대한 산육검정을 실시하였다.

#### 나. 검정방법

랜드레이스종 모돈에 대한 번식능력과 일대잡종에 대한 산육능력검정 방법은 대요

크셔종과 랜드레이스종 계통돈의 검정방법과 동일하게 하였으며 사양관리와 위생관리도 같은 기준에 따라 수행하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 번식능력

본 연구에 공여된 대요크셔 계통과 랜드레이스 계통의 순종능력과 일대교잡종의 자돈을 생산한 랜드레이스종 모돈의 산자수와 21일령복당체중은 다음 표 2-17)과 같다.

생존산자수에서 부모돈으로 사용된 대요크셔종 수컷 4두의 평균 동복산자수는 8.8두, 랜드레이스종 암컷 8두의 평균동복산자수는 10.9두 였으나, 일대잡종 자돈의 평균 동복산자수는 11.1두로서 양 부모의 동복산자수보다 밀게 나타났다.

21일령복당체중에서는 대요크셔종의 동복체중이 66.2Kg, 랜드레이스종의 동복체중이 56.3Kg이었으나 그의 자손인 일대잡종의 동복체중은 54.4두로 양부모의 능력보다 감소한 결과를 보였으며, 이것은 모돈의 포유시 대장균성 하리에 의하여 자돈폐사가 발생하여 육성율이 낮아진 때문으로 분석된다.

표 2-17) 순종과 교잡종의 동복산자수와 21일령 복당체중

구 분	품종별	조사복수	산자수	21일령 복당체중 <sup>a</sup>
부 모 자손	대요크셔	4	8.8	66.2
	랜드레이스	8	10.9	56.3
	일대잡종(F1)	8	11.1	54.5

<sup>a</sup> : 21일령 복당 포유두수에 따라 보정(NSIF, 1997).

#### 나. 교잡종의 산육능력

대요크셔 계통의 수컷과 랜드레이스 계통의 암컷을 교배하여 생산된 일대잡종돈중 검정이 완료된의 산육능력과 잡종강세 효과는 다음 표 2-18)과 같다.

일당중체량은 교잡종이 884.8g으로 순종 어미의 평균 943.7g 보다 낮아 잡종강세는 -5.3%로 나타났고, 등지방두께도 교잡종이 1.51cm로서 양부모의 1.40cm, 1.47cm 보다 크게 나타나서 잡종강세가 5.23% 였다.

90kg 도달일령에 있어서는 교잡종이 139.3일로 순종 어미의 평균 144.2일 보다 단축되어 잡종강세가 -3.4%로 나타났다.

이와같이 교잡종의 등지방두께가 순종 부모 보다 더 두텁게 나타나고 90kg 도달일령에서는 교잡종의 능력이 순종 어미의 평균 보다 짧게 잡종강세가 나타난 것은 Johnson(1981)의 보고와 부합하는 결과이다.

표 2-18) 순종과 교잡종(F1)의 산육능력 및 잡종강세

품종별	두수	일당중체량	등지방두께	90kg도달일령
대요크셔	4	1043.0	1.40	136.0
랜드레이스	8	826.3	1.47	152.4
F1	18	884.8	1.51	139.3
잡종강세(%)		-5.3	5.23	-3.4

## 제 5 절 결과요약

돼지의 고품질 돈육생산을 위한 돼지의 우수 계통 개발을 위하여 1996년 1월부터 1998년 12월까지 축산기술연구소 종축개발부 증소가축과와 사천지소에서 돼지의 모계통으로 이용되는 대요크셔종과 랜드레이스종에 대하여 폐쇄군 육종방법으로 각각 4세대와 3세대까지 계통조성한 결과는 다음과 같다.

## 1. 대요크서종 계통조성

가. 기초돈군 구성은 캐나다에서 도입한 37두(boar 7, gilt 30)와 축산기술연구소에서 선발된 42두( boar 3, sow & gilt 39 )의 종돈을 공여하였다.

나. 4세대에서의 평균 근친계수와 혈연계수는 각각 0.95%, 10.29% 였으며 근친계수가 가장 높은 개체는 2.4% 였다.

다. 생존산자수는 1세대에서 초산으로 보정된 표현형가가 9.3두였으나 4세대에서도 9.2두로 비슷하였고, 육종가에서는 1세대와 3세대에서 각각 0.031,0.063두로 증가되는 경향을 나타내었다.

라. 일당중체량은 2세대의 수퇘지와 암퇘지가 각각 906g,841g이었으나 4세대에서는 각각 922g,839g이었으며, 육종가도 2세대에서는 각각 3.96g,4.46g이었으나 4세대에서는 40.7g,39.6g으로 추정되어 세대의 경과에 따라 유전적으로 증가되고 표준편차도 감소되어 균일성이 높아지는 경향이였다.

마. 등지방두께는 2세대의 수퇘지와 암퇘지에서 각각 1.59cm, 1.54cm였고, 4세대에서는 1.48cm,1.47cm로 표현형가가 감소되었으나, 육종가에서는 각 세대마다 증가되는 경향을 나타내어 4세대에서 각각 0.070cm, 0.053cm로 추정되었으며, 표준편차도 세대가 경과함에 따라 감소하는 경향이였다.

바. 사료요구율은 2세대의 수퇘지에서 2.88이었으나 4세대에서는 2.38로 개선되었고, 육종가에서도 각 세대마다 감소되는 경향을 나타내어 4세대에서는 -0.016으로 추정되었다.

사. 90kg도달일령은 2세대의 수퇘지와 암퇘지에서 각각 141일,147일 이었고 4세대

에서는 140일, 146일로 표현형가가 단축되었으며, 육종가에서도 각 세대에서 단축되는 경향을 나타내어 4세대에서는 각각 -2.30일, -2.28일 단축되는 것으로 추정되었다.

아. 선발돈의 산육능력은 모든 형질에서 각 세대 검정돈의 표현형가 및 육종가와 같은 경향을 나타내었으나 수태지에서 선발강도가 컸기 때문에 선발차가 암돼지보다 크게 나타났으며, 4세대에서 선발된 수태지 12두의 일당증체량과 등지방두께는 표현형가에서 각각 985g, 1.47cm, 육종가에서 각각 62.55g, 0.049cm로 추정되었다.

자. 도체형질에서는 도체장이외의 다른 형질에서 세대간에 큰 차이가 나타나지 않았으며, 4세대에서 도체장 103.6cm, 등지방두께 1.52cm, 등심단면적 21.5cm<sup>2</sup>, 햄비율 30.2%이었다.

## 2. 랜드레이스종 계통조성

가. 기초돈군 구성은 축산기술연구소 사천지소에서 선발된 경산돈과 미경산돈 82두와 국내외의 우수 종모돈 10두의 정액(캐나다산 5두, 영국산 2두, 검정소산 3두)을 공여하였으나 2세대에서 덴마크에서 도입한 34두(boar 4, gilt 30)로 3가계를 재편성하였다.

나. 3세대에서의 평균 근친계수와 혈연계수는 각각 0.08%, 4.6% 였으며 근친계수가 가장 높은 개체는 1.6% 로서 낮은 상승을 하였다.

다. 생존산자수는 1세대에서 표현형가가 10.2두였으나 2세대에서는 10.6두로 증가하였고, 육종가에서는 1세대와 2세대에서 각각 0.147두, 0.061두로 증가되는 경향을 나타내었다.

- 라. 일당중체량은 2세대의 수퇘지와 암퇘지가 각각 834g, 785g이었으나 3세대에서는 각각 892g, 839g이었으며, 육종가도 2세대에서는 각각 -16.6g, -17.1g이었으나 3세대에서는 2.42g, 4.64g으로 추정되어 세대의 경과에 따라 유전적으로 증가되는 경향이였다.
- 마. 등지방두께는 2세대의 수퇘지와 암퇘지에서 각각 1.49cm, 1.46cm였고, 3세대에서는 1.45cm, 0.98cm로 표현형가가 감소되었으나, 육종가에서는 각 세대마다 증감의 결과로 나타나 3세대에서 각각 0.079cm, -0.054cm로 추정되었다.
- 바. 사료요구율은 2세대의 수퇘지에서 2.54 이었으나 3세대에서는 2.72로 높아졌고, 육종가에서도 각 세대마다 증감의 결과를 나타내어 3세대에서는 0.002로 추정되었다.
- 사. 90kg도달일령은 2세대의 수퇘지와 암퇘지에서 각각 144일, 148일 이었고 3세대에서는 148일, 156일로 표현형가가 증가되었으며, 육종가에서도 각 세대에서 증가되는 경향을 나타내어 3세대에서는 각각 0.31일, 0.86일 증가되는 것으로 추정되었다.
- 아. 선발돈의 산육능력은 모든 형질에서 각 세대 검정돈의 표현형가 및 육종가와 같은 경향을 나타내었으며, 3세대에서 선발된 수퇘지 12두의 일당중체량과 등지방두께는 표현형가에서 각각 922g, 1.48cm, 육종가에서 각각 19.0g, 0.079cm로 추정되었다.
- 자. 도체형질에서는 3세대에서 도체중이 89.8kg일때 도체장 111.6cm, 등지방두께 1.57cm, 등심단면적 27.2cm<sup>2</sup>, 햄비율 29.5% 이었다.

### 3. 대요크셔종과 랜드레이스종의 계통간 교배시험

본 연구에서 조성중인 모계통의 교잡효과를 구명하기 위하여 대요크셔종 3세대 수퇘지 4두와 랜드레이스종 2세대 암퇘지 10두를 계통간 교잡하여 생산된 일대잡종의 산육능력을 조사한 결과는 다음과 같다.

- 가. 번식능력에서 동복산자수는 대요크셔종 계통의 평균이 8.8두, 랜드레이스종 계통의 평균은 10.9두 였으나 일대잡종은 평균 11.1두로서 양친부모보다 많았다.
- 나. 일당증체량은 대요크셔종 계통이 1,043g, 랜드레이스종 계통이 826g이었으나 일대잡종은 884.8g으로서 양친 부모의 평균 943.7g보다 낮게 나타났으며 잡종강세도 -5.3%로 추정되었다.
- 다. 등지방두께는 대요크셔종 1.40cm, 랜드레이스종 1.47cm이었으나 일대잡종이 1.51cm로서 양친보다 더 두꺼웠으며 잡종강세도 5.23%로 증가되었다.
- 라. 90Kg도달일령은 대요크셔종이 136일, 랜드레이스종이 152일 이었으나 일대잡종은 139.3일로서 양친의 중간이었고 잡종강세는 -3.4일로서 단축되는 효과가 있었다.

## 제 6 절 참고문헌

1. Becker, W. A. 1975. Manual of procedures in quantitative genetics. Washington State University, Pullman, Washington.
2. Blunn, C. T. and M. L. Baker. 1947. The relation between average daily gain and some carcass measurements. J. Anim. Sci. 6:424.
3. Brubaker M., D. Lofgren, M. Einstein and T. Stewart. 1994. Comparison of litter adjustment factors in Yorkshire and Landrace data. J. Anim. Sci., 72:2538-2543.
4. Christian, L. I., K. L. Stroke and J. P. Calson. 1980. Effects of protein, breed, cross, sex and slaughter weight on swine performance and carcass traits. J. Anim. Sci. 51 : 51.
5. Cox, D. F. and C. Smith. 1968. Herd differences and genetic trends in Iowa pigs. J. Anim. Sci. 27 : 577.
6. Craft, W. A. 1958. Fifty years of progress in swine breeding. J. Anim. Sci. 17 : 960.
7. Dempfle, L. and C. Hagger. 1983. Comparison of the efficiency of BLUP with other estimation procedures in dairy sire evaluation. Theoretical investigations. Z. Tierzuchtg. Zuchtgsbiol. 100 : 196.
8. Dickerson, G. E. and J. C. Grimes. 1947. Effectiveness of selection for efficiency of gain in Duroc swine. J. Anim. Sci. 6 : 265.
9. Edwards, R. L. and I. T. Omtvedt. 1971. Genetic analysis of a swine control population. II. Estimates of population parameters. J. Anim. Sci. 32 : 185.

10. Eisenhart, C. 1947. The assumptions underlying the analysis of variance. *Biometrics*, 3 : 1.
11. Enfield, F. D. and I. A. Whatley, Jr. 1961. Heritability of carcass length, carcass backfat thickness and loin area in swine. *J. Anim. Sci.* 20 : 631.
12. Falconer, D. S.. 1965. The inheritance of liability to certain disease, estimated from the incidence among relatives. *Ann. Hum. Genet.*, 29:51.
13. Flock, D.K. 1970. Genetic parameters of German Landrace pigs estimated from different relationships. *J. Anim. Sci.* 30 : 839.
14. Fredeen, H. T. 1958. Selection and swine improvement. *A. B. A.* 26 : 229.
15. Gorin, V. T. I. L. Nikitchenko and A. K. Mishchenko. 1975. Genetic and population parameters of development and performance of sows from some pedigree herds in White Russia. *A.B.A* 43 : 12.
16. Harvey, W. R. 1960. Least-squares analysis of data with unequal subclass numbers. *USDA. ARS* 20-8.
17. Hazel, L. N. 1943. The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetic* 28 : 476.
18. Henderson, C. R. 1973. Sire evaluation and genetic trends. *Proc. Anim. Genet. Symp. in Honor of Dr. J. L. Lush. ASAS and ADSA. Champaign. Illinois.*
19. Hetzer, H. O. and R. H. Miller. 1972. Correlated responses of various body measurement in swine selected for high and low fatness. *J. Anim. Sci.* 35 : 743.

20. Hutchens, L.K.R.L. Hintz and R. K. Johnson. 1981. genetic and phenotypic relationship between pubertal and growth characteristics in gilts. J. Anim. Sci. 53. 946.
21. Johanson, R. K.. 1981. Crossbreeding in Swine : Experimental Results. J. Anim. Sci., 52:906.
22. Jungst, S.B., L. L. Christian and D. L. Kuhlers. 1981. response to selection for feed efficiency in individually fed Yorkshire boars. J. Anim. Sci. 53:323.
23. Kahle, R. 1985. Pork value seedstock of tomorrow workshop. National Pork Producers Council.
24. Kuhlers, D. L. and S. B. Jungst. 1983. Estimates of genetic parameters for growth rate and backfat thickness of swine tested to 105 and 135kg. J.
25. Li, V. A., S. K. Kkurbanbekov, P. A. Es'kov. 1974 Heritability and repeatability of selection traits in Kazakh Hybrid pigs. A. B. A. 42 : 26(247).
26. Li. V. A. and S. U. Kaldybaev. 1977. The heritabilities and variation of selection traits in Kazakh Hybrid pigs. A. B. A. 45 : 242.
27. Locniskar, F. 1963. The part played by heredity in some fattening and carcass characters in the pig, and genetic correlation between them. J. Anim. Sci. 31 : 90.
28. McLaren, D. G., D. S. Buchanan and R. L. Hints. 1985. Sire ranking based upon purebred versus crossbred progeny performance in swine. J. Anim. Sci. 60 : 902.

29. McPhee, C. P., P. J. Brennan and F. Cuncalfe. 1979. Genetic and phenotypic parameters of Australian Large White and Landrace boars performance tested when offered fed ad libitum. Anim Prod. 28 : 79.
30. NSIF. 1997. Guidelines for uniform swine improvement programs.
31. Pochernyaev, F. K. and N. A. Nozdrin. 1975. Comparative study of different breeding methods in purebred pigs. A. B. A. 43 : 469.
32. Politick, R. D. 1969. The possibilities for practical selection in the pig industry. A. B. A. 37 : 654.
33. Prochorenko, L. N. 1973. Relationship between body conformation and carcass characters in Breiiov pigs. A. B. A. 41 : 245.
34. Pumfrey, R. A. P. J. Cunningham and D. R. Zimmerinan. 1975. Heritabilities of swine reproduction and performance traits. J. Anim. Sci. 41 : 256.
35. Sidor, V. 1973. Relationship between body measurements before slaughter and fattening and carcass characters of pigs. A. B. A. 42 : 25.
36. Siers, D. G. 1975. Live and carcass traits in individually fed Yorkshire boars, barrows and gilts. J. Anim. Sci. 41 : 522.
37. Stanislaw, C. M., I. T. Omtvedt, R. L. Willham and J. A. Whatley, Jr. 1967. A study of some genetic parameters in purebred and crossbred populations of swine. J. Anim. Sci. 26 : 16.
38. Swiger, L. A., G. A. Isler and W. A. Harvey. 1979. Postweaning genetic parameters and indexes for swine. J. Anim. Sci. 48 : 1096.

39. Tolle, V. D., B. H. Johnson and O. W. Robison. 1984. Genetic parameters for tested traits in swine J. Anim. Sci. 59 : 967.
40. Van Vleck, L. D., E. J. Pollak and E. A. Branford Oltenacu. 1987. Genetics for the animal science.
41. Vasileva, I., A. P. Andreev and P. Mishev. 1978. Phenotypic and genetic parameters of some traits in Bulgarian White pigs. A. B.A.46:46.
42. Ward, H. K., W. E. Rempel and F. D. Enfield. 1964. Genetic relationship of weaning weight with postweaning growth rate of swine. J. Anim. Sci. 23 : 651.
43. Warwick, E. J. and J. E. Legates. 1979. Breeding and improvement of farm animal. McGraw-Hill Book Company, New York.
44. Wyllie, D., J. R. Morton and J. B. Owen. 1979. Genetic aspects of voluntary food intake in the pig and their association with gain and food conversion efficiency. Anim. Prod. 28 : 381.
45. Young, L. D., R. K. Johnson and I. T. Omtvedt. 1977. An analysis of the dependency structure between a gilt's prebreeding and reproductive traits. I. Phenotypic and genetic correlation J. Anim. Sci. 44 : 557.
46. Young, L. D., R. A. Pumfrey, P. J. Cunningham and D. R. Zimmerman. 1978. Heritabilities and genetic and phenotypic correlations for prebreeding traits, reproductive traits and principal components. J. Anim. Sci. 46 : 937.
47. Zoeller, K. O., J. F. Lasley, L. F. Tribble and B. N. Day. 1963. Selection of thinner backfat in swine. Missouri Agr. Exp. Sta. Res. Bull. 831 : 58.

- 48.Short, T. H., E. R. Wilson and D. G. McLaern. 1994. Relationships between growth and litter traits in pig dam lines. Proc. 2nd World Congr. Genet. Appl. Livestock Prod. 17 : 413.
- 49.Stern, S., N. Lundeheim, K. Johansson and K. Anderson. 1995. Osteochondrosis and leg weakness in pigs selected for lean tissue growth rate. Livest. Prod. Sci. 44 : 45.
- 50.阿部猛夫. 1987. わが國豚系統の造成とその利用. 日畜會報, 58:545.
- 51.古川力. 1996. 豚の系統造成と利用について. All About Swine, 10:20.
- 52.권오섭. 1986. 돼지의 주요경제형질에 대한 유전모수와 선발지수의 추정에 관한 연구. 서울대학교 박사학위논문.
- 53.김성훈. 1983. 돼지에 있어 이유후 형질에 대한 유전력의 추정. 서울대학교 석사학위논문.
- 54.김종대. 1984. 돼지에 있어 일당중체량 90kg도달일령, 사료요구율, 등 지방두께, 체장 및 체고간의 유전력과 유전상관. 서울대학교 석사학위논문.
- 55.김성훈. 1991. 돼지의 번식형질에 대한 유전모수추정과 종모돈의 육종가 추정에 관한 연구. 서울대학교 박사학위 논문.
- 56.이바라키 종축목장 보고서('81-'92)
- 57.박병호. 1995. 랜드레이스종 돼지의 경제형질에 대한 유전모수와 성의 효과 추정에 관한 연구. 서울대학교 석사학위논문.
- 58.박영일, 이승수. 1995. 한국 종돈능력검정소 종모돈의 능력형질에 미치는 품종과 환경요인의 효과. 한축지 37(5) : 502.
- 59.배규한. 1993. 순종과 교잡종 능력에 근거한 종모돈 평가에 관한 연구. 서울대학교 박사학위 논문.

60. 이승수. 1994. 종돈의 능력검정 성적에 미치는 성의 효과에 관한 연구. 서울대학교 석사학위 논문.

## 제 3 장 BLUP을 이용한 육종가 추정 및 선발 모형 개발

### 제 1 절 서설

돼지의 우수계통을 육성하기 위하여 이용하는 중요한 방법의 하나는 주요 경제형질에 대한 종돈의 육종가를 정확히 추정하고 추정된 육종가에 근거하여 유전적으로 우수한 개체를 종돈으로 선발하는 것이다.

BLUP에 의한 육종가의 추정 방법은 Henderson(1973)에 의하여 개발된 이후 육종가 추정의 효과적인 방법으로 인정되어 돼지, 젖소, 육우 등 각종 가축의 개량을 위하여 세계 각국에서 널리 이용되고 있다. BLUP의 중요한 장점중의 하나는 어느 개체에 대한 육종가의 추정에 해당 개체의 능력 측정치뿐만 아니라 모든 혈연개체에 대한 자료를 이용함으로써 육종가를 보다 정확하게 추정할 수 있다는데 있다. 돼지의 개량을 위한 BLUP의 이용에 대하여는 Kennedy(1987), Sorensen(1990), Stewart 등(1991), Estany와 Sorensen(1994), Sullivan과 Dean(1994), Tribout 등(1998)에 의하여 보고되었다.

본 협동 연구 과제에서는 축산기술연구소 종축개량부 기초돈군의 능력과 경제형질에 대한 유전모수를 추정하였다. 또한 돼지의 각종 경제형질에 대한 경제적 가중치를 추정하고 종돈 선발에 이용할 각종 선발지수를 유도함으로써 선발 모형 개발을 위한 연구를 수행하였다. 랜드레이스종과 대요크셔종 계통의 조성을 위하여 생산된 돼지에 대하여 조사된 자료에 근거해서 주요 경제형질에 대한 각 개체의 육종가를 BLUP 기법을 이용하여 추정하였다.

계통은 상호간에 어느 정도의 혈연관계를 가진 개체의 무리로서 돈군내 개체간의 평균 혈연계수가 20% 이상이고 개체간의 혈연계수가 10% 이상이 되면 유사한 유전능력을 발휘하여 실용돈과 종돈의 수준에서 제일성이 높아지는 경향이 있다.

폐쇄돈군 방식으로 계통을 조성할 때 한 개의 돼지 계통을 조성하는데 소요되는 기간은 매 세대 번식에 이용하는 종모돈은 10두, 중빈돈은 50두로 하고 계통내의 평균

혈연 계수 20%를 기준으로 할 때 7-8세대 정도가 소요된다. 따라서 계통조성에 쓰이는 종모돈과 종빈돈은 매 세대 1산차 자돈 중에서만 선발하여 세대간격을 1년으로 단축하면 한 계통을 조성하는데 약 8년이 소요된다.

이 같은 돼지 계통조성 방법은 한국과 일본에서 주로 사용되어 왔다. 그런데 만약 계통 조성에 소요되는 기간을 단축시킬 수 있다면 계통조성에 소요되는 비용을 절감하고 돼지의 유전적 개량을 촉진하는데 도움이 될 수 있다.

본 연구에서는 컴퓨터를 이용한 모의 실험의 결과와 유전학 및 육종학의 원리에 근거하여 돼지의 계통조성기간 단축에 관한 연구를 수행하였다.

돼지의 계통간 교잡에 의하여 생산되는 계통간 교잡종의 능력은 교잡에 이용되는 각 계통의 일반조합능력과 특정조합능력에 의하여 영향을 받는다. 따라서 계통조성사업을 통하여 돼지의 계통을 조성한 다음에는 조성된 계통의 일반조합능력과 특정조합능력을 추정하면 조성된 계통을 이용하여 생산되는 계통간 교잡종의 능력을 예측하는데 도움이 될 수 있다. 계통간 교잡종의 능력은 계통의 조합능력 뿐만 아니라 계통간의 상반교잡효과와 모체효과에 의해서도 영향을 받을 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 국내에서 조성된 돼지의 계통을 이용하여 생산된 각종 교배조합에 대한 자료에 근거하여 경제형질에 대한 각 계통의 일반조합능력, 특정조합능력, 모체효과, 상반교잡효과 및 잡종강세효과를 추정하였다.

## 제 2 절 기초돈군의 능력 및 유전모수 추정에 관한 연구

축산기술연구소 종축개량부 기초돈군의 능력을 추정하고 경제형질에 대한 유전모수를 추정하였으며 돼지의 각종 형질에 대한 경제적 가중치를 추정하고 종돈 선발에 이용할 선발지수를 유도하였다. 돼지 경제형질의 유전력, 유전상관 및 표현형상관을 추정하고 기초돈군의 능력을 조사하기 위하여 이용된 자료의 품종, 산차, 분만년도 및 분만월별 빈도는 표 3-1과 같다.

표 3-1. 품종, 산차, 분만년도 및 분만월별 자료의 빈도

품종	빈도	산차	빈도	분만 년도	빈도	분만월	빈도
Duroc	1503	1	1517	75	95	1	48
Hampshire	1410	2	1321	76	247	2	322
Landrace	2051	3-5	2849	77	368	3	1148
L. Yorkshi re	2263	6-7	1052	78	419	4	962
		≥8	488	79	438	5	853
				80	301	6	420
				81	363	7	160
				82	392	8	521
				83	395	9	966
				84	381	10	864
				85	345	11	662
				86	329	12	301
				87	387		
				88	338		
				89	365		
				90	338		
				91	367		
				92	350		
				93	317		
				94	333		
				95	359		
합계	7227		7227		7227		7227

총산자수, 복당생존자돈수, 생시복당체중, 생시개체체중 및 21일령 복당체중에 대하여 품종, 산차, 분만년도 및 분만월별 최소자승평균치와 이들 요인의 효과를 추정하기 위하여 다음의 선형모형을 이용하였다.

$$y_{ijklm} = \mu + b_i + p_j + yr_k + m_l + e_{ijklm}$$

여기서,  $y_{ijklm}$  :  $i$  번째 품종의  $j$  번째 산차의  $k$  번째 분만년도의  $l$  번째 분만월에 속하는  $m$  번째 개체에 대한 측정치

$\mu$  : 전체평균

$b_i$  :  $i$  번째 품종의 효과 ( $i = 1, 2, 3, 4$ )

$p_j$  :  $j$  번째 산차의 효과 ( $j = 1, 2, 3, 4, 5$ )

$yr_k$  :  $k$  번째 분만년도의 효과 ( $k = 1, 2, \dots, 21$ )

$m_l$  :  $l$  번째 분만월의 효과 ( $l = 1, 2, \dots, 12$ )

$e_{ijklm}$  : 임의오차

이 같은 선형모형을 풀기 위하여  $b_4 = p_5 = yr_{21} = m_{12} = 0$  의 제한을 가하였다.

유전모수를 추정하기 위하여 사용한 다형질 혼합모형은 다음과 같다.

$$Y = X\beta + Z\mu + e$$

이것을 형질별로 나타내어 표기하면

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & x_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & x_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} z_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & z_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & z_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \vdots \\ \mu_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_n \end{bmatrix} \text{이다.}$$

여기서  $Y$  : 각 형질에 대한 관측치 벡터

$X$  : 고정효과(산차, 분만년도 및 분만월)에 대한 계수행렬

$Z$  : 개체에 대한 임의효과 계수행렬

$\beta$  : 고정효과에 대한 알려지지 않은 추정치 벡터

$\mu$  : 임의효과에 대한 알려지지 않은 추정치 벡터

이고,

$$E(y) = X\beta, \quad \text{Var}(\mu) = G = G^* \otimes A, \quad \text{Var}(e) = R = R^* \otimes I,$$

$$\text{Cov}(\mu, e) = 0 \text{ 이고, } \text{Var}(y) = V = ZGZ' + R \text{ 가 된다.}$$

여기서 A : 개체간의 혈연계수 행렬

G\* : 형질간의 유전 분산-공분산 행렬

R\* : 형질간의 오차 분산-공분산 행렬이다.

이 모델에 대한 혼합모형 정규방정식은

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + G^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ Z'R^{-1}y \end{bmatrix} \text{이다.}$$

$Y \sim (X\beta, V)$ 이므로 이것에 대한 우도함수, L,은

$$L = \frac{1}{\sqrt{2\pi V}} e^{-\frac{1}{2}(Y-X\beta)V^{-1}(Y-X\beta)'} \text{ 이고,}$$

로그 우도함수로 변환시키면,

$$\log L(Y) = -\frac{1}{2} \log 2\pi - \frac{1}{2} \log |V| - \frac{1}{2} (Y-X\beta)V^{-1}(Y-X\beta)' \text{ 가 된다.}$$

$Y \sim (X\beta, V)$ 을  $K'X = 0$ 인 K'으로 Y를 변환시켜 고정효과를 흡수시키면,  $K'Y \sim (K'X\beta, K'VK) \equiv (0, K'VK)$ 로 하면,

$$\log L(K'Y) = -\frac{1}{2} (n-p) \log 2\pi - \frac{1}{2} \log |V| - \frac{1}{2} |K'VK| - \frac{1}{2} Y'K(K'VK)^{-1}K'Y$$

여기서 K와  $-\frac{1}{2} (n-p) \log 2\pi$ 는 상수로  $\log L(K'Y)$ 를 최대화하는데 영향을 하지 않으므로 제한이 가해진 X를 사용하면,

$$-2\Delta = \text{상수} + \log |V| + |X'VX| + (Y-X\hat{\beta})V^{-1}(Y-X\hat{\beta})'$$

여기서 상수는  $-2\Delta$ 을 최소로 하는 V를 선택하는데 있어 영향을 하지 않으므로 실제 계산은

$$-2\lambda = \log|V| + |X'VX| + (Y - X\beta)V^{-1}(Y - X\beta)'$$

를 최소로 하는 분산 추정치를 구하였다. 유전모수의 추정을 위해서 다형질 축소 최대우도법을 이용하여 분석하였다.

본 연구에서 조사된 각 형질의 품종별 최소자승 평균치와 표준오차가 표 3-2에 표시되어 있다. 복당총산자수의 품종별 평균치는 Large Yorkshire와 Landrace가 가장 많아 각각 10.4 및 10.0이었고 복당생존자돈수도 Large Yorkshire와 Landrace가 가장 많아 각각 9.19 및 9.06이었으나 생시복당체중은 Duroc과 Landrace가 가장 높아 각각 13.5 및 13.5이었다. 생시개체체중의 품종별 평균치는 Duroc, Landrace, Hampshire 및 Large Yorkshire 순으로 나타났으며 21일령복당체중은 Landrace, Large Yorkshire, Duroc 및 Hampshire 순으로 각각 45.9, 42.8, 41.8 및 39.7kg이었다.

표 3-2. 품종별 최소자승평균치와 표준오차

품 종	총산자수	복당생존 자돈수	생시복당 체중	생시개체 체중	21일령복당 체중
Duroc	9.84±0.078	8.92±0.073	13.5±0.101	1.39±0.006	41.8±0.31
Hampshire	9.38±0.080	8.20±0.075	11.6±0.103	1.26±0.006	39.7±0.32
Landrace	10.04±0.071	9.06±0.067	13.5±0.091	1.36±0.006	45.9±0.28
L. Yorkshire	10.39±0.070	9.19±0.065	12.0±0.090	1.17±0.005	42.8±0.27

각 형질에 대한 산차별 최소자승 평균치와 표준오차는 표 3-3에 표시되어 있다. 총산자수에 대한 산차별 평균치는 3-5산차와 6-7산차가 우수하게 나타나 각각 10.31과 10.27이었고 복당생존자돈수의 산차별 평균치는 3-5산차와 2산차에서 가장 높아 각각 9.27 및 9.14이었다. 생시복당체중은 3-5산차, 2산차, 6-7산차, 8산차이상

및 초산차의 순으로 각각 13.3, 13.2, 12.9, 12.4 및 11.4kg이었고 생시개체체중의 산차별 평균치는 2산차와 3-5산차에서 우수하여 각각 1.35 및 1.31kg이었으며 복당 21일령 체중의 산차별 평균치는 2산차, 3-5산차, 1산차, 6-7산차 및 8산차이상의 순으로 나타났다.

표 3-3. 산차별 최소자승평균치와 표준오차

산 차	총산자수	복당생존자돈수	생시복당체중	생시개체체중	21일령복당체중
1	9.09±0.077	8.22±0.072	11.38±0.099	1.27±0.006	41.8±0.30
2	9.93±0.081	9.15±0.076	13.24±0.104	1.35±0.006	46.6±0.32
3-5	10.31±0.062	9.27±0.058	13.35±0.079	1.32±0.005	44.3±0.24
6-7	10.27±0.090	8.94±0.085	12.89±0.116	1.28±0.007	41.1±0.36
≥8	9.96±0.126	8.63±0.118	12.41±0.161	1.27±0.010	39.1±0.49

각 형질에 대한 연도별 최소자승평균치와 표준오차가 표 3-4에 표시되어 있다. 총산자수와 복당생존자돈수의 연도별 평균치는 점점 줄어드는 경향이 나타났으나 생시복당체중은 80년대 말 이후 점차로 늘어나는 경향을 나타내었다. 생시개체체중은 95년, 90년 및 92년의 순으로 높게 나타났으며 점진적으로 증가하는 경향을 보였다. 21일령복당체중은 93년, 92년, 86년 및 95년의 순으로 각각 47.5, 46.1, 44.4 및 44.3kg이었다.

표 3-4. 분만년도별 최소자승평균치와 표준오차

년 도	총산자수	복당생존 자돈수	생시복당체중	생시개체체중	21일령복당 체중
75	10.72±0.28	8.61±0.26	12.9±0.36	1.23±0.022	36.0±1.10
76	10.56±0.17	9.05±0.16	13.3±0.22	1.28±0.014	41.2±0.68
77	10.63±0.15	9.01±0.14	13.2±0.19	1.26±0.011	43.2±0.57
78	10.93±0.14	8.94±0.13	13.2±0.17	1.23±0.011	41.5±0.53
79	10.73±0.13	8.74±0.12	13.3±0.17	1.26±0.010	41.6±0.51
80	10.53±0.15	8.65±0.14	13.0±0.20	1.25±0.012	40.2±0.60
81	10.36±0.14	8.63±0.13	12.8±0.18	1.26±0.011	43.9±0.54
82	10.64±0.14	8.97±0.13	13.1±0.18	1.26±0.011	42.8±0.54
83	10.35±0.14	8.75±0.13	12.6±0.17	1.24±0.010	42.0±0.53
84	9.35±0.14	8.76±0.13	12.1±0.17	1.24±0.010	40.1±0.53
85	9.55±0.14	8.88±0.13	12.1±0.18	1.29±0.011	41.9±0.56
86	9.66±0.15	9.00±0.14	12.5±0.19	1.32±0.011	44.4±0.57
87	9.25±0.14	8.82±0.13	12.2±0.18	1.33±0.011	44.1±0.53
88	9.30±0.15	8.87±0.14	12.0±0.19	1.30±0.011	43.0±0.57
89	9.56±0.14	9.05±0.13	12.6±0.18	1.33±0.011	42.9±0.56
90	9.37±0.15	8.89±0.14	12.8±0.19	1.38±0.011	43.3±0.58
91	9.07±0.14	8.65±0.13	12.0±0.18	1.34±0.011	42.5±0.55
92	9.46±0.14	8.97±0.13	12.7±0.18	1.35±0.011	46.1±0.56
93	9.31±0.15	8.94±0.14	12.4±0.20	1.33±0.012	47.5±0.60
94	9.30±0.15	8.87±0.14	12.4±0.20	1.33±0.012	41.3±0.60
95	8.96±0.15	8.61±0.14	12.5±0.19	1.39±0.012	44.3±0.59

분만월에 대한 각 형질의 최소자승평균치와 표준오차가 표 3-5에 표시되어 있다. 총산자수에 대한 분만월별 평균치는 2월, 5월, 3월, 4월 및 6월의 순으로 나타났으며 1월과 12월의 평균치가 가장 낮았다. 복당생존자돈수는 5월, 7월 및 4월에서 각각 9.24, 9.14 및 9.07의 순으로 높았으며 1월과 12월은 각각 8.04 및 8.57로 낮게 나타났다. 생시복당체중은 각각 13.8, 13.6, 13.4 및 13.1kg을 나타낸 7월, 5월, 6월 및 4월에서 높았으며 1월과 12월이 낮았다. 생시개체체중 역시 7월, 6월, 5월 및 4월에서

각각 1.41, 1.37, 1.34 및 1.32kg로 높게 나타났으나 작게 나타난 월은 10월과 11월로 각각 1.23 및 1.23kg 이었다. 21일령복당체중은 46.9, 45.5 및 44.4kg의 순으로 높게 나타낸 5월, 4월 및 6월의 기록에 비하면 39.1, 39.7 및 39.9kg의 순으로 낮게 나타낸 1월, 12월 및 11월의 기록은 큰 차이를 보였다.

각 품종별 유전력 추정치가 표 3-6에 표시되어 있다. 총산자수에 대한 유전력 추정치는 Large Yorkshire에서 0.26으로 가장 높게 나타났으며 다음은 Landrace, Hampshire 및 Duroc의 순으로 각각 0.23, 0.12 및 0.11이었다. 생시복당체중에 대한 유전력 추정치는 총산자수에 대한 유전력 추정치와 같은 Large Yorkshire, Landrace, Hampshire 및 Duroc의 순으로 각각 0.24, 0.19, 0.14 및 0.12이었으나 생시개체체중은 Large Yorkshire, Landrace, Duroc 및 Hampshire의 순으로 각각 0.30, 0.26, 0.23 및 0.18이었다. 생시개체체중의 유전력 추정치는 다른 형질보다 유전력이 높게 나타났는데, Landrace, Large Yorkshire, Hampshire 및 Duroc의 순으로 각각 0.38, 0.36, 0.33 및 0.32이었다. Hampshire와 Duroc의 유전력 추정치가 Landrace와 Large Yorkshire보다 높게 나타난 21일령복당체중의 유전력은 각각 0.27, 0.24, 0.20 및 0.20이었다.

표 3-5. 분만월별 최소자승평균치와 표준오차

월	총산자수	복당생존 자돈수	복당생시체중	생시개체체중	21일령복당 체중
1	9.31±0.38	8.04±0.36	11.57±0.48	1.25±0.029	39.1±1.48
2	10.52±0.15	9.01±0.14	12.86±0.19	1.24±0.011	42.6±0.57
3	10.03±0.08	8.95±0.08	12.80±0.10	1.29±0.006	44.3±0.31
4	10.02±0.09	9.07±0.08	13.12±0.11	1.32±0.007	45.5±0.35
5	10.08±0.09	9.24±0.09	13.60±0.12	1.37±0.007	46.9±0.37
6	9.96±0.13	8.97±0.12	13.42±0.17	1.37±0.010	44.4±0.52
7	9.97±0.21	9.14±0.20	13.80±0.27	1.41±0.016	44.0±0.82
8	9.96±0.12	8.91±0.11	12.81±0.15	1.31±0.009	41.7±0.46
9	9.89±0.09	8.82±0.08	12.40±0.11	1.27±0.007	41.9±0.34
10	9.84±0.09	8.70±0.09	11.91±0.12	1.23±0.007	40.7±0.36
11	9.77±0.10	8.67±0.10	11.81±0.13	1.23±0.008	39.9±0.41
12	9.56±0.15	8.57±0.14	11.76±0.20	1.25±0.012	39.7±0.60



표 3-8. 품종별 표현형상관 추정치

형 질	Duroc	Hampshire	Landrace	L. Yorkshire
총산자수와 복당생존자돈수	0.863	0.838	0.882	0.872
생시복당체중과 생시개체체중	0.261	0.263	0.258	0.331
생시복당체중과 21일령복당체중	0.391	0.340	0.425	0.392
생시개체체중과 21일령복당체중	0.192	0.331	0.338	0.206

주요 형질 사이의 품종별 표현형상관 추정치가 표 3-8에 표시되어 있다. 다른 상관들보다 높게 나타난 총산자수와 복당생존자돈수 사이의 표현형상관 추정치는 Landrace, Large Yorkshire, Duroc 및 Hampshire의 순으로 각각 0.882, 0.872, 0.863 및 0.838이었고 생시복당체중과 생시개체체중 사이의 표현형상관은 Large Yorkshire가 가장 높아 0.331이었으며 다음은 Hampshire, Duroc 및 Landrace순으로 각각 0.263, 0.261 및 0.258이었다. 생시복당체중과 21일령 복당체중의 표현형상관 추정치는 Landrace가 0.425로 가장 높았고 다음은 Large Yorkshire와 Duroc으로 각각 0.392와 0.391이었으며 Hampshire는 0.340으로 가장 낮았다. 생시개체체중과 21일령 복당체중 사이의 표현형상관은 Landrace와 Hampshire가 0.338과 0.331로 높은 결과를 나타냈으며 Large Yorkshire와 Duroc은 0.206과 0.192로 낮게 나타났다.

일당증체량, 사료요구율 및 등지방 두께에 대한 기초돈군의 능력을 추정하기 위하여 축산기술 연구소 종축개량부에서 능력검정을 실시하여 얻은 자료를 통계분석을 하였다. 이 분석에 이용된 자료의 품종별, 분만년도 및 분만월별 빈도는 표 3-9와 같다.

표 3-9. 능력 검정자료의 품종, 분만년도 및 분만월별 빈도

품 종	빈 도	년 도	빈 도	월	빈 도
Duroc	89	87	67	2	18
Hampshire	75	88	47	3	253
Landrace	149	89	35	4	174
L.Yorkshire	188	90	34	5	42
		91	135	6	14
		92	54		
		93	46		
		94	44		
		95	39		
합 계	501		501		501

일당중체량, 사료요구율 및 등지방 두께에 대한 자료는 다음의 선형모형을 이용하여 최소자승법으로 통계분석하였다.

$$y_{ijkm} = \mu + b_i + yT_j + m_k + e_{ijkm}$$

여기서,  $y_{ijkm}$ : i번째 품종의 j번째 분만년도의 k번째 분만월에 속하는 m번째 개체에 대한 측정치

$\mu$ : 전체 평균

$b_i$ : i번째 품종의 효과 (  $i = 1, 2, 3, 4$  )

$yT_j$ : j번째 분만년도의 효과 (  $j = 1, 2, \dots, 9$  )

$m_k$ : k번째 분만월의 효과 (  $k = 1, 2, \dots, 5$  )

$e_{ijkm}$ : 임의 오차

이다.

이상의 선형모형에 근거하여 추정된 각 형질의 품종별 최소자승평균치와 표준오차가 표 3-10에 표시되어 있다. 일당중체량에 대한 품종별 최소자승 평균치는 Duroc과 L. Yorkshire가 각각 945.59와 933.68로 높았다. 사료요구율도 Duroc과 L.

Yorkshire가 각각 2.51과 2.54로 Hampshire 및 Landrace에 비하여 낮게 나타났으며, 90kg도달일령에 있어서도 Duroc과 L. Yorkshire가 137.18일과 139.40일로 빠르게 추정되었다. 그러나, 등지방두께에 있어서는 Hampshire가 1.60으로 L. Yorkshire, Landrace 및 Duroc에 비하여 얇게 추정되었다.

표 3-10. 능력형질의 품종별 최소자승 평균치와 표준오차

품종	일당증체량	사료요구율	등지방두께	90kg도달일령
Duroc	949.59±12.13	2.51±0.034	1.65±0.027	137.18±1.05
Hampshire	895.31±12.72	2.68±0.035	1.60±0.028	146.89±1.10
Landrace	873.57±10.87	2.61±0.030	1.69±0.024	141.52±0.94
L. Yorkshire	933.68±10.48	2.54±0.029	1.71±0.023	139.40±0.91

각 형질에 대한 연도별 최소자승평균치와 표준오차가 표 3-11에 표시되어 있다. 일당증체량, 사료요구율 및 90kg 도달일령에 있어서는 연도에 따른 뚜렷한 경향치를 찾을 수 없으나, 등지방 두께는 연도가 경과하면서 감소하는 추세를 나타내었다.

표 3-11. 능력형질의 연도별 최소자승 평균치와 표준오차

연도	일당증체량	사료요구율	등지방두께	90kg도달일령
87	908.47±13.09	2.73±0.036	1.77±0.029	140.25±1.13
88	920.55±15.69	2.54±0.043	1.70±0.035	145.52±1.36
89	885.82±18.10	2.71±0.050	1.83±0.040	145.05±1.57
90	851.76±17.10	2.41±0.047	1.42±0.038	146.88±1.48
91	912.19±11.49	2.62±0.032	1.72±0.025	143.35±0.99
92	937.53±13.71	2.55±0.038	1.65±0.030	137.29±1.19
93	975.86±16.61	2.47±0.046	1.64±0.037	135.76±1.44
94	865.91±17.28	2.64±0.048	1.66±0.038	144.57±1.49
95	959.24±17.82	2.59±0.049	1.58±0.039	132.55±1.54

분만월 에 대한 각 형질의 최소자승평균치와 표준오차가 표 3-12에 표시되어 있다. 일당증체량은 2월에 분만된 개체에서 988.53으로 높았으며, 사료요구율도 2.42로 가장 낮았다. 그러나, 90kg 도달일령에 있어서는 6월에 분만된 개체에서 가장 짧게 추정되었다.

표 3-12. 능력형질의 월별 최소자승 평균치와 표준오차

월	일당증체량	사료요구율	등지방두께	90kg도달일령
2	988.53±23.14	2.42±0.064	1.58±0.051	142.30±2.00
3	907.04± 6.40	2.70±0.018	1.70±0.014	140.46±0.55
4	877.18± 8.46	2.66±0.023	1.69±0.019	141.21±0.73
5	888.11±15.57	2.64±0.043	1.69±0.034	143.99±1.35
6	904.32±27.01	2.50±0.075	1.67±0.060	138.28±2.34

### 제 3 절 선발모형의 개발을 위한 연구

본 연구에서는 모계계통의 개량을 위한 모계 선발지수와 부계계통의 개량을 위한 부계선발지수는 미국 Iowa 주립대학교 Hazel 교수와 Lush 교수에 의해 개발된 방법에 근거하여 추정하였다.

선발지수  $I$ 와 종합유전자형(aggregate genotype)  $H$ 는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$I = \sum_{i=1}^n b_i x_i$$

$$H = \sum_{j=1}^m a_j Y_j$$

여기서  $x$ 는 표현형적으로 측정된 형질의  $n \times 1$  벡터,  $Y$ 는 유전적으로 평가된 형질의  $m \times 1$  벡터,  $b$ 는 지수가중치(index weight)의  $n \times 1$  벡터이고,  $a$ 는 경제가치의  $m \times 1$  벡터이다.  $b$ 는 다음과 같이 계산한다.

$$Pb = Ga$$

$$b = P^{-1}Ga$$

여기서  $P$ 는  $x$ 에 대한 표현형 분산-공분산의  $n \times n$  행렬이고  $G$ 는  $x$ 와  $Y$ 의 공분산의  $n \times m$  행렬이다.

본 연구에서는 모계선발지수에서는 복당포유두수, 21일령 복당체중, 배장근단면적, 일당증체량, 사료요구율 및 등지방두께를 포함시켰으며, 부계선발지수에는 배장근단면적, 일당증체량, 사료요구율 및 등지방두께를 포함시켰다.

본 연구에서 모계선발지수와 부계선발지수의 추정을 위해서 이용된 각 형질의 상대적 경제가치는 표 3-13과 같다.

표 3-13 돼지 경제형질의 상대적 경제가치

경제형질	단위당 경제가치(원)
배장근단면적( cm <sup>2</sup> )	1,644.1
복당포유두수(두)	29,900.0
21일령 복당체중(kg)	5,795.0
일당증체량(kg)	22,090.0
사료요구율	16,500.0
등지방두께(cm)	4,588.0

복당포유두수, 21일령 복당체중, 배장근단면적, 일당증체량, 사료요구율 및 등지방두께의 상대적 경제가치는 박 등(1994)의 연구결과와 1995년 9월 부터 1996년 8월 까지의 국내의 육성돈 사료 평균가격(274원)과 임신돈 사료평균가격(250.7원) 및 포유돈 사료 평균가격(273.5원)에 근거하여 추정하였다.

선발지수 추정에 이용한 배장근단면적의 상대적 경제가치는 돼지의 정육생산량(kg)과 배장근 단면적( cm<sup>2</sup>) 간의 관계,  $y = 0.388x$ 에 근거하여 추정하였다. 여기서  $y$ 는 돼지의 정육생산량(kg)이고  $x$ 는 제 10 및 11 늑골 사이에서 측정된 배장근 단면적( cm<sup>2</sup>)이다. 돼지의 정육 생산량과 배장근 단면적간의 이상의 관계는 미국 Iowa 주립대학교 Kline 교수와 Christian 교수의 자료에 근거하여 추정하였다. 배장근 단면적의 상대적 경제가치를 추정하기 위한 정육의 가격은 1995년 9월 부터 1996년 8월까지의 정육 1kg당 평균 가격(4237.4원)을 이용하였다.

선발지수를 추정하기 위한 각 형질의 표현형 분산 공분산 Matrix와 유전분산 공분산 Matrix에서 배장근 단면적의 표현형 분산과 공분산은 각각 7.436 및 2.9744, 복당포유개시두수의 표현형 분산과 유전 분산은 각각 6.8 및 0.68로, 21일령 복당 체중의 표현형 분산과 유전 분산은 각각 81 및 12.15로, 배장근 단면적과 일당증체량간의 표현형 공분산과 유전 공분산은 각각 -0.01539 및 -0.0096, 배장근 단면적과 사료요구율간의 표현형 공분산과 유전 공분산은 각각 -0.1482 및 -0.08984, 배장근 단면적과 등지방 두께간의 표현형 공분산과 유전 공분산은 각각 -0.2027 및 -0.1014,

복당 포유개시두수와 21일령 복당 체중간의 표현형 공분산과 유전 공분산은 각각 1.8775 및 0.34492로 하였다. 복당 포유개시 두수 및 21일령 복당 체중과 다른 형질간의 표현형 공분산과 유전 공분산은 0으로 하였으며(Harley, 1988) 배장근 단면적과 복당 포유 개시두수 및 21일령 복당 체중간의 표현형 공분산과 유전 공분산도 0으로 하였다. 그 외의 분산과 공분산은 표 3-14의 추정치를 이용하였다.

표 3-14. 선발지수의 추정에 이용된 형질간 표현형 분산과 공분산 및 유전분산과 공분산

구분	형질	일당중체량	사료요구율	등지방두께
표현형 분산 및 표현형 공분산	일당중체량	0.008853	-0.010230	0.001249
	사료요구율	-0.010230	0.073833	0.014430
	등지방두께	0.001249	0.014430	0.070508
유전 분산 및 유전 공분산	일당중체량	0.003099	-0.004970	0.000000
	사료요구율	-0.004970	0.022150	0.007498
	등지방두께	0.000000	0.007498	0.028203

본 연구에서 이용된 형질간 표현형 분산과 공분산 및 유전분산과 공분산은 우리나라의 공인종돈능력검정소에서 능력 검정된 Landrace 종 1,987두, Large Yorkshire 종 3,450두 및 Duroc 종 2,572두의 검정성적을 분석하여 얻은 통계량과 최(1995), 권등(1988), 정등(1989), 김(1984), 이등(1989), 박등(1987), 상(1984), 김(1991), 및 배(1993)가 보고한 자료등에 근거하여 추정하였다.

이상과 같이 계산된 각 형질의 상대적 경제가치와 형질간 표현형 분산 공분산 및 유전분산 공분산에 근거하여 모계 선발지수( $I_m$ )와 부계 선발지수( $I_p$ )는 다음과 같이 추정되었다.

모계 선발지수 :

$$I_{m1} = 150 + 1.2LMA + 5.0LS + 1.5LW + 17.6ADG - 8.9FE - 4.9BF$$

$$I_{m2} = 150 + 5.0LS + 1.5LW + 19.8ADG - 7.7FE - 4.7BF$$

$$I_{m3} = 150 + 1.2LMA + 5.0LS + 17.8ADG - 9.0FE - 4.9BF$$

$$I_{m4} = 150 + 5.0LS + 20.0ADG - 7.8FE - 4.8BF$$

$$I_{m5} = 150 + 1.1LMA + 5.0LS + 1.5LW + 12.2ADG - 4.1BF$$

$$I_{m6} = 150 + 5.0LS + 1.5LW + 13.2ADG - 3.3BF$$

$$I_{m7} = 150 + 1.1LMA + 5.0LS + 12.4ADG - 4.2BF$$

$$I_{m8} = 150 + 5.0LS + 13.4ADG - 3.3BF$$

부계 선발지수 ;

$$I_{p1} = 250 + 7.7LMA + 113.0ADG - 57.2FE - 31.3BF$$

$$I_{p2} = 250 + 113.0ADG - 44.2FE - 26.8BF$$

$$I_{p3} = 250 + 9.7LMA + 113.0ADG - 38.0BF$$

$$I_{p4} = 250 + 113.0ADG - 27.9BF$$

여기서 LMA는 제 10및 11늑골 사이에서 측정된 배장근 단면적(cm<sup>2</sup>), LS는 복당 포유개시두수, LW는 21일령 복당체중(kg), ADG는 검정기간중의 일당증체량(kg), FE는 사료요구율 그리고 BF는 검정종료시 초음파 기구로 측정된 평균 등지방 두께(cm)이다.

돼지의 유전적 개량을 위하여 종돈을 선발할 때 본 연구에서 선발지수에 포함시킨 6개 형질 중 배장근 단면적, 21일령 복당체중 또는 사료요구율에 대한 자료가 조사되어 있지 않은 경우가 있다. 따라서, 일부 형질에 대하여 자료가 조사되어 있지 않은 경우에도 선발지수를 이용할 수 있게 하기 위하여 8개의 다른 모계 선발지수와 4개의 다른 부계 선발지수를 유도하였다.

선발지수의 분산 V(I) 및 선발지수(I)와 종합적 유전자형가(H)간의 상관계수  $\gamma_{IH}$ 는 다음과 같이 추정하였다.

$$V(I) = b'Pb$$

$$\gamma_{IH} = \frac{\sigma_I}{\sigma_H}$$

여기서  $\sigma_I$ 는 선발지수의 표준편차이고  $\sigma_H$ 는 종합적 유전자형의 표준편차이다. 종합적 유전자형의 분산은  $a'ca$ 에 의하여 추정하였는데, 여기서  $c$ 는  $y$ 에 있어  $m$ 형질간 유전공분산의  $m \times m$ 행렬이다.

본 연구에서 유도된 모계 선발지수와 부계 선발지수의 표준편차( $\sigma_I$ ), 종합적 유전자형의 표준편차( $\sigma_H$ ) 및 선발지수와 종합적 유전자형간의 상관계수( $\gamma_{IH}$ )는 각각 표 3-15 및 표 3-16과 같다.

표 3-15. 모계 선발지수의  $\sigma_I$ ,  $\sigma_H$ , 및  $\gamma_{IH}$

구분	모계선발지수							
	$I_{m1}$	$I_{m2}$	$I_{m3}$	$I_{m4}$	$I_{m5}$	$I_{m6}$	$I_{m7}$	$I_{m8}$
$\sigma_I$	20.45	20.04	14.17	13.55	20.00	19.76	13.50	13.12
$\sigma_H$	56.28	56.95	42.12	41.67	56.90	56.69	41.60	41.30
$\gamma_{IH}$	0.363	0.358	0.336	0.325	0.358	0.355	0.325	0.318

표 3-16. 부계 선발지수의  $\sigma_I$ ,  $\sigma_H$ , 및  $\gamma_{IH}$

구분	부계선발지수			
	$I_{p1}$	$I_{p2}$	$I_{p3}$	$I_{p4}$
$\sigma_I$	35.21	20.90	32.03	12.65
$\sigma_H$	54.73	33.87	50.51	20.47
$\gamma_{IH}$	0.643	0.617	0.634	0.618

본 연구에서 유도된 모계 선발지수( $I_m$ )와 부계선발지수( $I_p$ )에 근거하여 선발할 때 한세대의 선발에 의하여 선발지수에 포함된 각 형질에 기대되는 유전적 개량량은 표 3-17 및 표 3-18과 같다. 이 표의 자료는 표준화된 정규분포에서의 선발차가 1인 경우에 대한 것이다.

표 3-17. 모계 선발지수에 근거한 선발에 의하여 기대되는 각 형질의 유전적 개량량

형 질	모계선발지수							
	$I_{m1}$	$I_{m2}$	$I_{m3}$	$I_{m4}$	$I_{m5}$	$I_{m6}$	$I_{m7}$	$I_{m8}$
배장근단면적	0.229		0.335		0.171		0.258	
복당포유두수	0.192	0.196	0.240	0.251	0.196	0.199	0.252	0.259
21일령복당체중	0.993	1.013			1.015	1.028		
일당중체량	0.004	0.005	0.006	0.007	0.001	0.002	0.002	0.003
사료효율	-0.021	-0.015	-0.031	-0.023				
등지방두께	-0.016	-0.009	-0.023	-0.014	-0.011	-0.005	-0.017	-0.007

표 3-18. 부계 선발지수에 근거한 선발에 의하여 기대되는 각 형질의 유전적 개량량

형 질	부계선발지수			
	$I_{p1}$	$I_{p2}$	$I_{p3}$	$I_{p4}$
배장근단면적	0.855		0.991	
일당중체량	0.016	0.027	0.008	0.028
사료효율	-0.078	-0.083		
등지방두께	-0.059	-0.052	-0.064	-0.062

## 제 4 절 BLUP에 의한 육종가 추정에 관한 연구

### 1. 1997년도의 분석결과

축산기술 연구소 종축개량부에서 계통을 조성하고 있는 대요크셔종 돼지와 사천지소에서 계통을 조성하고 있는 랜드레이스종 돼지에 대한 능력검정성적과 번식성적에 근거하여 주요 경제형질의 육종가를 BLUP을 이용하여 추정하였으며 선발방법에 대하여 연구하였다.

Table 3-19. Number of pigs by family, sex, year-month of birth and initial weight in Large Whites.

Family	No.	Sex	No.	Year-month	No.	Initial wt.	No.
AE	45	Female	121	96-3	6	< 25	12
BA	35	Male	112	96-4	34	25 - 28	31
CB	48			96-5	121	28 - 31	83
DC	47			96-6	64	31 - 34	48
ED	58			96-7	8	34 - 37	36
						37 ≤	23
Total	233		233		233		233

본 연구에 이용된 대요크셔종 검정돈의 가계별, 성별, 출생년월별 및 검정개시체중별 두수는 table 3-19과 같으며 랜드레이스종 검정돈의 가계별, 성별, 출생년월별 및 검정개시체중별 두수는 table 3-20과 같다. 번식성적에 대한 육종가의 추정에 이용된 대요크셔종 종빈돈은 49두이었으며 랜드레이스종 종빈돈은 47두였다.

Table 3-20. Number of pigs by family, sex, year-month of birth and initial weight in Landraces

Family	No.	Sex	No.	Year-month	No.	Initial wt.	No.
AE	42	Female	119	96- 8	6	< 31	80
BA	54	Male	118	96- 9	64	31 - 34	69
CB	45			96-10	53	34 - 37	41
DC	52			96-11	90	37 - 40	22
ED	44			96-12	24	40 - 43	15
						43 ≤	10
Total	237		237		237		237

(1) 단형질 혼합모형에 의한 통계분석방법 및 연구결과

검정돈의 일당증체량과 등지방두께에 대한 육종가를 추정하기 위하여 다음과 같은 단형질 혼합모형을 이용하였다.

$$Y_{ijklm} = \mu + se_i + f_j + w_k + m_l + a_{ijklm} + e_{ijklm}$$

여기서,  $\mu$  : 전체 평균

$se_i$  :  $i$ 번째 성의 효과 ( $i = 1, 2$ )

$f_j$  :  $j$ 번째 가계의 효과 ( $j = 1, 2, 3, 4, 5$ )

$w_k$  :  $k$ 번째 검정개시 체중의 효과 ( $k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ )

$m_l$  :  $l$ 번째 출생일의 효과 ( $l = 1, 2, \dots, n$ )

$a_{ijklm}$  : 가족에 대한 임의 효과  $\sim (0, A \sigma_a^2)$ ,  $A$ 는 혈연계수 행렬

$e_{ijklm}$  : 임의 오차  $\sim (0, I \sigma_e^2)$

이다.

검정돈의 사료요구율에 대한 육종가를 추정하기 위해서는 위의 단형질 혼합모형에서 성의 효과를 제외한 모형을 이용하였다.

중빈돈의 복당산자수와 21일령 복당체중에 대한 육종가를 추정하기 위해서는 다음의 단형질 혼합모형을 이용하였다.

$$Y_{ijklm} = \mu + s_i + f_j + d_k + m_l + a_{ijklm} + e_{ijklm}$$

여기서,  $\mu$  : 전체 평균

$s_i$  :  $i$ 번째 부의 효과 ( $i = 1, 2, \dots, n$ )

$f_j$  :  $j$ 번째 가계의 효과 ( $j = 1, 2, 3, 4, 5$ )

$d_k$  :  $k$ 번째 모의 연령 효과 ( $k = 1, 2$ )

$m_l$  :  $l$ 번째 분만월의 효과 ( $l = 1, 2, \dots, n$ )

$a_{ijklm}$  : 가축에 대한 임의 효과  $\sim (0, A \sigma_a^2)$ ,  $A$ 는 혈연계수 행렬

$e_{ijklm}$  : 임의 오차  $\sim (0, I \sigma_e^2)$

이다.

위 선형모형을 행렬식으로 나타내면,

$$Y = X\beta + Z\mu + e$$

이고, 위 식에 대한 정규방정식은

$$\begin{bmatrix} X'Y \\ Z'Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + A^{-1}\sigma_e^2/\sigma_a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{\mu} \end{bmatrix}$$

이고, 육종가는 다음과 같은 식에서 계산된다.

$$\begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{\mu} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + A^{-1}\sigma_e^2/\sigma_a^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X'Y \\ Z'Y \end{bmatrix}$$

여기서  $Y$  : 각 형질에 대한 관측치 벡터

$X$  : 고정효과에 대한 계수행렬

$\hat{\beta}$  : 고정효과에 대한 알려지지 않은 추정치 벡터

$Z$  : 임의효과(개체)에 대한 계수행렬

$\hat{\mu}$  : 임의효과에 대한 알려지지 않은 추정치 벡터

$A^{-1}$  : 혈연계수행렬

$\sigma_a^2$  : 개체에 대한 상가적 유전분산

$\sigma_e^2$  : 임의 오차에 대한 분산

이다.

Table 3-21에는 랜드레이스종 검정돈 수컷에 대한 일당중체량, 등지방두께 및 사료요구율의 육종가 추정치와 형질별로 계산된 육종가의 순위, 그리고 검정돈의 종합순위를 결정하는데 이용된 선발지수의 추정치가 표시되어 있다. 이들 세 형질에 대한 육종가는 검정된 모든 수컷에 대하여 추정하였으나 이 보고서에는 선발지수의 종합순위가 상위 20위 이내인 개체에 대한 성적만을 수록하였다.

Table 3-21. Breeding values of the tested males and the ranks estimated by single trait mixed model for the performance traits in Landraces ( total number of males is 118 )

Rank	Animal No.	ADG		BF		FE		Index
		BV	Rank	BV	Rank	BV	Rank	
1	5-326	-0.00551	65	-0.00927	44	0.01685	80	153.063
2	5-325	-0.00715	66	0.00054	64	0.02366	83	152.932
3	3-304	0.01021	35	0.00845	76	0.05805	101	152.700
4	3-311	-0.01102	72	0.01106	83	0.01255	77	152.618
5	5-331	-0.03473	100	-0.02446	12	0.01307	78	152.585
6	3-305	0.00405	49	0.01595	97	0.05805	101	152.543
7	5-19	0.01483	24	0.01674	98	-0.01331	40	152.258
8	1-609	0.00518	47	-0.01909	26	-0.03155	13	152.189
9	1-610	0.00517	48	-0.01647	34	-0.02940	15	152.160
10	1-606	0.00518	47	0.00591	72	-0.03155	13	152.072
11	5-23	-0.02272	88	0.00174	66	-0.02919	16	151.708
12	3-434	-0.01453	76	-0.02821	10	-0.00194	54	151.643
13	3-436	-0.01708	80	-0.02071	20	-0.00194	54	151.557
14	5-24	-0.02350	90	0.01155	87	-0.00473	47	151.458
15	2-61	-0.03542	102	0.01689	100	0.00980	72	151.422
16	2-364	-0.00494	62	0.00400	69	0.00181	62	151.295
17	1-329	0.01095	34	-0.03449	5	0.00917	70	151.235
18	2-111	0.00993	36	0.01252	90	-0.02541	19	151.219
19	2-361	-0.01066	70	-0.00350	59	0.00181	62	151.217
20	5-7	0.02038	15	0.01383	92	-0.04498	8	150.985

$$\text{Index} = 150 + 5.0\text{LS} + 1.5\text{LW} + 19.8\text{ADG} - 7.7\text{FE} - 4.7\text{BF}$$

검정돈 수컷의 종합순위를 결정하는데 이용된 선발지수  $I_1$ 과 검정돈 암컷의 종합순위를 결정하는데 이용된 선발지수  $I_2$ 는 다음과 같다.

$$I_1 = 150 + 5.0LS + 1.5LW + 19.8ADG - 7.7FE - 4.7BF$$

$$I_2 = 150 + 5.0LS + 1.5LW + 13.2ADG - 3.3BF$$

여기서, LS는 검정돈의 모(母)의 복당산자수의 육종가, LW는 검정돈의 모(母)의 21일령 복당체중(kg)의 육종가, ADG는 검정돈의 일당증체량(kg)의 육종가, FE는 검정돈의 사료요구율의 육종가 그리고 BF는 검정돈의 등지방두께(cm)의 육종가이다. Table 3-23의 자료를 보면 검정돈의 종합순위는 선발지수의 계산에 포함된 복당산자수의 육종가와 21일령 복당체중의 육종가에 의하여서도 상당한 영향을 받은 것으로 사료된다.

Table 3-22. Breeding values of the tested females and the ranks estimated by single trait mixed model for the performance traits in Landraces ( total number of sows is 119 )

Rank	Animal No.	ADG		BF		Index
		BV	Rank	BV	Rank	
1	3-300	0.04025	5	0.00024	63	153.515
2	3-301	0.01379	21	0.01254	82	153.125
3	3-302	0.00616	39	0.00254	68	153.058
4	5-324	-0.02568	95	0.00721	77	152.896
5	5-320	-0.02171	88	0.02990	110	152.873
6	5-323	-0.03035	103	0.02471	104	152.776
7	5-11	0.00934	28	0.01521	92	152.014
8	1-603	-0.00042	54	-0.00492	51	151.765
9	3-430	0.00109	49	0.01096	81	151.761
10	5-17	-0.01558	83	-0.00421	54	151.749
11	3-427	-0.00634	62	-0.01404	32	151.746
12	1-600	-0.00636	63	-0.01992	25	151.736
13	2-54	-0.04447	112	0.00625	76	151.671
14	5-15	-0.02428	92	-0.01171	37	151.659
15	2-356	0.00375	43	-0.01952	26	151.539
16	2-51	-0.05274	117	0.01375	86	151.537
17	2-355	0.00651	37	0.00548	72	151.493
18	1-601	-0.02355	89	-0.00980	41	151.476
19	1-325	0.00439	41	-0.00682	46	151.008
20	2-311	0.01411	20	0.02538	105	150.933

$$\text{Index} = 150 + 5.0LS + 1.5LW + 13.2ADG - 3.3BF$$

Table 3-22에는 랜드레이스종 검정돈 암컷에 대한 일당중체량과 등지방두께의 육종가 추정치와 형질별로 계산된 육종가의 순위 그리고 검정돈의 종합순위를 결정하는데 이용된 선발지수의 추정치가 표시되어 있다. 검정돈 암컷에 대하여는 사료요구율을 측정하지 않았으므로 암컷에 대하여는 사료요구율에 대한 육종가를 추정하지 않았다. 일당중체량과 등지방두께에 대한 육종가도 검정된 모든 암컷에 대하여 추정하였으나 이 보고서에는 선발지수의 종합순위가 20위 이내인 개체에 대한 성적만을 수록하였다.

랜드레이스종 종빈돈에 대한 복당산자수와 보정된 21일령 복당체중의 육종가, 형질별로 계산된 육종가의 순위 그리고 종빈돈의 종합순위를 결정하는데 이용된 선발지수의 추정치가 table 3-23에 표시되어 있다. 종빈돈의 종합순위를 결정하는 데는 다음의 선발지수를 이용하였다.

$$I_3 = 150 + 5.0 LS + 1.5 LW$$

복당산자수와 보정된 21일령 복당체중에 대한 육종가는 모든 종빈돈(총 47두)에 대하여 추정하였으나 이 보고서에는 선발지수  $I_3$ 의 종합순위가 20위 이내의 개체에 대한 성적만을 수록하였다. 보정된 21일령 복당체중의 육종가 순위와 복당산자수의 육종가 순위가 높은 개체가  $I_3$ 에 의한 종합순위도 높은 경향이 있었다.

Table 3-23. Breeding values of the sows and the ranks estimated by single trait mixed model for the reproductive traits in Landraces ( total number of sows is 47 )

Rank	Animal No.	Litter size		Litter wt. at 21 days		Index
		BV	Rank	BV	Rank	
1	4-19	0.20732	6	1.48125	1	153.258
2	3-111	0.23035	5	1.22190	3	152.985
3	2-324	0.14973	9	1.01970	4	152.278
4	9-899	0.24571	4	0.47500	10	151.941
5	3-57	0.27642	3	0.26742	14	151.783
6	5-4	0.12285	12	0.76000	6	151.754
7	5-104	0.06581	14	0.73101	7	151.426
8	2-122	0.01843	20	0.70896	8	151.156
9	2-271	0.29485	2	-0.36474	34	150.927
10	4-117	-0.21883	46	1.31970	2	150.885
11	2-2	0.15796	7	0.02742	19	150.831
12	4-149	0.13821	11	-0.07500	29	150.579
13	2-124	-0.11847	34	0.77357	5	150.568
14	3-106	-0.04607	26	0.52500	9	150.557
15	9-119	0.06143	16	-0.00500	25	150.300
16	4-554	-0.06911	29	0.40125	11	150.256
17	5-135	-0.03455	25	0.23970	15	150.187
18	6-164	0.03071	18	0.01000	20	150.169
19	2-134	-0.09214	32	0.31500	13	150.012
20	5-124	0.00000	21	0.00000	21	150.000

$$\text{Index} = 150 + 5.0\text{LS} + 1.5\text{LW}$$

랜드레이스종 검정돈에 있어 능력형질의 표현형가와 육종가 추정치간의 상관계수는 일당증체량에서 0.712, 등지방두께에 있어 0.785 그리고 사료요구율에 있어 0.754로 추정되었다. 랜드레이스종 중빈돈에 있어 번식형질의 표현형가와 육종가 추정치간의 상관계수는 복당산자수에서 0.891 그리고 포유개시 두수에 따라 보정된 21일령 복당체중에서 0.802로 추정되었다.

대요크셔종 검정돈 수컷에 대한 일당증체량, 등지방두께 및 사료요구율의 육종가

추정치와 형질별로 계산된 육종가의 순위, 그리고 검정돈의 종합순위를 결정하는데 이용된 선발지수의 추정치는 table 3-24에 표시되어 있다. 이들 세 형질에 대한 육종가는 검정된 112두의 수컷에 대하여 추정하였으나 이 보고서에는 선발지수의 종합순위가 상위 20위 이내인 개체에 대한 성적만을 수록하였다.

Table 3-24. Breeding values of the tested males and the ranks estimated by single trait mixed model for the performance traits in Large Yorkshire ( total number of males is 112 )

Rank	Animal No.	ADG		BF		FE		Index
		BV	Rank	BV	Rank	BV	Rank	
1	6-317	-0.01146	70	-0.20626	2	-0.03682	31	155.858
2	6-322	0.00149	57	-0.14345	6	-0.03672	33	155.818
3	6-260	0.01165	42	-0.13161	8	-0.08112	6	154.834
4	6-262	0.00975	45	-0.03911	34	-0.08112	6	154.361
5	0-312	0.10950	2	-0.02557	40	-0.06214	17	153.689
6	6-361	0.10460	3	-0.01771	44	-0.08088	8	153.644
7	0-311	0.11594	1	0.00165	52	-0.03673	32	153.493
8	0-094	0.04308	11	-0.00810	48	-0.09603	2	153.379
9	0-330	0.03708	16	0.07161	83	0.03925	86	153.254
10	0-323	0.01823	30	-0.00264	50	0.05536	96	153.106
11	6-359	0.09870	4	0.07479	84	-0.08088	8	153.092
12	6-275	0.01648	33	-0.05281	29	0.03813	84	153.006
13	0-212	0.03824	13	-0.10427	15	0.00891	66	153.003
14	6-257	0.01354	39	-0.05661	27	0.12006	107	152.970
15	0-099	0.02890	21	-0.05005	32	-0.04836	23	152.928
16	6-362	0.09132	5	-0.08271	19	0.01971	72	152.912
17	0-103	0.03823	14	0.02690	67	-0.05014	20	152.765
18	0-325	0.02299	27	0.04958	77	0.08077	102	152.759
19	0-145	0.05234	9	0.02649	66	-0.06207	18	152.657
20	0-206	0.06496	6	0.07838	86	0.03445	82	152.477

$$\text{Index} = 150 + 5.0\text{LS} + 1.5\text{LW} + 19.8\text{ADG} - 7.7\text{FE} - 4.7\text{BF}$$

검정돈 수컷의 종합순위를 결정하는데 이용된 선발지수는 랜드레이스의 것과 동일하였으며, 검정돈의 종합순위는 21일령 복당체중의 육종가와 복당산자수의 육종가에 의하여 많은 영향을 받는 것으로 나타났다.

Table 3-25에는 대요크셔종 검정돈 암컷에 대한 일당증체량과 등지방두께의 육종가 추정치와 각 형질별로 계산된 순위 그리고 검정돈의 종합순위를 결정하는데 이용

된 선발지수의 추정치가 표시되어 있다. 검정돈 암컷에 대해서는 사료요구율을 측정하지 않아 사료요구율에 대한 육종가를 추정하지 않았고, 모든 개체에 대한 종합순위를 추정하였으나 보고서에는 종합순위 상위 20위 이내에 속하는 개체에 대한 성적만을 표시하였다.

대요크셔종 중빈돈에 대한 복당산자수와 21일령 복당체중의 육종가와 각 형질별로 계산된 육종가의 순위 및 중빈돈의 종합순위를 결정하는데 이용된 선발지수의 추정치가 table 3-26에 표시되어 있다. 중빈돈의 종합순위를 결정하는 선발지수식은 랜드레이스종과 동일한 식을 이용하였고 복당산자수와 21일령 복당체중에 대한 육종가는 검정된 55두의 모든 중빈돈에 대하여 추정하였으며 이 보고서는 선발지수  $I_3$ 의 종합순위가 20위 이내의 개체에 대한 성적을 수록하였다. Table 3-26의 결과를 보면 21일령 복당체중의 육종가 순위가 높은 개체가  $I_3$ 에 의한 종합순위도 높은 경향을 나타냈다.

Table 3-25. Breeding values of the tested females and the ranks estimated by single trait mixed model for the performance traits in Large Yorkshire ( total number of females is 121 )

Rank	Animal No.	ADG		BF		Index
		BV	Rank	BV	Rank	
1	6-324	0.00077	66	-0.19542	1	155.468
2	6-255	0.01652	43	-0.18928	2	153.766
3	6-256	-0.00077	68	-0.10678	10	153.722
4	4-664	-0.06488	118	-0.09300	16	153.369
5	6-261	0.02538	31	-0.01429	50	153.072
6	4-663	-0.05287	109	-0.01050	52	152.938
7	0-331	0.01521	44	0.03190	77	152.852
8	4-665	-0.04106	100	-0.01050	52	152.782
9	0-332	0.01385	46	0.08413	98	152.698
10	0-329	0.03620	22	0.00163	65	152.675
11	0-155	-0.02712	85	0.02156	73	152.402
12	0-157	-0.01637	78	-0.01094	51	152.368
13	0-336	0.00753	56	-0.13052	8	152.209
14	0-343	-0.01925	82	0.01948	71	152.067
15	0-161	-0.01722	79	0.09656	102	152.024
16	0-392	-0.05493	112	-0.02513	41	152.011
17	0-397	-0.05830	114	-0.00763	55	151.997
18	0-394	-0.05446	111	0.00160	64	151.916
19	6-419	0.00199	64	-0.14507	5	151.843
20	0-273	0.03284	26	0.00323	67	151.840

$$\text{Index} = 150 + 5.0\text{LS} + 1.5\text{LW} + 13.2\text{ADG} - 3.3\text{BF}$$

Table 3-26. Breeding values of the sows and the ranks estimated by single trait mixed model for the reproductive traits in Landraces ( total number of sows is 55 )

Rank	Animal No.	Litter size		Litter wt. at 21 days		Index
		BV	Rank	BV	Rank	
1	9-746	0.26279	3	2.34520	1	154.832
2	7-321	0.12430	11	1.82563	3	153.360
3	4-053	0.08036	14	1.83780	2	153.159
4	9-556	0.02430	25	1.73563	4	152.725
5	5-332	0.13973	10	1.05728	10	152.285
6	9-416	0.02724	24	1.37960	5	152.206
7	5-283	0.07045	18	1.17558	8	152.116
8	2-474	0.07616	15	0.99763	11	151.877
9	9-794	0.04543	20	1.06486	9	151.824
10	4-101	0.24393	4	0.35244	18	151.748
11	5-270	0.03973	22	0.93728	12	151.605
12	1-571	-0.11611	46	1.31390	6	151.390
13	3-460	-0.11317	45	1.22787	7	151.276
14	9-673	0.14543	8	0.35986	17	151.267
15	7-063	0.26573	2	-0.05083	34	151.252
16	4-096	0.07500	17	0.55500	15	151.208
17	9-869	-0.03178	37	0.90768	13	151.203
18	6-046	0.34393	1	-0.48756	41	150.988
19	5-162	-0.01814	29	0.67521	14	150.922
20	4-336	0.14540	9	0.11933	22	150.906

$$\text{Index} = 150 + 5.0\text{LS} + 1.5\text{LW}$$

대요크셔종 검정돈에 있어 각 능력형질의 표현형가와 육종가 추정치간의 상관계수는 일당증체량에서 0.770, 등지방두께에 있어 0.720, 그리고 사료요구율에 있어 0.822로 추정되었다. 대요크셔종 중빈돈에 있어 번식형질의 표현형가와 육종가 추정치 사이의 상관계수는 포유개시 두수에 따라 보정된 21일령 복당체중에서 각각 0.850, 0.853으로 추정되었다.

(2) 다형질 혼합모형에 의한 통계 분석 방법 및 연구 결과  
 일당중체량, 등지방두께 및 사료효율에 대한 육종가를 추정하기 위하여 사용한  
 다형질 혼합모형은 다음과 같다.

$$Y = X\beta + Z\mu + e$$

이것을 형질별로 나타내어 표기하면

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & \Omega \\ \Omega & x_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} z_1 & \Omega \\ \Omega & z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} \text{이다.}$$

여기서 Y : 각 형질에 대한 관측치 벡터

X : 고정효과(가계, 검정개시체중, 분만월)에 대한 계수행렬

Z : 개체에 대한 임의효과 계수행렬

$\beta$  : 고정효과에 대한 알려지지 않은 추정치 벡터

$\mu$  : 임의효과에 대한 알려지지 않은 추정치 벡터

이고,

$$E(y) = X\beta, \quad \text{Var}(\mu) = G = G^* \otimes A, \quad \text{Var}(e) = R = R^* \otimes I,$$

$\text{Cov}(\mu, e) = 0$  이라고 가정하고,  $\text{Var}(y) = V = ZGZ' + R$  가 된다.

여기서 A : 개체 간의 혈연계수 행렬

$G^*$  : 형질 간의 유전 분산-공분산 행렬

$R^*$  : 형질 간의 오차 분산-공분산 행렬이다.

X : 고정효과 (가계, sire, 모돈의 나이 분만월)

Z : Dam에 대한 임의효과 계수행렬

이다.

이 모델에 대한 혼합모형 정규방정식은

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + G^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{\mu} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ Z'R^{-1}y \end{bmatrix}$$

이고, 다음과 같은 식에 의하여 육종가를 계산하였다.

$$\begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{\mu} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + G^{-1} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ Z'R^{-1}y \end{bmatrix}$$

을 이용하여 육종가는 계산하였다.

복당산자수와 21일령복당체중에 대하여도 위와 같은 다형질 혼합모형을 이용하

여 육종가를 계산하였다.

검정돈 수컷과 암컷의 종합순위를 결정하는데 이용된 선발지수는 단일형질에서 이용한 선발지수식과 동일한 식을 이용하였다.

Table 3-27에는 랜드레이스종 검정돈 수컷에 대하여 다형질 혼합 모델로 분석한 일당증체량, 등지방두께 및 사료요구율의 육종가 추정치와 형질별로 계산된 육종가의 순위, 그리고 검정돈의 종합순위를 결정하는데 이용된 선발지수의 추정치가 표시되어 있다. 이들 세 형질에 대한 육종가는 검정된 모든 수컷에 대하여 추정하였으나, 이 보고서에는 선발지수의 종합순위가 상위 20위 이내인 개체에 대한 성적만을 수록하였다.

Table 3-27. Breeding values of the tested males and the ranks estimated by multi-traits mixed model for the performance traits in Landraces ( total number of males is 118 )

Rank	Animal No.	ADG		BF		FE		Index
		BV	Rank	BV	Rank	BV	Rank	
1	5-325	-0.00749	71	-0.01579	19	0.01454	99	152.862
2	5-326	-0.01120	85	-0.02405	5	0.01178	94	152.849
3	5-331	-0.02498	108	-0.03129	2	0.01974	107	152.549
4	3-304	0.00092	51	0.01547	97	0.03777	115	152.364
5	3-311	-0.01091	83	0.01614	100	0.02098	109	152.256
6	3-305	-0.00311	59	0.02076	115	0.04157	117	152.231
7	5-19	0.01130	20	0.01939	111	-0.01584	20	152.133
8	1-609	0.00587	32	-0.01943	11	-0.02366	7	152.037
9	1-610	0.00562	34	-0.01796	16	-0.02165	9	152.009
10	1-606	0.00584	33	-0.00290	52	-0.02142	10	151.941
11	5-23	-0.01247	90	0.01082	91	-0.00798	39	151.643
12	5-24	-0.00905	77	0.01974	112	0.00531	71	151.566
13	2-61	-0.02371	107	0.01202	93	0.01892	106	151.513
14	1-329	0.01636	15	-0.01884	13	-0.01250	26	151.456
15	2-321	0.00998	22	0.01847	107	0.00082	62	151.299
16	3-434	-0.00552	68	-0.02417	4	-0.00037	57	151.295
17	2-322	0.00610	31	0.01101	92	0.00051	61	151.260
18	3-436	-0.00719	69	-0.01908	12	0.00160	63	151.223
19	2-323	0.00955	23	0.01696	104	0.01890	105	151.159
20	1-331	0.00131	50	-0.00991	38	-0.00836	38	151.085

$$\text{Index} = 150 + 5.0\text{LS} + 1.5\text{LW} + 19.8\text{ADG} - 7.7\text{FE} - 4.7\text{BF}$$

Table 3-28. Breeding values of the tested females and the ranks estimated by multi-traits mixed model for the performance traits in Landraces ( total number of females is 119 )

Rank	Animal Id.	Litter size		Litter wt. at 21 days		Index
		BV	Rank	BV	Rank	
1	3-300	0.03122	4	-0.01276	28	153.164
2	5-320	-0.00302	63	0.03650	119	152.888
3	5-324	-0.01004	80	0.02127	113	152.846
4	3-301	0.00808	21	-0.00249	56	152.824
5	3-302	0.00279	42	-0.00845	38	152.774
6	5-323	-0.01348	89	0.03340	118	152.760
7	2-54	-0.00761	74	0.00384	72	152.071
8	2-51	-0.01350	90	0.00963	86	151.975
9	5-11	0.00510	30	0.00068	62	151.944
10	5-17	-0.00553	70	-0.00971	33	151.838
11	5-15	-0.01158	84	-0.01390	25	151.772
12	1-603	-0.00150	60	0.00571	78	151.608
13	1-600	-0.00555	71	-0.00375	51	151.586
14	1-601	-0.01593	93	0.00362	71	151.425
15	3-430	0.00181	43	0.01610	104	151.259
16	3-427	-0.00319	64	0.00010	61	151.246
17	2-311	0.00176	45	0.01278	96	151.176
18	2-356	0.00123	47	-0.01960	16	151.093
19	2-355	0.00295	40	-0.00317	54	151.062
20	1-325	0.00463	33	-0.00343	52	151.020

$$\text{Index} = 150 + 5.0\text{LS} + 1.5\text{LW} + 13.2\text{ADG} - 3.3\text{BF}$$

Table 3-28에는 랜드레이스종 검정돈 암컷에 대하여 다형질 혼합 모델로 분석한 일당증체량과 등지방두께의 육종가 추정치와 형질별로 계산된 육종가의 순위, 그리고 검정돈의 종합순위를 결정하는데 이용된 선발지수의 추정치가 표시되어 있다. 검정돈 암컷에 대하여는 사료요구율을 측정하지 않았으므로 암컷에 대하여는 사료요구율에 대한 육종가를 추정하지 않았다. 일당증체량과 등지방두께에 대한 육종가도 검정된 모든 암컷에 대하여 추정하였으나, 이 보고서에는 선발지수의 종합순위가 20위 이내인

개체에 대한 성적만을 수록하였다.

다형질 혼합 모델로 분석한 복당산자수와 보정된 21일령 복당체중에 대한 육종가는 모든 종빈돈(총 47두)에 대하여 추정하였으나, 이 보고서에는 선발지수  $I_{m3}$ 의 종합순위가 20위 이내의 개체에 대한 성적만을 수록하였다. 다형질 혼합 모델로 분석한, 보정된 21일령 복당체중의 육종가 순위와 복당산자수의 육종가 순위가 높은 개체가  $I_{m3}$ 에 의한 종합순위도 높은 경향이 있었다.

Table 3-29. Breeding values of the sows and the ranks estimated by multi-traits mixed model for the reproductive traits in Landraces ( total number of sows is 47 )

Rank	Animal Id.	Litter size		Litter wt. at 21 days		Index
		BV	Rank	BV	Rank	
1	4-19	0.21877	5	1.30297	1	153.048
2	3-111	0.21854	6	1.07796	3	152.710
3	2-324	0.16742	8	0.89835	4	152.185
4	9-899	0.24609	3	0.43225	10	151.879
5	5-4	0.12843	11	0.66985	5	151.647
6	3-57	0.18354	7	0.24704	14	151.288
7	2-122	0.05766	15	0.61977	8	151.218
8	2-2	0.22629	4	0.04233	19	151.195
9	5-104	0.01195	18	0.63516	7	151.013
10	2-271	0.27762	2	-0.29368	34	150.948
11	4-117	-0.19129	46	1.12922	2	150.737
12	4-149	0.13490	10	-0.05401	27	150.593
13	2-124	-0.08900	33	0.66381	6	150.551
14	3-106	-0.03982	27	0.45220	9	150.479
15	9-119	0.06025	14	0.00060	21	150.302
16	5-135	-0.02151	25	0.20618	15	150.202
17	4-554	-0.06371	28	0.34288	11	150.196
18	6-164	0.03025	17	0.01115	20	150.168
19	2-514	0.08721	12	-0.26613	32	150.037
20	5-124	0.00000	20	0.00000	22	150.000
20	5-57	0.00000	20	0.00000	22	150.000
20	6-239	0.00000	20	0.00000	22	150.000
20	9-46	0.00000	20	0.00000	22	150.000

$$\text{Index} = 150 + 5.0\text{LS} + 1.5\text{LW}$$

랜드레이스종 검정돈에 있어 능력형질의 표현형가와 육종가 추정치간의 상관계수

는 일당증체량에서 0.700~0.764, 등지방두께에 있어 0.792~0.793, 그리고 사료요구율에 있어 0.591로 추정되었다. 랜드레이스종 종빈돈에 있어 번식형질의 표현형가와 육종가 추정치간의 상관계수는 복당산자수에서 0.854 그리고 포유개시 두수에 따라 보정된 21일령 복당체중에서 0.802로 추정되었다.

검정돈 수컷의 종합순위를 결정하는데 이용된 선발지수는 랜드레이스의 것과 동일하였으며, 검정돈의 종합순위는 21일령 복당체중의 육종가와 복당산자수의 육종가에 의하여 많은 영향을 받는 것으로 나타났다.

대요크셔종 검정돈 수컷에 대한 일당증체량, 등지방두께 및 사료요구율의 육종가 추정치와 형질별로 계산된 육종가의 순위, 그리고 검정돈의 종합순위를 결정하는데 이용된 선발지수의 추정치는 table 3-30에 표시되어 있다. 이들 세 형질에 대한 육종가는 검정된 112두의 수컷에 대하여 추정하였으나, 이 보고서에는 선발지수의 종합순위가 상위 20위 이내인 개체에 대한 성적만을 수록하였다.

Table 3-30. Breeding values of the tested males and the ranks estimated by multi-traits mixed model for the performance traits in Large Yorkshire ( total number of males is 112 )

Rank	Animal Id.	ADG		BF		FE		Index
		BV	Rank	BV	Rank	BV	Rank	
1	6-317	-0.00105	66	-0.10725	6	-0.03088	31	155.114
2	6-322	0.00304	59	-0.06652	13	-0.02898	32	154.989
3	6-260	0.01720	26	-0.06702	12	-0.06550	8	154.208
4	6-262	0.01587	29	-0.00575	43	-0.05626	11	153.822
5	0-312	0.06206	4	-0.02024	31	-0.08015	3	152.771
6	6-257	0.00874	47	-0.00945	39	0.06509	103	152.764
7	0-094	0.03181	10	0.02208	61	-0.08066	2	152.755
8	0-145	0.04577	6	-0.01761	33	-0.06896	7	152.681
9	6-361	0.06762	1	0.03065	68	-0.08810	1	152.675
10	0-311	0.06211	3	-0.01080	38	-0.06458	9	152.608
11	6-275	0.00923	46	-0.00830	40	0.01886	73	152.539
12	0-330	0.01247	38	0.09210	102	0.02620	82	152.473
13	0-291	0.00150	63	-0.16340	1	-0.07362	5	152.464
14	0-154	0.03148	11	0.07366	95	-0.02875	33	152.417
15	0-212	0.01294	35	-0.07835	9	-0.00988	46	152.353
16	0-323	-0.00194	70	0.03874	76	0.03913	97	152.339
17	0-162	0.00748	51	-0.00322	46	-0.03130	30	152.323
18	0-099	0.01918	24	0.01329	57	-0.04437	21	152.266
19	0-103	0.02639	16	0.04732	84	-0.04657	16	152.266
20	6-359	0.06365	2	0.09213	103	-0.07681	4	152.221

$$\text{Index} = 150 + 5.0\text{LS} + 1.5\text{LW} + 19.8\text{ADG} - 7.7\text{FE} - 4.7\text{BF}$$

Table 3-31에는 대요크셔종 검정돈 암컷에 대한 일당증체량과 등지방두께의 육종가 추정치와 각 형질별로 계산된 순위 그리고 검정돈의 종합순위를 결정하는데 이용된 선발지수의 추정치가 표시되어 있다. 검정돈 암컷에 대해서는 사료요구율을 측정하지 않아 사료요구율에 대한 육종가를 추정하지 않았고, 모든 개체에 대한 종합순위를 추정하였으나 보고서에는 종합순위 상위 20위 이내에 속하는 개체에 대한 성적만을 표시하였다.

Table 3-31. Breeding values of the tested females and the ranks estimated by multi-traits mixed model for the performance traits in Large Yorkshire ( total number of females is 121 )

Rank	Animal Id.	ADG		BF		Index
		BV	Rank	BV	Rank	
1	6-324	0.00362	54	-0.17034	1	155.003
2	6-255	0.00882	43	-0.14358	3	153.638
3	0-329	0.03981	13	-0.01128	53	153.424
4	6-261	0.01354	36	-0.02754	39	153.318
5	6-256	-0.00415	64	-0.08683	14	153.280
6	0-331	0.02355	22	0.00247	63	153.164
7	0-332	0.02326	23	0.04594	92	153.016
8	0-275	0.02093	27	-0.03758	28	152.479
9	0-214	0.05006	8	-0.02875	36	152.408
10	0-211	0.04110	12	-0.06088	16	152.396
11	0-273	0.00857	45	0.00741	69	152.168
12	0-270	0.01549	34	0.04914	96	152.121
13	0-095	0.01613	33	-0.05452	21	152.000
14	6-354	0.04566	11	-0.16694	2	151.956
15	6-352	0.05359	4	-0.13110	4	151.942
16	0-336	-0.00980	71	-0.10165	11	151.910
17	6-360	0.05254	5	-0.11929	7	151.889
18	0-309	0.06943	1	-0.04169	25	151.884
19	0-096	0.02196	26	0.01509	75	151.848
20	0-210	0.02656	20	0.05418	99	151.824

Index = 150 + 5.0LS + 1.5LW + 13.2ADG - 3.3BF

Table 3-32. Breeding values of the sows and the ranks estimated by multi-traits mixed model for the reproductive traits in Landraces (total number of sows is 55)

Rank	Animal Id.	Litter size		Litter wt. at 21 days		Index
		BV	Rank	BV	Rank	
1	9-746	0.26184	2	2.05601	1	154.393
2	7-321	0.13123	11	1.59456	3	153.048
3	4-053	0.09162	13	1.60187	2	152.861
4	9-556	0.03985	22	1.50900	4	152.463
5	5-332	0.13727	8	0.92848	9	152.079
6	9-416	0.03885	23	1.20004	5	151.994
7	5-283	0.07583	15	1.02608	8	151.918
8	2-474	0.07916	14	0.87198	11	151.704
9	9-794	0.05205	17	0.92807	10	151.652
10	4-101	0.22426	4	0.32413	17	151.608
11	5-270	0.04559	21	0.81686	12	151.453
12	1-571	-0.09149	46	1.13237	6	151.241
13	7-063	0.23983	3	-0.02445	33	151.162
14	9-673	0.13524	9	0.32327	18	151.161
15	3-460	-0.08972	45	1.05788	7	151.138
16	4-096	0.07355	16	0.48751	15	151.099
17	9-869	-0.01940	30	0.78586	13	151.082
18	6-046	0.30606	1	-0.39790	41	150.933
19	9-848	0.15453	5	0.04353	26	150.838
20	4-336	0.13274	10	0.11440	22	150.835

$$\text{Index} = 150 + 5.0\text{LS} + 1.5\text{LW}$$

대요크셔종 검정돈에 있어 각 능력형질의 표현형가와 육종가 추정치간의 상관계수는 일당중체량에서 0.765~0.770, 등지방두께에 있어 0.693~0.750, 그리고 사료요구율에 있어 0.765로 추정되었다. 대요크셔종 종빈돈에 있어 번식형질의 표현형가와 육종가 추정치 사이의 상관계수는 포유개시 두수와 보정된 21일령 복당체중에서 각각 0.854, 0.852로 추정되었다.

(3) 단형질 혼합모형과 다형질 혼합모형에 의한 육종가 추정치간의 상관관계

단형질 혼합모형에 의한 육종가 추정치와 다형질 혼합 모형에 의한 육종가 추정치 간의 단순상관과 순위상관이 각각 table 3-33, table 3-34, table 3-35 및 table 3-36에 표시되어 있다.

단형질과 다형질 혼합모형에 의한 육종가 추정치 간의 단순상관계수는 일당중체량에서 0.893~0.994, 등지방두께에서 0.845~0.897, 사료요구율에서 0.815~0.948이었고, 복당산자수에서 0.958~0.997, 그리고 21일령 복당체중에서 0.9998~0.9999의 범위로 매우높게 추정되었다.

Table 3-33. Simple correlation between the breeding values estimated by single trait and multiple traits mixed models for performance traits

Breed	Sex	Ave. daily gain	Backfat thickness	Feed efficiency
Landrace	Male	0.9444	0.8966	0.8147
	Female	0.8933	0.8452	
L. Yorkshire	Male	0.9197	0.8968	0.9476
	Female	0.9120	0.8861	

Table 3-34. Rank correlation between the breeding values estimated by single trait and multiple traits mixed models for performance traits

Breed	Sex	Ave. daily gain	Backfat thickness	Feed efficiency
Landrace	Male	0.9314	0.8986	0.8356
	Female	0.8689	0.8281	
L. Yorkshire	Male	0.8922	0.9039	0.9436
	Female	0.9052	0.9690	

Table 3-35. Simple correlation between the breeding values estimated by single trait and multiple traits mixed models for reproductive traits

Breed	Litter size	Ad. Litter wt. at 21 days
Landrace	0.9585	0.9998
L. Yorkshire	0.9973	0.9999

Table 3-36. Rank correlation between the breeding values estimated by single trait and multiple traits mixed models for reproductive traits

Breed	Litter size	Ad. Litter wt. at 21 days
Landrace	0.9444	0.9982
L. Yorkshire	0.9912	0.9995

(4) 기타 분석 결과

1997년도의 자료에 근거하여 추정된 각 형질의 표현형가와 육종가간 단순상관과 순위상관의 table 3-37 ~ table 3-52에 표시되어 있다.

Table 3-37. Simple correlation coefficients among the phenotypic and breeding value estimated by simple traits mixed model for performance traits in Landraces

	일당 증체량	등지방 두께	사료 효율	일당증체량 육종가	등지방두께 육종가	사료효율 육종가
일당증체량	1.00000	0.48717	0.53201	0.71210	0.34912	0.35091
등지방두께	0.48717	1.00000	0.29212	0.32943	0.78533	0.22172
사료효율	0.53201	0.29212	1.00000	0.41413	0.22048	0.75424
일당증체량 육종가	0.71210	0.32943	0.41413	1.00000	0.55170	0.46526
등지방두께 육종가	0.34912	0.78533	0.22048	0.55170	1.00000	0.31732
사료효율 육종가	0.35091	0.22172	0.75424	0.46526	0.31732	1.00000

주) 사료효율은 수컷만을 측정하여 117두임.

Table 3-38. Rank correlation coefficients among the phenotypic and breeding values estimated by simple traits mixed model for performance traits in Landraces

	일당 증체량	등지방 두께	사료 효율	일당증체량 육종가	등지방두께 육종가	사료효율 육종가
일당증체량	1.00000	-0.49194	-0.57625	0.67340	-0.34303	-0.32457
등지방두께	-0.49194	1.00000	0.26816	-0.32565	0.77283	0.17292
사료효율	-0.57625	0.26816	1.00000	-0.40060	0.17745	0.66982
일당증체량 육종가	0.67340	-0.32565	-0.40060	1.00000	-0.53671	-0.43983
등지방두께 육종가	-0.34303	0.77283	0.17745	-0.53671	1.00000	0.28320
사료효율 육종가	-0.32457	0.17292	0.66982	-0.43983	0.28320	1.00000

주) 사료효율은 수컷만을 측정하여 117두임.

Table 3-39. Simple correlation coefficients among the phenotypic and breeding values estimated by simple traits mixed model for reproductive traits in Landraces

	산자수 육종가	21일령 복당체중 육종가	산자수	21일령 복당체중
산자수 육종가	1.00000	0.04581	0.89123	0.03272
21일령 복당체중 육종가	0.04581	1.00000	0.04083	0.80233
산자수	0.89123	0.04083	1.00000	-0.09129
21일령 복당체중	0.03272	0.80233	-0.09129	1.00000

Table 3-40. Rank correlation coefficients among the phenotypic and breeding values estimated by simple traits mixed model for reproductive traits in Landraces

	산자수 육종가	21일령 복당체중 육종가	산자수	21일령 복당체중
산자수 육종가	1.00000	0.07689	0.87062	0.05947
21일령 복당체중 육종가	0.07689	1.00000	0.09739	0.78670
산자수	0.87062	0.09739	1.00000	-0.00602
21일령 복당체중	0.05947	0.78670	-0.00602	1.00000

Table 3-41. Simple correlation coefficients among the phenotypic and breeding values estimated by simple traits mixed model for performance traits in Large Yorkshire

	일당 증체량	등지방 두께	사료 효율	일당증체량 육종가	등지방두께 육종가	사료효율 육종가
일당증체량	1.00000	0.12349	-0.23263	0.76950	0.04489	-0.31608
등지방두께	0.12349	1.00000	-0.10892	0.05887	0.71967	-0.08621
사료효율	-0.23263	-0.10892	1.00000	-0.28331	0.06106	0.82200
일당증체량 육종가	0.76950	0.05887	-0.28331	1.00000	0.02122	-0.35771
등지방두께 육종가	0.04489	0.71967	0.06106	0.02122	1.00000	-0.05621
사료효율 육종가	-0.31608	-0.08621	0.82200	-0.35771	-0.05621	1.00000

Table 3-42. Rank correlation coefficients among the phenotypic and breeding values estimated by simple traits mixed model for performance traits in Large Yorkshire

	일당 증체량	등지방 두께	사료 효율	일당증체량 육종가	등지방두께 육종가	사료효율 육종가
일당증체량	1.00000	-0.16678	0.20271	0.77390	-0.06434	0.27902
등지방두께	-0.16678	1.00000	-0.10442	-0.08111	0.67349	-0.04860
사료효율	0.20271	-0.10442	1.00000	0.23630	0.02236	0.81342
일당증체량 육종가	0.77390	-0.08111	0.23630	1.00000	-0.04213	0.27719
등지방두께 육종가	-0.06434	0.67349	0.02236	-0.04213	1.00000	-0.00047
사료효율 육종가	0.27902	-0.04860	0.81342	0.27719	-0.00047	1.00000

Table 3-43. Simple correlation coefficients among the phenotypic and breeding values estimated by simple traits mixed model for reproductive traits in Large Yorkshire

	산자수	21일령 복당체중	산자수 육종가	21일령 복당체중 육종가
산자수	1.00000	0.16437	0.85018	0.19769
21일령 복당체중	0.16437	1.00000	0.19825	0.85259
산자수 육종가	0.85018	0.19825	1.00000	0.23252
21일령 복당체중 육종가	0.19769	0.85259	0.23252	1.00000

Table 3-44. Rank correlation coefficients among the phenotypic and breeding values estimated by simple traits mixed model for reproductive traits in Large Yorkshires

	산자수	21일령 복당체중	산자수 육종가	21일령 복당체중 육종가
산자수	1.00000	0.23391	0.75826	0.26826
21일령 복당체중	0.23391	1.00000	0.25314	0.80945
산자수 육종가	0.75826	0.25314	1.00000	0.30231
21일령 복당체중 육종가	0.26826	0.80945	0.30231	1.00000

Table 3-45. Simple correlation coefficients among the phenotypic and breeding values estimated by multi-traits mixed model for performance traits in Landrace males

	일당 증체량	등지방 두께	사료 효율	일당증체량 육종가	등지방두께 육종가	사료효율 육종가
일당증체량	1.00000	0.45441	0.53201	0.76421	0.28515	-0.12807
등지방두께	0.45441	1.00000	0.29212	0.33995	0.79159	0.10221
사료효율	0.53201	0.29212	1.00000	0.33596	0.24413	0.59117
일당증체량육종가	0.76421	0.33995	0.33596	1.00000	0.41295	-0.14817
등지방두께육종가	0.28515	0.79159	0.24413	0.41295	1.00000	0.24593
사료효율육종가	-0.12807	0.10221	0.59117	-0.14817	0.24593	1.00000

Table 3-46. Rank correlation coefficients among the phenotypic and breeding values estimated by multi-traits mixed model for performance traits in Landrace males

	일당 증체량	등지방 두께	사료 효율	일당증체량 육종가	등지방두께 육종가	사료효율 육종가
일당증체량	1.00000	0.45712	0.58979	0.69569	0.28667	-0.01550
등지방두께	0.45712	1.00000	0.28574	0.35928	0.77867	0.06491
사료효율	0.58979	0.28574	1.00000	0.34536	0.18467	0.54320
일당증체량육종가	0.69569	0.35928	0.34536	1.00000	0.44622	-0.07302
등지방두께육종가	0.28667	0.77867	0.18467	0.44622	1.00000	0.20517
사료효율육종가	-0.01550	0.06491	0.54320	-0.07302	0.20517	1.00000

Table 3-47. Simple correlation coefficients among the phenotypic and breeding values estimated by multi-traits mixed model for performance traits in Landrace females

	일당증체량	등지방두께	일당증체량육종가	등지방두께육종가
일당증체량	1.00000	0.46864	0.69955	0.21550
등지방두께	0.46864	1.00000	0.28879	0.79278
일당증체량육종가	0.69955	0.28879	1.00000	0.33884
등지방두께육종가	0.21550	0.79278	0.33884	1.00000

Table 3-48. Rank correlation coefficients among the phenotypic and breeding values estimated by multi-traits mixed model for performance traits in Landrace females

	일당증체량	등지방두께	일당증체량육종가	등지방두께육종가
일당증체량	1.00000	0.45626	0.67500	0.22991
등지방두께	0.45626	1.00000	0.24634	0.78537
일당증체량육종가	0.67500	0.24634	1.00000	0.29736
등지방두께육종가	0.22991	0.78537	0.29736	1.00000

Table 3-49. Rank correlation coefficients among the phenotypic and breeding values estimated multi-traits mixed model for reproductive traits in Landraces

	산자수	21일령 복당체중	산자수 육종가	21일령 복당 체중 육종가
산자수	1.00000	-0.00602	0.81667	0.11867
21일령 복당체중	-0.00602	1.00000	0.11614	0.78392
산자수 육종가	0.81667	0.11614	1.00000	0.14416
21일령 복당체중 육종가	0.11867	0.78392	0.14416	1.00000

Table 3-50. Rank correlation coefficients among the phenotypic and breeding values estimated by multi-traits mixed model for performance traits in Large Yorkshires males

	일당 중체량	등지방 두께	사료 효율	일당중체량 육종가	등지방두께 육종가	사료효율 육종가
일당중체량	1.00000	0.31516	-0.21096	0.74463	0.22745	-0.42484
등지방두께	0.31516	1.00000	-0.10640	0.19984	0.71882	0.01523
사료효율	-0.21096	-0.10640	1.00000	-0.31385	-0.02238	0.76100
일당중체량육종가	0.74463	0.19984	-0.31385	1.00000	0.15248	-0.61679
등지방두께육종가	0.22745	0.71882	-0.02238	0.15248	1.00000	0.08100
사료효율육종가	-0.42484	0.01523	0.76100	-0.61679	0.08100	1.00000

Table 3-51. Rank correlation coefficients among the phenotypic and breeding values estimated by multi-traits mixed model for performance traits in Large Yorkshires females

	일당중체량	등지방두께	일당중체량 육종가	등지방두께 육종가
일당중체량	1.00000	-0.01186	0.77731	-0.09836
등지방두께	-0.01186	1.00000	-0.04609	0.67737
일당중체량육종가	0.77731	-0.04609	1.00000	-0.09449
등지방두께육종가	-0.09836	0.67737	-0.09449	1.00000

Table 3-52. Simple correlation coefficients among the phenotypic and breeding values estimated by multi-traits mixed model for reproductive traits in Large Yorkshires

	산자수	21일령복당체중	산자수 육종가	21일령복당체중 육종가
산자수	1.00000	-0.09129	0.85427	0.05882
21일령 복당체중	-0.09129	1.00000	0.07496	0.80215
산자수 육종가	0.85427	0.07496	1.00000	0.11439
21일령 복당체중 육종가	0.05882	0.80215	0.11439	1.00000

## 2. 1998년도의 분석결과

축산기술 연구소 사천지소에서 계통을 조성하고 있는 랜드레이스종 돼지에 대한 능력검정성적과 번식성적에 근거하여 주요 경제형질의 육종가를 추정하였다.

본연구에 이용된 랜드레이스종 검정돈 385두의 분포를 보면 세대별로는 2세대 237두, 3세대 148두, 성별로는 암컷 217두, 수컷 168두 그리고 출생월별로는 9월 70두, 10월 82두, 11월 206두, 그리고 12월 27두 이었다.

검정돈의 일당증체량과 등지방두께에 대한 육종가를 추정하기 위하여 다음과 같은 단형질 혼합모형을 이용하였다.

$$Y_{ijkl} = \mu + se_i + g_j + m_k + a_{ijk} + e_{ijkl}$$

여기서,  $\mu$  : 전체 평균

$se_i$  :  $i$ 번째 성의 효과 ( $i = 1, 2$ )

$g_j$  :  $j$ 번째 세대의 효과 ( $j = 2, 3$ )

$m_k$  :  $k$ 번째 출생월의 효과 ( $k = 9, 10, 11, 12$ )

$a_{ijk}$  : 가축에 대한 임의 효과  $\sim (0, A \sigma_a^2)$ ,  $A$ 는 혈연계수 행렬

$e_{ijkl}$  : 임의 오차  $\sim (0, I \sigma_e^2)$

이다.

검정돈의 사료요구율에 대한 육종가를 추정하기 위해서는 위의 단형질 혼합모형에서 성의 효과를 제외한 모형을 이용하였다.

종빈돈의 복당산자수와 21일령 복당체중에 대한 육종가를 추정하기 위해서는 다음의 단형질 혼합모형을 이용하였다.

$$Y_{ijklm} = \mu + s_i + g_j + p_k + m_l + a_{ijkl} + e_{ijklm}$$

여기서,  $\mu$  : 전체 평균

$s_i$  :  $i$ 번째 부의 효과 ( $i = 1, 2, \dots, n$ )

$g_j$  :  $j$ 번째 세대의 효과 ( $j = 1, 2$ )

$p_k$  :  $k$ 번째 산차의 효과 ( $j = 1, 2, 3, 4, 5$ )

$m_l$  :  $l$ 번째 분만월의 효과 ( $l = 1, 2, \dots, n$ )

$a_{ijkl}$  : 가축에 대한 임의 효과  $\sim (0, A \sigma_a^2)$ ,  $A$ 는 혈연계수 행렬

$e_{ijklm}$  : 임의 오차  $\sim (0, I \sigma_e^2)$

이다.

위 선형모형을 행렬식으로 나타내면,

$$Y = X\beta + Z\mu + e$$

이고, 위 식에 대한 정규방정식은

$$\begin{bmatrix} X'Y \\ Z'Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + A^{-1}\sigma_e^2/\sigma_a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{\mu} \end{bmatrix}$$

이고, 육종가는 다음과 같은 식에서 계산된다.

$$\begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{\mu} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + A^{-1}\sigma_e^2/\sigma_a^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X'Y \\ Z'Y \end{bmatrix}$$

여기서  $Y$  : 각 형질에 대한 관측치 벡터

$X$  : 고정효과에 대한 계수행렬

$\hat{\beta}$  : 고정효과에 대한 알려지지 않은 추정치 벡터  
 $Z$  : 임의효과(개체)에 대한 계수행렬  
 $\tilde{\mu}$  : 임의효과에 대한 알려지지 않은 추정치 벡터  
 $A^{-1}$  : 혈연계수행렬  
 $\sigma_a^2$  : 개체에 대한 상가적 유전분산  
 $\sigma_e^2$  : 임의 오차에 대한 분산

이다.

Table 3-53에는 란드레이스종 검정돈 수컷 168두에 대한 일당증체량, 등지방 두께 및 사료요구율의 육종가 추정치와 형질별로 계산된 육종가의 순위, 그리고 검정돈의 종합순위를 결정하는데 이용된 선발지수의 추정치가 표시되어 있다.

Table 3-53. Breeding values of the tested males and the ranks estimated by single trait mixed model for the performance traits in Landraces

Rank	Animal No.	ADG		BF		FE		Index
		BV	Rank	BV	Rank	BV	Rank	
1	2-750	0.00339	68	0.29313	162	-0.07310	34	168.647
2	2-753	-0.05404	140	0.09599	145	-0.07739	28	168.469
3	3-24	0.04546	10	-0.15180	2	0.10082	152	166.409
4	3-434	-0.06074	146	-0.11691	5	-0.00644	86	165.866
5	1-193	-0.03017	117	0.00471	107	0.02196	110	165.774
6	1-191	-0.04131	127	-0.03814	51	0.02196	110	165.754
7	3-436	-0.06588	150	-0.10405	8	-0.00644	86	165.704
8	3-19	0.03903	16	0.01963	120	0.10082	152	165.476
9	5-23	-0.01369	96	0.10963	148	-0.09680	15	163.351
10	2-322	0.02729	30	0.01326	114	-0.04001	50	163.085
11	2-321	0.01837	47	0.02600	128	-0.05195	41	162.940
12	2-323	0.04300	14	0.02600	128	0.04148	134	162.708

13	5-24	-0.03379	120	0.13963	158	-0.07880	26	162.673
14	5-11	0.00658	65	0.12042	154	-0.06216	38	162.570
15	5-5	-0.00188	76	0.13070	156	-0.07538	31	162.456
16	1-329	0.01110	58	-0.05183	28	0.03047	125	159.645
17	5-317	0.00686	64	-0.05684	23	-0.07001	35	159.425
18	5-326	-0.00532	80	-0.05598	25	0.02363	112	159.298
19	1-331	-0.00132	73	-0.02183	72	0.03047	125	159.258
20	1-430	0.03248	25	0.11143	151	-0.02105	69	159.003
21	5-325	-0.02889	116	-0.04313	45	0.00649	100	158.903
22	3-190	-0.03380	121	-0.01062	84	-0.08385	23	158.885
23	5-316	-0.02571	113	-0.04399	44	-0.07429	32	158.753
24	5-319	-0.01842	104	-0.08684	11	-0.01858	75	158.670
25	1-330	-0.06904	151	-0.02183	72	-0.03810	54	158.445
26	5-331	-0.08461	161	-0.08598	12	-0.01923	71	158.199
27	4-241	0.01666	50	-0.00936	86	0.16547	164	158.063
28	2-60	-0.01649	100	-0.01919	74	0.00561	98	157.865
29	2-364	-0.00517	79	-0.04436	41	-0.01919	73	157.850
30	2-361	-0.01675	101	-0.05721	21	-0.01919	73	157.681
31	2-61	-0.01563	99	0.02367	126	0.00561	98	157.680
32	3-311	-0.10043	166	0.00301	103	-0.02863	62	157.626
33	3-304	-0.04986	135	0.00301	103	0.11709	156	157.506
34	4-240	-0.01805	103	0.00350	104	0.14404	161	157.481
35	1-431	-0.04661	130	0.14514	159	-0.04461	44	157.460
36	3-305	-0.06228	148	0.01587	117	0.11709	156	157.199
37	4-195	0.03130	27	0.00389	105	-0.00160	91	157.041
38	4-196	0.00001	71	-0.03896	50	-0.00588	87	156.656
39	1-304	-0.01082	91	-0.00508	90	-0.04005	49	156.449
40	5-19	0.02639	32	0.04359	136	-0.04444	45	156.418
41	2-766	-0.00013	72	0.38220	167	-0.00242	89	156.395
42	2-763	-0.01213	93	0.33934	163	-0.00242	89	156.359
43	1-353	-0.00678	85	-0.00867	87	0.02606	117	155.730
44	5-23	-0.01369	96	0.10963	148	-0.09680	15	155.718
45	1-305	-0.04896	134	-0.02222	70	-0.01434	79	155.577
46	1-352	-0.03160	118	-0.02689	65	0.00587	99	155.480

47	2-133	0.01087	59	-0.04401	43	-0.04126	47	155.288
48	1-354	-0.07917	158	-0.00974	85	-0.08842	19	155.183
49	5-24	-0.03379	120	0.13963	158	-0.07880	26	155.040
50	1-307	-0.07725	157	0.02063	122	-0.03577	58	154.980
51	4-109	0.10729	1	0.03969	135	0.11108	153	154.667
52	2-136	-0.04013	126	-0.08687	10	-0.03698	55	154.446
53	4-106	0.05329	5	0.03969	135	0.00393	95	154.423
54	4-105	0.07986	2	0.02683	129	0.11536	154	154.152
55	4-219	-0.02136	109	-0.03925	49	0.00526	96	153.648
56	4-217	-0.00636	84	0.01646	119	0.03526	129	153.452
57	5-209	0.02337	36	0.00204	100	-0.01751	77	153.363
58	1-367	-0.01199	92	-0.04543	37	0.08517	148	153.077
59	3-193	-0.03637	124	-0.04062	47	-0.11813	8	153.072
60	3-453	-0.05689	144	-0.05017	29	-0.03687	57	152.938
61	3-452	-0.07133	154	-0.10538	7	-0.03687	57	152.911
62	3-192	-0.01023	90	-0.02347	68	-0.03242	61	152.849
63	2-774	0.02274	37	0.03816	132	0.19624	168	152.803
64	1-610	0.01343	56	-0.04990	31	0.03153	126	152.752
65	1-430	0.03248	25	0.11143	151	-0.02105	69	152.714
66	4-5	0.04976	7	-0.05616	24	0.04877	138	152.532
67	1-372	-0.03428	122	-0.01543	78	0.08517	148	152.495
68	5-211	0.03323	23	0.00204	100	0.12392	158	152.469
69	3-330	-0.01909	106	-0.04474	40	0.04755	136	152.421
70	2-777	0.00989	60	0.06816	141	0.19624	168	152.408
71	2-207	0.01996	43	0.00655	108	-0.06426	37	152.380
72	4-4	0.04413	11	-0.01933	73	0.04877	138	152.248
73	1-427	0.02155	39	-0.05478	27	0.12592	160	152.147
74	1-429	0.03591	20	0.01586	116	0.12592	160	152.100
75	5-207	0.00580	66	-0.02796	64	0.12392	158	152.067
76	1-416	0.01776	49	0.35213	165	-0.08675	22	152.056
77	5-35	0.04320	12	-0.12042	4	0.05064	141	152.007
78	5-36	0.03634	19	-0.13757	3	0.05064	141	151.952
79	1-417	0.00704	63	0.37784	166	-0.08675	22	151.723
80	3-329	-0.08038	160	-0.04474	40	-0.01673	78	151.703

81	3-944	0.03768	18	0.02198	124	0.02245	111	151.484
82	2-210	-0.03790	125	-0.00630	89	-0.07712	29	151.394
83	2-126	-0.06118	147	-0.03356	53	-0.02103	70	151.319
84	3-947	-0.00603	82	-0.09373	9	0.01816	106	151.196
85	3-331	-0.07952	159	-0.01474	79	0.03469	128	151.183
86	2-122	-0.04863	133	-0.03937	48	0.03694	131	151.148
87	1-617	0.06687	3	0.00198	98	0.16698	166	150.482
88	1-619	0.06001	4	-0.01088	82	0.16698	166	150.407
89	2-340	0.01349	55	-0.02379	67	0.00045	93	150.278
90	3-977	-0.02508	112	0.03941	133	-0.03845	53	149.958
91	4-207	0.03236	26	-0.02545	66	0.02875	120	149.904
92	4-210	0.03879	17	0.00455	106	0.02875	120	149.890
93	2-337	-0.01343	94	0.01642	118	-0.03920	51	149.861
94	2-339	-0.01943	107	-0.01358	80	-0.03491	59	149.851
95	2-391	0.01999	42	-0.04571	35	0.00343	94	149.728
96	3-966	-0.02124	108	0.11926	153	-0.09715	13	149.423
97	2-390	-0.02372	111	-0.05857	19	-0.02657	65	149.154
98	3-967	-0.01524	98	0.21783	161	-0.09715	13	149.079
99	2-74	-0.05680	143	-0.04265	46	-0.05259	40	149.013
100	3-979	-0.00751	86	0.39941	168	-0.03845	53	148.614
101	1-407	0.01800	48	0.00216	101	-0.02606	66	148.578
102	3-320	-0.02799	114	-0.00138	95	0.01958	108	148.409
103	3-407	0.01657	51	-0.00195	93	-0.04848	42	148.150
104	2-75	-0.09409	163	-0.05551	26	-0.02259	67	148.105
105	1-475	-0.00151	74	0.04409	137	0.00033	92	147.987
106	1-410	0.04601	9	-0.02858	63	0.16251	163	147.825
107	1-474	0.01949	44	0.08695	142	0.05176	142	147.805
108	2-307	-0.11258	167	-0.08009	13	-0.27712	2	147.740
109	3-316	-0.06956	152	-0.03138	58	0.01958	108	147.727
110	2-351	-0.02265	110	-0.05689	22	-0.09429	17	147.645
111	3-321	-0.09099	162	-0.00138	95	-0.02757	64	147.525
112	2-350	-0.02822	115	-0.04403	42	-0.09429	17	147.474
113	3-409	-0.04515	129	-0.04481	38	-0.07419	33	147.328
114	2-93	-0.03432	123	0.00191	97	-0.03370	60	147.317

115	2-111	0.05117	6	0.00804	112	-0.00175	90	147.291
116	1-626	-0.00619	83	-0.02276	69	0.02430	114	147.279
117	1-406	0.02229	38	-0.01070	83	0.16251	163	147.271
118	2-305	-0.09844	165	-0.06294	15	-0.18712	3	147.246
119	2-91	-0.05469	142	-0.02919	61	-0.04144	46	147.120
120	2-309	-0.14301	168	-0.03723	52	-0.29855	1	147.101
121	1-627	-0.01776	102	0.02009	121	0.02430	114	146.848
122	2-739	0.04631	8	0.34958	164	0.04520	135	146.483
123	2-112	0.00317	69	0.02090	123	-0.01889	74	146.412
124	2-741	-0.00598	81	0.20815	160	0.03663	130	146.179
125	3-406	-0.09768	164	-0.01884	75	-0.06939	36	146.129
126	1-317	0.02712	31	-0.01555	77	0.02434	116	146.063
127	1-314	0.01855	45	-0.03269	54	0.02434	116	145.974
128	2-327	-0.04720	132	-0.04595	34	-0.09125	18	145.786
129	2-329	-0.06305	149	-0.05881	18	-0.08697	20	145.500
130	5-7	0.02912	29	0.02226	125	-0.07812	27	145.341
131	3-995	0.01434	54	0.03699	130	-0.01242	81	145.230
132	1-319	-0.05345	139	-0.04555	36	-0.01851	76	144.939
133	1-495	-0.01440	97	0.03768	131	0.03795	133	144.773
134	5-10	-0.00774	87	0.00941	113	-0.08241	24	144.704
135	3-997	0.00192	70	0.10984	149	-0.01242	81	144.642
136	3-201	-0.04687	131	-0.03089	60	-0.05826	39	144.536
137	5-5	-0.00188	76	0.13070	156	-0.07538	31	144.196
138	3-202	-0.07001	153	-0.04803	33	-0.04541	43	144.060
139	1-494	-0.04997	136	0.05482	138	0.03795	133	143.988
140	5-46	0.04014	15	0.05732	139	0.02964	123	143.389
141	2-222	-0.00491	77	-0.06137	16	-0.09903	11	143.311
142	4-169	0.03452	21	-0.17614	1	-0.01068	82	143.266
143	5-49	0.03328	22	0.10018	146	0.02964	123	143.051
144	4-172	0.02938	28	-0.06043	17	-0.02782	63	142.752
145	2-219	0.01481	53	-0.03137	59	0.01240	105	142.702
146	2-102	0.01628	52	-0.00231	92	0.05061	139	142.674
147	2-217	0.00838	62	-0.04851	32	0.01240	105	142.655
148	2-103	-0.00515	78	-0.03231	56	0.02918	121	142.556

149	3-421	0.00879	61	-0.02873	62	-0.01062	84	142.273
150	5-353	-0.06025	145	-0.05809	20	-0.12788	5	142.204
151	5-350	-0.05468	141	0.01477	115	-0.12788	5	141.972
152	2-104	-0.05057	138	-0.03231	56	0.00775	101	141.821
153	3-352	0.01844	46	0.00711	110	0.01186	103	141.603
154	3-416	-0.01863	105	0.00127	96	-0.01062	84	141.589
155	5-306	0.04308	13	0.00798	111	0.03208	127	141.280
156	3-420	-0.05035	137	-0.01159	81	-0.04062	48	141.253
157	5-307	0.02551	33	-0.01774	76	0.02779	118	141.086
158	3-351	-0.00899	88	0.00711	110	0.01186	103	141.060
159	5-29	0.02464	35	-0.00307	91	0.05946	144	140.902
160	5-27	0.00415	67	-0.03224	57	0.05946	144	140.633
161	2-710	-0.07667	156	-0.07826	14	-0.12665	7	139.763
162	2-607	-0.07153	155	0.09317	144	-0.12665	7	139.060
163	5-53	0.01266	57	-0.10715	6	-0.09968	10	138.130
164	5-54	0.02466	34	0.06428	140	-0.09968	10	137.562
165	1-609	0.02114	41	-0.04990	31	0.06153	146	137.314
166	1-606	0.02114	41	-0.00705	88	0.06153	146	137.113
167	1-505	-0.01016	89	0.11624	152	0.09025	150	135.692
168	1-504	-0.04316	128	0.09053	143	0.09025	150	135.160

$$\text{Index} = 150 + 5.0\text{LS} + 1.5\text{LW} + 19.8\text{ADG} - 7.7\text{FE} - 4.7\text{BF}$$

검정돈 수컷의 종합순위를 결정하는데 이용된 선발지수  $I_1$ 과 검정돈 암컷의 종합순위를 결정하는데 이용된 선발지수  $I_2$ 는 다음과 같다.

$$I_1 = 150 + 5.0\text{LS} + 1.5\text{LW} + 19.8\text{ADG} - 7.7\text{FE} - 4.7\text{BF}$$

$$I_2 = 150 + 5.0\text{LS} + 1.5\text{LW} + 13.2\text{ADG} - 3.3\text{BF}$$

여기서, LS는 검정돈의 모(母)의 복당산자수의 육종가, LW는 검정돈의 모(母)의 21일령 복당체중(kg)의 육종가, ADG는 검정돈의 일당증체량(kg)의 육종가, FE는 검정돈의 사료요구율의 육종가 그리고 BF는 검정돈의 등지방두

께(cm)의 육종가이다.

Table 3-54에는 랜드레이스종 검정돈 암컷 217두에 대한 일당증체량과 등지방두께의 육종가 추정치와 형질별로 계산된 육종가의 순위 그리고 검정돈의 종합순위를 결정하는데 이용된 선발지수의 추정치가 표시되어 있다. 검정돈 암컷에 대하여는 사료요구율을 측정하지 않았으므로 암컷에 대하여는 사료요구율에 대한 육종가를 추정하지 않았다.

Table 3-54. Breeding values of the tested females and the ranks estimated by single trait mixed model for the performance traits in Landraces

Rank	Animal No.	ADG		BF		Index
		BV	Rank	BV	Rank	
1	2-744	0.00663	81	-0.01716	68	169.539
2	2-745	0.00492	87	0.02570	125	169.375
3	2-749	-0.04480	181	0.01284	102	168.761
4	3-12	0.03756	27	-0.13209	27	166.503
5	3-430	-0.00837	115	-0.01816	67	166.419
6	3-15	0.01270	65	-0.20494	7	166.416
7	3-427	-0.04164	174	-0.02862	59	166.014
8	1-176	-0.04750	185	0.02443	121	165.855
9	1-175	-0.05650	196	0.03728	146	165.693
10	5-16	-0.02641	143	-0.08704	38	163.330
11	5-14	-0.05855	199	-0.14276	24	163.090
12	5-3	0.00702	80	-0.13880	25	163.077
13	5-2	0.02874	41	-0.03702	56	163.028
14	5-15	-0.03975	172	0.02322	119	162.790
15	5-4	0.01079	72	-0.00794	79	162.695

16	2-311	0.02492	43	0.15412	215	162.119
17	2-310	-0.03471	162	0.07729	185	161.585
18	2-314	-0.03618	167	0.08800	198	161.531
19	1-436	0.01199	67	0.10492	207	160.396
20	3-300	0.03902	25	0.04770	156	159.766
21	1-325	0.04049	22	0.06645	172	159.731
22	4-234	0.01348	60	-0.17822	16	159.730
23	4-235	0.00705	79	-0.06250	44	159.263
24	1-323	-0.00751	113	0.03645	145	159.197
25	1-427	0.02155	49	-0.05478	51	159.186
26	4-233	-0.03110	155	-0.16536	19	159.099
27	1-322	-0.02680	144	-0.00640	82	159.084
28	1-424	0.00935	74	-0.00658	81	158.866
29	2-761	0.05411	7	0.07191	177	158.652
30	5-324	-0.04387	179	0.03321	138	158.633
31	5-320	-0.03551	164	0.07516	181	158.605
32	5-313	0.01953	52	0.04858	159	158.581
33	5-314	0.00625	84	0.01858	114	158.505
34	5-311	0.00625	84	0.03144	136	158.462
35	2-760	0.04682	12	0.10191	204	158.457
36	3-301	-0.06804	208	0.06558	170	158.294
37	5-323	-0.07322	211	0.06230	167	158.150
38	3-302	-0.08347	216	0.04843	158	158.147
39	1-422	-0.03865	169	0.06628	171	157.992
40	2-54	-0.01111	120	0.07338	180	157.756
41	2-762	-0.04532	183	-0.02666	61	157.665
42	2-356	-0.00536	110	-0.02464	64	157.606
43	2-355	0.00021	99	0.01821	111	157.539
44	2-51	-0.02782	149	0.08624	195	157.493
45	4-192	0.03968	23	-0.12211	30	157.354
46	4-179	0.03282	36	-0.13497	26	157.306
47	4-191	-0.00660	111	-0.20782	6	157.026
48	1-346	0.01580	55	-0.01109	74	156.269
49	1-345	0.02135	50	0.04425	153	156.160

50	1-347	0.01922	53	0.09471	199	155.965
51	2-924	0.03582	30	0.11115	208	155.655
52	1-300	-0.02687	145	0.10035	202	155.646
53	1-303	-0.03758	168	0.08320	191	155.561
54	2-925	-0.01561	128	-0.06028	48	155.542
55	5-11	0.00658	82	0.12042	210	155.448
56	1-301	-0.05515	195	0.07035	176	155.371
57	5-17	-0.02480	142	0.07616	182	155.180
58	5-15	-0.03975	172	0.02322	119	155.157
59	2-910	-0.00169	106	-0.04735	53	155.128
60	2-909	-0.00169	106	0.02551	123	154.887
61	2-772	0.03413	31	-0.08784	37	154.784
62	2-922	0.02382	45	0.34258	217	154.733
63	4-213	0.00245	92	-0.17811	17	154.547
64	4-102	0.10410	1	0.13226	214	154.522
65	2-132	-0.00303	108	0.01856	113	154.447
66	2-130	-0.01589	129	0.01856	113	154.277
67	4-214	-0.02883	150	-0.20811	5	154.233
68	4-100	0.04410	18	0.07226	178	153.928
69	4-104	0.03853	26	0.10226	205	153.756
70	1-410	0.04601	14	-0.02858	60	153.393
71	2-773	-0.03144	156	0.11358	209	153.254
72	1-419	0.06303	3	0.03426	141	153.152
73	1-365	-0.04830	186	-0.00207	89	153.126
74	2-791	0.01278	63	-0.03084	58	153.099
75	3-450	-0.03286	158	0.01183	100	153.072
77	2-790	0.01278	63	-0.00513	84	153.014
77	2-793	0.01278	63	-0.00513	84	153.014
78	1-423	0.04923	9	0.03335	139	152.972
79	1-366	-0.06018	203	0.00428	94	152.948
80	3-444	-0.04263	176	0.02458	122	152.901
81	5-205	0.01547	56	0.03461	142	152.865
82	1-420	0.04472	16	0.04843	157	152.863
83	1-411	0.02400	44	0.05470	162	152.828

84	5-204	0.00818	76	0.06461	169	152.669
85	5-206	0.01126	69	0.08733	196	152.635
86	5-91	0.00235	93	-0.19706	8	152.618
87	5-79	0.01521	57	-0.12420	29	152.547
88	3-324	-0.04328	178	0.01783	110	152.325
89	3-323	-0.04156	173	0.03069	133	152.305
90	3-327	-0.05228	192	-0.01217	73	152.305
91	5-92	-0.04265	177	-0.22277	3	152.109
92	3-174	-0.04513	182	0.02195	117	152.024
93	1-412	-0.01886	134	0.12755	213	152.022
94	3-177	-0.04899	187	0.02803	130	151.953
95	4-1	0.02508	42	0.02609	127	151.904
96	3-175	-0.03598	166	0.10260	206	151.878
97	2-201	0.03691	28	0.08198	189	151.737
98	3-26	0.00918	75	0.01062	99	151.691
99	3-25	-0.00839	116	-0.05795	50	151.685
100	2-116	-0.05494	194	-0.00100	90	151.489
101	2-123	-0.04423	180	0.04186	151	151.489
102	2-205	0.01420	58	0.08198	189	151.438
103	5-71	0.01394	59	-0.23693	2	151.410
104	5-31	-0.00799	114	-0.16071	22	151.401
105	3-943	0.00621	85	-0.08688	39	151.383
106	5-72	0.00194	94	-0.23693	2	151.252
107	5-30	-0.01956	137	-0.16071	22	151.248
108	5-70	0.00794	77	-0.19407	10	151.190
109	2-203	-0.01923	135	0.03912	149	151.138
110	5-27	0.00415	89	-0.03224	57	151.137
111	3-942	-0.03236	157	-0.12973	28	151.015
112	3-941	-0.05293	193	-0.15973	23	150.843
113	4-2	-0.05884	201	0.03108	134	150.780
114	3-972	0.01288	61	-0.02659	62	150.601
115	1-612	0.02939	39	0.07740	186	150.586
116	3-975	0.01973	51	0.05912	164	150.409
117	1-613	0.00111	96	0.02169	116	150.397

118	4-202	0.03389	32	-0.16431	20	150.354
119	3-952	-0.03287	159	-0.09066	35	150.157
120	3-954	-0.01616	130	-0.00494	85	150.094
121	4-203	0.00046	97	-0.17716	18	149.955
122	2-331	-0.00424	109	-0.01052	75	149.881
123	3-961	0.01800	54	0.00611	96	149.874
124	2-334	-0.00688	112	-0.00830	76	149.839
125	2-332	-0.01947	136	-0.02011	65	149.712
126	3-960	-0.00086	103	-0.00675	80	149.667
127	3-963	0.00514	86	0.02325	120	149.647
128	3-5	0.02313	46	-0.11741	31	148.890
129	1-400	0.05692	5	0.00934	98	148.751
130	3-1	0.02999	38	-0.04455	54	148.740
131	2-375	-0.03891	170	-0.01314	71	148.673
132	2-377	-0.03377	161	0.01686	109	148.642
133	4-246	-0.01080	119	-0.18520	12	148.620
134	3-313	-0.02958	152	0.03508	144	148.601
135	1-469	0.01030	73	-0.06906	42	148.590
136	2-70	-0.07627	213	0.00706	97	148.502
137	1-404	0.04096	20	0.03472	143	148.457
138	2-69	-0.07713	214	0.01992	115	148.449
139	1-466	0.02230	48	0.03380	140	148.409
140	4-247	-0.02708	146	-0.18520	12	148.405
141	1-403	0.01181	68	-0.00813	77	148.214
142	3-314	-0.06889	209	0.04405	152	148.053
143	3-315	-0.08387	217	0.08185	187	147.730
144	1-455	0.03353	33	-0.06112	47	147.490
145	3-403	0.01095	70	0.08200	190	147.314
146	2-735	-0.01860	131	0.01357	104	147.267
147	2-90	-0.02102	138	0.07623	183	147.217
148	3-404	-0.01876	132	0.00490	95	147.176
149	2-733	-0.01174	121	0.06929	173	147.174
150	2-734	-0.00017	102	0.12500	212	147.143
151	2-343	0.00460	88	0.03140	135	147.057

152	3-405	-0.02219	141	0.03274	137	147.039
153	2-346	-0.01312	125	-0.01907	66	146.989
154	2-304	-0.04934	189	-0.00466	86	146.823
155	2-76	-0.06988	210	0.00337	93	146.813
156	2-302	-0.04934	189	0.03820	147	146.681
157	2-300	-0.03001	153	0.12486	211	146.650
158	1-623	-0.05737	197	0.05266	161	146.550
159	1-624	-0.06209	204	0.06980	175	146.432
160	1-311	0.06250	4	0.05988	165	146.268
161	1-312	0.05265	8	0.07274	179	146.095
162	1-491	0.04627	13	0.01453	105	146.090
163	2-107	-0.01203	122	0.02587	126	146.058
164	2-109	-0.00259	107	0.09632	200	145.950
165	1-477	0.03942	24	0.04453	154	145.901
166	1-313	0.04065	21	0.08559	194	145.895
167	1-492	0.00770	78	-0.07118	40	145.864
168	3-993	0.03301	35	-0.08902	36	145.754
169	2-902	0.03637	29	0.04102	150	145.730
170	2-326	-0.03024	154	0.01662	108	145.348
171	2-325	-0.03581	165	0.02947	131	145.232
172	2-904	-0.01463	126	0.01531	107	145.142
173	3-992	-0.00984	118	-0.05902	49	145.089
174	5-2	0.02874	41	-0.03702	56	144.769
175	5-4	0.01079	72	-0.00794	79	144.436
176	5-1	0.03279	37	0.09769	201	144.378
177	3-200	-0.05820	198	-0.01546	69	144.153
178	3-196	-0.06335	205	0.01454	106	143.987
179	5-45	0.00009	100	-0.09440	34	143.404
180	5-44	-0.00977	117	-0.06440	43	143.175
181	5-43	-0.01534	127	0.04703	155	142.734
182	2-215	0.00115	95	0.00107	92	142.369
183	4-165	0.04419	17	-0.01500	70	142.305
184	2-213	0.00005	101	0.02692	128	142.269
185	4-166	-0.01281	124	-0.21643	4	142.217

186	5-65	0.04174	19	-0.18513	14	142.187
187	5-62	0.06703	2	-0.06942	41	142.139
188	2-723	-0.00111	104	0.10104	203	142.053
189	2-96	-0.04990	190	0.06026	166	141.873
190	2-214	-0.03493	163	0.01355	103	141.851
191	2-99	-0.06748	207	0.00026	91	141.839
192	4-167	-0.01281	124	-0.10071	32	141.835
193	2-97	-0.07519	212	0.03026	132	141.638
194	5-349	-0.06601	206	-0.02552	63	141.352
195	5-60	-0.02169	139	-0.18513	14	141.350
196	3-412	-0.03327	160	0.08759	197	141.154
197	5-347	-0.07887	215	-0.01266	72	141.140
198	3-411	-0.04711	184	0.07670	184	141.007
199	3-410	-0.05182	191	0.06384	168	140.988
200	4-265	0.04558	15	-0.19696	9	140.897
201	5-26	0.02273	47	0.08521	193	140.876
202	3-348	-0.02204	140	0.06968	174	140.842
203	3-346	-0.02718	147	0.05253	160	140.830
204	4-269	0.05501	6	-0.09839	33	140.696
205	4-264	0.03315	34	-0.18411	15	140.691
206	5-25	0.00345	90	0.08521	193	140.622
207	5-304	-0.01882	133	-0.00231	88	140.470
208	5-305	-0.02911	151	0.05769	163	140.137
209	2-602	-0.02757	148	-0.00284	87	139.584
210	2-601	-0.05971	202	0.02716	129	139.061
212	5-51	0.04847	11	-0.06173	46	137.452
212	5-52	0.04847	11	-0.06173	46	137.452
213	1-503	0.00337	91	-0.04833	52	137.339
214	1-603	0.01239	66	0.03838	148	137.172
215	1-600	0.00039	98	0.01267	101	137.098
216	1-601	-0.04204	175	0.02552	124	136.496
217	1-499	-0.05877	200	0.20881	216	135.670

$$\text{Index} = 150 + 5.0\text{LS} + 1.5\text{LW} + 13.2\text{ADG} - 3.3\text{BF}$$

랜드레이스종 종빈돈 87두에 대한 복당산자수와 보정된 21일령 복당체중의 육종가, 형질별로 계산된 육종가의 순위 그리고 종빈돈의 종합순위를 결정하는데 이용된 선발지수의 추정치가 table 3-55에 표시되어 있다. 종빈돈의 종합순위를 결정하는 데는 다음의 선발지수를 이용하였다.

$$I_3 = 150 + 5.0 LS + 1.5 LW$$

보정된 21일령 복당체중의 육종가 순위와 복당산자수의 육종가 순위가 높은 개체가  $I_3$ 에 의한 종합순위도 높은 경향이 있었다.

Table 3-55. Breeding values of the sows and the ranks estimated by single trait mixed model for the reproductive traits in Landraces

Rank	Animal No.	Litter size		Litter wt. at 21 days		Index
		BV	Rank	BV	Rank	
1	2-310	2.33628	3	5.14217	2	169.395
2	3-59	3.15434	1	0.52701	43	166.562
3	3-57	2.66751	2	2.08793	18	166.469
4	3-430	2.11653	5	3.32598	6	165.572
5	0458	1.80000	7	2.92778	10	163.392
6	0374	2.22893	4	0.92139	34	162.527
7	2-2	1.54912	8	3.03532	9	162.299
8	1-347	0.97718	14	3.79861	4	160.584
9	2-271	1.97349	6	-0.30086	58	159.416
10	3-111	0.23133	39	5.50127	1	159.409
11	4-19	1.17026	9	2.31380	15	159.322
12	0411	1.10524	11	2.29162	16	158.964
13	1-346	1.14752	10	2.08102	19	158.859
14	1-365	0.78240	19	3.20618	7	158.721
15	4-554	0.68667	22	3.36670	5	158.483

16	2-311	0.38711	30	4.15970	3	158.175
17	2-324	1.01439	13	2.04837	20	158.144
18	5-104	0.81627	18	2.34303	14	157.596
19	1549	0.69476	21	1.96929	21	156.428
20	4-775	0.35322	31	3.04347	8	156.331
21	2-504	0.83471	17	1.23378	30	156.024
22	9-899	0.93116	15	0.73519	38	155.759
23	5-206	0.60743	24	1.67472	22	155.549
24	2-334	0.51438	27	1.61458	24	154.994
25	5-2	0.16547	43	2.48036	12	154.548
26	2-332	0.33837	32	1.56773	25	154.043
27	0433	0.55262	26	0.77585	37	153.927
28	2-122	0.24936	38	1.67325	23	153.757
29	5-124	0.31521	34	1.33916	28	153.585
30	3-27	0.66632	23	0.14196	50	153.545
31	3-39	-0.22364	55	2.71541	11	152.955
32	2-331	0.51438	27	0.17107	49	152.829
33	9-46	0.30371	37	0.83736	36	152.775
34	1-346	0.33497	33	0.67795	39	152.692
35	5-4	0.18597	42	1.04280	32	152.494
36	2-514	0.87848	16	-1.30643	68	152.433
37	4-111	0.70885	20	-0.88902	63	152.211
38	0610	-0.02893	49	1.38767	27	151.937
39	5-57	0.14689	44	0.61622	40	151.659
40	3-405	0.06381	45	0.85733	35	151.605
41	4-149	0.30881	35	-0.01553	53	151.521
42	3-313	0.30790	36	-0.35010	59	151.014
43	0759	0.57107	25	-1.25308	66	150.976
44	6-164	-0.00061	47	0.30435	47	150.453
45	0532	-0.02893	49	0.39260	45	150.444
46	3-175	0.21429	41	-0.48511	61	150.344
47	3-315	-0.12068	52	0.59647	41	150.291
48	2-124	0.02933	46	-0.16264	56	149.903
49	3-177	-0.21429	54	0.48511	44	149.656

50	5-135	-0.26991	57	0.58810	42	149.533
51	0538	-0.55262	63	1.41839	26	149.364
52	2-340	1.04734	12	-4.06200	87	149.144
53	3-147	-0.82331	73	2.14935	17	149.107
54	1-419	-0.28868	58	-0.22010	57	148.226
55	5-324	-0.36419	60	0.01216	52	148.197
56	2-107	-0.72765	71	1.19297	31	148.151
57	2-134	-0.79150	72	1.32549	29	148.031
58	2-145	-0.44091	61	-0.03275	54	147.746
59	2-300	-0.01122	48	-1.59093	72	147.557
60	4-147	-0.54173	62	0.12673	51	147.481
61	4-2	-0.12428	53	-1.28012	67	147.458
62	6-239	-0.60700	66	0.31650	46	147.440
63	4-245	0.38780	29	-3.22616	82	147.100
64	1-400	-0.69515	70	0.21424	48	146.846
65	4-117	-1.45529	84	2.38595	13	146.302
66	2-161	0.22946	40	-3.56351	84	145.802
67	2-272	-0.24132	56	-2.10195	75	145.640
68	1-423	-0.03044	51	-2.88036	78	145.527
69	2-346	-0.29498	59	-2.09305	74	145.386
70	3-412	-1.28108	79	0.95317	33	145.024
71	3-106	-0.65867	67	-1.22395	65	144.871
72	9-119	-0.66829	69	-1.59426	73	144.267
73	0414	-1.37107	80	-0.03540	55	143.092
74	4-120	-1.02672	75	-1.42398	70	142.730
75	2-215	-0.59128	65	-3.09519	81	142.401
76	5-67	-1.17985	77	-1.16247	64	142.357
77	3-103	-0.66495	68	-3.02410	80	142.139
78	6-650	-1.50707	85	-0.38822	60	141.882
79	1374	-0.55262	63	-3.71001	85	141.672
80	6-647	-1.54470	86	-0.60926	62	141.363
81	1116	-1.37107	80	-1.41318	69	141.025
82	1-177	-1.40119	82	-1.42436	71	140.857
83	7-590	-1.06595	76	-2.63944	76	140.711

84	2-214	-1.01986	74	-3.30817	83	139.938
85	0467	-1.24738	78	-2.74514	77	139.645
86	5-4	-1.42694	83	-3.82040	86	137.135
87	0443	-1.80000	87	-2.92778	79	136.608

$$\text{Index} = 150 + 5.0\text{LS} + 1.5\text{LW}$$

랜드레이스종 검정돈 수컷에 있어 능력형질의 표현형가와 육종가 추정치간의 상관계수는 일당증체량에서 0.915, 등지방두께에서 0.762 그리고 사료요구율에서 0.516으로 추정되었다. 랜드레이스종 검정돈 암컷에 있어 능력형질의 표현형가와 육종가 추정치간의 상관계수는 일당증체량에서 0.895 그리고 등지방두께에서 0.809로 추정되었다. 랜드레이스종 종빈돈에 있어 번식형질의 표현형가와 육종가 추정치간의 상관계수는 복당산자수에서 0.752 그리고 21일령 복당체중에서 0.709로 추정되었다.

축산기술연구소 종축개발부에서 계통을 조성하고 있는 대요크셔종 돼지에 대한 능력 검정 선택과 번식 성적에 근거하여 주요 경제 형질의 육종가를 추정하였다.

본 연구에 이용된 대요크셔종 검정돈중 경제 형질의 육종가를 추정한 두수는 암컷320두, 수컷281두 이었으며 육종가가 추정된 번식모돈의 두수는 178두이었다.

검정돈의 일당증체량과 등지방두께에 대한 육종가와 사료요구량에 대한 육종가 그리고 종빈돈의 복당산자수와 21일령 복당체중에 대한 육종가를 추정하기 위하여는 단형질 혼합모형을 이용하였으며 각 형질의 육종가 추정에 이용된 혼합모형은 1927년도에 대요크셔종의 자료의 분석에 이용된 모형과 같다.

Table 3-56, 3-57에는 대요크셔종 검정돈 수컷과 암컷에 대한 경제형질의 육종가 추정치와 형질별로 계산된 육종가의 순위 그리고 선발지수에 근거한 검정돈의 혼합순위가 표시되어 있다.

Table 3-56. Breeding values of the tested moles and the ranks estimated by single trait mixed model for the performance traits in Large Yorkshires (total number of moles is 281)

Rank	Animal No.	ADG		BF		FE		Index
		BV	Rank	BV	Rank	BV	Rank	
1	0-069	0.04000	75	-0.08437	18	-0.00701	161	160.282
2	0-066	0.00215	178	-0.06734	28	0.01208	203	159.305
3	0-067	-0.01970	221	-0.09984	14	0.01208	203	159.025
4	0-062	-0.00966	199	-0.02573	73	0.00300	188	158.946
5	6-262	0.04051	71	0.10381	196	-0.14134	5	158.258
6	0-573	0.03023	102	0.16524	247	-0.00708	160	157.865
7	0-163	0.03574	89	-0.00010	104	-0.02108	136	157.843
8	0-566	0.01495	145	0.18024	254	-0.03884	103	157.737
9	0-561	0.01792	136	0.19524	263	-0.03884	103	157.725
10	0-390	-0.02323	229	-0.08631	17	-0.06016	76	157.513
11	0-563	0.02692	112	0.25949	276	-0.01024	154	157.381
12	6-257	0.04412	63	0.09131	190	0.05984	249	156.839
13	0-176	0.09280	12	0.09386	193	-0.06378	68	156.650
14	0-393	-0.05030	270	-0.07706	25	-0.00509	168	156.509
15	0-690	0.00938	162	-0.04500	52	-0.06825	61	156.460
16	6-275	0.02709	111	-0.02667	72	0.00192	185	156.435
17	0-677	0.00641	167	-0.02000	79	-0.06825	61	156.284
18	0-395	-0.05200	272	-0.03206	66	-0.00509	168	156.264
19	0-696	0.02868	105	0.00750	109	-0.02236	135	156.242
20	0-999	0.03521	91	-0.08077	22	-0.00271	177	156.204
21	0-950	0.09441	11	0.04647	153	-0.00818	159	156.040
22	6-361	0.11514	2	-0.00666	96	-0.11152	18	155.893
23	0-090	0.01782	137	-0.06094	32	0.00731	197	155.757
24	0-070	0.06612	30	0.22625	270	-0.03729	109	155.746
25	0-169	0.06259	38	0.15961	242	-0.06062	74	155.719
26	0-057	0.05594	46	0.19625	264	-0.03729	109	155.685
27	0-075	0.03846	79	0.05502	162	0.01417	209	155.568
28	0-072	0.03697	84	0.13002	220	-0.01936	140	155.444

29	0-947	0.08167	16	0.05209	159	0.03724	234	155.411
30	0-705	0.02424	117	0.03588	140	-0.07183	55	155.372
31	6-359	0.10920	4	0.08334	185	-0.11152	18	155.352
32	0-706	0.01185	154	-0.01587	84	-0.06867	60	155.346
33	0-709	0.03858	78	0.06163	168	-0.04573	93	155.334
34	0-909	0.04033	73	-0.00392	100	-0.03106	118	155.322
35	0-901	0.05238	49	0.05724	165	-0.02895	121	155.257
36	0-096	0.03837	80	0.04250	146	0.03128	224	155.218
37	0-241	0.04119	68	-0.01799	81	0.08484	261	155.165
38	0-200	0.05607	45	0.18713	256	-0.04568	94	155.139
39	0-454	0.06609	31	-0.02460	74	-0.05341	83	155.092
40	0-764	0.03747	83	-0.02710	71	-0.06399	67	154.885
41	0-067	0.02801	108	0.13050	221	0.03720	233	154.868
42	6-362	0.10178	7	-0.00666	96	-0.01093	153	154.854
43	0-902	0.01604	141	0.10642	198	0.05764	247	154.743
44	0-451	0.06688	28	0.04086	143	-0.04005	101	154.697
45	0-246	0.01876	134	-0.00913	91	0.08651	262	154.666
46	0-722	0.05081	52	0.19173	260	-0.11711	16	154.657
47	0-724	0.02352	119	0.08599	186	-0.12027	13	154.638
48	0-371	0.00350	170	0.04520	151	0.00181	184	154.601
49	0-319	0.05537	47	0.17671	253	-0.04624	92	154.589
50	0-944	0.05147	50	0.12222	209	0.03380	230	154.510
51	0-207	0.02257	121	0.18538	255	-0.04781	91	154.501
52	0-095	0.02840	106	0.11500	203	0.06834	252	154.394
53	0-144	0.11838	1	-0.03837	60	0.01532	211	154.362
54	0-139	0.11188	3	-0.05412	42	0.01215	205	154.331
55	0-093	0.02225	122	0.17000	250	0.03128	224	154.299
56	0-912	0.02522	116	-0.04127	57	-0.11862	15	154.225
57	0-315	0.03498	92	0.15515	238	-0.03366	113	154.189
58	0-934	0.10472	6	0.12125	207	-0.05891	77	154.092
59	0-205	0.02879	104	0.19211	261	0.02116	217	154.061
60	0-291	0.03148	97	-0.04098	58	-0.13005	7	154.055
61	0-330	0.05693	44	0.13534	226	-0.03749	108	154.028
62	0-325	0.05297	48	0.08695	187	-0.01480	146	154.003



97	0-974	0.04926	54	0.05399	160	-0.07626	46	152.919
98	0-992	0.07104	25	-0.15101	3	-0.05053	88	152.913
99	0-194	0.06113	41	0.15398	237	-0.01194	152	152.901
100	0-053	0.07503	22	0.09241	192	-0.00109	181	152.848
101	0-979	0.06326	36	0.09399	194	-0.05332	84	152.831
102	0-017	0.08113	17	0.25291	273	-0.10071	27	152.812
103	0-937	0.04055	70	0.12486	212	-0.07982	41	152.775
104	0-372	-0.05650	273	0.01319	114	0.10480	272	152.770
105	0-103	0.04603	60	0.01414	118	-0.09088	35	152.698
106	0-099	0.04734	58	0.04432	149	-0.10584	24	152.697
107	0-051	0.04485	61	-0.01211	88	0.00025	183	152.684
108	0-311	0.09455	10	-0.10477	12	-0.11100	20	152.657
109	0-062	-0.04313	261	-0.07765	24	0.03804	235	152.640
110	0-712	0.05705	43	-0.08090	21	-0.06184	71	152.635
111	0-654	-0.03571	249	0.12391	211	-0.02622	126	152.584
112	0-066	-0.04131	257	0.00060	105	0.00767	198	152.542
113	0-723	0.01089	158	-0.17014	2	-0.00497	170	152.510
114	0-073	0.01276	150	0.05126	157	0.01993	215	152.505
115	0-249	0.05100	51	0.20140	265	-0.08963	36	152.482
116	0-250	0.03132	100	0.13878	228	-0.09110	34	152.398
117	0-079	0.06379	33	0.08875	188	-0.06625	64	152.343
118	0-312	0.08047	18	-0.11388	10	-0.09840	29	152.324
119	0-059	0.07395	23	0.19089	259	0.00422	193	152.323
120	0-333	0.01560	143	0.14529	233	-0.00103	182	152.321
121	0-337	-0.01363	213	0.01719	122	0.00276	187	152.315
122	0-637	-0.02432	232	-0.05612	40	-0.00256	178	152.299
123	0-091	0.08473	15	0.18846	258	-0.06625	64	152.289
124	0-153	0.03567	90	-0.03709	63	0.00340	190	152.274
125	4-641	-0.04177	258	0.15893	241	-0.12125	12	152.223
126	0-193	0.02838	107	0.08973	189	0.03358	229	152.203
127	0-340	-0.01140	207	0.07365	181	-0.00621	164	152.163
128	0-077	-0.01207	208	0.02626	128	0.01993	215	152.131
129	6-411	0.04048	72	0.12214	208	0.01840	213	152.126
130	0-151	0.03664	85	-0.00384	101	0.00656	195	152.113

131	0-374	-0.08515	284	0.05461	161	0.09226	263	152.105
132	0-145	0.04877	55	-0.04159	56	-0.07741	44	152.092
133	0-963	0.04459	62	0.10852	199	-0.04867	89	152.049
134	4-637	-0.03867	255	0.16867	249	-0.09211	32	152.014
135	0-994	0.01940	133	-0.13482	6	-0.07636	45	152.013
136	0-990	0.02258	120	-0.14732	4	-0.06047	75	152.013
137	0-199	0.00300	174	0.06399	171	0.03042	223	151.846
138	0-060	0.02607	114	0.12750	216	-0.01544	145	151.824
139	0-992	0.06365	34	0.11108	200	-0.04098	98	151.782
140	0-633	-0.03654	251	0.01563	121	-0.00572	166	151.744
141	0-217	0.02033	127	-0.05998	36	0.07197	256	151.740
142	0-052	0.00345	171	0.01116	112	0.01900	214	151.730
143	0-254	0.03641	87	0.13628	227	0.01478	210	151.696
144	0-553	-0.00120	188	0.05958	166	-0.07754	42	151.577
145	0-675	0.04872	56	0.06129	167	-0.07394	52	151.574
146	0-556	-0.00044	184	0.06783	177	-0.07438	50	151.529
147	0-154	0.00922	163	-0.03743	62	-0.04317	95	151.521
148	0-602	0.02103	125	0.05183	158	-0.00339	173	151.520
149	0-670	0.05816	42	0.13432	224	-0.07079	58	151.393
150	0-967	0.00980	161	0.13352	223	-0.04867	89	151.243
151	0-236	0.03824	81	0.02746	131	0.04787	241	151.230
152	6-392	0.09802	8	0.29252	280	-0.11087	21	151.100
153	0-606	-0.03711	253	-0.08815	16	-0.00398	171	151.031
154	6-400	0.03656	86	0.11403	201	-0.15054	4	151.028
155	0-219	0.02024	128	0.01077	111	0.12984	279	150.960
156	0-595	-0.01208	209	-0.02065	78	0.03308	228	150.924
157	0-114	0.04161	67	-0.02932	70	-0.08320	40	150.882
158	0-991	0.01627	140	0.10610	197	-0.04098	98	150.868
159	0-745	0.01498	144	-0.13138	8	-0.10704	22	150.821
160	0-115	0.04296	64	-0.00507	99	-0.08637	38	150.819
161	6-394	0.03487	93	0.20403	266	-0.17877	1	150.788
162	0-162	-0.01002	202	-0.06834	26	0.02773	219	150.740
163	0-243	0.01842	135	0.05048	156	0.05100	242	150.706
164	0-150	0.01411	149	0.06916	179	-0.05130	86	150.684

165	0-503	-0.04481	263	-0.06006	35	-0.01976	138	150.644
166	0-510	-0.04643	266	-0.06081	33	-0.02292	134	150.640
167	0-220	-0.01213	210	-0.04498	53	0.12668	276	150.605
168	0-596	-0.03639	250	-0.04890	45	0.02992	221	150.600
169	0-507	-0.04431	262	-0.04581	51	-0.01939	139	150.585
170	8-350	-0.00035	183	-0.05405	43	0.01309	207	150.567
171	0-525	0.03253	95	0.01549	120	-0.02937	120	150.552
172	0-932	0.01443	147	-0.04810	46	0.01247	206	150.453
173	0-501	-0.06497	276	-0.09756	15	-0.01623	143	150.394
174	8-355	-0.01096	205	-0.05905	38	0.01309	207	150.380
175	0-492	-0.02650	234	0.16732	248	-0.07437	51	150.358
176	0-163	-0.01556	216	-0.03481	65	0.04289	237	150.356
177	0-361	0.00730	165	0.16165	245	-0.08528	39	150.309
178	0-142	0.00287	176	0.07868	182	-0.03330	114	150.278
179	0-496	-0.04801	267	0.11557	204	-0.07121	57	150.151
180	0-750	0.01202	153	-0.10877	11	-0.07553	47	150.128
181	0-360	0.00844	164	0.21079	268	-0.08843	37	150.125
182	0-750	0.00607	169	-0.01638	83	-0.10704	22	150.104
183	0-610	0.03138	98	0.04695	154	-0.01249	147	149.913
184	0-647	-0.02123	226	-0.03990	59	0.00363	192	149.816
185	0-363	-0.01908	219	0.18834	257	-0.10428	26	149.807
186	4-670	-0.07175	279	0.04980	155	0.00339	189	149.732
187	0-031	-0.02052	222	-0.05584	41	-0.07299	54	149.679
188	0-206	0.09556	9	0.12862	218	-0.06132	73	149.651
189	0-032	-0.01084	204	-0.01010	90	-0.06983	59	149.632
190	0-212	0.04254	65	-0.13276	7	-0.02853	122	149.577
191	0-527	-0.01592	217	0.01874	125	-0.02620	127	149.553
192	0-006	0.04028	74	-0.04678	50	0.09916	266	149.529
193	0-960	0.00180	180	0.06671	175	-0.06665	63	149.419
194	0-963	-0.00295	192	0.04496	150	-0.06348	69	149.403
195	0-102	0.06666	29	0.03428	135	0.10500	273	149.360
196	0-041	0.00331	172	-0.04779	48	-0.06196	70	149.305
197	0-609	0.02001	129	0.16370	246	-0.01565	144	149.164
198	0-771	0.02415	118	0.03521	139	-0.00851	157	149.162

199	0-037	-0.00271	191	-0.04704	49	-0.05879	78	149.157
200	4-669	-0.07338	280	0.04259	147	0.08284	259	149.122
201	0-792	-0.02880	240	-0.01450	85	-0.01899	142	149.089
202	0-011	-0.03668	252	-0.00762	95	0.06995	254	149.065
203	0-779	0.02564	115	0.07271	180	-0.00321	174	148.974
204	0-773	-0.02880	240	-0.02450	75	0.00925	201	148.918
205	4-667	-0.08424	283	0.02662	129	0.09491	264	148.889
206	0-667	-0.02115	225	0.01360	116	-0.03234	116	148.813
207	0-665	-0.00765	196	0.06684	176	-0.02741	125	148.792
208	0-470	-0.03743	254	-0.03774	61	-0.04269	96	148.780
209	0-027	-0.02693	236	0.01335	115	-0.00960	155	148.711
210	0-767	-0.00452	193	0.08173	184	0.00799	199	148.664
211	0-955	-0.02069	223	0.03671	141	-0.00665	163	148.653
212	0-551	-0.00212	190	-0.06355	30	-0.02370	130	148.649
213	0-101	0.06361	35	0.12753	217	0.13640	281	148.619
214	0-007	-0.01938	220	-0.02934	69	0.05328	244	148.619
215	0-479	-0.04536	264	-0.10199	13	-0.00247	179	148.615
216	0-956	-0.02268	228	0.03496	137	-0.00348	172	148.597
217	0-014	-0.05180	271	0.09823	195	0.03654	232	148.525
218	0-775	-0.01128	206	0.01521	119	-0.00321	174	148.513
219	0-103	0.06497	32	0.21428	269	0.10500	273	148.480
220	0-543	-0.00602	195	-0.04280	54	-0.02053	137	148.450
221	4-701	-0.00993	200	0.04152	145	-0.10532	25	148.434
222	0-661	-0.02582	233	0.08110	183	-0.03057	119	148.390
223	0-199	-0.00059	186	0.25872	274	0.03172	227	148.351
224	0-404	-0.03290	245	0.05585	163	-0.02820	123	148.345
225	0-757	0.03930	77	-0.02128	77	0.03026	222	148.315
226	0-550	0.01252	151	0.04145	144	-0.00605	165	148.309
227	0-776	-0.04930	268	0.03475	136	0.00608	194	148.258
228	0-037	0.00981	160	0.03923	142	-0.04204	97	148.224
229	0-667	0.01236	152	0.20538	267	0.07070	255	148.120
230	0-197	0.00289	175	0.32797	284	0.02856	220	148.118
231	0-544	-0.02087	224	-0.06030	34	-0.00289	176	148.102
232	0-772	-0.03525	248	0.02521	126	-0.00851	157	148.032

233	0-672	-0.00920	197	0.11714	205	0.08165	258	148.023
234	0-471	-0.06891	277	-0.01199	89	-0.03953	102	148.011
235	0-663	-0.01056	203	0.11788	206	0.08482	260	147.968
236	0-272	0.03769	82	0.01251	113	0.10211	270	147.933
237	0-665	0.01117	157	0.24713	272	0.06754	251	147.924
238	0-002	-0.01654	218	0.06491	174	0.09953	267	147.876
239	0-477	-0.08262	282	-0.08024	23	-0.00563	167	147.800
240	0-279	0.01033	159	0.00251	107	0.05976	248	147.764
241	4-700	-0.01216	211	0.14354	232	-0.07473	48	147.674
242	0-290	0.01179	155	0.02855	132	0.07491	257	147.554
243	0-511	-0.03905	256	-0.06814	27	0.12399	275	147.388
244	6-420	-0.02159	227	-0.01375	86	-0.02305	132	147.155
245	0-204	-0.04281	260	0.31872	283	0.04584	239	147.124
246	6-313	0.00068	181	-0.03006	68	-0.09973	28	147.113
247	6-311	-0.02837	238	-0.11609	9	-0.11488	17	147.059
248	4-699	-0.02652	235	0.15573	239	-0.03854	107	147.054
249	0-516	-0.06013	275	-0.05989	37	0.12715	277	146.907
250	0-593	0.03134	99	0.13439	225	-0.12337	11	146.892
251	6-421	-0.04281	259	-0.00875	92	-0.02305	132	146.712
252	0-354	0.02058	126	-0.14507	5	0.02161	218	146.641
253	0-175	-0.00059	185	0.01018	110	0.06607	250	146.585
254	0-700	0.03971	76	0.09241	191	0.04728	240	146.559
255	0-177	-0.01264	212	0.00158	106	0.04416	238	146.555
256	0-576	0.03304	94	0.13939	229	-0.07749	43	146.549
257	0-696	0.01640	139	0.02556	127	0.03157	226	146.533
258	0-047	0.02677	113	0.29639	281	-0.06158	72	146.455
259	0-193	0.00018	182	0.06342	170	0.05511	245	146.434
260	0-591	-0.01435	214	0.04264	148	-0.12021	14	146.394
261	0-346	0.01952	132	-0.05817	39	0.00856	200	146.312
262	0-044	0.01433	148	0.26300	278	-0.05124	87	146.286
263	0-043	0.01149	156	0.23639	271	-0.03864	106	146.257
264	0-703	0.03228	96	0.15999	243	0.03470	231	146.191
265	0-109	-0.03511	247	0.01809	123	0.13176	280	146.089
266	0-106	-0.05889	274	-0.01337	87	0.09750	265	146.030

267	0-412	-0.03488	246	0.01818	124	-0.06611	66	145.699
268	6-310	-0.04950	269	0.06816	178	-0.09157	33	145.595
269	0-414	-0.03066	242	-0.00329	102	-0.01919	141	145.522
270	0-420	-0.03212	244	0.03318	134	-0.03258	115	145.425
271	0-107	-0.08064	281	-0.01766	82	0.12860	278	145.380
272	0-536	0.01957	131	0.15209	236	-0.01211	149	145.009
273	0-537	0.02127	123	0.17459	252	-0.01211	149	144.937
274	0-735	0.04248	66	0.15074	235	0.05325	243	144.621
275	0-165	-0.00202	189	-0.02312	76	-0.01247	148	144.500
276	0-169	-0.00995	201	-0.05237	44	-0.00931	156	144.456
277	0-024	-0.02399	231	-0.00844	94	0.14761	283	144.294
278	0-736	0.02776	109	0.17149	251	0.05641	246	144.207
279	0-022	-0.04605	265	0.02906	133	0.09996	269	144.048
280	0-171	-0.03108	243	-0.01812	80	0.01576	212	143.683
281	0-029	-0.07058	278	0.01400	117	0.14857	284	143.259

$$\text{Index} = 150 + 5.0\text{LS} + 1.5\text{LW} + 19.8\text{ADG} - 7.7\text{FE} - 4.7\text{BF}$$

Table 3-57. Breeding values of the tested females and the ranks estimated by single trait mixed model for the performance traits in Large Yorkshires (total number of moles is 320)

Rank	Animal No.	ADG		BF		Index
		BV	Rank	BV	Rank	
1	0-063	0.02651	134	-0.00563	115	159.408
2	0-065	0.00065	221	-0.02964	89	159.146
3	0-571	0.02138	153	0.11719	235	157.884
4	0-569	0.01584	169	0.20318	297	157.527
5	6-255	0.02575	138	-0.09203	31	157.499
6	0-161	0.03268	116	-0.00912	109	157.434
7	0-565	0.00878	196	0.22794	310	157.353
8	0-160	0.00603	210	-0.07144	48	157.288
9	0-162	0.01301	175	-0.03903	85	157.273

10	0-397	-0.01434	258	-0.10595	25	157.264
11	0-564	0.01298	176	0.32229	322	157.097
12	6-261	0.03647	109	0.12401	243	156.927
13	0-263	0.05452	66	0.00947	134	156.841
14	0-265	0.03046	124	-0.07626	46	156.806
15	0-264	0.06412	50	0.06841	198	156.773
16	6-256	0.01719	166	0.12040	239	156.684
17	0-392	-0.05974	316	-0.10861	23	156.674
18	0-394	-0.05613	315	-0.09111	32	156.664
19	0-695	0.02678	133	-0.02679	93	155.980
20	0-679	-0.00371	230	-0.09055	33	155.787
21	0-064	0.06449	47	0.13070	253	155.633
22	0-002	0.00986	194	-0.11732	18	155.624
23	0-070	0.03950	104	0.02773	154	155.604
24	0-694	0.01017	192	0.02163	147	155.600
25	0-063	0.07149	33	0.18320	283	155.552
26	0-952	0.10146	8	0.05136	179	155.496
27	0-245	0.03302	114	-0.04157	81	155.491
28	0-056	0.06449	47	0.18320	283	155.460
29	0-066	0.05889	61	0.16895	275	155.433
30	0-675	-0.01103	250	0.00802	131	155.365
31	0-170	0.06499	44	0.07907	205	155.360
32	0-240	0.00730	205	-0.09873	27	155.340
33	0-175	0.06872	37	0.10981	229	155.308
34	0-079	0.01280	178	0.04072	172	155.209
35	0-797	0.00754	202	0.08413	210	155.191
36	0-946	0.07649	25	0.04992	177	155.171
37	0-092	0.04326	87	0.12486	245	155.058
38	0-949	0.06546	42	0.05492	183	155.009
39	0-003	-0.03134	286	-0.09014	35	154.991
40	0-903	0.05648	62	0.02847	158	154.918
41	0-796	0.00309	217	0.15163	267	154.909
42	0-904	0.06194	56	0.05570	186	154.900
43	0-239	-0.00354	229	0.00108	123	154.867

44	0-073	-0.00548	240	0.09022	215	154.804
45	0-951	0.04227	91	0.03037	162	154.784
46	0-201	0.04865	75	0.14994	266	154.704
47	0-367	0.01245	180	0.06889	199	154.695
48	0-099	0.00957	195	0.12340	242	154.618
49	0-707	0.03256	118	0.10308	226	154.597
50	0-711	0.01997	157	0.06355	193	154.562
51	0-097	0.00992	193	0.14306	259	154.557
52	0-204	0.04950	73	0.20478	298	154.534
53	0-366	0.01095	188	0.12966	252	154.475
54	0-094	0.01032	190	0.17317	278	154.463
55	0-202	0.05563	63	0.25463	315	154.451
56	0-140	0.01886	161	-0.15861	7	154.371
57	0-347	0.07290	29	0.03436	164	154.285
58	0-762	0.05255	69	0.00725	129	154.192
59	0-134	0.09644	10	0.06081	188	154.190
60	0-314	0.02945	128	0.05307	181	154.181
61	6-354	0.08562	19	-0.09042	34	154.152
62	0-453	0.06283	55	-0.01894	100	154.148
63	6-352	0.09412	14	-0.04396	79	154.111
64	0-721	0.03152	119	-0.16144	5	154.059
65	6-360	0.09285	15	-0.02896	91	154.044
66	0-759	0.03090	122	-0.02441	97	154.011
67	0-713	0.02481	142	-0.16914	4	153.996
68	0-341	0.05975	58	0.07436	204	153.980
69	0-132	0.01486	171	-0.05006	69	153.960
70	0-127	0.06525	43	0.00582	127	153.960
71	0-370	-0.00895	247	0.21257	301	153.939
72	0-126	0.05485	65	-0.02668	94	153.930
73	0-329	0.06547	41	0.07215	201	153.875
74	0-662	0.02920	129	0.08161	207	153.787
75	0-726	0.04010	102	0.12652	248	153.762
76	4-915	0.03323	113	0.08325	209	153.747
77	0-317	0.01170	181	0.11655	234	153.737

78	0-715	0.02494	141	-0.08394	40	153.717
79	0-763	0.01914	159	0.02220	148	153.702
80	0-656	0.03132	121	0.12911	251	153.659
81	0-301	0.06819	38	-0.02819	92	153.597
82	0-624	0.00863	197	-0.13984	13	153.588
83	0-714	-0.00527	239	-0.15570	9	153.555
84	0-657	0.01532	170	0.09986	221	153.544
85	0-943	-0.00594	241	-0.04213	80	153.542
86	0-064	-0.02562	277	-0.12420	15	153.494
87	0-043	0.07706	24	0.25038	313	153.425
88	0-332	0.04299	90	0.11965	237	153.421
89	0-331	0.03676	108	0.10304	225	153.394
90	0-729	0.02542	140	0.18369	285	153.380
91	0-316	-0.00230	226	0.18590	288	153.323
92	0-452	0.03291	115	0.11347	232	153.317
93	0-141	0.08747	17	-0.05391	63	153.288
94	0-290	0.04320	89	-0.06399	55	153.235
95	0-032	0.09416	12	0.13260	255	153.234
96	0-937	0.12321	2	0.16003	271	153.233
97	6-324	0.00855	198	-0.09324	29	153.225
98	4-922	0.00682	207	0.14655	261	153.189
99	0-661	-0.01154	251	0.12161	241	153.118
100	0-617	0.01269	179	0.02010	144	153.113
101	0-621	-0.00635	243	-0.04752	74	153.085
102	0-037	0.08653	18	0.15760	270	153.051
103	0-045	0.03865	106	0.21723	305	153.028
104	0-914	0.01303	174	-0.06782	50	153.014
105	0-034	0.09883	9	0.22510	307	152.990
106	0-625	-0.01411	257	-0.04607	76	152.978
107	0-336	-0.00103	223	-0.08615	38	152.958
108	0-079	0.01359	173	-0.01104	107	152.863
109	0-933	0.10200	7	0.19577	290	152.835
110	0-936	0.09635	11	0.18928	289	152.782
111	0-942	0.11105	4	0.25216	314	152.768

112	0-952	0.03734	107	-0.00505	119	152.755
113	0-270	0.02972	126	0.02808	156	152.753
114	0-143	0.06010	57	0.00358	126	152.737
115	0-955	0.04167	93	0.03920	169	152.666
116	0-065	-0.07103	321	-0.05170	65	152.655
117	0-225	0.07205	32	0.02034	145	152.493
118	0-052	0.04335	85	-0.04441	78	152.459
119	0-341	0.00717	206	0.10474	228	152.436
120	0-222	0.04006	103	-0.08314	41	152.412
121	0-930	0.04541	81	0.04006	170	152.412
122	0-247	0.07140	34	0.08148	206	152.403
123	0-060	0.00276	218	-0.14813	11	152.385
124	0-724	0.02297	149	-0.17494	3	152.337
125	0-961	0.01112	186	0.02920	159	152.296
126	0-726	0.02594	137	-0.14994	10	152.293
127	0-256	0.04096	99	-0.00241	120	152.278
128	0-301	0.00431	214	0.02672	153	152.207
129	0-159	0.04893	74	-0.04114	83	152.201
130	0-191	0.03481	110	0.18419	286	152.174
131	0-221	0.02320	148	-0.06403	54	152.127
132	0-019	0.12070	3	0.33037	323	152.122
133	0-294	-0.00319	228	0.02261	149	152.121
134	0-343	-0.02797	282	0.06135	190	152.115
135	6-402	0.02689	132	0.08985	213	152.098
136	0-935	0.02003	156	0.03681	167	152.088
137	4-635	-0.01909	266	0.16643	274	152.062
138	0-020	0.09122	16	0.24137	312	152.026
139	0-976	0.07229	31	0.16494	273	152.020
140	0-075	-0.02375	274	0.10146	223	151.998
141	0-975	0.07313	28	0.17494	279	151.998
142	0-300	-0.00489	234	0.05511	184	151.992
143	0-972	0.05349	68	0.09920	219	151.988
144	0-011	0.10827	5	0.33562	325	151.940
145	0-932	0.01168	182	0.08506	211	151.818

146	0-055	0.06494	45	0.26101	317	151.784
147	0-252	0.05398	67	0.21369	302	151.736
148	0-257	-0.01820	262	-0.11604	19	151.722
149	0-246	0.06964	36	0.05563	185	151.706
150	4-639	-0.03310	289	0.22629	308	151.680
151	0-095	0.02608	136	-0.04626	75	151.650
152	0-261	0.13150	1	0.20035	294	151.642
153	0-254	-0.02548	276	-0.11779	17	151.632
154	0-054	0.01859	162	0.12723	250	151.614
155	0-016	0.06298	53	0.25723	316	151.601
156	0-095	0.05963	59	0.05331	182	151.598
157	0-149	-0.01005	249	-0.09364	28	151.596
158	0-092	0.04131	96	0.04695	174	151.543
159	0-096	0.04156	94	0.04934	176	151.539
160	0-554	0.02713	131	0.03553	166	151.524
161	0-076	0.06377	51	0.10142	222	151.494
162	0-269	0.09415	13	0.10239	224	151.472
163	0-155	-0.01641	260	-0.07864	45	151.462
164	0-711	0.03446	111	-0.09245	30	151.409
165	0-970	0.04097	98	0.14123	258	151.376
166	0-329	0.02551	139	0.01854	142	151.354
167	0-264	0.08188	22	0.09741	218	151.327
168	0-265	0.10303	6	0.20210	296	151.260
169	0-995	0.02447	145	-0.15962	6	151.257
170	0-093	0.04757	78	0.11313	231	151.241
171	0-309	0.07738	23	-0.23672	1	151.240
172	0-991	0.02328	147	-0.15787	8	151.236
173	0-600	-0.02496	275	-0.07120	49	151.227
174	0-605	-0.00954	248	-0.00730	112	151.219
175	0-713	0.02457	143	-0.05320	64	151.149
176	0-995	0.08491	20	0.21672	304	151.134
177	0-331	-0.00192	225	-0.02181	99	151.125
178	0-157	-0.01822	263	-0.13595	14	151.039
179	8-360	0.00154	219	-0.17635	2	151.023

180	0-077	0.03403	112	0.14803	263	150.948
181	0-674	0.06343	52	0.07221	202	150.927
182	0-997	0.00742	203	-0.11368	20	150.880
183	0-599	-0.02748	280	0.02791	155	150.866
184	0-997	0.04473	82	0.14942	264	150.826
185	0-304	0.07523	27	-0.11207	21	150.801
186	8-357	0.00069	220	-0.10885	22	150.789
187	0-155	-0.01839	264	-0.05399	62	150.766
188	0-505	-0.05204	310	-0.08236	42	150.682
189	0-499	0.02247	151	0.21574	303	150.682
190	0-930	0.04072	100	-0.02540	95	150.659
191	0-509	-0.03889	293	-0.01486	102	150.633
192	4-665	-0.06098	318	-0.00529	118	150.625
193	0-364	0.06989	35	0.17269	277	150.620
194	0-672	0.04989	72	0.12704	249	150.567
195	4-664	-0.07306	322	-0.03568	86	150.566
196	0-796	0.02034	155	0.13121	254	150.542
197	0-153	0.06549	40	0.19916	293	150.542
198	0-149	0.01757	165	0.02111	146	150.497
199	0-161	-0.02226	271	0.01861	143	150.475
200	4-663	-0.07462	323	-0.00109	122	150.432
201	0-931	0.02242	152	-0.02454	96	150.414
202	0-144	0.00518	212	0.00936	133	150.372
203	0-491	-0.00740	244	0.19856	292	150.344
204	8-354	-0.02583	278	-0.05135	66	150.249
205	0-524	0.02275	150	-0.03931	84	150.185
206	0-649	-0.01204	253	-0.06045	57	150.117
207	0-112	0.06620	39	0.01338	137	150.109
208	0-611	0.08242	21	0.13820	257	150.048
209	0-365	0.03015	125	0.22671	309	149.917
210	0-117	0.05008	71	0.01338	137	149.896
211	0-643	-0.02852	284	-0.05462	61	149.880
212	0-015	-0.05274	311	-0.03067	88	149.699
213	0-116	0.04732	79	0.06838	196	149.678

214	0-743	0.03057	123	-0.04776	73	149.643
215	0-742	0.02133	154	-0.08118	43	149.632
216	0-645	-0.04076	298	-0.00720	113	149.562
217	6-391	0.06492	46	0.30114	321	149.544
218	0-297	0.02776	130	0.05129	178	149.487
219	6-397	0.04368	84	0.23498	311	149.482
220	0-303	-0.02908	285	-0.12403	16	149.463
221	0-200	0.01424	172	0.17892	280	149.420
222	0-097	0.05561	64	0.11198	230	149.374
223	0-746	0.01658	168	-0.10781	24	149.372
224	0-745	0.04332	86	0.00719	128	149.345
225	0-129	-0.04057	296	-0.08030	44	149.339
226	0-642	-0.06020	317	-0.00545	117	149.300
227	6-393	0.04325	88	0.28998	320	149.295
228	0-766	0.01771	163	0.04273	173	149.292
229	0-025	0.00552	211	0.01605	140	149.252
230	0-214	0.07626	26	-0.10505	26	149.244
231	0-004	-0.00497	237	-0.00664	114	149.231
232	0-765	0.01071	189	0.03523	165	149.224
233	0-122	-0.04828	307	-0.07466	47	149.218
234	0-355	-0.04527	304	0.13776	256	149.215
235	0-747	-0.00774	246	-0.06618	53	149.199
236	0-031	-0.01337	255	-0.04145	82	149.193
237	0-211	0.06289	54	-0.14255	12	149.192
238	0-105	0.05116	70	0.14948	265	149.192
239	0-124	-0.04854	308	-0.05859	58	149.162
240	0-205	-0.02798	283	0.09142	216	149.152
241	0-764	0.01151	183	0.07357	203	149.108
242	0-744	0.00448	213	0.01247	136	149.100
243	0-003	-0.01203	252	0.00922	132	149.086
244	0-794	-0.03213	287	-0.01254	106	149.062
245	0-005	-0.00404	232	0.06761	195	148.998
246	0-954	0.00807	200	0.09516	217	148.976
247	0-660	0.00811	199	0.05880	187	148.960

248	0-669	-0.01883	265	-0.04870	71	148.959
249	0-762	0.00405	215	0.10348	227	148.911
250	0-957	-0.00498	238	0.06429	194	148.906
251	0-104	0.04055	101	0.19698	291	148.895
252	0-959	-0.02156	269	0.01464	139	148.851
253	0-670	-0.00625	242	0.16234	272	148.766
254	0-033	-0.03411	290	0.01686	141	148.755
255	0-514	-0.00181	224	0.00781	130	148.746
256	0-275	0.04646	80	-0.02304	98	148.721
257	0-774	0.02647	135	0.12541	246	148.719
258	0-035	0.05922	60	-0.00807	111	148.699
259	0-236	0.01770	164	0.02581	151	148.670
260	0-405	-0.04401	300	-0.04845	72	148.621
261	0-754	0.07246	30	0.00317	125	148.616
262	0-662	-0.01743	261	0.06205	191	148.612
263	0-030	-0.04676	306	0.00180	124	148.609
264	0-673	-0.02601	279	0.15224	268	148.539
265	0-549	0.03266	117	0.03415	163	148.528
266	0-666	-0.03234	288	0.14734	262	148.471
267	0-473	-0.05527	314	-0.05003	70	148.451
268	0-040	-0.02289	272	-0.05683	59	148.423
269	0-210	0.04762	77	0.02995	161	148.421
270	0-512	-0.03927	295	-0.03294	87	148.386
271	0-401	-0.03525	291	0.06105	189	148.375
272	0-041	0.04791	76	0.05282	180	148.348
273	0-039	0.04133	95	0.04032	171	148.303
274	0-273	0.02970	127	0.03696	168	148.302
275	0-270	0.04128	97	0.09021	214	148.279
276	0-546	-0.02195	270	-0.09010	36	148.217
277	0-476	-0.06490	320	0.02571	150	148.074
278	0-407	-0.04522	303	0.11355	233	148.070
279	0-235	-0.02791	281	0.02581	151	148.068
280	0-036	0.00738	204	-0.01468	104	148.036
281	0-547	-0.00286	227	0.04740	175	148.015

282	0-042	0.00314	216	-0.00968	108	147.964
283	0-755	0.02379	146	0.07142	200	147.749
284	6-414	0.01022	191	-0.05605	60	147.661
285	0-760	0.01136	184	0.08567	212	147.538
286	4-702	0.00665	208	0.17942	281	147.510
287	6-419	-0.00493	235	-0.06280	56	147.483
288	0-050	0.04218	92	0.09973	220	147.071
289	0-104	-0.06292	319	-0.00171	121	147.059
290	4-703	-0.02085	267	0.22283	306	147.004
291	0-110	-0.08426	325	-0.06683	52	146.993
292	4-695	-0.00759	245	0.28713	319	146.967
293	0-196	0.00604	209	0.08199	208	146.962
294	0-176	-0.00495	236	0.12466	244	146.676
295	0-191	-0.01236	254	0.12113	240	146.590
296	0-049	0.01679	167	0.21114	300	146.368
297	4-607	-0.01360	256	0.26176	318	146.300
298	0-594	0.01117	185	0.02960	160	146.003
299	0-344	-0.00428	233	-0.08602	39	145.945
300	6-312	-0.02331	273	-0.00546	116	145.901
301	0-352	-0.01436	259	-0.08871	37	145.821
302	4-604	-0.03690	292	0.33379	324	145.755
303	6-307	-0.05502	313	-0.05069	68	145.632
304	0-577	-0.00100	222	0.12035	238	145.543
305	0-419	-0.04317	299	-0.02912	90	145.492
306	0-020	-0.04459	301	-0.05074	67	145.445
307	0-540	0.03886	105	0.15730	269	145.237
308	0-413	-0.04063	297	0.06338	192	145.220
309	0-541	0.04387	83	0.18555	287	145.210
310	0-081	-0.05290	312	-0.00857	110	145.196
311	0-080	-0.04643	305	0.02838	157	145.159
312	0-411	-0.04890	309	0.06838	197	145.095
313	0-534	0.03143	120	0.20730	299	144.974
314	0-535	0.00780	201	0.12555	247	144.932
315	0-166	0.01889	160	-0.06716	51	144.806

316	0-739	0.02449	144	0.14385	260	144.747
317	0-174	0.01104	187	-0.04466	77	144.628
318	0-732	0.01968	158	0.17169	276	144.591
319	0-737	0.01298	177	0.18094	282	144.472
320	0-741	-0.02139	268	0.20094	295	143.953

$$\text{Index} = 150 + 5.0\text{LS} + 1.5\text{LW} + 13.\text{DG} - 3.3\text{BF}$$

Table 3-58에는 대요크셔종 중빈돈에 대한 복당산자수와 보정된 21일령 복당체중의 육중가, 형질별로 계산된 육중가의 순위 그리고 선발지수에 근거한 중빈돈의 종합순위가 표시되어 있다.

Table 3-58. Breeding values of the sows moles and the ranks estimated by single trait mixed model for the reproductive traits in Large Yorkshires (total number of moles is 178)

Rank	Animal No.	Litter size		Litter wt. at 21 days		Index
		BV	Rank	BV	Rank	
1	0-397	0.38565	41	4.74071	1	159.039
2	0-316	0.74994	5	2.82616	18	157.989
3	9-869	0.25752	88	3.87748	4	157.104
4	0-063	0.31007	72	3.61499	10	156.973
5	7-321	0.22337	105	3.82542	8	156.855
6	9-957	0.46149	13	2.56317	25	156.152
7	9-556	0.44368	22	2.37993	31	155.788
8	6-255	0.57834	8	1.76390	57	155.538
9	0-370	0.38448	48	2.29767	46	155.369
10	0-394	0.36384	53	2.35210	41	155.347
11	0-055	0.50546	9	1.79041	56	155.213
12	6-046	1.22413	1	-0.63100	250	155.174
13	0-140	0.34411	61	2.25749	47	155.107
14	9-725	0.21139	110	2.57383	22	154.918

15	0-264	0.07605	180	3.01225	11	154.899
16	0-054	0.30483	75	2.15932	50	154.763
17	3-512	0.05734	185	2.98098	14	154.758
18	0-343	0.23418	98	2.36728	39	154.722
19	0-569	0.46856	12	1.47604	71	154.557
20	0-263	0.21053	113	2.30339	44	154.508
21	0-364	0.45793	17	1.35755	84	154.326
22	0-695	0.28342	80	1.89930	55	154.266
23	4-059	-0.06109	227	2.92839	16	154.087
24	4-014	0.36879	50	1.41533	75	153.967
25	6-256	0.31196	69	1.40764	80	153.671
26	0-317	0.34794	57	1.27397	89	153.651
27	5-075	0.25826	86	1.53851	67	153.599
28	3-460	0.34449	58	1.24020	91	153.583
29	0-694	0.28206	81	1.40817	79	153.523
30	0-675	0.28567	79	1.36872	83	153.481
31	0-933	0.29697	77	1.30104	86	153.436
32	9-951	-0.15946	252	2.81286	21	153.422
33	0-092	0.14419	139	1.69042	62	153.257
34	4-053	-0.07468	231	2.41460	29	153.248
35	0-564	0.22262	107	1.41424	78	153.234
36	0-991	0.45263	19	0.56971	145	153.118
37	0-060	0.18760	123	1.44835	73	153.111
38	5-020	0.02392	205	1.99223	51	153.108
39	6-402	0.40646	38	0.68572	134	153.061
40	0-265	0.09565	165	1.68930	63	153.012
41	6-354	0.44179	28	0.51851	154	152.987
42	0-205	0.44382	21	0.44435	157	152.886
43	7-063	0.41172	32	0.53645	147	152.863
44	9-746	0.04624	190	1.71530	58	152.804
45	7-003	0.04208	195	1.67515	66	152.723
46	4-922	0.09444	168	1.48839	70	152.705
47	2-474	0.19617	116	1.13753	98	152.687
48	0-245	0.13978	141	1.29859	87	152.647

49	0-621	0.19205	122	1.10520	101	152.618
50	0-952	0.14247	140	1.26122	90	152.604
51	0-240	0.48845	10	0.03667	191	152.497
52	0-951	0.19510	119	0.98555	106	152.454
53	0-942	0.12969	146	1.18679	94	152.429
54	0-275	0.01761	208	1.50808	69	152.350
55	0-097	0.13480	144	1.09859	103	152.322
56	0-094	0.19437	120	0.84923	113	152.246
57	4-096	0.11605	160	1.10517	102	152.238
58	0-662	0.15588	135	0.93313	112	152.179
59	0-225	0.07965	175	1.15745	95	152.134
60	4-336	0.12600	150	0.94002	107	152.040
61	0-611	0.26480	82	0.42081	161	151.955
62	0-099	0.13480	144	0.84724	114	151.945
63	5-270	-0.20741	269	1.93130	53	151.860
64	0-200	0.38534	44	-0.05179	195	151.849
65	9-697	-0.07766	233	1.46940	72	151.816
66	0-153	0.12921	147	0.76143	120	151.788
67	0-711	0.14865	137	0.66493	138	151.741
68	0-075	0.23447	97	0.37118	163	151.729
69	1-712	0.11667	156	0.76374	116	151.729
70	0-235	-0.33864	299	2.20860	48	151.620
71	6-391	0.42213	29	-0.32795	220	151.619
72	0-707	0.19434	121	0.42538	160	151.610
73	9-553	-0.02023	219	1.14030	97	151.609
74	0-656	0.00404	214	1.05342	104	151.600
75	0-997	0.35545	56	-0.13191	203	151.579
76	0-624	0.29731	76	-0.02020	194	151.456
77	0-713	0.37665	49	-0.30918	219	151.419
78	9-416	0.17344	127	0.36378	164	151.413
79	0-256	0.30583	73	-0.13863	204	151.321
80	0-499	-0.04179	220	1.00706	105	151.302
81	4-663	0.10460	163	0.50700	155	151.284
82	4-101	0.12167	155	0.36321	168	151.153

83	0-303	0.32822	62	-0.36256	226	151.097
84	4-703	0.01519	211	0.68061	136	151.097
85	0-599	0.39839	40	-0.60929	249	151.078
86	0-016	0.14563	138	0.17241	182	150.987
87	0-959	0.18692	125	0.02410	193	150.971
88	7-011	-0.52232	326	2.37134	37	150.945
89	5-283	-0.05870	222	0.74934	125	150.831
90	4-665	0.00630	213	0.52514	153	150.819
91	0-452	0.09669	164	0.16347	183	150.729
92	0-491	0.02136	207	0.39992	162	150.707
93	0-617	-0.01103	216	0.46954	156	150.649
94	0-019	0.15553	136	-0.14018	206	150.567
95	0-079	0.01649	210	0.23576	180	150.436
96	9-684	0.06903	183	0.05033	189	150.421
97	0-309	0.23832	95	-0.52280	246	150.407
98	9-673	-0.16013	253	0.75668	121	150.334
99	0-726	0.13746	143	-0.23946	212	150.328
100	9-685	-0.10845	242	0.55732	146	150.294
101	4-021	0.18259	126	-0.43033	233	150.267
102	0-453	0.01672	209	0.05725	187	150.169
103	0-270	-0.19765	268	0.74326	133	150.127
104	0-331	-0.21572	273	0.77648	115	150.086
105	0-122	-0.17445	261	0.63246	141	150.076
106	0-222	-0.05370	221	0.20390	181	150.037
107	2-475	0.08984	169	-0.41774	232	149.823
108	0-079	0.45213	20	-1.67041	296	149.755
109	4-107	0.05154	187	-0.38477	231	149.681
110	2-355	0.23401	100	-1.04049	270	149.609
111	0-600	0.32725	65	-1.40102	290	149.535
112	6-307	0.20280	115	-1.04623	275	149.445
113	5-162	0.26165	83	-1.24694	278	149.438
114	0-155	0.12801	148	-0.81576	257	149.416
115	4-702	0.03615	198	-0.51885	244	149.402
116	0-252	0.02491	202	-0.49334	240	149.385

117	0-957	0.08166	174	-0.74536	254	149.290
118	9-267	-0.24310	282	0.33536	169	149.288
119	0-743	-0.08494	240	-0.19734	211	149.279
120	4-963	-0.01494	218	-0.43358	234	149.275
121	0-405	0.25466	92	-1.34141	285	149.261
122	0-643	-0.16903	259	0.05181	188	149.233
123	4-695	-0.13961	247	-0.06871	197	149.199
124	6-312	0.24259	94	-1.35295	289	149.184
125	0-144	-0.34932	304	0.59875	144	149.152
126	0-095	-0.13034	243	-0.17734	208	149.082
127	0-605	0.16935	131	-1.19994	277	149.047
128	5-188	0.21288	108	-1.34825	287	149.042
129	0-110	0.05116	188	-0.82713	259	149.015
130	0-739	0.29657	78	-1.64888	295	149.010
131	0-210	-0.29108	289	0.24569	179	148.913
132	9-572	-0.14502	248	-0.25308	217	148.895
133	0-744	-0.13063	246	-0.36643	229	148.797
134	0-236	-0.43783	321	0.65644	139	148.796
135	0-764	-0.08715	241	-0.52057	245	148.783
136	0-020	-0.06936	229	-0.59773	248	148.757
137	5-350	-0.33489	294	0.26448	173	148.722
138	0-011	-0.17016	260	-0.38138	230	148.577
139	0-649	-0.01114	217	-0.92765	262	148.553
140	9-993	-0.33155	291	0.13009	184	148.537
141	7-145	-0.26431	287	-0.10448	198	148.522
142	0-196	0.15695	132	-1.54837	292	148.462
143	0-407	0.38513	46	-2.34515	312	148.408
144	9-508	-0.44874	323	0.43279	158	148.405
145	4-375	-0.18830	264	-0.46699	235	148.358
146	0-344	-0.07184	230	-0.95415	263	148.210
147	5-259	-0.24573	286	-0.49101	239	148.035
148	5-332	-0.61702	332	0.74439	130	148.031
149	5-312	0.11449	161	-1.70526	299	148.015
150	0-762	-0.35031	305	-0.16382	207	148.003

151	9-794	-0.38220	310	-0.13188	199	147.891
152	0-050	-0.16470	257	-0.85753	261	147.890
153	5-199	-0.35047	306	-0.24230	213	147.884
154	0-742	-0.20855	271	-0.77022	256	147.802
155	0-352	-0.34129	301	-0.33121	223	147.797
156	0-766	-0.28717	288	-0.51717	243	147.788
157	0-540	-0.00045	215	-1.48708	291	147.767
158	0-157	0.03947	196	-1.68468	297	147.670
159	4-957	-0.16700	258	-1.03311	269	147.615
160	9-515	-0.57452	328	0.24940	178	147.501
161	0-104	-0.30368	290	-0.75520	255	147.349
162	4-267	-0.23923	277	-0.97368	264	147.343
163	1-571	-0.20881	272	-1.07680	276	147.341
164	9-848	0.08563	170	-2.18338	308	147.153
165	5-309	-0.07807	234	-1.84413	302	146.843
166	0-673	0.04489	194	-2.43563	314	146.571
167	0-666	-0.21827	274	-1.77887	301	146.240
168	1-757	-0.38764	314	-1.24755	281	146.190
169	3-450	0.07762	177	-2.94814	323	145.966
170	0-049	-0.15636	250	-2.17661	306	145.953
171	5-308	0.03201	199	-2.86265	318	145.866
172	9-380	-0.22009	275	-2.12116	303	145.718
173	0-080	-0.08289	235	-2.89468	321	145.244
174	0-081	0.32085	66	-4.47076	332	144.898
175	1-754	-0.39616	318	-2.45621	315	144.335
176	0-174	-0.50469	325	-2.17547	305	144.213
177	5-911	-0.08417	237	-4.11080	329	143.413
178	0-166	-0.60998	329	-3.66740	326	141.449

$$\text{Index} = 150 + 5.0\text{LS} + 1.5\text{LW}$$

Table 3-59, 3-60에는 대요크셔 검정돈 수컷의 일당등체량, 등지방두께, 사료 요구율 및 이들 형질의 육종가간의 단순상관과 순위상관이 표시되어 있다.

Table 3-59. Simple correlation coefficients among the phenotypic and breeding values estimated by multi-traits mixed model for performance traits in Large Yorkshire males.

	일당중체량	등지방두께	사료효율	일당중체량 육종가	등지방두께 육종가	사료효율 육종가
일당중체량	1.00000	0.17035	-0.09935	0.79733	0.17898	-0.17449
등지방두께	0.17035	1.00000	0.17226	0.12319	0.80970	-0.07132
사료효율	-0.09935	0.17226	1.00000	-0.32575	-0.07637	0.61307
일당중체량 육종가	0.79733	0.12319	-0.32575	1.00000	0.26820	-0.28904
등지방두께 육종가	0.17898	0.80970	-0.07637	0.26820	1.00000	-0.11729
사료효율 육종가	-0.17449	-0.07132	0.61307	-0.28904	-0.11729	1.00000

Table 3-60. Rank correlation coefficients among the phenotypic and breeding values estimated by multi-traits mixed model for performance traits in Large Yorkshire males.

	일당중체량	등지방두께	사료효율	일당중체량 육종가	등지방두께 육종가	사료효율 육종가
일당중체량	1.00000	0.21543	-0.07709	0.77906	0.22776	-0.14366
등지방두께	0.21543	1.00000	0.17098	0.13669	0.78088	-0.08768
사료효율	-0.07709	0.17098	1.00000	-0.31519	-0.09531	0.58268
일당중체량 육종가	0.77906	0.13669	-0.31519	1.00000	0.29944	-0.25606
등지방두께 육종가	0.22776	0.78088	-0.09531	0.29944	1.00000	-0.13850
사료효율 육종가	-0.14366	-0.08768	0.58268	-0.25606	-0.13850	1.00000

Table 3-61, 3-62에는 대요크셔종 종빈돈의 복당산자수, 21일령복당체중 및 이들형질의 육종가간의 단순상관과 순위 상관이 표시되어 있다.

Table 3-61. Simple correlation coefficients among the phenotypic and breeding values estimated by single trait mixed model for performance traits in Large Yorkshire females.

	일당 증체량	보정 등지방두께	일당증체량 육종가	보정등지방두께 육종가
일당증체량	1.00000	0.09457	0.74873	0.17104
보정 등지방두께	0.09457	1.00000	0.13102	0.83948
일당증체량 육종가	0.74873	0.13102	1.00000	0.31782
보정 등지방두께 육종가	0.17104	0.83948	0.31782	1.00000

Table 3-62. Rank correlation coefficients among the phenotypic and breeding values estimated by single trait mixed model for performance traits in Large Yorkshire females

	일당 증체량	보정 등지방두께	일당증체량 육종가	보정등지방두께 육종가
일당증체량	1.00000	0.12710	0.72448	0.20067
보정 등지방두께	0.12710	1.00000	0.12076	0.83022
일당증체량 육종가	0.72448	0.12076	1.00000	0.31833
보정 등지방두께 육종가	0.20067	0.83022	0.31833	1.00000

Table 3-63. Simple correlation among the phenotypic and breeding values estimated by single trait mixed model for reproductive traits in Large Yorkshires

	산자수	21일령복당체중	산자수육종가	21일령복당 체중 육종가
산자수	1.00000	0.47332	0.49982	0.07595
21일령복당체중	0.47332	1.00000	0.28865	0.38059
산자수 육종가	0.49982	0.28865	1.00000	0.24719
21일령복당체중육종가	0.07595	0.38059	0.24719	1.00000

Table 3-64. Rank correlation among the phenotypic and breeding values estimated by single trait mixed model for reproductive traits in Large Yorkshires

	산자수	21일령복당체중	산자수육중가	21일령복당체중 육중가
산자수	1.00000	0.46119	0.47834	0.06179
21일령복당체중	0.46119	1.00000	0.30634	0.35291
산자수 육중가	0.47834	0.30634	1.00000	0.28589
21일령복당체중 육중가	0.06179	0.35291	0.28589	1.00000

## 제 5 절 계통조성기간 단축에 관한 연구

### 1. 모의 실험 방법

돼지의 계통조성기간을 단축시키는 중요한 방법의 하나는 매 세대 번식에 이용하는 종모돈과 종빈돈 두수를 적게 하는 것이다. 따라서 본 연구에서는 돼지의 계통을 조성할 때 이용하는 종모돈과 종빈돈 두수의 차이에 따라서 돈군내 개체간 혈연계수 및 근교계수가 세대의 경과에 따라서 어떻게 변화하는가를 모의실험을 통하여 연구하였다.

모의 실험시 각 세대에서 번식에 이용하는 종모돈과 종빈돈의 비율은 1:5로 하였으며 종부된 종빈돈의 수태율은 90%로 가정하였다. 수태된 종빈돈에 의하여 생산되는 후대의 두수는 종빈돈 1두당 수컷 4두와 암컷 4두로 가정하여 암수의 비율은 1:1로 하였다. 매 세대 암컷과 수컷의 교배는 임의로 이루어 졌으며 이러한 과정을 매 세대 반복하면서 근교계수와 혈연계수의 변화를 조사하였다.

본 모의실험을 위한 컴퓨터 program은 C언어를 이용하여 작성되었으며 algorithm은 혈연 계수 행렬을 사용하여 계산하였다. 본 algorithm은 대단히 큰 차수의 혈연 계수 행렬을 가정한다. 따라서 unix에서 동작하도록 일반적인 코딩을 하였다. algorithm의 기본적인 방법은 다음과 같이 작성되었다.

처음의 기초돈군은 종모돈 5두와 중빈돈 25두를 번식에 이용하는 경우 수태율을 90%로 가정하였으므로 중빈돈 25두 중에서 23두가 분만을 하며 수컷 92두와 암컷 92두, 총 184두의 후대를 생산하게 된다. 이들 수컷 자손 중에서는 종모돈 5두를 임의로 샘플링하고 암컷자손 중에서는 중빈돈 25두를 임의로 샘플링한다. 이때 급격한 근교계수의 상승을 방지하기 위하여 전형매교배와 반형매교배를 제외시켰다. 이렇게 세대를 반복하면서 혈연계수와 근교계수가 어떠한 양상을 띄면서 증가하는지를 계산하였다.

혈연 계수 행렬의 구성에 있어서 (암컷+수컷)×세대수 만큼의 차수를 가진 정방의 혈연계수 행렬을 구성하였다. 그리고 각 세대별로 전형매교배와 반형매교배를 제거하고 교배를 시켜서 얻은 자손 중에서 표본을 기초돈군과 같은 수의 데이터를 뽑았다. 그리고 각 세대별로 혈연계수 행렬을 완성하였다.

이러한 과정을 수컷 3두×암컷 15두, 수컷 4두×암컷 20두 및 수컷 6두×암컷 30두의 경우에 대하여도 모의실험 하였다.

기초돈군에서 암컷과 수컷의 두수, 그리고 각 세대에서 표본 추출될 수컷과 암컷의 수치를 입력받는다. 이 수치를 기준으로 하여 0세대부터 교배를 시작한다. 각각의 교배는 임의로 이루어 지며 전형매교배와 반형매교배를 제거하였다. 이렇게 몇 세대까지 구할 것인지를 수치를 입력받아서 그에 따른 세대를 구축한다. 각 세대별 암컷과 수컷을 이용하여 교배를 하기 시작하여 입력받은 세대만큼 교배와 샘플링을 반복하여 가계도를 형성한다. 이렇게 가계도가 형성되면 이 가계도를 기준으로 해서 혈연 계수 행렬을 구성하기 시작한다. 각 세대별로 혈연계수 행렬을 구성하기 시작해서 입력받은 세대수 만큼의 혈연계수 행렬이 구성되면 전체 혈연 계수 행렬이 되는 것이다. 전체 집단의 혈연계수 행렬이 구성되면(이때, 각 세대 당 샘플링된 두수 만큼만 혈연계수 행렬이 구성된다.) 여기서 각 세대별로 최대값과 최소값을 찾는다. 그리고 평균을 구하

여 프린트 하였다.

## 2. 결과 및 고찰

본 연구의 모의실험에서 얻은 결과가 table 3-65 ~ table 3-68에 수록되어 있다. 이들 table에서의 근교계수와 혈연계수의 값은 2회에 걸친 모의 실험에서 얻은 값을 평균한 것이며 계통조성을 위하여 형성된 기초 돈군의 세대를 Generation 0으로 표시하였으며 기초돈군의 종모돈과 종빈돈을 교배하여 생산된 다음 세대를 제 1세대로 나타내었다.

Table 3-65. Inbreeding coefficient and coefficient of relationship in each generation when the number of boars and gilts used for breeding is 6 and 30, respectively in a closed herd for the development of a line

Gen.	Inbreeding coefficient		Coefficient of relationship	
	Average	Maximum	Average	Maximum
0	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.000	0.000	0.054	0.500
2	0.005	0.062	0.096	0.500
3	0.039	0.141	0.145	0.606
4	0.060	0.172	0.180	0.631
5	0.069	0.172	0.216	0.634
6	0.100	0.229	0.245	0.711
7	0.112	0.230	0.266	0.692
8	0.129	0.230	0.304	0.684
9	0.158	0.245	0.335	0.674
10	0.173	0.285	0.359	0.674
11	0.193	0.285	0.383	0.669
12	0.207	0.285	0.409	0.683
13	0.232	0.310	0.440	0.699
14	0.250	0.310	0.456	0.714
15	0.266	0.316	0.477	0.729
16	0.283	0.345	0.493	0.741
17	0.300	0.362	0.514	0.757
18	0.317	0.379	0.530	0.753
19	0.330	0.401	0.549	0.770
20	0.350	0.421	0.566	0.769

세대별로 번식에 이용하는 종모돈과 중빈돈의 두수가 각각 6두 및 30두인 경우의 모의 실험 결과가 table 3-65에 표시되어 있다. 이 결과에서 보는 바와 같이 5세대에서의 평균 혈연 계수와 평균 근교계수는 각각 21.6% 및 6.9%이었으나 그 후 세대가 경과하여 제 10세대에는 평균 혈연계수가 35.9% 그리고 평균 근교 계수가 17.3%로 상승하였다.

Table 3-66. Inbreeding coefficient and coefficient of relationship in each generation when the number of boars and gilts used for breeding is 5 and 25, respectively, in a closed herd for the development of a line

Gen.	Inbreeding coefficient		Coefficient of relationship	
	Average	Maximum	Average	Maximum
0	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.000	0.000	0.059	0.500
2	0.002	0.063	0.123	0.500
3	0.035	0.094	0.177	0.577
4	0.064	0.148	0.222	0.623
5	0.089	0.164	0.262	0.616
6	0.122	0.176	0.298	0.626
7	0.141	0.216	0.324	0.622
8	0.156	0.216	0.352	0.632
9	0.190	0.274	0.394	0.682
10	0.205	0.274	0.418	0.686
11	0.236	0.301	0.457	0.696
12	0.251	0.313	0.466	0.700
13	0.273	0.338	0.489	0.746
14	0.289	0.347	0.510	0.749
15	0.312	0.394	0.531	0.766
16	0.321	0.394	0.544	0.794
17	0.346	0.413	0.566	0.811
18	0.354	0.440	0.580	0.796
19	0.377	0.440	0.599	0.808
20	0.389	0.440	0.612	0.800

매세대 번식에 이용하는 종모돈과 종빈돈의 두수가 각각 5두 및 25두인 경우 table 3-66의 모의실험결과에서 보는 바와 같이 제 5세대에서는 평균 혈연계수가 26.2%이었으며 평균 근교계수는 8.9%이었다. 그 후에도 세대의 결과에 따라 평균 혈연계수와 평균 근교계수는 계속 상승하여 제 10세대에서는 평균 혈연계수가 41.8% 그리고 평균 근교계수는 20.5%가 되었다.

Table 3-67. Inbreeding coefficient and coefficient of relationship in each generation when the number of boars and gilts used for breeding is 4 and 20, respectively, in a closed herd for the development of a line

Gen.	Inbreeding coefficient		Coefficient of relationship	
	Average	Maximum	Average	Maximum
0	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.000	0.000	0.075	0.500
2	0.010	0.125	0.144	0.500
3	0.041	0.125	0.193	0.557
4	0.076	0.164	0.245	0.593
5	0.104	0.178	0.298	0.612
6	0.143	0.218	0.341	0.688
7	0.159	0.218	0.376	0.665
8	0.194	0.257	0.412	0.685
9	0.209	0.262	0.442	0.705
10	0.243	0.314	0.471	0.759
11	0.264	0.314	0.496	0.746
12	0.294	0.363	0.521	0.769
13	0.308	0.363	0.545	0.762
14	0.335	0.372	0.570	0.770
15	0.358	0.391	0.606	0.774
16	0.381	0.436	0.613	0.787
17	0.399	0.452	0.631	0.809
18	0.419	0.469	0.653	0.821
19	0.450	0.511	0.681	0.861
20	0.470	0.529	0.695	0.845

세대별로 번식에 이용하는 종모돈과 종빈돈의 두수가 각각 4두 및 20두인 경우 table 3-67에서 보는 바와 같이 제 5세대에서는 평균 혈연계수가 29.8%이었으며 평균 근교계수는 10.4%로 되어 종모돈과 종빈돈의 두수가 각각 5두 및 25두인 경우에 비하여 평균 혈연계수와 평균 근교계수가 약간 더 높게 추정되었다. 제 10세대에서의 평균 혈연계수와 평균 근교계수는 각각 47.1% 및 24.3%로 table 3-66의 경우에 비하여 약간 더 높게 나타났다.

Table 3-68. Inbreeding coefficient and coefficient of relationship in each generation when the number of boars and gilts used for breeding is 3 and 15, respectively, in a closed herd for the development of a line

Gen.	Inbreeding coefficient		Coefficient of relationship	
	Average	Maximum	Average	Maximum
0	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.000	0.000	0.096	0.500
2	0.003	0.063	0.165	0.500
3	0.043	0.125	0.246	0.576
4	0.082	0.125	0.314	0.603
5	0.132	0.185	0.383	0.654
6	0.173	0.249	0.424	0.662
7	0.213	0.295	0.458	0.683
8	0.237	0.301	0.497	0.696
9	0.280	0.323	0.539	0.756
10	0.306	0.347	0.562	0.759
11	0.344	0.396	0.603	0.786
12	0.373	0.437	0.626	0.792
13	0.396	0.437	0.645	0.798
14	0.420	0.458	0.666	0.804
15	0.442	0.469	0.684	0.825
16	0.471	0.521	0.701	0.840
17	0.484	0.521	0.714	0.833
18	0.516	0.545	0.740	0.863
19	0.536	0.575	0.751	0.870
20	0.554	0.599	0.764	0.876

번식에 이용하는 종모돈과 종빈돈의 두수가 세대별로 각각 3두 및 15두인 경우 table 3-68의 결과에서 보는 바와 같이 제 5세대에서는 평균 혈연계수가 38.3%, 그리고 평균 근교계수는 13.2%로 추정되어 종모돈과 종빈돈의 두수가 각각 4두 및 20두인 경우에 비하여 평균 혈연계수와 평균 근교계수가 더 높게 추정되었다. 제 10세대

에서의 평균 혈연계수와 평균 근교계수는 각각 56.2% 및 30.6%로 table 3-67의 경우에 비하여 약간 더 높게 추정되었다.

본 연구의 모의실험에서 얻은 결과에 근거하여 보면 매세대 번식에 이용하는 종모돈과 종빈돈이 각각 6두 및 30두인 경우 5세대가 경과하면 계통내 개체간 평균 혈연계수는 약 22%가 되고 평균 근교계수는 6.9%로 되어 유전적으로나 표현형적으로 어느 정도의 제일성을 갖는 계통을 조성할 수 있을 것으로 예상된다. 따라서 이 방법을 이용하여 계통을 조성하고 세대 간격을 1년으로 하는 경우 한 계통을 조성하는데 소요되는 기간을 5-6년으로 단축할 수 있을 것으로 예상된다.

세대별로 번식에 이용하는 종모돈과 종빈돈의 두수를 보다 적게 하여 종모돈의 두수는 3두, 종빈돈의 두수를 15두로 제한하는 경우 3세대가 경과하면 평균 혈연계수가 24.6%까지 상승하게 될 것으로 예상되므로 계통조성에 소요되는 기간을 더욱 단축하는 것이 가능할 것으로 예상된다. 그러나 계통을 조성할 때 번식에 이용하는 종모돈과 종빈돈의 두수를 과도하게 제한하여 단기간내에 계통을 조성하는 경우 조성된 계통내의 유전적 변이가 감소되어 계통이 조성된 다음 계통내 선발을 통한 유전적 개량의 속도가 저하될 수 있다는 가능성이 있으므로 번식에 이용하는 종모돈과 종빈돈의 두수를 과도하게 제한하게 되면 불리한 결과를 초래할 수도 있다.

계통조성에 이용하는 돼지집단의 크기를 제한하여 계통조성기간을 단축할 때 특히 유의해야할 점은 매세대 번식에 이용하는 종모돈과 종빈돈은 유전적으로 우수하고 개량목표를 달성할 수 있는 유전자를 가지고 있어야 한다는 것이다. 이와 같이 유전적으로 우수한 종돈의 선발은 계통조성을 위한 기초돈군을 형성할 때 특히 요구되므로 기초세대에서의 종돈 선발은 계통조성사업의 성공여부에 영향을 미치는 중요한 요인이 될 수 있다.

계통조성집단의 크기를 제한하여 돼지의 계통조성기간을 단축할 때 목표로 하는 계통내 혈연계수에 도달하고 개량목표가 달성되면 그 이후 세대부터는 번식에 이용하는 종모돈과 종빈돈의 두수를 증가시켜 계통의 근교계수와 혈연계수가 빠른 속도로 더욱 상승하는 것을 방지하는 것이 바람직하다.

## 제 6 절 조합능력, 상반교잡효과 및 잡종강세의 추정에 관한 연구

### 1. 재료 및 방법

본 연구에서 돼지 경제형질에 대한 일반조합능력, 특정조합능력, 모체효과, 상반교잡효과 및 잡종강세효과를 추정하기 위하여 이용된 자료는 경기도 이천군내에 위치한 S 종돈장에 1985년부터 1993년까지의 기간에 분만된 A계통, B계통, L계통 및 Y계통의 4개 계통 순종과 이들 계통간 교배에 의하여 생산된 12가지 종류의 계통간 교잡종 총 6,696복에 대한 자료로서 이들 자료의 교배조합법, 분만년도별, 분만월별 및 산차별 분포는 Table 3-69와 같다.

Table 3-69. Number of litters by mating type, year of birth, month of birth and parity

Mating type <sup>a</sup>	No.	Year	No.	Month	No.	Parity	No.
AB <sup>b</sup>	254	1985	23	1	499	1	1486
AB	104	1986	153	2	446	2	1228
AL	31	1987	460	3	505	3	1029
AY	706	1988	828	4	603	4	869
BA	98	1989	905	5	613	5	683
BB	334	1990	1530	6	594	6	518
BL	61	1991	1239	7	539	7	388
BY	819	1992	1083	8	491	8	250
LA	49	1993	475	9	515	9	151
LB	51			10	562	10	62
LL	38			11	675	11 &	32
LY	794			12	654	over	
YA	814						
YB	1002						
YL	396						
YY	1145						
Total	6696		6696		6696		6696

<sup>a</sup> : (1) A = Line A, B = Line B, L = Line L and Y = Line Y

<sup>b</sup> : The first letter designates the breed of sire.

Table 3-69에서 보는 바와 같이 4개의 다른 계통간 교배에 의하여 생산될 수 있는 12가지 종류의 계통간 교잡종과 4가지 종류의 순종계통을 포함하는 16가지 종류의 교배조합이 모두 생산되었다. A계통, B계통 및 L계통은 랜드레이스종에 속하는 계통이었으며 Y계통은 대요크셔종 계통이었다. 본 연구에서 조사된 형질은 복당포유개시 두수, 생시복당체중, 21일령 복당체중, 생시개체체중 및 21일령 개체체중의 5가지 경제형질 이었다.

본 연구에서 조사된 형질에 대한 일반조합능력, 특정조합능력 및 모체효과를 추정하기 위하여 계통간 교잡종에 대한 자료를 이용하여 다음과 같은 선형모형에 근거하여 최소자승법으로 통계분석을 수행하였다.

$$Y_{ijklm} = \mu + T_i + M_j + P_k + G_1 + G_m + S_{1m} + M_m + e_{ijklm}$$

여기서  $Y_{ijklm}$ 은  $i$ 번째 분만년도의  $j$ 번째 분만월의  $k$ 번째 산차의  $l$ 번째 부돈 계통의,  $m$ 번째 모든 계통에 의한 교배조합에 속하는 개체의 측정치,  $T_i$ 는  $i$ 번째 분만년도의 효과,  $M_j$ 는  $j$ 번째 분만월의 효과,  $P_k$ 는  $k$ 번째 산차의 효과,  $G_1$ 과  $G_m$ 은 일반조합능력의 효과,  $S_{1m}$ 은 특정조합능력의 효과,  $M_m$ 은  $m$ 번째 계통의 모체 효과 그리고  $e_{ijklm}$ 은 각 측정치에 고유한 random error이다.

본 연구에서 조사된 형질에 대한 잡종강세 효과를 추정하기 위해서는 4개의 순종 계통과 12개의 계통간 교잡종을 모두 포함하는 16개 교배조합의 전체자료를 이용하여 전체 평균, 분만년도의 효과, 분만월의 효과, 산차의 효과, 교잡종의 효과 및 random error를 포함하는 선형모형에 근거하여 16개 교배조합의 효과를 최소자승법으로 추정한 다음 잡종강세 효과는 계통간 교잡종의 평균치와 순종계통의 평균치간 차이로 추정하였다. 상반교잡의 효과는 부(父)의 계통과 모(母)의 계통이 상반되는 두 계통간 교잡종의 효과에 대한 최소자승 추정치간의 차이로 추정하였다.

## 2. 결과 및 고찰

본 연구에서 조사된 각 형질에 대한 분산분석표와 유의성 검정 결과가 Table 3-70에 표시되어 있다. Table 3-70의 결과에서 보는 바와 같이 분만년도와 산차의 효과는 조사된 모든 형질에 대하여 통계적 유의성이 있었으며 분만월의 효과는 생시복당체중, 21일령 복당체중, 생시개체체중 및 21일령 개체체중에 대하여 통계적 유의성이 있었다.

Table 3-70. Analysis of variance of the traits studied and the result of the test of significance

Source	D.F.	No. suckled per litter (pig <sup>2</sup> )	Litter wt. at birth (kg <sup>2</sup> )	Litter wt. at 21d. (kg <sup>2</sup> )	Pig wt. at birth (kg <sup>2</sup> )	Pig wt. at 21d. (kg <sup>2</sup> )
Year	8	45.10**	378.5**	1242**	8.088**	18.245**
Month	11	5.55	196.3**	2861**	1.854**	23.196**
Parity	12	59.62**	300.6**	1542**	0.980**	2.662**
GCA <sup>a</sup>	3	11.50	29.4	182	0.090	1.299
SCA <sup>b</sup>	3	8.60	7.3	133	0.140	2.029
ME <sup>c</sup>	3	14.89	915.6**	7074**	10.365**	42.962**
Error	4884	7.07	16.6	199	0.099	0.813

\*\* : P < 0.01

<sup>a</sup> : GCA = General combining ability

<sup>b</sup> : SCA = Special combining ability

<sup>c</sup> : ME = Maternal Effect

계통의 일반조합능력과 특정조합능력의 효과는 본 연구에서 조사된 형질 중 어느 형질에서도 통계적 유의성이 없었다. 모체효과는 복당포유개시두수에 대해서는 통계적 유의성이 없었으나 생시복당체중, 21일령 복당체중, 생시개체체중 및 21일령 개체체중에 대하여는 통계적 유의성이 있었다.

Table 3-71. Least squares estimates of the general combining ability of the lines, for the traits studied

Line	No. suckled per litter (pig)	Litter wt. at birth (kg)	Litter wt. at 21d. (kg)	Pig wt. at birth (kg)	Pig wt. at 21d. (kg)
Line A	-0.136	-0.327	0.976	-0.010	0.081
Line B	-0.028	-0.028	-0.341	0.006	-0.054
Line L	0.054	0.040	0.229	-0.009	0.066
Line Y	0.110	0.315	-0.864	0.012	-0.093

- (1) Line A, B and L are the line of the Landrace and Line Y is the line of the Large Yorkshire.  
 (2) None of the differences among the lines were statistically significant at 5% level.

계통의 일반조합능력에 대한 최소자승 추정치가 table 3-71에 표시되어 있다. Table 3-71의 자료를 보면 복당 포유개시두수와 생시개체체중에 대한 일반조합능력은 Y계통에서 우수하고 L계통에서 불량한 경향이 있었으며 21일령 복당체중 및 21일령 개체체중에서는 L계통의 우수하고 Y계통이 불량한 경향이 있었다. 그러나 이들 일반조합능력의 계통간 차이는 어느 형질간에서도 통계적 유의성이 없었다.

Table 3-72. Least squares estimates of the special combining ability of the lines for the traits studied

Lines	No. suckled per litter (pig)	Litter wt. at birth (kg)	Litter wt. at 21d. (kg)	Pig wt. at birth (kg)	Pig wt. at 21d. (kg)
Line A and B	-0.012	-0.034	-0.634	-0.005	-0.060
Line A and L	0.033	-0.111	0.670	-0.015	0.088
Line A and Y	-0.021	0.145	-0.036	0.020	-0.028
Line B and L	-0.021	0.145	-0.036	0.020	-0.028
Line B and Y	0.033	-0.111	0.670	-0.015	0.088
Line L and Y	-0.012	-0.034	-0.634	-0.005	-0.060

- (1) None of the differences among the lines were statistically significant at 5% level.

계통간의 특정조합능력에 대한 최소자승 추정치가 table 3-72에 기재되어 있다. 이 표의 자료를 보면 복당포유개시두수, 21일령 복당체중 및 21일령 개체 체중에서는 A계통과 L계통간 특정조합능력 및 B계통과 Y계통간 특정 조합 능력이 우수하게 추정 되었으며 생시 복당체중과 생시 개체체중에 대하여는 A계통과 Y계통간 특정 조합능력 과 B계통과 L계통간 특정조합능력이 우수하게 추정되었다. 그러나 계통간 특정조합능력 의 차이는 어느 형질에 대하여서도 통계적 유의성이 없었다.

Table 3-73. Least squares estimates of the maternal effect of the lines for the traits studied

Line	No. suckled per litter (pig)	Litter wt. at birth (kg)	Litter wt. at 21d. (kg)	Pig wt. at birth (kg)	Pig wt. at 21d. (kg)
Line A	-0.067	0.585	2.065	0.072	0.213
Line B	0.167	0.582	0.687	0.036	-0.019
Line L	-0.083	0.188	1.177	0.039	0.102
Line Y	-0.017	-1.356	-3.929	-0.148	-0.296

각 계통의 모체 효과에 대한 최소자승 추정치가 table 3-73에 기재 되어있다. Table 3-73의 자료로 보면 생시복당체중, 21일령 복당 체중, 생시 개체 체중 및 21 일령 개체체중에서는 Y계통이 불량하였고 A계통이 우수하게 추정되었으며 B계통의 모체효과는 생시 복당체중 및 복당개시두수에 대하여 우수하게 추정되었다.

Table 3-74. Reciprocal effects estimated for the traits studied

Effect	No. suckled per litter (pig)	Litter wt. at birth (kg)	Litter wt. at 21d. (kg)	Pig wt. at birth (kg)	Pig wt. at 21d. (kg)
BA <sup>a</sup> - AB	-0.234	-0.255	-0.559	0.005	0.196
LA - AL	2.060	3.397	2.342	0.003	0.080
YA - AY	-0.242	1.740	6.162	0.224	0.508
LB - BL	0.096	0.361	-2.352	0.030	-0.291
YB - BY	0.171	1.951	4.466	0.184	0.299
YL - LY	-0.079	1.629	4.775	0.194	0.334

<sup>a</sup> : The first letter designates the line of sire.

상반교잡에 의한 효과의 추정치가 table 3-74에 표시되어 있다. 이 table에서 계통간 교잡종을 나타내는데 부(父)의 계통을 먼저 나타내고 다음에 모(母)의 계통을 나타내었다. 복당 포유개시두수와 생시 복당체중에서는 LA 교배조합이 AL 교배조합에 비하여 현저히 우수하여 이들 두 형질에서 두 교배조합간 차이도 각각  $2.060 \pm 0.65$  두 및  $3.397 \pm 0.99\text{kg}$ 으로 추정되었다. YA 교배조합과 AY 교배조합간 차이를 보면 생시복당체중에서는  $1.740 \pm 0.415\text{kg}$ , 21일령 복당체중에서는  $6.162 \pm 1.469\text{kg}$ , 생시개체체중에서는  $0.224 \pm 0.031\text{kg}$  그리고 21일령개체체중에서는  $0.508 \pm 0.098\text{kg}$ 로서 YA 교배조합이 AY 교배조합에 비하여 이들 형질에서 우수하게 추정되었다. YL 교배조합과 LY교배조합간 차이도 이와 유사한 경향을 보여 이들 두 교배조합간 차이는 생시복당체중에서  $1.629 \pm 0.432\text{kg}$ , 21일령 복당체중에서  $4.775 \pm 1.527\text{kg}$ , 생시개체체중에서  $0.194 \pm 0.033\text{kg}$  그리고 21일령 개체체중에서  $0.334 \pm 0.102\text{kg}$ 로서 YL교배조합이 LY 교배조합에 비하여 이들 형질에서 우수하게 추정되었다.

Table 3-75. Estimates of the difference between purebred mean (P) and line cross mean (C) and percent heterosis for the traits studied

Effect	No. suckled per litter (pig)	Litter wt. at birth (kg)	Litter wt. at 21d. (kg)	Pig wt. at birth (kg)	Pig wt. at 21d. (kg)
C - P	-0.03	0.19	3.63	0.02	0.21
SE <sup>a</sup>	0.18	0.27	0.94	0.02	0.06
% heterosis <sup>b</sup>	-0.4	1.4	7.1	1.6	3.6

<sup>a</sup> : SE = standard error of the difference between purebred mean and linecross mean.

<sup>b</sup> : Percent heterosis was estimated as the linecross mean minus purebred mean, which is then expressed as percentage by multiplication of 100.

Table 3-75에서는 계통간 교잡종의 평균치와 순종계통간의 평균치간 차이와 이 차이의 표준오차 및 잡종강세 효과가 퍼센트로 표시되어 있다. Table 3-75 의 자료

를 보면 잡종강세 효과는 21일령 복당 체중에서 가장 강하게 발현되어 순종계통평균의 7.1%로 추정되었으며 다음은 21일령 개체체중에서도 순종계통 평균의 3.6%로 추정되었다. 생시복당체중과 생시개체체중에서도 잡종강세 효과가 각각 1.4% 및 1.6%로 추정되었다. 계통간 교잡종과 순종계통간 차이는 21일령 복당체중과 21일령 개체 체중에서는 통계적 유의성이 있었으나 복당 포유개시두수, 생시복당체중 및 생시개체체중에서는 통계적 유의성이 없었다.

## 제 7 절 결과요약

### 1. 기초돈군의 유전모수 추정

축산기술 연구소 종축개량부 기초돈군에서 조사된 자료에 근거하여 경제 형질의 유전모수를 추정하였다.

총산자수에 대한 유전력 추정치는 Large Yorkshire에서 0.26으로 가장 높게 나타났으며 다음은 Landrace, Hampshire 및 Duroc의 순으로 각각 0.23, 0.12 및 0.11이었다. 생시복당체중에 대한 유전력 추정치는 총산자수에 대한 유전력 추정치와 같은 Large Yorkshire, Landrace, Hampshire 및 Duroc의 순으로 각각 0.24, 0.19, 0.14 및 0.12이었으나 생시복당체중은 Large Yorkshire, Landrace, Duroc 및 Hampshire의 순으로 각각 0.30, 0.26, 0.23 및 0.18이었다. 생시개체체중의 유전력 추정치는 다른 형질보다 유전력이 높게 나타났는데, Landrace, Large Yorkshire, Hampshire 및 Duroc의 순으로 각각 0.38, 0.36, 0.33 및 0.32이었다. Hampshire와 Duroc의 유전력 추정치가 Landrace와 Large Yorkshire보다 높게 나타난 21일령복당체중의 유전력은 각각 0.27, 0.24, 0.20 및 0.20이었다.

총산자수와 복당생존자돈수의 유전상관은 다른 상관들보다 높게 나타났으며 Duroc, Landrace 및 Large Yorkshire가 매우 높아 0.97, 0.96 및 0.95이었고 Hampshire는 0.84이었다. 생시복당체중과 생시개체체중의 유전상관은 Duroc과 Hampshire가 Large Yorkshire와 Landrace보다 높은 결과를 보였다. 생시복당체중과 복당 21일령체중 사이의 유전상관 추정치는 다른 상관들의 추정치보다 품종간에 고른 결과를 나타냈는데, Large Yorkshire, Hampshire, Duroc 및 Landrace가 각각 0.59, 0.49, 0.45 및 0.44이었다. 생시개체체중과 복당 21일령체중의 유전상관은 품종에 따라 큰 차이를 나타냈으며 Hampshire가 가장 높아 0.60이었고 Large Yorkshire는 0.43, Duroc과 Landrace는 각각 0.20과 0.15이었다.

총산자수와 복당생존자돈수 사이의 표현형상관 추정치는 Landrace, Large Yorkshire, Duroc 및 Hampshire의 순으로 각각 0.882, 0.872, 0.863 및 0.838이었고 생시복당체중과 생시개체체중 사이의 표현형상관은 Large Yorkshire가 가장 높아 0.331이었으며 다음은 Hampshire, Duroc 및 Landrace순으로 각각 0.263, 0.261 및 0.258이었다. 생시복당체중과 21일령 복당체중의 표현형상관 추정치는 Landrace가 0.425로 가장 높았고 다음은 Large Yorkshire와 Duroc으로 각각 0.392와 0.391이었으며 Hampshire는 0.340으로 가장 낮았다. 생시개체체중과 21일령 복당체중 사이의 표현형상관은 Landrace와 Hampshire가 0.338과 0.331로 높은 결과를 나타냈으며 Large Yorkshire와 Duroc은 0.206과 0.192로 낮게 나타났다.

## 2. 선발모형의 개발

본 연구에서 이용된 형질간 표현형 분산과 공분산 및 유전분산과 공분산은 우리나라의 공인종돈능력검정소에서 능력 검정된 Landrace 종 1,987두, Large Yorkshire 종 3,450두 및 Duroc 종 2,572두의 검정성적 및 국내에서 보고된 자료에 근거하여 추정하였다.

본 연구에서 추정된 모계 선발지수( $I_m$ )와 부계 선발지수( $I_p$ )는 다음과 같다.

모계 선발지수 ;

$$I_{m1} = 150 + 1.2LMA + 5.0LS + 1.5LW + 17.6ADG - 8.9FE - 4.9BF$$

$$I_{m2} = 150 + 5.0LS + 1.5LW + 19.8ADG - 7.7FE - 4.7BF$$

$$I_{m3} = 150 + 1.2LMA + 5.0LS + 17.8ADG - 9.0FE - 4.9BF$$

$$I_{m4} = 150 + 5.0LS + 20.0ADG - 7.8FE - 4.8BF$$

$$I_{m5} = 150 + 1.1LMA + 5.0LS + 1.5LW + 12.2ADG - 4.1BF$$

$$I_{m6} = 150 + 5.0LS + 1.5LW + 13.2ADG - 3.3BF$$

$$I_{m7} = 150 + 1.1LMA + 5.0LS + 12.4ADG - 4.2BF$$

$$I_{m8} = 150 + 5.0LS + 13.4ADG - 3.3BF$$

부계 선발지수 ;

$$I_{p1} = 250 + 7.7LMA + 113.0ADG - 57.2FE - 31.3BF$$

$$I_{p2} = 250 + 113.0ADG - 44.2FE - 26.8BF$$

$$I_{p3} = 250 + 9.7LMA + 113.0ADG - 38.0BF$$

$$I_{p4} = 250 + 113.0ADG - 27.9BF$$

### 3. BLUP에 의한 육종가 추정

축산기술 연구소 종축개량부에서 계통을 조성하고 있는 대요크셔종 돼지와 사천 지소에서 계통을 조성하고 있는 랜드레이스종 돼지에 대한 능력검정성적과 번식성적에 근거하여 주요 경제형질의 육종가를 BLUP을 이용하여 추정하였으며 선발방법에 대하여 연구하였다.

분석에 이용된 다형질 혼합모형은 다음과 같다.

$$Y = X\beta + Z\mu + e$$

랜드레이스종 검정돈에 있어 능력형질의 표현형가와 육종가 추정치간의 상관계수는 일당중체량에서 0.700~0.764, 등지방두께에 있어 0.792~0.793, 그리고 사료요구에 있어 0.591로 추정되었다. 랜드레이스종 종빈돈에 있어 번식형질의 표현형가와 육종가 추정치간의 상관계수는 복당산자수에서 0.854 그리고 포유개시 두수에 따라 보정된 21일령 복당체중에서 0.802로 추정되었다.

대요크셔종 검정돈에 있어 각 능력형질의 표현형가와 육종가 추정치간의 상관계수는 일당중체량에서 0.765~0.770, 등지방두께에 있어 0.693~0.750, 그리고 사료요구에 있어 0.765로 추정되었다. 대요크셔종 종빈돈에 있어 번식형질의 표현형가와 육종가 추정치 사이의 상관계수는 포유개시 두수와 보정된 21일령 복당체중에서 각각 0.854, 0.852로 추정되었다.

단형질과 다형질 혼합모형에 의한 육종가 추정치 간의 단순상관계수는 일당중체량에서 0.893~0.994, 등지방두께에서 0.845~0.897, 사료요구율에서 0.815~0.948이었고, 복당산자수에서 0.958~0.997, 그리고 21일령 복당체중에서 0.9998~0.9999의 범위로 매우높게 추정되었다.

#### 4. 계통조성기간의 단축연구

본 연구에서는 돼지의 계통을 조성할 때 이용하는 종모돈과 종빈돈 두수의 차이에 따라서 돈군내 개체간 혈연계수 및 근교계수가 세대의 경과에 따라서 어떻게 변화하는가를 모의실험을 통하여 연구하였다.

본 연구의 모의실험에서 얻은 결과에 근거하여 보면 매세대 번식에 이용하는 종모돈과 종빈돈이 각각 6두 및 30두인 경우 5세대가 경과하면 계통내 개체간 평균 혈

연계수는 약 22%가 되고 평균 근교계수는 6.9%로 되어 유전적으로나 표현형적으로 어느 정도의 제일성을 갖는 계통을 조성할 수 있을 것으로 예상된다. 따라서 이 방법을 이용하여 계통을 조성하고 세대 간격을 1년으로 하는 경우 한 계통을 조성하는데 소요되는 기간을 5-6년으로 단축할 수 있을 것으로 예상된다.

##### 5. 조합능력 상반교잡효과 및 잡종강세의 추정

본 연구에서 돼지 경제형질에 대한 일반조합능력, 특정조합능력, 모체효과, 상반교잡효과 및 잡종강세효과를 추정하기 위하여 이용된 자료는 경기도 이천군내에 위치한 S 종돈장에 1985년부터 1993년까지의 기간에 분만된 A계통, B계통, L계통 및 Y계통의 4개 계통 순종과 이들 계통간 교배에 의하여 생산된 12가지 종류의 계통간 교잡종 총 6,696복에 대한 자료이었다.

복당 포유개시두수와 생시개체체중에 대한 일반조합능력은 Y계통에서 우수하고 L계통에서 불량한 경향이 있었으며 21일령 복당체중 및 21일령 개체체중에서는 L계통의 우수하고 Y계통이 불량한 경향이 있었다. 그러나 이들 일반조합능력의 계통간 차이는 어느 형질간에서도 통계적 유의성이 없었다.

복당포유개시두수, 21일령 복당체중 및 21일령 개체 체중에서는 A계통과 L계통간 특정조합능력 및 B계통과 Y계통간 특정 조합 능력이 우수하게 추정되었으며 생시복당체중과 생시 개체체중에 대하여는 A계통과 Y계통간 특정 조합능력과 B계통과 L계통간 특정조합능력이 우수하게 추정되었다. 그러나 계통간 특정조합능력의 차이는 어느 형질에 대하여서도 통계적 유의성이 없었다.

복당 포유개시두수와 생시 복당체중에서는 LA 교배조합이 AL 교배조합에 비하여 현저히 우수하여 이들 두 형질에서 두 교배조합간 차이도 각각  $2.060 \pm 0.65$ 두 및  $3.397 \pm 0.99$ kg으로 추정되었다. YA 교배조합과 AY 교배조합간 차이를 보면 생시복당체중에서는  $1.740 \pm 0.415$ kg, 21일령 복당체중에서는  $6.162 \pm 1.469$ kg, 생시개체체중

에서는  $0.224 \pm 0.031\text{kg}$  그리고 21일령개체체중에서는  $0.508 \pm 0.098\text{kg}$ 로서 YA 교배 조합이 AY 교배조합에 비하여 이들 형질에서 우수하게 추정되었다. YL 교배조합과 LY교배조합간 차이도 이와 유사한 경향을 보여 이들 두 교배조합간 차이는 생시복당 체중에서  $1.629 \pm 0.432\text{kg}$ , 21일령 복당체중에서  $4.775 \pm 1.527\text{kg}$ , 생시개체체중에서  $0.194 \pm 0.033\text{kg}$  그리고 21일령 개체체중에서  $0.334 \pm 0.102\text{kg}$ 로서 YL교배조합이 LY 교배조합에 비하여 이들 형질에서 우수하게 추정되었다.

잡종강세 효과가 퍼센트로 표시되어 있다. Table 3-75 의 자료를 보면 잡종강 세 효과는 21일령 복당 체중에서 가장 강하게 발현되어 순종계통평균의 7.1%로 추정 되었으며 다음은 21일령 개체체중에서도 순종계통 평균의 3.6%로 추정되었다. 생시복 당체중과 생시개체체중에서도 잡종강세 효과가 각각 1.4% 및 1.6%로 추정되었다. 계 통간 교잡종과 순종계통간 차이는 21일령 복당체중과 21일령 개체 체중에서는 통계적 유의성이 있었으나 복당 포유개시두수, 생시복당체중 및 생시개체체중에서는 통계적 유의성이 없었다.

## 제 8 절 참고문헌

1. Estany, F. and D. Sorensen. 1994. Comparison of alternate models for selection for litter size in Danish Landrace and Yorkshire breeds. Proc. 5th WCGALP 17:323.
2. Haley, C. S., E. Avalos and C. Smith. 1988. Selection for litter size in the pig. Animal Breeding Abstracts. 56(5):317-332.
3. Henderson, C. R. 1973. Sire evaluation and genetic trends. Proc. Animal Breeding and Genetics Symp. Am. Soc. Anim. Sci.
4. Kennedy, B. W. 1987. Genetic evaluation of swine using animal model. Proc. 38th Annual Meeting, EAAP.
5. Sorensen, D. A. 1990. An animal model for selection for litter size in the Danish pig breeding program. Proc. 4th WCGALP 15:435.
6. Stewart, T. S., D. L. Lofgren, D. L. Harris, M. E. Einstein. 1991. Genetic improvement programs in livestock : Swine Testing and Genetic Evaluation System(STAGES). J. Anim. Sci. 69:3882.
7. Sullivan, B. P. and R. Dean. 1994. National genetic evaluation for swine in Canada. Proc. 5th WCGALP 17:382.
8. Tribout, T., J. P. Bidanel, A. Ducos and H. Garreau. 1998. Continuous genetic evaluation of on farm and station tested pigs for production

and reproduction traits in France. Proc. 6th WCGALP 26:491.

9. 권오섭, 정홍우, 박영일. 1988. 돼지에 있어 등지방두께, 일당증체량 및 사료요구율에 대한 선발지수. 서울대학교 농학연구. 13(1):21-36.
10. 김성훈. 1991. 돼지의 번식형질에 대한 유전모수 추정과 종모든 육종가 추정에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
11. 박동순, 정선부, 박홍양. 1987. 돼지의 경계형질에 대한 유전력 추정. 한국축산학회지. 29(1):1.
12. 배규한. 1993. 순종과 교잡종 능력에 근거한 종모든 평가에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
13. 상병창, 박태진, 박무균, 안승석, 노진석. 1984. 돈의 임신기간 산자수 및 이유전 체중에 대한 순종간 비교. 한국축산학회지 26:492.
14. 이학교, 최영성, 김인철, 박종대, 강만석. 1989. 돼지에 있어서 이유전 형질과 이유 후 형질에 대한 유전모수 추정. 한국축산학회지. 31(4):210.
15. 정홍우, 박영일. 1986. 돼지에 있어 복당산자수와 복당포유개시 자돈수의 유전력과 유전상관. 한국축산학회지. 28(9):584.
16. 최성희. 1995. 돼지의 경계형질에 대한 유전분산과 유전력의 추정에 관한 연구. 서울대학교 대학원 석사학위 논문.

## 제 4장 계통돈의 경제형질과 관련된 유전적 표지의 구명

### 제 1 절 서 설

돼지에서 스트레스증후군(PSS : Porcine Stress Syndrome) 유전자를 보유하게 되면 주위 환경변화인 고온, 밀사, 도축장 수송 등의 Stress에 매우 민감한 영향을 받게되며, 열성유전자 보유돼지는 사육중 12% 이상이 폐사되며, 생존한 개체의 50% 이상이 육질이 나쁜 물돼지 고기인 PSE(pale, soft, exudative)돈육을 생산하게 된다. PSE돈육은 판매를 위해 진열시 삼출물이 많고 색깔이 창백하여 소비자들의 구매외욕을 저하시키며, 냉장 저장중이나 유통중에 감량이 발생하고 수출시 수입당사국에서 반품시키는 빈도가 높아 손실이 큰 것으로 알려져 있다.

현재 외국의 보고된 자료에 의하면 상업화된 돼지중 약 10%정도가 PSS 잠재성 유전자 보유돼지로 추측되며, 약 1.5%정도는 열성유전자 보유돼지(homozygote)로 추정되고 있다. 또한 국내 돼지중 10~20%정도가 불량유전자를 보유한 개체로 추정되고 있다.

PSS 유발원인은 근육에서 세포내  $Ca^{2+}$  ion농도를 조절하여 근육의 수축과 물질대사를 조절하는  $Ca^{2+}$  release channel인 ryanodine receptor에 돌연변이가 생겨 발생하게된다(Mac 등, 1992).

양돈산업에서 이들 불량유전자 개체를 조기에 확인하는 것은 중요한 육종적 현황사항이며, 일반적으로 이들 불량유전자 보유여부를 확인하기 위해 Halotan gas로 마취시켜 사지근육의 경직상태에 따라 판정해 왔는데 이러한 방법은 돼지 자체에 매우 심한 스트레스를 입히는 결과를 초래하게 되고 유전자의 잠재성 보유여부를 판정하지 못하기 때문에 최근 선진국에서는 분자생물학적 DNA검사를 통해 열성유전자 보유개체는 물론 잠재성 유전자 보유개체까지 조기에 검사함에 따라 이러한 검사기술을 국내에서 실용화하여 향후 농가 서비스체계 구축이 요구되고 있다.

가축의 생산형질과 관련된 유전분석을 위해 DNA에 기초한 유전적 표지인자를 개발

하기 위하여 다양한 방법으로 시도되어왔다. 또한 PSS 유전자분석을 제외하고 돼지의 경제형질을 개량하기 위한 분자유전학적 기법을 동원한 연구가 시도되어 생산형질과 관련되어 DNA에 기초한 유전적 표지인자를 개발하기 위하여 다양한 방법으로 진행되고 있다. RAPD(Random Amplified DNA Polymorphic DNAs)는 Mendelian 형태로 유전되며 유전특성의 분석을 위한 한 방법으로 이용되고 있으며, PCR과 독자적 염기서열로 구성된 단일 primer을 사용하여 random DNA sequence의 증폭에 의한 DNA 분석 방법이다.

Microsatellite는 돼지의 염색체상의 여러 부위에 존재하는 200bp내의 크기의 단순배열을 반복적으로 가지는 염기서열이다. 대부분의 척추동물에서는 10,000~100,000개 정도의 microsatellite가 존재할 것으로 예상되고 있으며, 특히 가축의 돼지인 경우 65,000~100,000개 정도로 예상하고 있다. Microsatellite는 염기서열 정보만으로도 연구자간의 육종정보를 쉽게 교환할 수 있으며, 외국의 경우 유전자지도작성에도 이용하고 있는 실정이다. 돼지의 계통별, 세대간 염색체내 특정 염기서열의 유전자중 PSS 유전자, RAPD 및 microsatellite 영역 유전적 발현특성을 구명하여 이를 이용한 생산형질과 관련된 우수계통조성의 선발표지로서 가능성을 제시하고자 본 시험을 수행하였다.

## 제 2 절 PCR-RFLP분석법에 의한 계통돈의 PSS유전자 분석

### 1. 재료 및 방법

#### 1) 공시재료 및 DNA 추출

공시재료로는 본 연구소에서 사육중인 계통조성돈을 비롯한 품종별 총 637두를 공시축으로 하였으며, genomic DNA 추출을 위해 돼지 경정맥으로부터 10ml 채혈 후 heparin 함유 진공시험관 냉장보관 후 phenol법으로 Genomic DNA를 추출하였다.

#### 2) PCR 증폭

돼지 PSS유전자 분석에 사용된 DNA Primer(Fujii 등, 1991)는 표 4-1)과 같다.

표 4-1) Sequences of Porcine Stres Syndrome DNA primer as probes

PSS primer Sequence	Mer
5'-GTT CCC TGT GTG TGT GCA ATG GTG-3'	24
5'-ATC TCT AGA GCC AGG GAG CAA GTT CAA GTT CTC AGT AAT-3'	39

PCR에 의해 DNA상의 1843번째 돌연변이 부위를 포함하는 유전자 증폭 혼합물은 표 4-2)와 같다.

표 4-2) PCR mixtures of PSS DNA amplification

components	amount( $\mu$ l)
dNTP	2.0
Reaction Buffer	2.5
Primer 1	1.0
Primer 2	1.0
Template DNA	2.0
Taq DNA polymerase	0.2
ddH <sub>2</sub> O	16.3
Total	25.0

PCR은 Perkin-Elmer Cetus Thermocycler를 사용하였으며, 반응조건은 pre-denaturation step으로 97°C에서 5분을 한 후에 denaturation 94°C 1분, annealing 68°C 1분, extension 72°C 30초로 하여 총 35회를 반복한 후 72°C에서 5분으로 PCR반응을 마쳤다.

### 3) 제한효소처리

PCR에 의해 증폭된 산물은 유전자형을 판별하기 위하여 제한효소 Hha I (5units), reaction buffer 3 $\mu$ l, PCR products 10 $\mu$ l 및 멸균3차 증류수 보충으로 전체 20 $\mu$ l 를 만들어 37°C에서 5~6시간 반응시켜 분석에 이용하였다

#### 4) 전기영동

제한효소로 절단된 유전자 단편을 확인하기 위하여 15% polyacrylamide gel (PAGE)에서 전기영동하였다. 전기영동조건은 TBE buffer(90mM Trisborate, 2mM EDTA pH8.0)에서 2시간동안 200V로 하였으며, 전기영동한 Gel은 Ethidium Bromide 용액(0.5 $\mu$ g/ml)에서 염색을 한 후 UV illuminator에서 밴드양상을 관찰하였다.

#### 5) 통계분석

PSS 유전자의 각 유전자형에 대한 형질별효과와 추정을 위해 SAS/GLM의 Type III 제곱합을 이용하여 분산분석을 하였으며 다음과 같은 선형모형(linear model)을 설정하여 각 형질의 최소자승평균을 구하고 최소자승 평균치간의 유의성 검정을 하였다.

$$Y_{ijklm} = \mu + S_i + Y_{rj} + M_k + P_l + e_{ijklm}$$

여기서

$Y_{ijklm}$  = 1번째 성의 j번째 출생년도의 k번째 출생월의 l번째 PSS 유전자의 m번째 개체의 측정치

$\mu$  = 전체평균

$S_i$  = i번째 성의 효과(i=1, 2)

$Y_{rj}$  = j번째 출생년도의 효과(j=1, 2)

$M_k$  = k번째 출생월의 효과(k=1, 2)

$P_l$ 전 = l번째 PSS유전자의 효과(l=1, 2, 3)

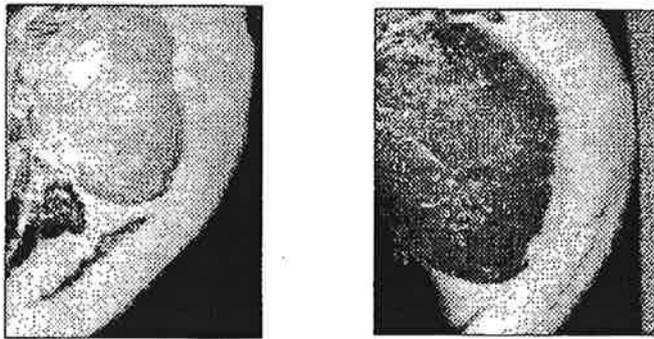
$e_{ijklm}$  = 각 개체의 고유한 임의오차

## 2. 결과 및 고찰

### 1) PSE돈육과 PCR-RFLP이용 PSS유전자의 다형확인

돼지에서 발생하는 도살 후의 PSE돈육은 경제적으로 많은 손실을 초래하게되는데 돼지의 스트레스에 의하여 발생하는 것으로 알려져있는 PSE돈육과 정상육은 그림 4-1)

과 같다. 스트레스에 민감한 돼지의 유전자를 분석하기 위하여 PCR-RFLP 이용 검색한 결과 폴리아크릴겔상에서 다형형태는 그림 4-2)와 같으며, 증폭산물은 83bp로서 정상은 52bp와 31bp의 2개밴드를 나타내고, 잠재성은 83bp, 52bp 및 31bp 모두에 밴드의 다형을 보였으나 열성은 83bp의 단일 밴드를 보였다.



<PSE돈육>

<정상돈육>

그림 4-1) 돼지에서 도살 후 PSE돈육과 정상돈육간의 비교

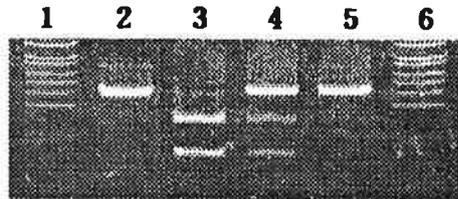


그림 4-2) PCR-RFLP PSS 유전자다형(1, 6 :  $\phi$ 174 DNA/Hinf I Marker, 2: PCR products, 3: Normal, 4: Heterozygous carrier, 5: PSS affected)

## 2) PSS유전자의 발현양상

돼지의 품종별 PSS유전자의 발현양상은 표 4-3)과 같이 밴드레이스에서 잠재성 19.2%로서 가장 많은 발현율을 보이며, 다음은 요크셔, 듀록, 햄프셔 순이었다.

표 4-3) 돼지 품종별 PSS 유전자 발현 특성('97년)

구 분	PSS 유전자				유전자빈도	
	정상	잠재성	열성	계	N	n
요 크 셔	263	7( 2.6)	0	270	0.987	0.013
랜드레이스	124	30(19.2)	2	156	0.891	0.109
듀 록	9	1(10.0)	0	10	0.950	0.050
햄 프 셔	11	0	0	11	1.000	0.000
4종	407	38( 8.5)	2	447	0.953	0.047

※ NN : 정상, Nn : 잠재성개체, nn : 스트레스증후군 유전자 보유개체

요크셔품종의 교배체계에서 PSS 유전자의 정상집단을 조성하기 위하여 세대간 발현 양상을 분석한 결과는 표 4-4)와 표 4-5)에서와 같다. 종모돈 및 종빈돈중에서 PSS 유전자 잠재성인자의 교배체계에서 자돈의 개체별 발현양상은 주로 종빈돈에서 잠재성 인자의 세대유전이 많은 경향을 보였다.

표 4-4) 돼지 요크셔 계통돈의 PSS 유전자 다형('98년)

구 분	PSS 유전자				유전자빈도	
	정상	잠재성	열성	계	N	n
종 모 돈	8	2	0	10	0.900	0.100
종 빈 돈	54	6	0	60	0.950	0.050
자 돈	69	51	0	120	0.788	0.213
계	131	59	0	190	0.845	0.155

※ NN : 정상, Nn : 잠재성개체, nn : 스트레스증후군 유전자 보유개체

표 4-5) 돼지 요크셔 계통돈의 PSS 유전자 세대간 유전('98년)

구 분	PSS 유전자				유전자빈도	
	정상	잠재성	열성	계	N	n
정 상 ♂-잠재성 ♀	11	20	0	31	0.677	0.323
잠재성 ♂-정 상 ♀	54	25	0	79	0.842	0.158
잠재성 ♂-잠재성 ♀	5	4	0	9	0.778	0.222
계	70	49	0	119	0.794	0.206

※ NN : 정상, Nn : 잠재성개체, nn : 스트레스증후군 유전자 보유개체

3) PSS 유전자다형의 생산성효과

돼지의 요크셔 계통조성 3세대에서 PSS유전자를 비롯한 여러 요인이 산자수와 돈육생산성과의 관련성은 표 4-6)에서와 같이 일당중체량, 등지방두께 및 90kg 도달일령에서는 성별에 따라 유의적인 차이가 있었으며, 21일령 복당체중에서는 연도에 따라 유의적인 차이가 있었고, 특히 PSS 유전자형에 따라 등지방두께에서 유의적인 차이가 인정되었다.

PSS free 개체간의 교배그룹과 PSS free개체와 PSS 보유개체간의 교배그룹에서 생산된 자돈의 등지방두께에 대한 최소자승평균치는 표 4-7)에서와 같이 PSS free 개체간의 교배그룹에서 생산된 자돈에서 더 높게 나타났으며, 고도의 유의적인 차이가 있었다. 그러나 PSS 유전자형에 따른 산자수의 경우 표4-8)에서와 같이 부모 모두 정상일때 산자수가 높은 경향을 보였지만 유의적인 차이는 없었다.

표 4-6) PSS유전자를 비롯한 여러 요인이 산자수와 돈육생산성에 미치는 영향

Source	D.f.	Trait(mean squares)				
		Birth litter size	21days weight(kg)	Ave.-daily gain(g)	Backfat thickness(cm)	Age at 90kg(day)
Sex	1	0.1179 <sup>NS</sup>	86.1233 <sup>NS</sup>	0.2622 <sup>**U.UUU1</sup>	0.2155 <sup>*U.UUU5</sup>	1177.4188 <sup>**U.UUU3</sup>
Year	1	9.7803 <sup>NS</sup>	1452.3980 <sup>**U.UUU3</sup>	0.0005 <sup>NS</sup>	0.0458 <sup>NS</sup>	156.3627 <sup>NS</sup>
Month	1	0.3114 <sup>NS</sup>	295.4822 <sup>NS</sup>	0.0172 <sup>NS</sup>	0.0156 <sup>NS</sup>	19.0876 <sup>NS</sup>
PSS	2	2.5163 <sup>NS</sup>	96.9131 <sup>NS</sup>	0.0087 <sup>NS</sup>	0.1513 <sup>*U.UU13</sup>	105.2250 <sup>NS</sup>
Error	149	4.1814	93.8031	0.0100	0.0383	95.2599

\*\* : P<0.01, \* : P<0.05, NS : Not significant at 0.05 level of significant

표 4-7) 돼지 요크셔종의 PSS유전자 교배조합별 돈육생산 효과('98년)

Traits	Mating group(♂-♀)*		Significance level(P)
	NN - NN	NN - Nn, Nn - NN	
Avg.-daily gain(kg)	0.873	0.848	0.204
Backfat thickness(cm)	1.489	1.385	0.007
Age at 90kg(day)	142.878	145.503	0.165

\* : NN(normal), Nn(hetero)

표 4-8) PSS유전자의 교배조합별 산자수 및 포유시 자돈성장 효과('98년)

Traits	Mating group(♂-♀)*		Significance level(P)
	NN - NN	NN - Nn, Nn - NN	
Birth (head)	8.103	7.479	0.286
21days weight(kg)	38.584	39.695	0.690

\* : NN(normal), Nn(hetero)

4) 적 요

- 가) 돼지의 품종별 PSS유전자 잠재성인자의 발현양상은 랜드레이스, 요크셔, 듀록, 햄프셔 순으로 높은 발현율을 나타내었다.
- 나) 요크셔품종의 교배체계에서 PSS 유전자 잠재성인자의 발현양상은 종빈돈이 잠재성일 때 세대유전이 많은 경향을 보였다.
- 다) 요크셔 품종의 계통조성 3세대의 경우 PSS 유전인자 형태별 돈육생산성은 종모돈 및 종빈돈 모두 정상일때 등지방두께가 1.489cm으로 부모중 어느한쪽이 잠재성일 때 1.385cm보다 유의적(P<0.007)으로 두꺼웠다.
- 라) PSS유전자 교배체계별 산자수 및 자돈성장효과를 보면 부모 모두 정상일 때 산자수는 복당 8.103두로 부모 어느한쪽이 잠재성일 때 복당 7.479두보다 많은 경향을 보였다.

### 제 3절 Microsatellite Typing 및 RAPD기법을 이용한 육질관련 유전적 표지의 구명

#### 1. 재료 및 방법

##### 1) Genomic DNA

돼지의 각 개체간 genomic DNA의 양상은 그림 4-3)에서 보는 바와 같이 M은  $\lambda$ Hind III size marker이며 lane 1~10는 본 연구를 수행하기 위해 추출한 genomic DNA중 10두, 즉 대요크셔종 6두, 듀록종 2두, 햄프셔종 2두를 무작위로 선택하여 1% agarose gel상에서 전기영동한 것을 토대로 하여 약 50ng/ul로 dilution한 상태를 다시 전기영동한 그림이다.

그림 4-3)에서와 같이 DNA의 상태가 약 23kb의 크기로 다음 연구수행에 있어 아주 적절한 양상임을 보여주어 RAPD를 위한 template나 microsatellite 분석에 있어 template로 이용하였다.

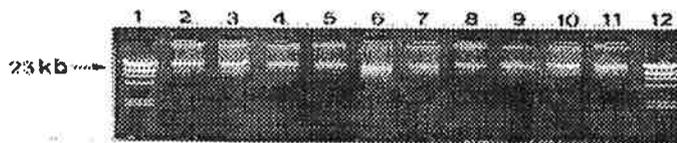


그림 4-3) Electrophoregram of genomic DNA(diluted about 50ng/ul) purified from porcine blood. Genomic DNA were resolved by electrophoresis in a 1.0 % agarose gel. (lane 1, 12 :  $\lambda$  hind III size marker(50ng/ul), lane 1~6 : L. Yorkshire, lane 7~8 : Duroc, 9~10 : Hampshire)

## 2) 통계분석

Microsatellite 영역 각 유전자형에 대한 형질별효과의 추정을 위해 SAS/GLM의 TypeIII 제곱합을 이용하여 분산분석을 하였으며 다음과 같은 선형모형(linear model)을 설정하여 각 형질의 최소자승평균을 구하고 최소자승 평균치간의 유의성 검정을 하였다.

$$Y_{ijklm} = \mu + S_i + G_{1j} + G_{2k} + G_{3l} + bBWT + e_{ijklm}$$

여기서

$Y_{ijklm}$  = i번째 성의 j번째  $G_1$  유전자, K번째  $G_2$  유전자, l번째  $G_3$  유전자의 m번째 개체의 측정치

$\mu$  = 전체평균

$S_i$  = i번째 성의 효과(i=1, 2)

$G_{1j}$  = j번째  $G_1$  유전자의 효과(j=1, 2 ~8)

$G_{2k}$  = k번째  $G_2$  유전자의 효과(k=1, 2 ~5)

$G_{3l}$  = l번째  $G_3$  유전자의 효과(l=1, 2, ~10)

$e_{ijklm}$  = 각 개체의 고유한 임의오차

## 2. 결과 및 고찰

### 1) RAPD(random amplified polymorphic DNAs)

본 실험에는 대요크셔종과 듀록종, 햄프셔종 으로부터 정제된 genomic DNA 각각 4두를 template로 하고 random primer #70을 이용하여 RAPD(random amplified polymorphic DNAs)를 수행한 결과는 그림 4-4)와 같으며 M은 size marker이며 lane 1~4는 대요크셔종, 5~8은 햄프셔종, 9~11은 듀록종으로 각 품종간의 band양상을 나타낸 것이다. 그림 4-4)에서 보는 바와 같이 random primer #70을 이용하였을 때 각 품종간의 밴드가 거의 동일하게 출현되어 각 품종간의 다형성은 보이지 않았다.

각 품종간의 genomic DNA를 template로 하고 random primer #33를 이용하여 RAPD를 수행하였을 때에는 그림 4-5)에 나타낸 바와 같은 전기영동 양상을 보였

으며, M은 size marker, lane 1~4는 대요크셔종, lane 5~7은 햄프셔종, lane 9~10은 듀록종에 대한 band 양상을 나타낸 것이다. 그림 4-5)에서 보는 바와 같이 이 random primer #33 역시 다른 random primer와 마찬가지로 각 품종간의 확연한 밴드차이나 다형현상은 보이지 않았다.

이상에서 보는 바와 같이 random primer를 이용한 RAPD에 있어 각 품종간이나 동일품종내의 다형현상을 볼 때, 품종간 또는 개체간의 특이성을 보기는 어려운 실정에 있다.

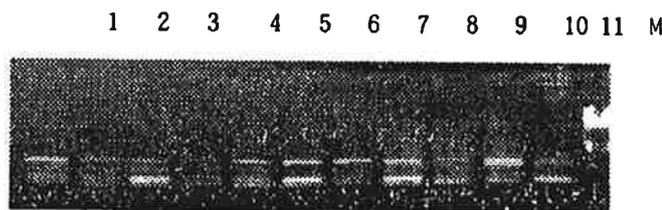


그림 4-4) Polymorphic DNA pattern amplified by random primer #70. Amplification products were resolved by electrophoresis in a 2.0% agarose gel (lane M : size marker, lane 1~4 : L. Yorkshire, lane 5~8 : Hampshire, 9~11 : Duroc)

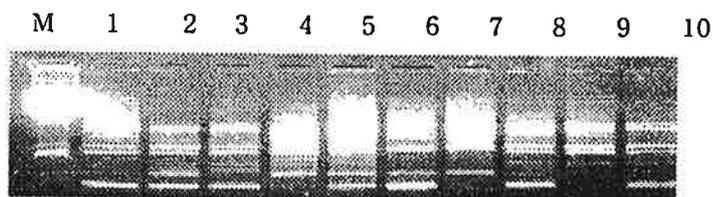


그림 4-5) Polymorphic DNA pattern amplified by random primer #33. Amplification products were resolved by electrophoresis in a 2.0% agarose gel (lane M : size marker, lane 1~4 : L. Yorkshire, lane 5~7 : Hampshire, 9~10 : Duroc)

또한, RAPD에 의한 다형현상을 기초로 그 품종간이나 개체들이 보유하고 있는 경계형질과 유의성을 검정하기란 다소 어려움이 있을 것이 사료되었다. 따라서, RAPD를 이용한 밴드다형현상, 즉 다형성을 토대로 품종 특이성이나 개체특이성 그리고 경계형질과 유의적 연관성에 대한 결과를 기대하기란 어려운 것으로 판단되어진다. 따라서 본 연구는 최근 분자유전학 및 유전자 분석의 기술이 발전됨에 따라 많은 연구가 되고 있으며 고도의 다형성을 보이는 microsatellite 분석을 실시하여 각 개체간 다형성을 비교 분석하였다

## 2) Microsatellite 다형분석

PCR 기법을 이용하여 DNA 다형검출하기 위해 최근 RFLP(restriction fragment length polymorphism)나 RAPD 기법을 이용하여 많은 연구가 진행되어지고 있으며 이는 축종간의 다형현상의 비교분석이나 각 개체간의 다형성을 토대로 각 품종간 각 개체간의 경계형질간의 연관성 분석에서 그 응용성이 제한되어 왔다.

그러나 최근 분자생물학적 수준에서 활발히 연구되어지고 있는 microsatellite는 단순염기 배열을 소유하고 있으며 게놈내에 다양한 반복수로 분포되어 있어 고도의 다형성을 나타내고 있다. 따라서 이를 토대로 각 품종, 개체간 반복서열의 반복수에 따른 매우 높은 다형성은 품종간, 개체간 또는 동일 품종내의 유전적 차이를 밝히고 그들이 소유하고 있는 경계형질과의 연관성을 분석하는 아주 유용한 marker라고 생각되어진다.

Microsatellite의 다형성 분석을 위해 대립유전자의 검출시 여러 가지 방법, 즉 siver stain이나 방사선 동위원소를 이용하고 있으나 본 연구에서는 보다 편리하고 정확하게 검출할 수 있는 자동 염기서열 분석기인 ABI PRISM™ 377 DNA Sequencer(Perkin Elmer Co.)를 이용하였다. 본 연구에서는 실험 수행에 있어 template로 3품종 142두의 DNA를 이용하여 분석하였지만 microsatellite의 분석에 있어서는 추후 microsatellite 다형성과 경계형질과의 연관성 분석에 있어 각 개체가 보유하고 있는 경계적 형질에 대한 성적이 있는 대요크셔종 122두만을 template로 이용하여 분석을 실시하였다.

형광물질로 labelling되어진 primer의 사용에 있어서 명확한 PCR product의 조건 설정을 위해 다양한 조건의 설정하에, 즉 각 반응액의 농도와 microsatellite의 증폭에 있어 중요한 primer의 annealing temperature에 변화를 주어 실험을 실시하였다. 그러나 fluorescent primer TNF $\alpha$ 와 S0066에 있어서는 증폭조건을 기존에 보고되어진 연구결과와 그 외의 다른 조건으로 실시해 보았으나 PCR product의 non-band 또는 non-specific 밴드의 출현으로 조건설정에 어려움이 있어 이를 제외한 나머지 3종(S0102, SW175, S0064)을 이용하여 fluorescent primer에 대해 보고되어진 기존 정보와 최적의 증폭조건으로 설정되었으며 3종을 이용하여 얻은 증폭산물의 결과는 표 4-9)에 나타난 바와 같다.

또한 조건이 설정된 fluorescent primer를 이용하여 표 4와 5에 제시한 실험방법을 통해 PCR를 실시하여 얻은 primer S0102, SW175, S0064의 각각에 대한 증폭산물의 9% PAGE(polyacryamide gel electrophoresis)를 이용한 전기영동결과는 figure 2~4에 나타난 바와 같다.

표 4-9) 형광물질로 표지된 primer 정보

Locus	Relative position (cM)	No. of allele	Maximum of allele size(bp)	Minimum of allele size(bp)	Annealing T. (°C)
S0064	30.2	10	93	160	58
S0102	70.1	8	123	143	65
SW175	81.5	6	102	126	60

그림 4-6)에서 보는 바와 같이 primer S0102를 이용하여 PCR을 수행한 결과로 120~141bp에서 형성되었으며 lane 1과 12는 sie marker(pUC 18 DNA marker Msp I digest)이고 lane 2~11은 대요크셔종 무작위 개체를 나타내고 있다.

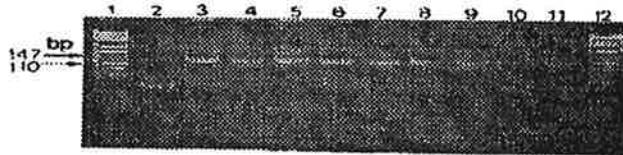


그림 4-6) PCR product band patterns amplified by fluorescent primer S0102. Amplification products were resolved by electrophoresis in a 9% polyacrylamide gel(lane 1, 12 : pUC 18 marker Msp I digest, lane 2~11 : L. Yorkshire).

Microsatellite primer S0064을 이용한 PCR product는 그림 4-7)에서 보는 바와 같이 밴드가 93~160bp에서 형성되었으며 이 역시 lane 1과 12는 size marker(pUC 18 DNA marker Msp I digest)이고 lane 2~11은 대요크셔종 무작위개체를 나타내고 있으며, 그림 4-8)은 primer Sw175를 이용하여 PCR을 수행한 결과인데 그림 4-8)에서 보는 바와 같이 밴드가 102~126bp에서 형성되어 양호한 결과를 얻었으며 lane 1과 12는 size marker(pUC 18 DNA marker Msp I digest)이고 lane 2~11은 대요크셔종 무작위 개체이다.

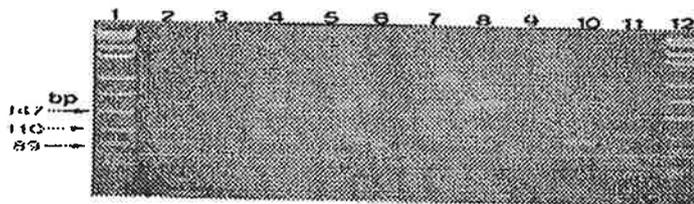


그림 4-7) PCR product band patterns amplified by fluorescent primer S0064. Amplification products were resolved by electrophoresis in a 9% polyacrylamide gel(lane 1, 12 : pUC 18 marker Msp I digest, lane 2~11 : L. Yorkshire).

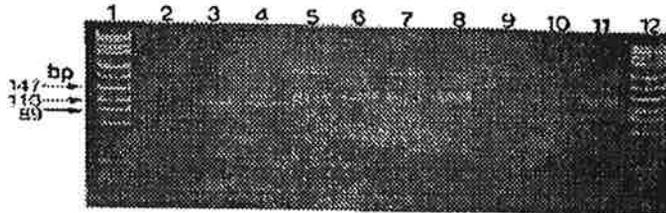


그림 4-8) PCR product band patterns amplified by fluorescent primer Sw175. Amplification products were resolved by electrophoresis in a 9% polyacryl-amide gel(lane 1, 12 : pUC 18 marker Msp I digest, lane 2~11 : L. Yorkshire).

이상에서 보는 바와 같이 fluorescent microsatellite primer를 이용한 각 개체간 PCR 증폭산물을 토대로 자동 염기서열 분석기인 ABI PRISM™ 377 DNA Sequencer(Perkin Elmer Co.)를 이용하여 각 개체간의 대립유전자의 양상을 보았다.

표 4-10)에서 보는 바와 같이 microsatellite marker S0102를 이용하여 각 개체간 대립유전자의 양상을 실험한 결과, 각각의 크기가 서로 다른 121bp, 127bp, 129bp 그리고 135bp에서 4개의 대립유전자를 보였고 대립유전자의 조합양식은 8종류의 대립유전자, 즉 AA(121/121), AC(121/129), AD(121/135), BC(127/129), CC(129/129), CD(129/135), DD(135/135)의 조합양상을 볼 수가 있었다. 또한 대립유전자의 양상중 CC(129/129)에서 총 122두 중 약 32.8%(40두)로 가장 많은 빈도를 보였고, BD(127/135)와 DD(135/135)는 각각 1.6%(2)씩 출현하여 가장 적은 빈도를 보였으며 S0102에 대한 총 개체의 이형접합율은 약 63.1%로 3종의 marker 중 가장 높은 이형접합율을 나타내었다.

표 4-10) Microsatellite marker별 각 개체에 대한유전자형 크기(bp), 유전자형 빈도(%), 유전자형 조합수, 이형접합율(%).

Genotype No.	S0102		SW175		S0064	
	Genotype & size(bp)	Fre.(%) & No.	Genotype & size(bp)	Fre.(%) & No.	Genotype & size(bp)	Fre.(%) & No.
1	AA(121/121)	4.1 (5)	AA(125/125)	17.2(21)	AA(104/104)	18.9(23)
2	AC(121/129)	8.3(22)	AB(125/127)	42.6(52)	AB(104/112)	16.4(20)
3	AD(121/135)	8.2(10)	AC(125/129)	2.5 (3)	AC(104/114)	9.0(11)
4	BC(127/129)	3.3 (4)	BB(127/127)	29.5(36)	AD(104/116)	2.5 (3)
5	BD(127/135)	1.6 (2)	BC(127/129)	7.4 (9)	BB(112/112)	10.7(13)
6	CC(129/129)	32.8(40)	CC(129/129)	0.1 (1)	BC(112/114)	17.2(21)
7	CD(129/135)	26.2(37)			BD(112/116)	9.0(11)
8	DD(135/135)	1.6 (2)			CC(114/114)	10.7(13)
Total		100.0(122)		100.0(122)		100.0(122)
Heterozygosity (%)		63.1% (77/122)		52.5% (64/122)		57.4% (70/122)

Microsatellite marker SW175를 이용하여 각 개체간 대립유전자의 양상을 실험한 결과는 각각의 크기가 서로 다른 125bp, 127bp와 129bp에서 3개의 대립유전자를 보였고 대립유전자의 조합양식은 6종류의 대립유전자, 즉 AA(125/125), AB(125/127), AC(125/129), BB(127/127), BC(127/129), CC(129/129)의 조합양상을 볼 수가 있었다. 또한 대립유전자의 양상중 AB(125/127)에서 총 122두 중 약 42.6%(52두)로 가장 많은 빈도를 보였고, CC(129/129)에서는 약 0.1%(1두)로 가장 낮은 출현 빈도를 보였으며 전체 개체의 이형접합율은 52.5%로 3종의 marker 중 가장 낮은 이형접합율을 보였다.

또한 Microsatellite marker S0064를 이용하여 각 개체간 대립유전자의 양상을 실험한 결과는 각각의 크기가 서로 다른 104bp, 112bp, 114bp와 116bp에서 4개의 대립유전자를 보였고 대립유전자의 조합양식은 8종류의 대립유전자, 즉 AA

(104/104), AB(104/112), AC(104/114), AD(104/116), BB(112/112), BC(112/114), BD(112/116), CC(114/114)의 조합양상을 볼 수가 있었다. 또한 대립유전자의 조합양상을 대체로 비슷하다고 볼 수 있으나 그중에서 가장 빈도가 높은 조합양상은 BC(112/114)에서 총 122두 중 약 17.2%(21두)로 가장 높은 빈도를 보였으며 AD(104/116)에서는 총 122두 중 약 2.5%(3두)로 가장 낮은 대립유전자의 조합양상을 보였다. 또한 microsatellite marker S0064에 대한 전체개체의 이형접합율은 약 57.4%를 보였다.

이상의 결과를 요약하면 보면, 3종류의 microsatellite 좌위에서 각 개체간의 대립유전자 조합양상은 서로 다른 크기의 대립유전자 조합양상을 보였으나 이형접합율에 있어서 다소 유사한 비율을 나타내었으며 비교적 높은 다형성을 보인 이상의 결과를 멘델의 법칙에 근거한 친자간의 대립유전자의 유전양상과 각 개체들이 보유하고 있는 경제적 형질과 비교분석하여 이들과 유의성 검정하는데 유용한 기초자료로 이용할 수 있을 것으로 사료되었다.

### 3) Microsatellite marker를 이용한 친자확인분석

본 실험은 돼지의 폐쇄군 육종을 추진하고 있는 계통조성의 집단구조 특성분석과 관련된 기초자료를 얻기 위해 유전형상을 분석하였다. 부모로부터 절반씩의 대립유전자를 물려받은 자손은 멘델의 유전법칙에 따라 그 자손의 부모중 어느 한쪽은 반드시 물려받음을 알 수 있다. Microsatellite marker를 이용한 친자감별의 가능성을 확인하기 위해 각각의 가계에서 태어난 자식들과 대립유전자를 비교분석한 결과는 다음과 같으며 총 6가계를 분석하여 부모 자식간의 대립유전자간을 비교분석한 결과 모두 멘델의 법칙 기본원리와 같았으며 이중 아버지가 같은 2가계를 표 8에서 도식하였다.

표 4-11)에서 보는 바와 같이 S0102 좌위의 경우 sire가 129/129의 동형접합체 유전자 조합을 갖고 첫 번째 가계의 dam 유전자형이 129/135의 이형접합체 유전자 조합을 갖고 있을 때 그들 8마리 자식의 유전자조합형은 각각 129/129(♀), 129/135(♂), 129/135(♀), 129/135(♀), 129/129(♂), 129/135(♂), 129/129(♂), 129/129(♀)로 부모로부터 하나씩의 대립유전자를 물려받은 것을 알 수 있다. 또한 두 번째 가계인 dam(129/135)유전자 조합을 가진 부모로부터 태어난 9마리의 자식들도

각각 129/129(♂), 129/129(♀), 129/129(♀), 129/135(♂), 129/129(♂), 129/129(♀), 129/135(♀), 129/135(♂), 129/135(♂)로 부모로부터 하나씩 물려받은 것을 알 수 있다.

또한 SW175의 경우, sire의 유전자 조합형이 125/127형의 이형접합체의 유전자형을 가지고 dam의 유전자조합형이 127/129의 이형접합체인 가계에 있어 자식들의 유전자형 조합 역시 각각 125/127(♀), 125/127(♂), 125/129(♀), 125/127(♀), 127/129(♂), 125/129(♂), 127/129(♂), 127/129(♀)로 이들의 부모들로부터 하나씩 물려받은 것을 알 수 있다.

표 4-11) 멘델의 법칙을 기본원리로 한 S0102, SW175, S0064 microsatellite markers에 두 가계집단의 유전자형 조합양상

Marker	S0102		SW175		S0064	
Sire(allele)	129/129		125/127		104/112	
Dam(allele)	129/135	129/135	127/129	127/129	112/112	112/116
Offspring (allele)	129/129(♀)	129/129(♂)	125/127(♀)	125/127(♂)	104/112(♀)	112/112(♂)
	129/135(♂)	129/129(♀)	125/127(♂)	125/127(♀)	112/112(♂)	104/112(♀)
	129/135(♀)	129/129(♀)	125/129(♀)	127/127(♀)	104/112(♀)	112/112(♀)
	129/135(♀)	129/135(♂)	125/127(♀)	125/129(♂)	104/112(♀)	104/112(♂)
	129/129(♂)	129/129(♂)	127/129(♂)	125/127(♂)	104/112(♂)	104/112(♂)
	129/135(♂)	129/129(♀)	125/129(♂)	127/127(♀)	104/112(♂)	104/116(♀)
	129/129(♂)	129/135(♀)	127/129(♂)	125/127(♀)	112/112(♂)	104/112(♀)
	129/129(♀)	129/135(♂)	127/129(♀)	127/129(♂)	104/112(♀)	104/112(♂)
	129/135(♂)		127/129(♂)		112/116(♂)	

\* 129/135는 129bp와 135bp의 이형접합체 유전자 조합형을 나타내며, 129/129는 129bp와 129bp의 동형접합체 유전자 조합형을 의미.

또한 두 번째 가계에서도 마찬가지로 같은 유전자 조합형을 가진 아버지와 그외의 다른 가계나 좌위에서도 이와같이 멘델의 법칙의 기본원리를 그대로 따름을 알 수 있고 이외의 4가계 역시 같은 양상을 보였다. 이상의 결과에서 볼 때 microsatellite marker들의 DNA 분리양상을 통하여 친자감별을 실시한 실험에 있어 멘델의 유전양식을 기본원리로 하여 부모의 대립유전자가 부모로부터 하나씩 자식에게 반드시 전달되어 자손의 대립유전자 조합양상을 형성함을 알 수 있었으며 이 다형성을 토대로 집

단내의 친자감별에 있어 유용한 marker로서 이용할 수 있을 것으로 사료된다.

#### 4) MS의 유전자형별 돼지 경제형질 연관 분석

본 연구에서 분석된 Microsatellite marker S0102, SW175, S0064에 대한 각 개체의 유전자형과 그들이 소유하고 있는 경제형질과의 연관성이 표 4-12)에 나타나 있다.

여기에서 일당증체량은 성별에 따라 유의성이 있었으며 S0102의 BC1과 S0064의 AA3와 BC3 유전자에서 유의적인 차이가 있었고, 등지방두께는 S0102의 AC1 과 S0064의 AA3, AC3, AD3의 유전자에서 유의적인 차이가 있었으며, 90kg도달일령에서는 성별로도 유의적인 차이를 보였고 S0102 의 BC1 과 S0064의 AB3, AD3, BB3 유전자에서 유의적인 차이가 나타났다.

표 4-12) 주요 경제형질과 Microsatellite marker S0102, SW175, S0064과의 연관성

Trait	Primer	Gene
일당증체량	S0102	AA AC AD BC* BD CC CD DD
	SW175	AA AB BB BC CC
	S0064	AA AB* AC AD BB* BC BD CC CD DD
등지방두께	S0102	AA AC AD BC BD CC CD DD
	SW175	AA AB BB BC CC
	S0064	AA AB AC* AD BB BC BD CC CD DD
90kg도달일령	S0102	AA AC AD BC BD CC CD DD
	SW175	AA AB BB BC CC
	S0064	AA AB* AC AD BB* BC BD CC CD DD

\* : P < 0.05

표 4-13) Table .Source of variation, degrees of freedom, mean squares and tests of significant for each trait.

Source	D.f.	Trait		
		ADG	BF	D-90kg
Sex	1	0.2202 <sup>**0.0001</sup>	0.1093 <sup>NS</sup>	1103.1322 <sup>**0.0002</sup>
Regr.+	1	0.0290 <sup>**0.0010</sup>	0.0995 <sup>NS</sup>	869.8061 <sup>**0.0005</sup>
G1	7	0.0143 <sup>**0.0025</sup>	0.1138 <sup>NS</sup>	141.9989 <sup>NS</sup>
G2	4	0.0081 <sup>NS</sup>	0.0291 <sup>NS</sup>	62.7759 <sup>NS</sup>
G3	9	0.0149 <sup>**0.0185</sup>	0.1890 <sup>**0.0014</sup>	139.8505 <sup>**0.0024</sup>
Error	47	0.0059	0.0642	65.0500

\*\* : P<0.001, \* : P<0.05, NS : Not significant at 0.05 level of significance

+ : Regaression on body weight at birth

G1 : revealrd gene in SO102(AA, AC, AD, BC, BD, CC, CD, DD)

G2: revealrd gene in SW175(AA, AB, BB, BC, CC)

G3 : revealrd gene in SO064(AA, AB, AC, AD, BB, BC, BD, CC, CD, DD)

돼지의 주요 생산형질에 대한 Microsatellite 유전자간의 유의성 분석은 표4-13과 같이 일당중체량과 90kg 도달일령에서 성별에 따라 유의적인 차이가 있었으며, 일당중체량과 최소자승 평균치는 SO102dp 의해 발현된 유전자중 BC와 SO064에 의해 발현된 유전자중 AB와 BB에서 유의적인 차이가 있었고, 등지방두께의 최소자승평균치는 SO064에 의해 발현된 유전자중 AC 유전자에서 유의적인 차이가 있었으며 90kg 도달일령의 최소자승평균치는 SO064에 의해 발현된 유전자중 AB와 BB 유전자에서 유의적인 차이가 있었다

#### 4. 적 요

1. 돼지의 3품종에서 RAPD를 수행한 결과 품종간의 다형은 일부 확인되었지만 개체 특이성 표지인자로서의 분석확인 재현성은 산발적이었다.
2. Microsatellite 3개 영역(S0102, SW175, S0064)의 다형성 분석은 9% PAGE에서는 93~160bp 크기의 24개 유전자형을 확인할 수 있었다.
3. 자동염기서열분석기를 이용한 경우 S0102는 121~135bp 크기의 4개 대립유전자 8종류의 조합양상, SW175는 125~129bp의 3개 대립유전자 6종류 조합양상 그리고 S0064의 경우는 104~116bp 크기의 4개 대립유전자 8종류 조합양상을 확인할 수 있었다.
4. 요크셔 계통돈에서 MS 3개 영역의 특성을 조사한 결과 S0102에서 CC(129/129) 32.8%, SW175에서 AB(125/127) 43.6% 그리고 S0064에서는 BC(112/114) 17.2%로 가장 높은 발현율을 보였다.
5. 요크셔 계통돈에서 MS 3개영역의 발현특성과 경제형질과의 연관성을 분석한 결과 일당증체량은 S0102-BC 및 S0064-AB, BB에서 유의적인 차이가 있었고, 등지방두께는 S0064-AC에서 유의적인 차이가 있었다. 또한 90kg 도달일령은 S0064-AB, BB에서 유의적으로 우수함이 인정되었다.
6. MS대립유전자 분석을 통하여 개체의 친자확인도 가능하였다.

#### 제 4 절 결과요약

1. 돼지의 품종별 PSS유전자 잠재성인자의 발현양상은 랜드레이스, 요크셔, 듀록, 햄프셔 순으로 높은 발현율을 나타내었다.
2. 요크셔 품종의 계통조성 3세대의 경우 PSS 유전인자 형태별 돈육생산성은 종모돈 및 종빈돈 모두 정상일때 등지방두께가 1.489cm으로 부모중 어느한쪽이 잠재성일때 1.385cm보다 유의적( $P < 0.007$ )으로 두꺼웠다.

3. PSS유전자 교배체계별 산자수 및 자돈성장 효과를 보면 부모 모두 정상일 때 산자수는 복당 8.103두로 부모 어느한쪽이 잠재성일 때 복당 7.479두보다 많은 경향을 보였다.
4. Microsatellite 3개 영역(S0102, SW175, S0064)의 다형성 분석은 9% PAGE에서는 93~160bp 크기의 24개 유전자형을 확인할 수 있었다.
5. 자동염기서열분석기를 이용한 경우 S0102는 121~135bp 크기의 4개 대립유전자 8종류의 조합양상, SW175는 125~129bp의 3개 대립유전자 6종류 조합양상 그리고 S0064의 경우는 104~116bp 크기의 4개 대립유전자 8종류 조합양상을 확인할 수 있었다.
6. 요크셔 계통돈에서 MS 3개 영역의 특성을 조사한 결과 S0102에서 CC(129/129) 32.8%, SW175에서 AB(125/127) 43.6% 그리고 S0064에서는 BC(112/114) 17.2%로 가장 높은 발현율을 보였다.
7. 요크셔 계통돈에서 MS 3개영역의 발현특성과 경제형질과의 연관성을 분석한 결과 일당중 체량은 S0102-BC 및 S0064-AB, BB에서 유의적인 차이가 있었고, 등지방두께는 S0064-AC에서 유의적인 차이가 있었다. 또한 90kg 도달일령은 S0064-AB, BB에서 유의적으로 우수함이 인정되었다.

## 제 5 절 참고문헌

1. Fujii, J., K. Otsu, F. Zorzato, S. de Leon, V. K. Khanna, J. E. Weiler, P. J. O'Brien, d. H. MacLennan. 1991. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. *Science* 253:448
2. MacLennan, D. H. and M. S. Phillips. 1992. Malignant Hyperthermia. *Science* 256:789-794.
3. Webb, A. J. and C. H. C. Jordan. 1978. Halothane sensitivity as a field test for stress-susceptibility in the pig. *Animal. Prod.* 26:157-168

4. 박영일, 박태섭, 신영수, 이학교, 김형균, 오하식, 손창준, 한재용. 1997. PCR-RFLP 기법을 이용한 PSS 돼지 검색에 관한 연구. 한국동물유전육종학회지. 1(1):73-80.

## 제 5 장. 종합결론

### 1. 돼지의 근교계통 조성

- 가. 계통돈의 세대별 근친도 변화를 추정한 결과에서 대요크셔종 계통 4세대의 평균 근친계수는 0.0095로 낮았으나, 평균 혈연계수는 0.1029로 나타나 돈군의 혈연 관계가 높게 상승되고 있었으며, 랜드레이스종 계통의 3세대는 평균 근친계수가 0.0008, 평균 혈연계수는 0.046으로 낮게 나타났다.
- 나. 초산인 모든의 생존산자수에서 대요크셔종 3세대는 9.2두, 랜드레이스종의 2세대는 10.6두 였으며 육종가는 각각 0.063, 0.061두로 추정되어 향상되는 경향을 나타내었다.
- 다. 선발 종모돈의 일당중체량, 등지방두께, 90Kg도달일령은 대요크셔종 4세대가 각각 985g, 1.47cm, 136일이었으며, 랜드레이스종 3세대는 각각 922g, 1.48cm, 142일이었다.
- 라. 각 형질에 대한 육종가는 세대가 경과됨에 따라 등지방두께를 제외한 대부분 형질에서 향상되는 경향을 나타내었다.
- 마. 폐쇄군육종에서의 선발과 교배방법은 표준적 방법인 가계내 선발과 가계간 Dial 식 교배보다 개체선발과 개체간 교배가 효과적으로 나타났다.
- 바. 계통돈의 균일성은 대부분 형질에서 세대가 경과됨에 따라 표준편차가 감소되어 변이의 차이가 적어지는 경향이었다.
- 사. 본 연구의 결과에서 폐쇄육종에 의한 방법으로 7세대까지 완성할 때 번식능력과

산육능력이 우수한 근교계통이 개발될 것으로 예상되며, 또한 이들 계통들은 PSS Free 모계통으로 활용될 것이다.

## 2. BLUP에 의한 육종가 추정 및 선발모형 개발

- 가. 종돈의 선발에 이용할 수 있는 육종가에 의한 선발지수 모계통 8개 모형과 부계통 4개 모형을 개발하였다
- 나. 단형질 혼합모형과 다형질 혼합모형의 육종가를 추정하고 상호간의 상관관계를 추정한 결과는 산자수, 일당증체량 및 등지방두께에서 높은 상관관계를 나타내었다.
- 다. 계통돈의 번식능력과 산육능력에 대한 육종가와 표현형가와의 상관관계를 추정한 결과는 일당증체량과 등지방두께에서 높게 나타났으나 번식형질은 낮게 나타났다.
- 라. 돼지의 번식능력에 대한 계통간 교배조합의 결합능력을 추정한 결과는 순종 계통의 특정결합능력과 상반교잡효과에서 교배조합에 따라 정부(正負)의 차이가 나타났다.
- 마. 계통조성기간 단축에 대한 연구에서 종모돈 6두, 종빈돈 30두 유지 시 5세대에서 혈연계수 22%정도 도달되어 기간단축이 가능하였으나 그 이후의 계통유지에서 근친도가 너무 높아지는 것으로 추정되었다.

## 3. 계통돈의 경제형질과 관련된 유전표지 구명

- 가. 돼지의 품종별 PSS유전자 잠재성인자의 발현양상은 랜드레이스, 요크셔, 듀록,

햄프셔 순으로 높은 발현율을 나타내었다.

- 나. 요크셔 품종의 교배체계에서 PSS 유전자 잠재성인자의 발현양상은 중빈돈이 잠재성일 때 세대유전이 많은 경향을 보였다.
- 다. 요크셔 품종의 계통조성 3세대의 경우 PSS 유전자 형태별 돈육생산성은 중모돈 및 중빈돈 모두 정상일때 등지방두께가 1.489cm으로 부모중 어느한쪽이 잠재성일 때 1.385cm 보다 유의적( $P < 0.007$ )으로 두꺼웠다.
- 라. PSS유전자 교배체계별 산자수 및 자돈성장 효과를 보면 부모 모두 정상일 때 산자수는 복당 8.103두로 부모 어느한쪽이 잠재성일 때 복당 7.479두보다 많은 경향을 보였다.
- 마. 돼지의 Chromosome 7의 위치에서 Microsatellite 3개 영역(S0102, SW175, S0064)의 다형성을 분석한 결과는 9% PAGE에서 93~160bp 크기의 24개 유전자형을 확인할 수 있었다.
- 바. 자동염기서열분석기를 이용한 경우 S0102는 121~135bp 크기의 4개 대립유전자 8종류의 조합양상을, SW175는 125~129bp의 3개 대립유전자 6종류의 조합양상을, S0064의 경우는 104~116bp 크기의 4개 대립유전자 8종류의 조합양상을 확인할 수 있었다.
- 사. 요크셔 계통돈에서 MS 3개 영역의 특성을 조사한 결과 S0102에서 CC (129/129) 32.8%, SW175에서 AB(125/127) 43.6% 그리고 S0064에서는 BC(112/114) 17.2%로 가장 높은 발현율을 보였다.
- 아. 요크셔 계통돈에서 MS 3개영역의 발현특성과 경계형질과의 연관성을 분석한 결

과 일당중체량은 S0102-BC 및 S0064-AB, BB에서 유의적인 차이가 있었고, 등지방두께는 S0064-AC에서 유의적인 차이가 있었다. 또한 90kg 도달일령은 S0064-AB, BB에서 유의적으로 우수함이 인정되었다.

자. Microsatellite의 대립유전자 분석을 통하여 개체의 친자확인도 가능하였다.