

발간등록번호

11-1543000-001240-01

**근섬유특성관련 생체진단기법 적용을 통한  
적육생산능력과 육질이 모두 우수한 제주흑돼지 계통조성**

(Development of a New Line of Jeju Black Pig  
Improved for Both Lean Meat Production and Meat Quality  
Using Muscle Fiber Diagnosis System)

고려대학교 산학협력단

농림수산식품부

# 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “근섬유특성관련 생체진단기법 적용을 통한 적육생산능력과 육질이 모두 우수한 제주흑돼지 계통조성에 관한 연구”의 보고서로 제출합니다.

2016 년 01 월 20 일

주관연구기관명 : 고려대학교산학협력단

주관연구책임자 : 홍 기 창

연 구 원 : 이 은 아

연 구 원 : 강 지 훈

연 구 원 : 이 승 훈

협동연구기관명 : 길갈영농조합법인

협동연구책임자 : 오 영 익

협동연구기관명 : 제주대학교산학협력단

협동연구책임자 : 류 연 철

# 요 약 문

## I. 제 목

근섬유특성관련 생체진단기법 적용을 통한  
적육생산능력과 육질이 모두 우수한 제주흑돼지 계통조성

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

현재까지의 종돈개량은 적육생산능력 향상을 위주로 진행되어져 왔으며, 그 결과 적육생산능력은 개선되었으나 PSE와 같은 이상돈육의 발생률 및 돼지의 폐사율이 증가하는 등(PSS돈 등)의 복합적인 문제가 발생했다. 따라서 향후 종돈산업의 발전적인 성장을 위해서는 적육생산능력과 육질이 모두 우수하도록 동시에 개량해야 한다. 하지만 적육생산능력과 육질관련 형질은 유전적으로 부의 상관관계를 보이고 있어, 이들을 동시 개량하기 위해서는 새로운 첨단육종기법의 적용이 매우 시급하다. 특히 육질관련형질은 도체에서만 측정가능하기 때문에 효율적인 개량을 위해서는 생체에서 평가할 수 있는 기반기술 개발이 요구된다.

본 연구팀은 그동안의 선행연구과제들의 수행을 통해서 돼지의 적육생산능력과 육질에 모두 영향을 줄 수 있는 근섬유분화관련 DNA마커를 개발하였으며(2006년 IPET 우수평가, 특허 1건, 2011년 IPET 우수평가, 특허 1건), 근섬유단백질아형 특성을 이용하여 생체육질예측기법을 개발한 바 있다(2011년 IPET 우수평가, 특허 2건). 이에 참여기업인 길갈영농조합법인은 규모 및 인지도 면에서 명실공히 제주흑돼지의 대명사로 불리는 기업으로서 전술한 선행연구개발기술들의 이전을 완료하였으며, 이를 통해 제주의 정통이 될 명품 흑돼지를 생산하고자 노력하고 있다.

그러나 제주흑돼지는 청정지역 내에서 생산되어지는 품질이 좋고 맛도 좋은 돼지로 잘 알려져 있는 것과는 상반되게 선행연구결과에 따르면, 실제로는 계통이 정립되어 있지 않아 품질변이가 심하고 PSE돈육 발생빈도가 높은 것으로 분석되어져, 상품성과 생산성 저하로 인해 제주의 양돈농가들이 많은 어려움을 겪고 있는 것으로 밝혀졌다.

따라서, 본 과제에서는 제주흑돼지의 품질을 균일화하고 장점을 특화시킴으로써 적육생산능력과 육질이 모두 우수한 계통을 조성하고자 한다. 이를 위해 우수평가를 받은 기초연구개발기술인 생체 육질예측기법과 근섬유특성관련 DNA마커를 현장에 직접 적용하여 첨단분자육종기법을 실현시키고, 조기선발시스템을 구축하여 계통조성을 통해 규격화되고 안정적인 고품질 돈육생산기반을 마련하고자 한다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

#### 1. 근섬유특성관련 DNA마커도움 조기선발시스템 구축

- 1) 기초축군 세대별 유전자형 분석 및 유전자형 고정화 전략 수립
  - 가. Multiplex PCR 방법 개발을 통한 기 개발된 DNA마커들의 대량분석 최적화
  - 나. 기초축군 개체별 유전자형조합 분석 및 교배조합 설정
  - 다. 생산자돈 대상 DNA마커와 근섬유특성간 연관성 분석
  - 라. 최적 DNA마커조합 선정 및 유전자형 고정화 교배전략 수립
  
- 2) 세대별 유전적특성 변화양상 분석 및 유전적균일성 검증
  - 가. 대량분석기법을 이용한 생산자돈에 대한 유전자형 분석
  - 나. 세대별 대립유전자빈도 비교를 통한 유전특성 변화 확인
  - 다. 동일유전자형 보유여부 분석을 통한 계통돈의 유전적균일성 검증
  - 라. 선발된 개체들에 대한 마커, 근친도 및 기타 개체정보 DB 구축
  
- 3) 계통돈의 유전적특성 검증을 통한 조기선발시스템 구축
  - 가. 마커도움선발(MAS) 모형의 타당성 및 실용성 확인
  - 나. 계통돈의 유전적 동일성 유지를 위한 교배조합설정 매뉴얼 확립
  - 다. 계통돈 특이 염기다형성을 이용한 판별시스템 마련
  - 라. 유전자분석을 통한 흑모색 고정 여부 확인

#### 2. MAS를 통한 선발계통 조성 및 우수 흑돼지 계통돈 생산

- 1) 흑돼지 계통조성을 위한 기초축군 조성
  - 가. 개체 ID 및 혈통정보 데이터베이스 구축을 통한  
농장내 흑돼지 전수에 대한 원종돈 등록
  - 나. 유전자형 기반으로 기초축군 조성 및 자돈생산
  - 다. 흑모색 여부를 포함한 외모심사 및 능력검정
  - 라. 신기술 적용을 위한 타협동과제로의 생체시료 제공

- 2) 최적교배체계의 확립을 통한 근섬유특화 선발계통 조성
  - 가. 최적교배조합에 따른 자돈생산 및 자돈등기
  - 나. 세대별 생산자돈의 성장형질 및 번식능력 변화 확인
  - 다. DNA마커와 생체육질분석기법을 이용한 근섬유특화 선발계통 조성
  - 라. 교배조합별 번식능력 및 성장능력을 포함한 최적 교배체계 확립
  
- 3) 개발한 제주흑돼지 계통돈의 생산 및 확대보급체계 구축
  - 가. 종돈개량협회에 번식용씨돼지(계통돈) 등록
  - 나. 씨돼지 및 비육돈 생산 체계 구축
  - 다. 계통돈 확대보급을 위한 정액생산체계 구축

### 3. 생체육질예측기법 도입을 통한 계통돈 조기선발매뉴얼 확립 및 실용화 검증

- 1) 생체육질예측기법을 이용한 기초돈군 근섬유특성 및 육질능력 분석
  - 가. Biopsy를 이용한 생체시료채취 및 근단백질특성 분석
  - 나. 개체별 생체육질진단 결과를 바탕으로한 생체육질 평가
  - 다. DNA마커 유전자형에 따른 근섬유특성 분석
  
- 2) 세대별 근섬유특성 및 육질분석을 통한 계통돈 조기선발매뉴얼 확립
  - 가. 생산자돈에 대한 육질 분석 및 이상육 발생빈도 확인
  - 나. 세대별 근섬유특성 및 육질균일성 변화 확인
  - 다. Biopsy이용 육질진단기법을 통한 계통돈 조기선발매뉴얼 확립
  
- 3) 국내 유통 돈육과의 비교를 통한 계통돈 실용화 검증
  - 가. 계통돈과 일반백색돈의 근섬유특성 및 도체특성 비교분석
  - 나. 계통돈과 일반백색돈의 관능적 특성분석
  - 다. 계통돈에서 특화된 육질항목탐색을 통한 차별화 전략 수립

## IV. 연구개발결과

### 1. 근섬유특성관련 DNA마커도움 조기선발시스템 구축

제 1세부과제는 DNA마커도움선발에 사용할 DNA마커로 근섬유특성관련 마커 7종과 번식, 성장, 스트레스저항성 관련 마커 4종을 추가하여 총 11종을 선정하였고, 농장의 모든 종돈에 대해 유전자형진단을 실시하였다. 그 결과 유전자가 고정되어 있던 마커 2종을 제외한 총 9종의 마커를 DNA마커선발에 사용하기로 하였다.

선별된 9종 마커를 조기선발하기 위해 분석시간 단축에 중점을 둔 Multiplex PCR 기법, 대량분석에 특화된 Digital SNP genotyping기법을 개발하였다. 그리고 최적마커분석기법을 활용하여 우량유전자 빈도가 높아지도록 DNA 선발매뉴얼을 제작하였고, 교배전략을 세워 3세대까지 선발육종을 하였다. 최종 선발된 계통돈은 9종의 마커 중 3개에 대해 유전자형이 고정되었고, 나머지 6개의 마커 역시 모두 우량유전자 빈도가 최대 0.26 올라갔으며, 최대상승비율은 3.6배였다.

근섬유특성관련 마커의 유전자형조합에서 우량유전자를 많이 가질수록 생체에서 Type I 근섬유의 넓이 비율과 도체에서 Type I 근섬유 넓이와 수의 비율이 커지는 경향을 보였으며 총 근섬유수와 근섬유밀도도 커짐을 확인하였다. 이와 더불어 육질, 특히 보수력이 우수해짐을 확인하였다. 또한 우량유전자를 많이 보유할수록 일당증체량도 커져 90kg도달일령이 빠른 특성을 보였다.

위 연구결과를 종합하여 계통돈의 유전적 동일성 유지를 위해 DNA 선발매뉴얼과 교배조합 설정 매뉴얼을 제작하였다.

### 2. MAS를 통한 선발계통 조성 및 우수 흑돼지 계통돈 생산

제1협동과제는 계통돈 조성을 위해 농장 내 흑돼지 전수를 '기초축군'으로 명명하고, 원종돈으로 등록하였으며, 이들을 활용하여 1세부과제와 함께 마커선발을 하여 최초 '0세대'를 조성하였다. 이들에게서 태어난 '1세대' 자돈 전 수에 대해 모색, 귀모양, 유두수 등의 외모사항을 기록하여 선발기준으로 활용하였고, 한국종축개량협회에 자돈등기를 실시하였다. 해당 실험자돈은 농장내 일반 비육돈과 구별짓기 위해 개체식별이 용이하도록 돈사 내 공간을 따로 두어 관리하였다. 또한 자돈생후 개체식별을 위해 이각을 할 때 잘린 귀 조직시료를 DNA마커선발을 위해 신속하게 세부과제팀으로 배송하는 시스템을 확립하였고, 자돈의 105일령(15주령)에는 Biopsy(생검법)을 통한 육질예측을 위해 협동과제에 시료를 제공하였다. 또한 이유시기에는 이

유체중측정을, 체중이 90kg가 되는 시점에는 종축개량협회 검정을 통해 종료체중과 초음파측정을 하여 성장능력, 등지방두께, 등심근 단면적 등 검정성적을 산출해 능력을 기록, 관리하였다. '1세대'의 자손인 '2세대'를 2차년도에 육성하여 동일한 방법으로 선발과정을 거쳐 '3세대'를 3차년도에 생산해내 최종 '계통돈'을 선발했는데, 최종 선발된 계통돈은 한국종축개량협회에 번식용씨돼지로 정식 등록되었으며, 현재 농장에서 실제 종축으로 활용되고 있어 씨돼지 및 비육돈생산이 향후 이루어질 전망이다. 해당 계통돈에 대해서는 1세부과제가 확립한 교배매뉴얼을 통해 후대가 생산되게 된다. 그리고 농장 내 설비된 AI센터를 활용해 계통돈의 정액을 확대보급할 수 있는 기반이 구축되었다.

### 3. 생체육질예측기법 도입을 통한 계통돈 조기선발매뉴얼 확립 및 실용화 검증

제2협동과제에서는 생체육질예측기법을 대량축군에 선발기준으로 활용하는 것은 최초이기 때문에 육질예측을 위한 생체시료채취시기를 초기 10주령으로 설정하여 채취된 근육시료에서 근섬유조성분석과 근단백질아형분석을 실시하였고, 향후 실험돈의 스트레스 최소화와 분석효율을 고려해 15주령으로 수정 진행하였다. 또한 3년간 태어나 선발에 제외되어 도축되는 개체들에 대해 육질분석과 도체 근섬유분석을 실시하였다. 그 결과 1세대에서 3세대까지 세대별 도축돈에 대한 육질성적이 세대가 거듭됨에 따라 육질이 좋아짐을 확인하였고, 더불어 PSE와 RES같은 이상육 발생 비율 또한 줄어들었다.

생체에서의 근섬유 Type 분석결과는 도체에서의 분석결과와 높은 양의 상관관계를 보였고, 생체 근섬유와 육질특성과의 상관관계를 분석한 결과 근섬유 Type I의 수 비율이 육질과의 높은 상관성을 보임을 확인하였다. 따라서 생검법을 이용해 육질예측을 하여 **Type I 근섬유의 면적 비율과 수의 비율이 10%이상인 개체를 우수한 개체로 선별하는 선발매뉴얼을 확립했다.**

선발육종된 최종세대인 3세대의 육질특성을 제주의 상용흑돼지, 제주도 내 LYD(일반상업돈), 일반 타지역의 상업돈, 흑돼지로 대표되는 버크셔와 비교한 결과 계통돈은 타 돼지보다 경도, 검성, 응집성 및 복원성이 우수해서 섭취하였을 때 육질이 '단단하고 쫄득하다'는 특성을 보였다. 또한 육색 측정항목인 명도 값이 다른 품종에 비해 낮고, 적색도 값이 높아 고기의 육색이 선명한 붉은 빛을 띄는 특성을 가지고 있었고, 적색근섬유 분포 비율이 높아 사후대사가 느려 육질특성중 보수력이 우수하다는 특징점을 가지고 있었다. 이러한 특성은 계통돈의 브랜드화시 차별화 전략으로 사용될 수 있다고 본다.

## V. 연구성과 및 성과활용 계획

### 1. 정성적 성과

- DNA마커 및 마커도움선발(MAS) 모델 제공을 통해 종돈개량을 위한 조기선발시스템 구축함
- 적육생산능력과 육질이 특화된 고품질 흑돼지 생산 및 보급의 기반을 확보함
- 생체육질진단기법의 적용을 통한 적육생산량 및 육질에 대한 명확한 접근방법 제시함

### 2. 정량적 성과

#### 가. 계통등록

- 적육생산능력과 육질, 성장능력이 우수한 제주흑돼지계통돈 24두 등록(명호:Jeju black)  
(한국종축개량협회, 2016)

#### 나. 학술적 성과(논문)

##### (1) SCI 2편 발표

J.M. Kim, K.S. Lim, J.S. Hong, J.H. Kang, Y.S. Lee and K.C. Hong. Animal genetics (2014) 46, 73-77

Kyu-Sang Lima, Sang-Hoon Lee b, Eun-A Lee a, Jun-Mo Kim and Ki-Chang Hong. Meat Science (2015) 110, 224-229

##### (2) 비SCI 1편 발표

Kyung Bo KO., Gap-Don KIM., Dong-Geun KANG, Yeong-Hwa KIM, Ik-Dong YANG and Youn-Chul RYU. Animal Science Journal (2015) 86, 428-434

#### 다. 학술적 성과(학술대회)

##### (1) 국제학술대회 1편 발표

- Ko, Kyoung Bo, Kim, Gap-Don, Kang, Dong-Geun, Kim, Yeong-Hwa, Yang, Ik-Dong, Ryu, Youn-Chul. 2013. Comparison of Pork quality and muscle histochemical characteristics in different lines of JEJU BLACK PIG, International Congress of Meat Science and Technology 59<sup>th</sup>. İzmir, Turkey



## (2) 국내학술대회 1편 발표

- Dong-Hyun Joo, Ji-Hoon Kang, Youn-Chul Ryu, Young-Ik Oh and Ki-Chang Hong. 2014. Proceedings of 2014 Annual Congress of Korean Society of Animal Sciences and Technology. Hongcheon, Korea

## 라. 우수인력 양성

- 석사 3명 , 학사 4명
- 취업성과 2명

## 마. 기술이전 2건

- DNA마커를 이용한 적육생산능력과 육질이 모두 우수한 제주흑돼지 계통돈의 조기선발기법 및 교배매뉴얼 (2016)
- 생검법을 이용한 제주흑돼지 계통돈의 조기선발기법 (2016)

## 바. 교육지도 2건

- 생검법을 활용한 생체육질예측 조기선발매뉴얼 (2016)
- Jeju Black 계통돈 DNA 선발 및 교배 매뉴얼 (2016)

## 사. 언론홍보 3건

- 제주 축산진흥원·길갈축산 이력관리 종돈장 선정 (2014, 뉴시스)
- 철저한 생산 이력에 반하고 졸깃한 고기맛에 두 번 감동[길갈영농조합법인] (2015, 제주신보)
- 제주산 돼지고기, 5년만에 홍콩수출 재개 (2015, 제이누리)

## 아. 성과활용계획

### (1) SCI 국외학술지에 2편의 논문 투고

- Effects of sow parity stages on progeny pork quality traits. Meat science,
- Effects of DNA marker-assisted-selection(MAS) for 3 generation.

### (2) 언론홍보 2건

- 계통돈에 대한 홍보자료 2건

## SUMMARY

### Section 1. DNA marker assisted selection system for better muscle fiber characteristics

We chose total 11 DNA markers for marker assisted selection(7 DNA markers which is associated with muscle fiber characteristics, 4 markers about growth ability, stress resistance and reproduction) and analyzed genotype of base population (boars & sows in farm). Two markers were excluded because their gene frequencies were fixed.

Multiplex PCR method for juvenile selection and digital SNP genotyping method for simultaneous typing in large group were developed. Those methods were based on DNA marker selection manual that we newly made. We also set mating plan to raise superior allele frequency, finally we got 3rd generation piglets and selected piglets were registered for new line. New line boar's 3 markers were fixed to superior genotype, and other 6 markers are also increased gene frequency in comparison with base population(maximum 0.26 increase, maximum ratio 3.6 times).

Group who have more superior allele of muscle fiber characteristics DNA markers tend to have more Type I muscle fiber area percentage at live animal measurement and Type I muscle fiber number & area percentage at carcass muscle. Total fiber number and muscle fiber density were same tendency. Increase of superior allele number also have tendency of improved meat quality (especially water holding capacity).

Put together, DNA marker assisted selection method and mating manual for new line of Jeju black pigs are newly produced for Jeju island's black pig farm.

### Section 2. Development of a new line of Jeju black pig by marker assisted selection

All boars and sows in farm were designated for '**Base population**'. By DNA marker assisted selection, '**0th generation**' were settled and '**1st generation**' were born. all new piglets were got ear notching and their coat color, ear shape, teat number were recorded. they also register 'Korea Animal Improvement Association' system. all experiment piglets were separated from other piglet group to easy recognition.

Ear tissue sample when doing ear notching were individually wrapped and deliver to DNA marker analysis team. when piglets are 105days(15weeks) old, they have needle biopsy to predict pork quality.

piglets measure body weight two times(weaning weight and performance test end weight). At performance test(korea animal improvement association), measure backfat thickness and loin eye area by ultrasonic wave test. all record were managed one united sheet.

2nd generation(1st generation`s children) were born in 2nd year, and 3rd generation(2nd generation`s children) were born in 3rd year. New line pigs(selected from 3rd generation) are registered for breeding pigs in korea animal improvement association system and they are able(ready) to produce next generation. their mating goes by mating plan manual that described in section 1. And AI center that farm has could be help expand supply line pig`s semen to other farms.

### **Section 3. introduction of pork quality prediction by biopsy and its commercialization.**

This is first time to use pork quality prediction technique at large scale population, so we decide proper biopsy age 10 weeks old and analysed muscle fiber characteristics and myosin heavy chain isoform. then we modified to 15weeks old(105day old) for lower piglets stress and higher analyze efficiency. And when culled piglet are die out, lean meat production and meat quality traits including muscle fiber characteristics were measured. as generation passes, meat quality improved and frequency of abnormal pork quality (such as PSE and RSE) dropped.

Biopsy muscle fiber characteristics traits are highly correlated positive effect to carcass muscle fiber characteristics, and live muscle Type I number percentage have positive effect to meat quality traits. therefore, we established selection manual and its criteria is **Type I muscle area&number composition upper 10%**.

Final generation(3rd generation)`s porks have good hardness, gumminess, springiness score then jeju LYD, general LYD(non-jeju) and Berkshire(black pig), so its texture is more '**hard and chewy**'. And high red muscle fiber(Type I) composition does slow postmortem metabolism, as a result water holding capacity is superior. this advantage can be differentiation strategy for marketing New line pork brand.

## CONTENTS

<b>Chapter 1. Overview of the project .....</b>	<b>17</b>
<b>Section 1. Necessity of the research and development .....</b>	<b>18</b>
1. Industrial aspect .....	18
2. Social and Economic aspect .....	18
3. Technical aspect .....	22
4. Scientific aspect .....	24
<b>Section 2. Goal of the project .....</b>	<b>27</b>
1. Final goal of then project .....	27
2. Contents of the project .....	29
3. Scope of then project .....	32
<b>Chapter 2. Status of research and development .....</b>	<b>35</b>
<b>Section 1. Current status of research and development .....</b>	<b>36</b>
1. Status of research and development of foreign countries .....	36
2. Status of research and development of Korea .....	36
3. Research level of the project team and results of previous studies .....	37
<b>Section 2. Future prospect of research and development .....</b>	<b>43</b>
1. Future prospect through patents, papers and products .....	43
2. Expectation level of the research and development .....	45
<b>Chapter 3. Contents and results of research and development .....</b>	<b>46</b>
<b>Section 1. DNA marker assisted selection system         for better muscle fiber characteristics .....</b>	<b>47</b>

1. Genotyping from base population to progeny and Setting strategy for genotype fixation .....	47
2. Comparison genetic characteristic change between generation and verification genetic uniformization .....	90
3. Establish juvenile selection system by verify line pig`s genetic character ...	119
<b>Section 2. Development of a new line of jeju black pig</b>	
<b>by marker assisted selection .....</b>	<b>139</b>
1. Construct base population for new line of jeju black pig .....	139
2. Create new line breeding specialized in muscle fiber characteristics by best mating system .....	150
3. Development a system for production and supply of new pig line .....	179
<b>Section 3. introduction of pork quality prediction</b>	
<b>by biopsy and its commercialization. ....</b>	<b>185</b>
1. Analysis muscle fiber characteristics and predict meat quality of population by biopsy technique .....	188
2. Establish juvenile selection manual by analysis each generation`s muscle fiber characteristics and meat quality .....	205
3. verify commercialization of new line pig by comparison other pork brand ...	215
 <b>Chapter 4. Achievement and contribution to related fields .....</b>	<b>222</b>
 <b>Chapter 5. Application of the results .....</b>	<b>227</b>
 <b>Chapter 6. References .....</b>	<b>230</b>

# 목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 .....	17
제 1 절 연구개발의 필요성 .....	18
1. 산업적 배경 .....	18
2. 사회·경제적 배경 .....	18
3. 기술적 배경 .....	22
4. 학술적 배경 .....	24
제 2 절 연구개발의 목표와 내용 .....	27
1. 연구개발의 최종목표 .....	27
2. 연구개발의 내용 .....	29
3. 연구개발의 범위 .....	32
제 2 장 국내외 기술개발 현황 .....	35
제 1 절 국내외기술 현황 .....	36
1. 국외수준 기술현황 .....	36
2. 국내수준 기술현황 .....	36
3. 신청연구팀의 연구수준 및 선행연구결과 .....	37
제 2 절 연구개발의 전망 및 수준 .....	43
1. 특허, 논문, 제품(시장) 분석을 통한 연구개발의 전망 .....	43
2. 연구개발의 목표수준 .....	45
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 .....	46
제 1 절 근섬유특성관련 DNA마커도움 조기선발시스템 구축 .....	47
1. 기초축군 세대별 유전자형 분석 및 유전자형 고정화 전략 수립 .....	47
가. Multiplex PCR 방법 개발을 통한 기 개발된 DNA마커들의 대량분석 최적화	47

나. 기초돈군 개체별 유전자형조합 분석 및 교배조합 설정 .....	54
다. 생산자돈 대상 DNA마커와 근섬유특성간 연관성 분석 .....	61
라. 최적 DNA마커조합 선정 및 유전자형 고정화 교배전략 수립 .....	84
2. 세대별 유전적특성 변화양상 분석 및 유전적균일성 검증 .....	90
가. 대량분석기법을 이용한 생산자돈에 대한 유전자형 분석 .....	90
나. 세대별 대립유전자빈도 비교를 통한 유전특성 변화 확인 .....	93
다. 동일유전자형 보유여부 분석을 통한 계통돈의 유전적균일성 검증 .....	99
라. 선발된 개체들에 대한 마커, 근친도 및 기타 개체정보 DB 구축 .....	108
3. 계통돈의 유전적특성 검증을 통한 조기선발시스템 구축 .....	119
가. 마커도움선발(MAS) 모형의 타당성 및 실용성 확인 .....	119
나. 계통돈의 유전적 동일성 유지를 위한 교배조합설정 매뉴얼 확립 .....	125
다. 계통돈 특이 염기다형성을 이용한 판별시스템 마련 .....	130
라. 유전자분석을 통한 흑모색 고정 여부 확인 .....	134

## 제 2 절 MAS를 통한 선발계통 조성 및 우수 흑돼지 계통돈 생산 .....

1. 흑돼지 계통조성을 위한 기초축군 조성 .....	139
가. 개체 ID 및 혈통정보 데이터베이스 구축을 통한 농장내 흑돼지 전수에 대한 원종돈 등록 .....	139
나. 유전자형 기반으로 기초축군 조성 및 자돈생산 .....	142
다. 흑모색 여부를 포함한 외모심사 및 능력검정 .....	145
라. 신기술 적용을 위한 타협동과제로의 생체시료 제공 .....	147
2. 최적교배체계의 확립을 통한 근섬유특화 선발계통 조성 .....	150
가. 최적교배조합에 따른 자돈생산 및 자돈등기 .....	150
나. 세대별 생산자돈의 성장형질 및 번식능력 변화 확인 .....	168
다. DNA마커와 생체육질분석기법을 이용한 근섬유특화 선발계통 조성 .....	172
라. 교배조합별 번식능력 및 성장능력을 포함한 최적 교배체계 확립 .....	178
3. 개발한 제주흑돼지 계통돈의 생산 및 확대보급체계 구축 .....	179
가. 종돈개량협회에 번식용씨돼지(계통돈) 등록 .....	179
나. 씨돼지 및 비육돈 생산 체계 구축 .....	183
다. 계통돈 확대보급을 위한 정액생산체계 구축 .....	184

제 3 절 생체육질예측기법 도입을 통한

계통돈 조기선발매뉴얼 확립 및 실용화 검증 ..... 185

1. 생체육질예측기법을 이용한 기초돈군 근섬유특성 및 육질능력 분석 ..... 188
  - 가. Biopsy를 이용한 생체시료채취 및 근단백질특성 분석 ..... 188
  - 나. 개체별 생체육질진단 결과를 바탕으로 한 생체육질 평가 ..... 191
  - 다. DNA마커 유전자형에 따른 근섬유특성 분석 ..... 199
2. 세대별 근섬유특성 및 육질분석을 통한 계통돈 조기선발매뉴얼 확립 ..... 205
  - 가. 생산자돈에 대한 육질 분석 및 이상육 발생빈도 확인 ..... 205
  - 나. 세대별 근섬유특성 및 육질균일성 변화 확인 ..... 208
  - 다. Biopsy이용 육질진단기법을 통한 계통돈 조기선발매뉴얼 확립 ..... 213
3. 국내 유통 돈육과의 비교를 통한 계통돈 실용화 검증 ..... 215
  - 가. 계통돈과 일반백색돈의 근섬유특성 및 도체특성 비교분석 ..... 215
  - 나. 계통돈과 일반백색돈의 관능적 특성분석 ..... 218
  - 다. 계통돈에서 특화된 육질향목탐색을 통한 차별화 전략 수립 ..... 22h

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 ..... 222

제 1 절 연구개발목표의 달성도 ..... 223

제 2 절 관련분야 기술발전에의 기여도 ..... 226

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획 ..... 227

제 1 절 연구개발 성과 ..... 228

제 2 절 성과 활용계획 ..... 229

제 6 장 참고문헌 ..... 230



## 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 제 1 절 연구개발의 필요성

### 1. 산업적 배경

#### 가. 국내 농·축산업 중에서 가장 규모가 큰 산업 중 하나인 양돈산업

2009년 농림업생산액은 42조 9,951억원이며 농림업에서 축산의 비중은 지속적으로 증가하고 있고(약 38%), 축산중에서도 양돈은 약 5조 4,734억원으로 큰 비중을 차지하고 있다. 국내 양돈산업은 2003년까지 지속적으로 성장하여 사육두수가 1990년 이후 2배이상 증가했으며 급증추세가 멈춘 2004년이후에도 꾸준히 유지하여 2009년 현재 약 960만두가 사육되고 있다. 또한 1인당 돈육소비량 또한 꾸준히 늘어(19.1kg, 2009년) 국내육류소비시장에서 가장 큰 부분(55%, 농림수산식품부, 2009 농림업 주요통계자료)을 차지하고 있다. 이와 같이 양돈산업은 우리 국민들의 주요한 단백질공급의 원천으로서 매우 중요한 의미를 가지고 있다.

### 2. 사회·경제적 배경

#### 가. 미국, EU와의 FTA체결로 인해 국내 양돈산업에 가장 타격이 클 것으로 예상

국내 양돈산업은 축산물에 대한 해외시장 개방과 함께 국제경쟁력 확보라는 과제에 직면해 있다. 국내 돼지고기 소비량은 꾸준히 증가하고 있지만, 돈육수입량은 2003년 이후 연간 37%씩 급증하는 추세에 있는 가운데 국내산공급량은 오히려 감소하는 경향을 나타내고 있다. 2000년에서 2008년 사이에 수입된 돼지고기는 냉동육비율이 95.6%로 대부분을 차지하며, 냉동수입량의 51.8%를 삼겹살이 차지하고 있는 실정이다. 이러한 가운데 칠레 및 미국과의 연이은 FTA협정으로 인해 각각 2013년과 2014년부터 칠레, 미국산 냉동돈육이 무관세로 수입될 예정으로 양돈산업에 위기감이 고조되고 있다. 설상가상으로 돼지고기 시장개방이 최대 쟁점 중 하나였던 한·EU FTA도 타결됨(2010년)에 따라 양돈분야의 피해가 가장 클 것으로 우려되고 있다(그림 1).

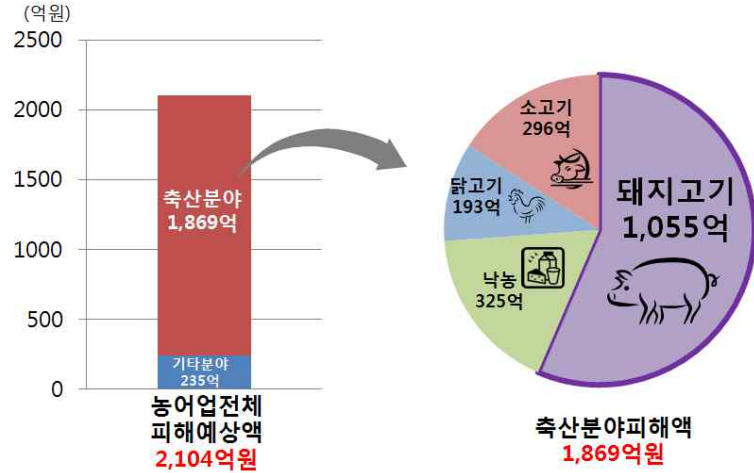


그림 1. 한-미 & EU FTA발효 10년후 농림업 피해 예상액(농림수산식품부, 2010)

나. 소비자의 마음을 사로잡을 수 있는 차별화된 돈육 생산 필요

위에 언급한 바와 같이 급증하고 있는 수입 돈육에 대응하여 국내 양돈산업을 지켜내기 위해서는 국내 소비자를 만족시키며 차별화된 돈육을 생산할 수 있는 기반기술이 필요하다. 농림수산식품부의 조사에 따르면 소비자가 육류 구입시 가장 고려하는 사항은 신선도이며(44%), 품질이(29%) 그 뒤를 따른다(그림2). 이를 고려하였을 때 양돈생산자는 소비자의 욕구를 충족시키기 위한 고품질 돈육 생산의 필요성이 제기된다.

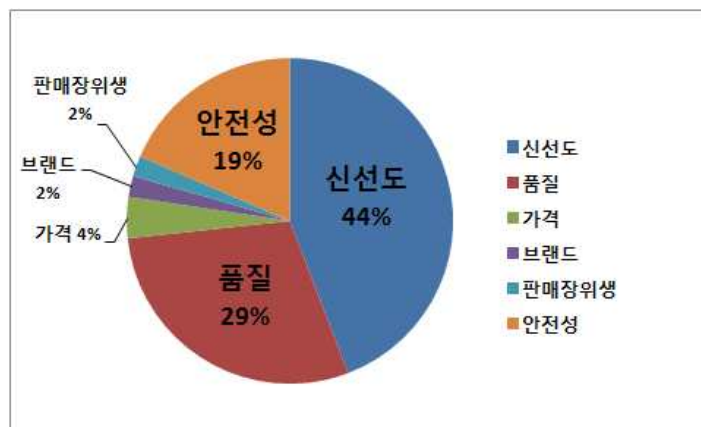


그림 2. 육류 구입시 가장 고려하는 사항(농림수산식품부, 2010)

다. 제주 향토 자원이자 소비자의 인지도가 높은 제주 흑돼지

제주흑돼지명품화사업단의 연구결과(2011)에 의하면 제주흑돼지는 육색이 짙고 근육내 지방침착이 적당해 외관육질이 우수하며, 씹히는 맛에 있어 소비자가 다른 돼지고기와의 차이를 인지할 정도로 뚜렷하다는 장점이 있다. 또한 타 품종에 비해 적색근섬유의 비율과 다가불포화지방산 함량이 높으며, 콜레스테롤 함량은 상대적으로 낮은 등 건강기능성 측면에서도 우수한 성적을 나타낸다(그림3).

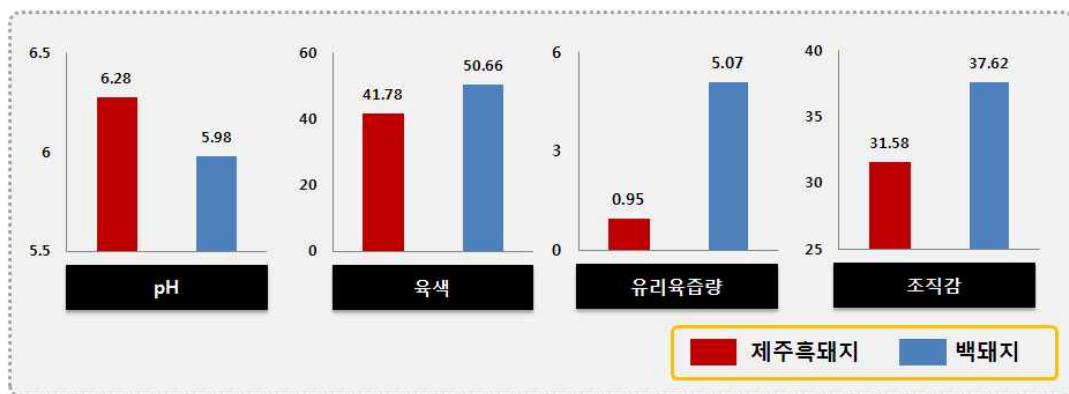


그림 3. 제주흑돼지와 백돼지의 육질비교(제주흑돼지명품화사업단, 2011)

제주흑돼지는 사후 대사속도가 느리고 식육의 pH가 높게 유지 되어 육색이 짙고, 유리옥즙량이 적어 보수성이 좋으며 식육의 견고성이 우수해 씹는 감이 좋다.

제주특별자치도는 1999년 전국 최초로 돼지전염병 청정지역으로 선포됐으며, 그후 2001년 국제수역사무국(OIE)으로부터 국내 최초로 구제역 청정지역으로 승인받아 가축 전염병 청정지역을 유지하고 있다. 또한 제주국제자유도시특별법에 따라 콜레라 등 돼지 전염병의 제주 유입을 막기 위해 다른 지방 돼지와 돼지고기 등의 반입을 2002년 10월부터 전면 금지하였다. 이에 따라 청정지역이라는 이미지로 제주지역 농축산물에 대한 소비자의 인지도가 높기 때문에 고품질 돈육 생산에 따른 강점을 가지고 있다. 또한 타지역의 돼지고기가 유입되지 않아 새로운 계통 조성 시에 산업적으로 활용할 수 있는 시장이 확보되어 있다고 전망되어진다.

라. 제주 흑돼지의 품종 및 특화품질 정립의 난제

그러나 제주지역에서는 1970~1980년대 가축개량 사업이 추진되면서 제주재래흑돼지는 급격히 사라지기 시작하였고, 이후 외래종인 랜드레이스, 듀록, 요크셔 등이 도입되었다. 이에 따른 교잡과 난잡으로 인하여 현재 품종 및 특화품질 정립이 어려운 상황이다(그림4). 또한, 농장 별 PSE육 발생빈도를 살펴보았을 때 PSE발생율이 최대 60%까지 나타나 품질측면에서 심각한 문제를 보이는 농장이 있을 뿐 아니라(그림5) 동일 농장 내에서도 특성이 다른 출하돈이 생산되어 품질이 불균일하다는 문제점이 발생하고 있다.

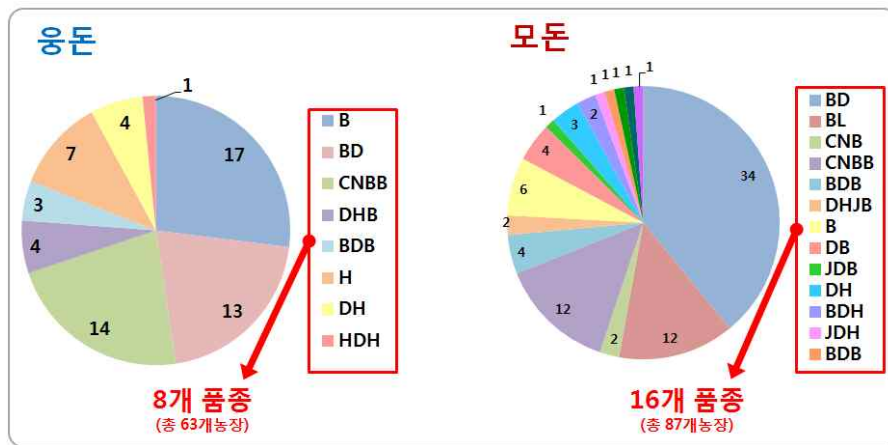


그림4. 제주도 내 농장별 품종(제주흑돼지명품화사업단, 2011)

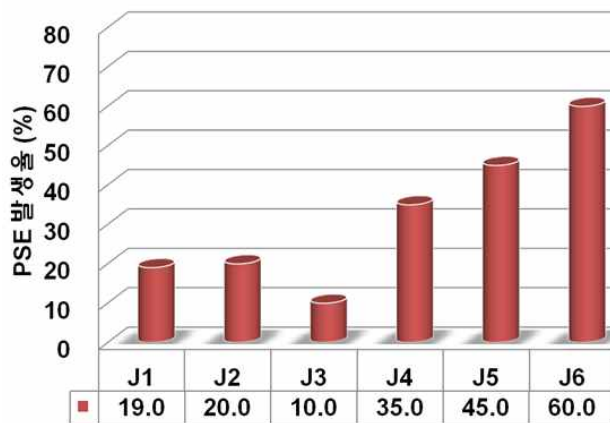


그림 5. 제주도 내 농장별 PSE육 발생률(제주흑돼지명품화사업단, 2011)

#### 마. 품질 특화된 제주흑돼지 계통조성을 통한 경쟁력 강화

제주 흑돼지의 경쟁력 강화를 위해서는 농가별 육질 변이를 줄이고 품질과 규격을 균일화하는 것이 필요하다. 이를 위하여 우수한 종돈을 농가에 지속적으로 공급하기 위한 제주흑돼지 공급체계가 구축되어야 하며, 제주흑돼지 품질 특화를 위한 계통을 조성하는 것이 시급한 선결과제라고 생각된다.

### 3. 기술적 배경

#### 가. 적육생산능력과 육질을 모두 개량할 수 있는 방법 필요

앞서 언급한 바와 같이 적육생산능력과 육질을 동시에 개량하는 것은 현재 돼지 육종산업의 매우 중요한 목표라고 할 수 있다. 적육생산량을 증가시키기 위한 개량으로 인해서 스트레스에 민감한 돼지(PSS)가 발생하여 이상돈육(PSE) 발생비율이 증가하고, 폐사율이 증가하는 등의 복합적인 문제가 발생했다(Cameron 등, 1990). 그러나, 적육생산능력과 육질은 유전적으로 부의 상관관계를 보이고 육질의 생체 측정이 어려워, 기존의 통계유전학적인 방법만으로는 이들을 동시에 개량하는데 어려움이 있으며, 개량의 효과를 확인하기까지 긴 시간을 필요로 한다. 이러한 복합적인 문제를 해결하고, 동시에 적육생산능력과 육질을 모두 개량할 수 있는 새로운 기법의 적용은 매우 시급하다.

#### 나. 적육생산능력과 육질에 모두 영향을 주는 근섬유특성

골격근의 성장과 발달을 이해하는 것은 육용가축의 적육생산량과 육질적 측면에서 매우 중요한 의미를 지니고 있다(Karlsson 등, 1993). 근육은 근섬유로 이루어져 있으며 근육생산량은 근섬유의 수와 크기에 의해 결정되어지는데, 최근 연구결과에 따르면, 근섬유의 비대성장에 의한 육량증가 보다는 근섬유 수의 증가에 의한 육량증대시 성장률 증가와 함께 육질 측면에서도 고급육 생산이 가능하다고 보고되고 있다(Rehfeldt 등, 1999; Kim 등 2008). 따라서 근섬유의 특성을 이용하여 적육생산능력과 육질을 동시에 향상시킬 수 있다.

#### 다. 근섬유특성을 결정하는 요인

근섬유수를 결정하는 중요한 요인으로서는 근육 형성기간 중 근섬유의 분열정도가 근섬유수를 결정하게 되며, 이러한 근섬유의 수는 유전적인 요인에 의해 영향을 받는다 (Handel과 Stickland, 1987). 돼지의 경우 근섬유 수의 변이 중 약 75%는 유전적 요인에 의해 발생하게 되고(Larzul 등, 1997), 출생 전 대부분의 수적 증가가 결정되어지기 때문에 유전적인 개량을 통해서 각 개체의 근섬유수 증가가 가능할 것으로 보고 있다.

또한, 근육은 사후에 진행되는 복잡한 요인들에 영향 받아 생화학, 물리, 구조적인 변화를 거치면서 식육으로 전환되며, 소비자가 접하는 최종 육질 형성은 사후에 진행되는 근육의 대사에 의해 결정되어진다(Klont 등, 1998). 이러한 근육의 생화학적 반응에 가장 많은 영향을 미치는 요인은 근육을 구성하는 근섬유와 근섬유단백질의 특성이며, 근섬유단백질의 조성과 특성이 최종 육질을 결정하는 주요소이다. Myosin은 근육 및 근육세포 특성에 가장 큰 영향을 주는 근섬유단백질로, 하나의 myosin은 두개의 heavy chain (MHC)와 4개의 light chain (MLC)로 구성되어 있으며, MHC와 MLC는 각각 단백질 아형(isoform)이 존재한다. MHC는 근섬유 특성에 영향을 가장 많은 영향을 미치는 인자로서, MHC (Ryu 등, 2006) 아형의 생화학적 능력 차이는 사후 대사능력 및 대사속도에 영향을 미치게 되며 단백질 변성정도(Chang 등 2003; Choi 등, 2007) 및 최종 육질에 영향을 주게 된다(Melody 등, 2004; Hammelman 등, 2005; Choi 등, 2007). 이와 같이 근섬유 특성 및 myosin 아형은 생체 가축 고유의 특성이며, 이 특성들을 이용하여 육질 예측이 가능하다고 사료된다(Ryu 등, 2005).

#### 4. 학술적 배경

##### 가. 생체에서의 근섬유특성 및 육질예측기법 개발

국내의 양돈 산업 부흥의 일환으로 고품질, 고수율의 돼지를 생산하여 차별화되고 안정적인 생산 기반을 마련해야 한다는 방안이 절실히 필요한 실정이며, 이러한 고품질 돈육을 생산을 위해서는 효율적이고 정확하게 육질을 예측할 수 있는 시스템의 구축이 반드시 선행되어야 한다. 본 연구팀에서는 근육의 조직학적 대사적 특성이 돈육질 변이에 미치는 영향을 다각적으로 분석하였으며(그림 6), 이를 통해 국제적으로 쟁점이 되고 있는 근섬유 분석기법 및 단백질 분석기법을 기 확보한 상태이다(특허등록: 10-0841168, 10-0868045). 또한, 국내외 최초로 근섬유단백질인 myosin 아형을 생체에서 분석하여 육질을 예측하는 방법을 도입하였고, 그에 따른 육질예측인자를 개발하였다.

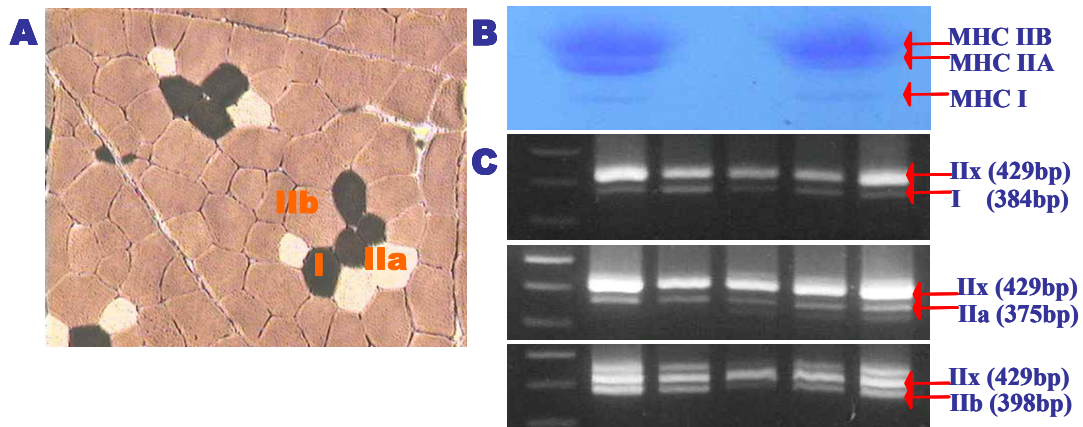


그림 6. 근섬유특성분석의 세가지 방법.

(A) myosin ATPase activity를 이용한 근섬유 조성분석법(Brooke & Kaiser 1970). Type I (slow-twitch, oxidative), II a (fast-twitch, oxido-glycolytic), and II b fiber (fast-twitch, glycolytic)의 3가지 근섬유 유형을 확인할 수 있다.

(B) myosin heavy chain (MHC)에 대한 SDS-PAGE 패턴.

(C) multiplex PCR을 이용한 RT-PCR을 통해 MHC isoforms의 발현패턴비교.



## 나. 근섬유특성 관련 DNA마커 개발

근본적으로 육질을 향상시키기 위해서는 종돈의 개량이 필요하며, 육질과 같은 도체형질을 개량하고, 개량기간을 단축시켜 개량의 효율을 증대시키기 위해서는 육질예측인자와 관련된 DNA마커의 개발이 연계되어야 할 것이다. 따라서 생명공학의 우위를 종돈개량에 응용하여 부가가치가 높은 유전자원을 개발하고 소비자에게 고품질 돈육을 공급할 수 있는 기반을 확보하는 것은 양돈산업의 국제적 경쟁력을 제고 하는 데 중요하다. 또한 분자유전학을 접목한 종돈개량의 연구성과는 양돈산업 뿐만 아니라 축산업 전반에 미치는 파급효과가 크다고 하겠다. 국내 특허기술개발사례(표 1)에서 보면 소 및 돼지를 중심으로 품종구분 및 육량, 육질 DNA마커들이 보고되고 있다. 본 연구팀에서는 근섬유의 수적 증가에 영향을 주어 육질에 부정적인 영향을 미치지 않으면서 적육생산능력을 향상에 기여하는 DNA마커를 개발하였으며(특허등록, 10-0784166), 또한, 근섬유단백질인 myosin 아형과 관련한 분자유전학적인 연구를 통해서 생체수준에서 MHC slow form 함량을 예측하고 육질을 평가할 수 있는 DNA마커를 기 확보한 상태이다(특허출원, 10 - 2011 - 0106123).

표 1. 유전체정보기반 국내특허기술 사례

특허명	등록년도
우수한 육질을 가진 돼지를 선별할 수 있는 바이오 마커 및 상기 마커를 이용한 돼지의 육질평가 방법	2010
렙틴 수용체 유전자의 단일 염기 다형을 이용한 돼지 등지방 두께 선별 분자표지인자 및 이를 이용한 돼지 등지방 두께 선별 방법	2010
돼지 근세포수 증가 확인용 DNA 표지인자 (본 연구팀 보유)	2007
높은 근내지방도를 갖는 돼지의 조기선발을 위한 <i>FABP3</i> 유전자 유래 DNA 마커의 개발	2006

#### 다. 생체진단기법의 현장적용을 통한 우수한 흑돼지 계통 육성

따라서 본 연구팀은 기초연구결과의 현장적용을 통한 성과활용을 극대화하기 위하여 그동안의 선행과제들의 수행을 통해 보유하고 있는 생체육질예측기법과 근섬유특성관련 DNA마커를 실제 돼지 육종현장에 직접 적용하여 조기선발시스템을 구현함으로써 기존의 개량방법보다 단위시간 유전적 개량량을 극대화시킬 수 있는 첨단 분자유종기법을 실현시키고자 한다. 이를 위하여 DNA마커 및 다양한 분석기법을 이용하여 적육 생산능력과 육질을 모두 우수한 돼지계통을 조성하며, 이를 통한 새로운 돼지 육종방법을 제시하고, 돈육의 새로운 품질지표를 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

## 제 2 절 연구개발의 목표와 내용

### 1. 연구개발의 최종목표

가. 도입단계 : 기초축군조성과 생체진단기법적용을 통한 능력검정



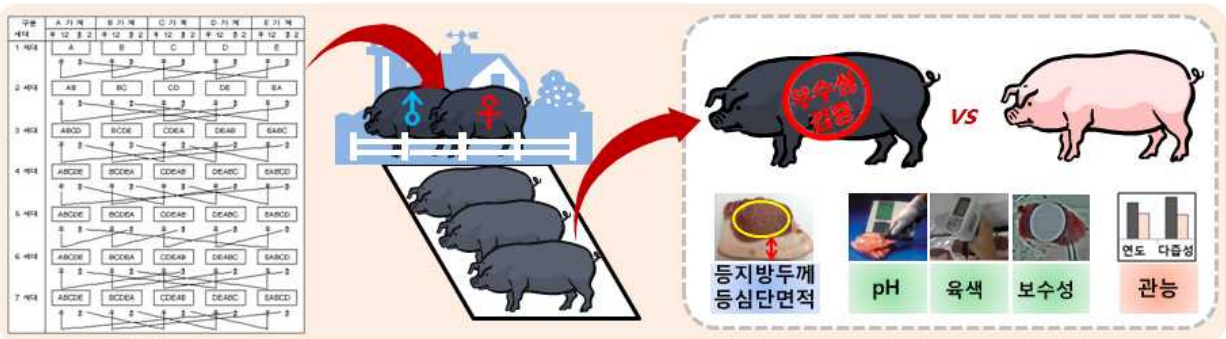
계통등록을 위한 기초작업으로 농장내 흑돼지 전수에 대하여 개체 ID를 부여하고 부계와 모계에 대한 혈통정보 데이터베이스를 구축한다. 이를 통하여 한국종축개량협회에 농장내 흑돼지 전수를 원종돈으로 등록한다. DNA마커를 실제 돼지 육종현장에 적용하기 위하여, DNA마커들의 대량분석을 최적화하고 원종돈에 대한 유전자형분석을 실시한다. 또한 Biopsy를 이용하여 생체시료를 채취하고, 근섬유특성을 분석함으로써 생체수준에서 육질을 예측한다. 이를 토대로 기초축군을 조성하고, 자돈을 생산한다.

나. 조성단계 : 근섬유특화 제주흑돼지 계통 조성

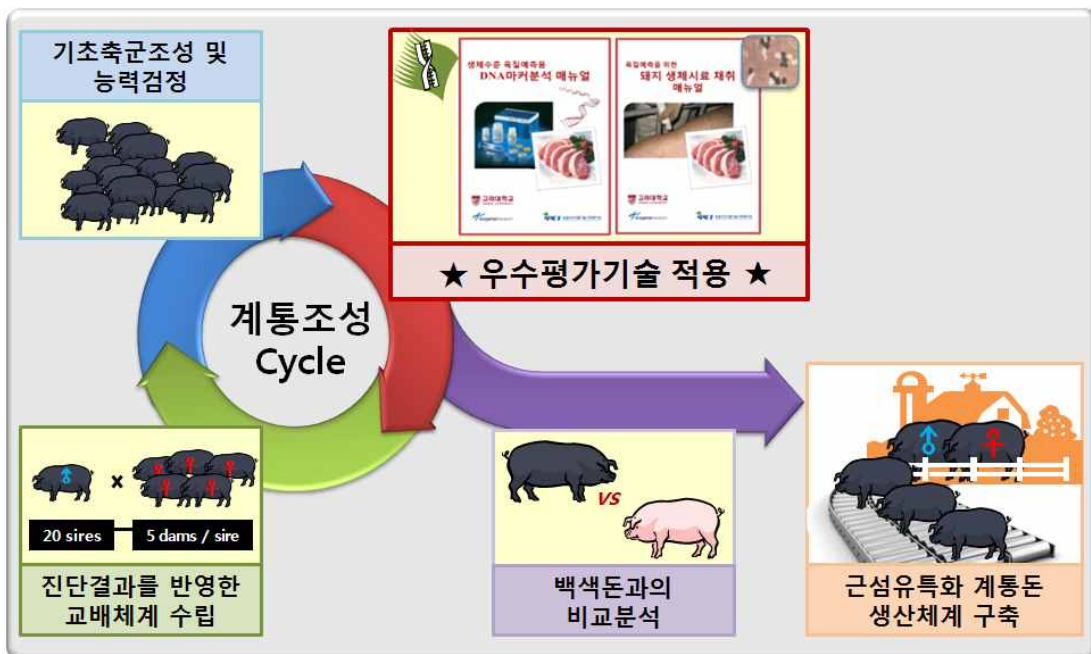


최적교배조합에 따라 자돈을 생산하고 한국종축개량협회에 자돈등기를 한다. 유전자형 분석 및 생체육질예측기법을 통하여 종모돈과 종빈돈으로 쓰일 자돈을 선발하고, 선발의 자돈들에 대하여 적육생산능력 및 육질과 같은 도체특성을 분석한다. 4세대까지의 반복을 통하여 세대별 대립유전자빈도 비교를 통하여 유전자형변화를 확인하고, 근섬유 특성 및 육질균일성, 적육생산능력의 변화를 확인한다. 더 나아가 DNA마커와 생체육질진단기법을 이용하여 근섬유특화를 통한 적육생산능력과 육질이 모두 우수한 계통돈을 육성하기 위한 최적교배체계를 확립한다.

다. 검증단계 : 계통돈 생산체계 구축 및 우수성 검증



근섬유훈화된 계통돈을 종축개량협회에 번식용씨돼지로 등록한다. 생산된 계통돈의 유전적균일성을 검증한 후 조성한 계통의 생산자돈, 농장 내 계통의 자돈 및 국내 타지역 백돼지와 비교분석을 통하여 계통돈의 유전적 특성을 확인하고 계통돈 특이 염기다형성을 이용한 계통돈 판별시스템을 마련한다. 또한, 계통돈의 육질균일성을 분석하고, 다른돼지와는 다르게 나타나는 계통돈만의 특화육질을 확인함으로써 계통돈의 우수성을 검증한다. 이를 통해 적육생산능력이 우수하면서 육질이 우수한 근섬유훈화계통을 확보하게 되며, 개량된 계통을 육성하여 고부가가치를 창출할 수 있는 생산기반을 마련한다. 또한, 이를 통해서 돈육생산의 효율성을 높이고 고품질 돈육생산을 위한 새로운 육종방법을 제시한다.



2. 연구개발의 내용

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
1차년도	2012년	<p>기초축군 세대별 유전자형 분석 및 유전자형 고정화 전략 수립</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Multiplex PCR 방법 개발을 통한 기 개발된 DNA마커들의 대량분석 최적화 (한번에 2개 이상 분석가능한 multiplex PCR방법 개발; 총 5종 마커)</li> <li>- 기초돈군 개체별 유전자형조합 분석 및 교배조합 설정 (sire 20두, dam 100두로 교배조합 설정)</li> <li>- 생산자돈 대상 DNA마커와 근섬유특성간 연관성 분석</li> <li>- 최적 DNA마커조합 선정 및 유전자형 고정화 교배전략 수립</li> </ul>
		<p>흑돼지 계통조성을 위한 기초축군 조성</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 개체 ID 및 혈통정보 데이터베이스 구축을 통한 농장내 흑돼지 전수에 대한 원종돈 등록 (모돈 약 500두 규모)</li> <li>- 유전자형을 기반으로 한 기초축군 조성 및 자돈생산 (sire 20두, dam 100두 교배)</li> <li>- 흑모색 여부를 포함한 외모심사 및 능력검정 (이모색돈에 경우 선발제외대상)</li> <li>- 신기술 적용을 위한 타협동과제로의 생체시료 제공 (DNA분석을 위한 혈액시료 및 생체육질분석을 위한 Biopsy시료 제공)</li> </ul>
		<p>생체육질예측기법을 이용한 기초돈군 근섬유특성 및 육질능력 분석</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biopsy를 이용한 생체시료채취 및 근섬유특성 분석 (농장보유 축군 분석)</li> <li>- 개체별 생체육질진단 결과를 바탕으로한 생체육질 평가 (MHC아형 정량분석)</li> <li>- DNA마커와 근섬유특성과의 상관성 분석 (SAS를 이용한 상관분석)</li> </ul>

2차년도	2013년	<p>세대별 유전적특성 변화양상 분석 및 유전적균일성 검증</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 대량분석기법을 이용한 생산자돈에 대한 유전자형 분석</li> <li>- 세대별 대립유전자빈도 비교를 통한 유전특성 변화 확인 (3세대간의 변화 확인)</li> <li>- 동일유전자형 보유여부 분석을 통한 계통돈의 유전적균일성 검증 (마커 5종에 대한 분석)</li> <li>- 선발된 개체들에 대한 마커, 근친도 및 기타 개체정보 DB 구축</li> </ul>
		<p>최적교배체계의 확립을 통한 근섬유특화 선발계통 조성</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 최적교배조합에 따른 자돈생산 및 자돈등기</li> <li>- 세대별 생산자돈의 성장형질 및 번식능력 변화 확인 (생시체중, 성성숙 도달일령 등 확인)</li> <li>- DNA마커와 생체육질분석기법을 이용한 근섬유특화 선발계통 조성</li> <li>- 교배조합별 번식능력 및 성장능력을 포함한 최적 교배체계 확립 (sire 20두, dam 100두 선발)</li> </ul>
		<p>세대별 근섬유특성 및 육질분석을 통한 계통돈 조기선발매뉴얼 확립</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 생산자돈에 대한 육질 분석 및 이상육 발생빈도 확인</li> <li>- 세대별 근섬유특성 및 육질균일성 변화 확인 (3세대간의 변화 확인)</li> <li>- Biopsy이용 육질진단기법을 통한 계통돈 조기선발매뉴얼 확립</li> </ul>

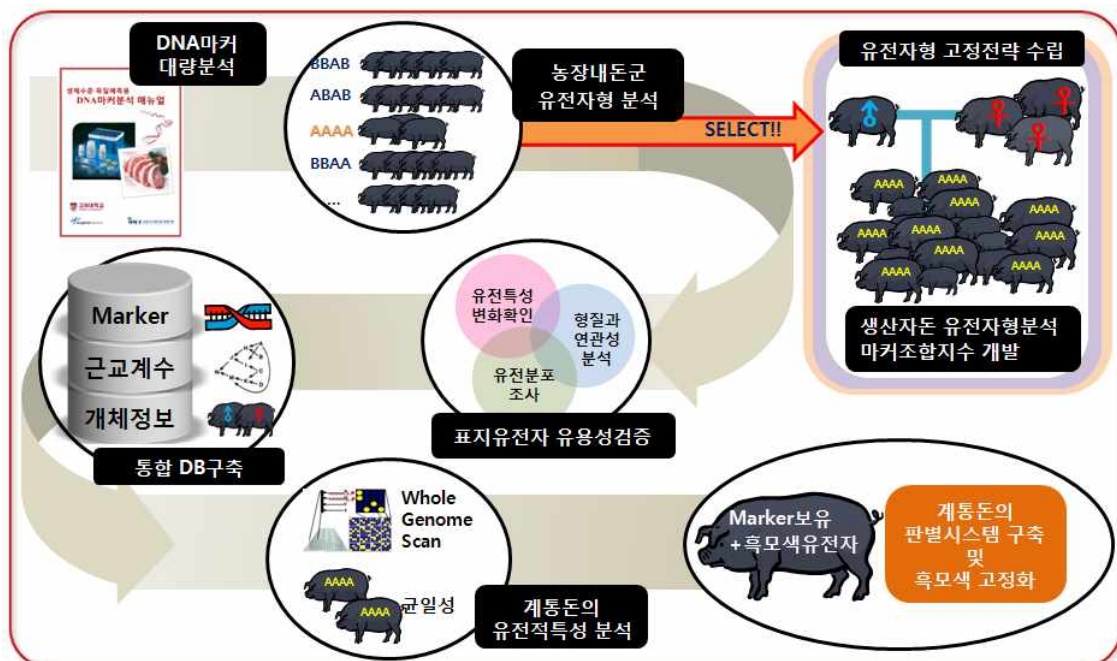
3차년도	2014년	계통돈의 유전적특성 검증을 통한 조기선발시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 마커도움선발(MAS) 모형의 타당성 및 실용성 확인</li> <li>- 계통돈의 유전적 동일성 유지를 위한 교배조합설정 매뉴얼 확립</li> <li>- 계통돈 특이 염기다형성을 이용한 판별시스템 마련 (비계통돈과의 비교)</li> <li>- 유전자분석을 통한 흑색 고정여부 확인 (흑모색 특이마커의 고정확인)</li> </ul>
		개발한 제주흑돼지 계통돈의 생산 및 확대보급체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 종돈개량협회에 번식용씨돼지(계통돈) 등록</li> <li>- 씨돼지 및 비육돈 생산 체계 구축</li> <li>- 계통돈 확대보급을 위한 정액생산체계 구축</li> </ul>
		국내 유통 돈육과의 비교를 통한 계통돈 실용화 검증	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 계통돈과 일반백색돈의 근섬유특성 및 도체특성 비교분석 (20두이상 규모)</li> <li>- 계통돈과 일반백색돈의 관능적 특성분석 (20두이상 규모)</li> <li>- 계통돈에서 특화된 육질항목탐색을 통한 차별화 전략 마련</li> </ul>

### 3. 연구개발의 범위

#### 가. 제 1세부과제 : 근섬유특성관련 DNA마커도움 조기선발시스템 구축

DNA마커를 실제 돼지 육종현장에 적용하고 세대별로 유전적특성 변화양상을 분석함으로써 최첨단 분자유전학적 기법을 이용한 돼지육종기법을 확립하고, 계통돈의 유전적특성을 검증하여 조기선발시스템을 구축한다.

- (1) 기초축군 세대별 유전자형 분석 및 유전자형 고정화 전략 수립
  - (가) Multiplex PCR 방법 개발을 통한 기 개발된 DNA마커들의 대량분석 최적화
  - (나) 기초돈군 개체별 유전자형조합 분석 및 교배조합 설정
  - (다) 생산자돈 대상 DNA마커와 근섬유특성간 연관성 분석
  - (라) 최적 DNA마커조합 선정 및 유전자형 고정화 교배전략 수립
- (2) 세대별 유전적특성 변화양상 분석 및 유전적균일성 검증
  - (가) 대량분석기법을 이용한 생산자돈에 대한 유전자형 분석
  - (나) 세대별 대립유전자빈도 비교를 통한 유전특성 변화 확인
  - (다) 동일유전자형 보유여부 분석을 통한 계통돈의 유전적균일성 검증
  - (라) 선발된 개체들에 대한 마커, 근친도 및 기타 개체정보 DB 구축
- (3) 계통돈의 유전적특성 검증을 통한 조기선발시스템 구축
  - (가) 마커도움선발(MAS) 모형의 타당성 및 실용성 확인
  - (나) 계통돈의 유전적 동일성 유지를 위한 교배조합설정 매뉴얼 확립
  - (다) 계통돈 특이 염기다형성을 이용한 판별시스템 마련
  - (라) 유전자분석을 통한 흑모색 고정 여부 확인





나. 제 1협동과제 : MAS를 통한 선발계통 조성 및 우수 흑돼지 계통돈 생산

기 개발하여 보유하고 있는 근섬유특성관련 DNA마커를 이용하여 적육생산능력과 육질이 동시에 개량된 소비자의 기호에 적합한 계통을 조성한다.

(1) 흑돼지 계통조성을 위한 기초축군 조성

- (가) 개체 ID 및 혈통정보 데이터베이스 구축을 통한 농장내 흑돼지 전수에 대한 원종돈 등록
- (나) 유전자형 기반으로 기초축군 조성 및 자돈생산
- (다) 흑모색 여부를 포함한 외모심사 및 능력검정
- (라) 신기술 적용을 위한 다협동과제로의 생체시료 제공

(2) 최적교배체계의 확립을 통한 근섬유특화 선발계통 조성

- (가) 최적교배조합에 따른 자돈생산 및 자돈등기
- (나) 세대별 생산자돈의 성장형질 및 번식능력 변화 확인
- (다) DNA마커와 생체육질분석기법을 이용한 근섬유특화 선발계통 조성
- (라) 교배조합별 번식능력 및 성장능력을 포함한 최적 교배체계 확립

(3) 개발한 제주흑돼지 계통돈의 생산 및 확대보급체계 구축

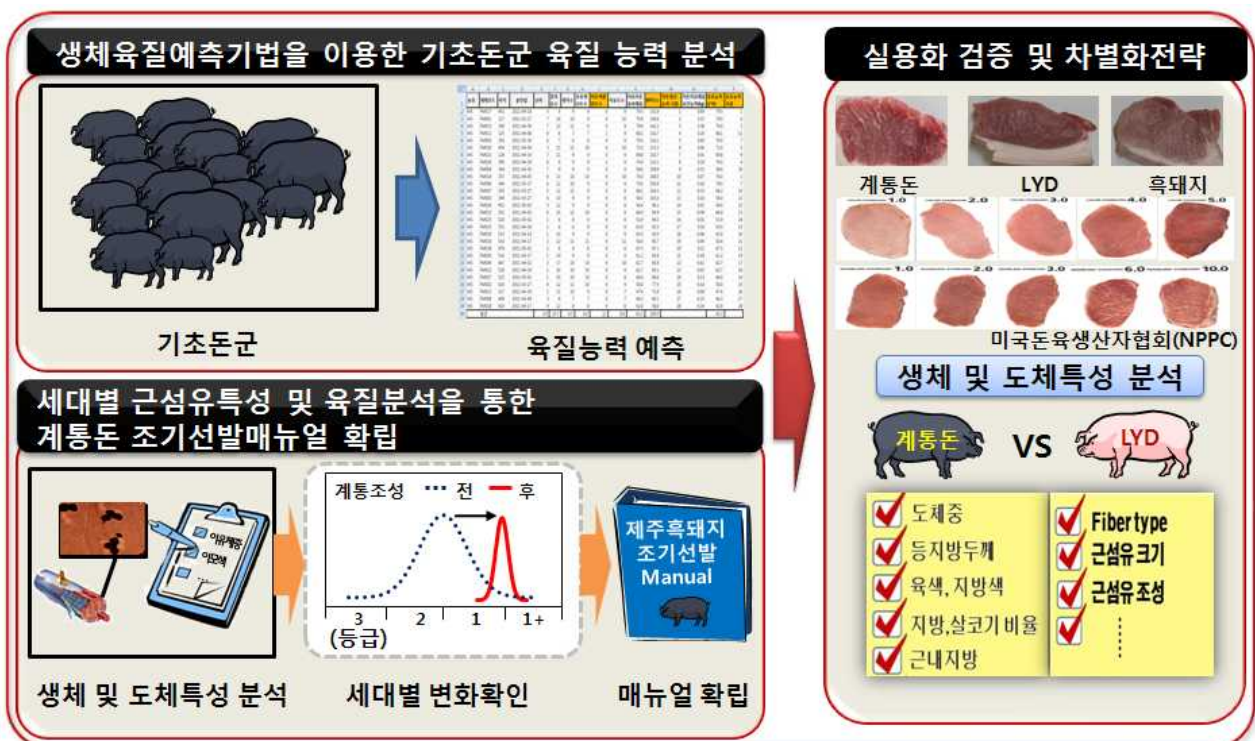
- (가) 중돈개량협회에 번식용씨돼지(계통돈) 등록
- (나) 씨돼지 및 비육돈 생산 체계 구축
- (다) 계통돈 확대보급을 위한 정액생산체계 구축



다. 제 2협동과제 : 생체육질예측기법 도입을 통한 계통돈 조기선발매뉴얼 확립 및 실용화 검증

생체육질예측기법을 이용하여 새로 개발될 계통돈의 돈육질의 특성을 규명하고, 계통돈의 조기선발매뉴얼을 확립하며, 국내 유통 돈육과의 비교를 통해 계통돈의 실용화를 검증한다.

- (1) 생체육질예측기법을 이용한 기초돈군 근섬유특성 및 육질능력 분석
  - (가) Biopsy를 이용한 생체시료채취 및 근단백질특성 분석
  - (나) 개체별 생체육질진단 결과를 바탕으로한 생체육질 평가
  - (다) DNA마커 유전자형에 따른 근섬유특성 분석
  
- (2) 세대별 근섬유특성 및 육질분석을 통한 계통돈 조기선발매뉴얼 확립
  - (가) 생산자돈에 대한 육질 분석 및 이상육 발생빈도 확인
  - (나) 세대별 근섬유특성 및 육질균일성 변화 확인
  - (다) Biopsy이용 육질진단기법을 통한 계통돈 조기선발매뉴얼 확립
  
- (3) 국내 유통 돈육과의 비교를 통한 계통돈 실용화 검증
  - (가) 계통돈과 일반백색돈의 근섬유특성 및 도체특성 비교분석
  - (나) 계통돈과 일반백색돈의 관능적 특성분석
  - (다) 계통돈에서 특화된 육질항목탐색을 통한 차별화 전략 수립



## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

# 제 1 절 국내외기술 현황

## 1. 국외수준 기술현황

국외특허검색시스템(유럽특허검색 <http://ep.espacenet.com>)을 통해 국외수준기술에 대한 특허를 분석한 결과, 근섬유특성관련 DNA마커의 실용화부문에서는 총 42개의 특허가 검색되었으며 이중 15개의 특허가 유효한 것으로 나타났다. 특히 영국특허인 ‘GENETIC MARKER BASED PIG SELECTION’은 관련성이 80%에 달하는 것으로 나타났지만 본연구가 근섬유특성과 관련된 적육생산능력과 육질과의 연관성을 탐구하고자 하는 반면, 이 특허는 단순히 육질관련 DNA 마커로 차이점을 보였다.

MAS를 통한 선발계통 조성과 관련한 특허로는 781개의 특허가 검색되었으며 이 중 81개가 유효특허로 나타났다. 특히 미국의 ‘Marker assisted selection of bovine for improved milk composition’ 특허가 관련성이 70%로 나타났지만, 이 특허는 산자수에 중점을 두고 있으며 본 연구진은 성장형질뿐만 아니라 적육생산능력, 육질개량까지 목표로 하고 있으므로 위 특허와는 차이를 보였다.

생체육질예측기법 적용에 대한 마커로는 10개의 특허가 검색되었으며 이중 5개의 특허가 유효한 특허로 검색되었다. 이 중, 중국의 ‘Rapid quantitative analysis method for animals skeletal muscle fiber’ 특허가 근섬유 수를 측정하는 방법측면에서 본 연구과제와 유사성을 나타내었지만 근섬유 조성은 측정할 수 없으며, 생체가 아닌 도체에서 근섬유 수를 측정하는 방법으로 본과제가 목표로 한 생체육질예측기법과는 차이를 보였다.

## 2. 국내수준 기술현황

특허정보원을 통한 1993년부터 2012년까지 ‘근섬유특성관련 DNA마커의 실용화’, ‘MAS를 통한 선발계통 조성’, ‘생체육질예측기법 적용’에 대한 특허를 검색한 결과 총 63개의 특허가 검색되었으며, 이 중 20개의 특허가 유효한 것으로 나타났다. 유효특허 중, 본 연구팀이 ‘근섬유특성관련 DNA마커의 실용화’, ‘생체육질예측기법 적용’ 부문에 특허를 보유하고 있다. 이는 본 연구팀이 국내수준에서는 가장 앞서가는 기술을 바탕으로 기술을 실현할 수 있는 연구팀이라는 것을 나타내고 있다. 따라서 본 연구팀이 보유한 기술을 적용하여 근섬유특성관련 생체진단기법 적용을 통한 적육생산능력과 육질이 모두 우수한 제주흑돼지 계통조성을 할 수 있다는 것을 보여준다.

### 3. 신청연구팀의 연구수준 및 선행연구결과

#### 가. 근섬유특성 분석기술 및 근세포분화관련 DNA마커 개발

- (1) 과제명 : 돼지의 근세포분화 관련 DNA 표지유전자 탐색을 통한 근육성장 및 이화학적 변이 연구
- (2) 연구기간 : 2002. 10. ~ 2005. 10.(3년)
- (3) 연구비 : 170,000,000원
- (4) 연구비지원기관 : 농림기술관리센터
- (5) 주요연구내용 및 결과

근세포분화에 주요하게 작용하는 것으로 알려진 *MYOG* 유전자의 5' promotor region에서 새로운 단염기다형성(SNP)를 발견하였으며, 이의 유전자형 분석을 실시하여(그림 7), 성장형질 및 육질관련 형질과의 연관성 분석을 통해서 새로운 DNA마커를 개발 및 진단기법에 관한 기술을 보유하고 있다.

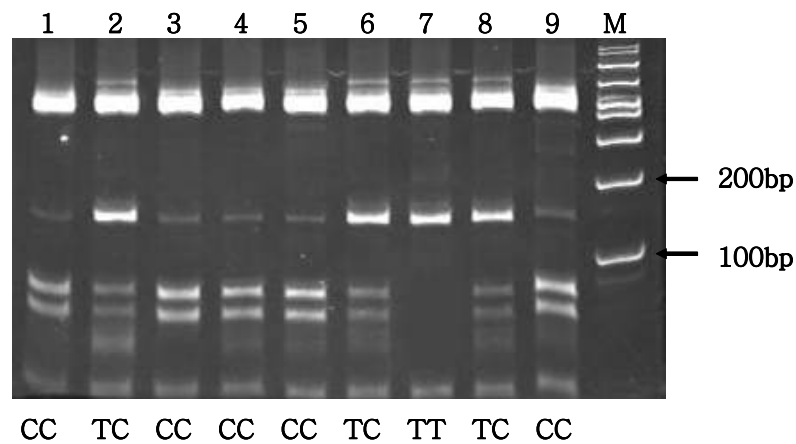


그림 7. *myogenin* 유전자의 5' promotor 영역내 *BspCNI* PCR-RFLP 분석

T allele : 463bp + 158bp + 43bp

C allele : 463bp + 82bp + 76bp + 43bp

(6) 연구성과

(가) 기술이전 (1건)

- ① 2012.03.13. 길갈영농조합법인, 돼지의 근세포분화 관련 DNA표지유전자 진단기법

(나) 특허 (2건)

특허명	등록년도
돼지 근세포수 증가 확인용 DNA 표지인자	2007
근섬유 조직학적 특성을 이용한 육질 및 육량의 예측방법	2008

(다) 논문 (9편)

제목	저널명	게재연도
Associations of the variation in the porcine myogenin gene with muscle fibre characteristics, lean meat production and meat quality traits	Journal of Animal Breeding and Genetics	2009
Possible Muscle Fiber Characteristics in the Selection for Improvement in Porcine Lean Meat Production and Quality	Asian-australian journal of animal sciences	2008
The relationship between muscle fiber characteristics, postmortem metabolic rate, and meat quality of pig longissimus dorsi muscle	Meat Science	2005
Variations in metabolite contents and protein denaturation of the longissimus dorsi muscle in various porcine quality classifications and metabolic rates	Meat Science	2005
Comparison of histochemical characteristics in various pork groups categorized by postmortem metabolic rate and pork quality	Journal of Animal Science	2006

제목	저널명	게재연도
Effects of muscle mass and fiber type composition of longissimus dorsi muscle on postmortem metabolic rate and meat quality in pigs	Journal of Muscle Foods	2006
Prediction for Quality Traits of Porcine Longissimus Dorsi Muscle Using Histochemical Parameters	Food Science and Biotechnology	2005
Effects of muscle mass and fiber type composition of longissimus dorsi muscle on postmortem metabolic rate and meat quality in pigs	Journal of Muscle Foods	2006
Relationships between Myosin light chain isoforms, Muscle Fiber Characteristics, and Meat Quality Traits in Porcine Longissimus Muscle	Food Science and Biotechnology	2005

나. 근섬유단백질을 이용한 생체육질예측진단기법 및 DNA마커 개발

- (1) 과제명 : 근섬유단백질 특성을 이용한 돈육질예측기법 개발
- (2) 연구기간 : 2008. 6. ~ 2011. 6.(3년)
- (3) 연구비 : 402,000,000원
- (4) 연구비지원기관 : 농림수산식품기술기획평가원
- (5) 주요연구내용 및 결과

(가) 사후대사 및 육질에 영향을 주는 근섬유 특성에 MHC isoform 조성이 영향을 미침을 밝히고, MHC slow isoform 함량의 기준을 설정함으로써 육질예측인자를 개발하였다. 또한 체계적이고 정확한 시료 채취로 육질예측의 실효성을 높이고자 생체시료 채취 매뉴얼을 작성하였다.

(나) 근섬유단백질 관련 후보유전자를 탐색하여 myosin heavy chain (MHC) isoform을 코딩하는 구조유전자의 조절영역에 대한 SNP를 발굴하였으며, 이의 유전자형분석을 실시하여 MHC slow form함량 및 육질관련 형질과 연관성분석을 통한 기능구명을 통하여 DNA마커를 개발하고 진단기법에 관한 기술을 보유하고 있다.



그림 8. 개발매뉴얼 표지



(6) 연구성과

(가) 기술이전 (1건)

- ① 2012.03.13. 길갈영농조합법인, 근섬유단백질 특성을 이용한 돈육질예측기법

(나) 특허 (3건)

특허명	등록년도
돼지의 마이오신 중쇄 슬로우 아형 증가 및 육질 향상 여부 확인용 DNA 단편 표지인자	2011(출원)
혈당을 이용한 돈육질의 특성 예측방법	2010
미오신 아형을 이용한 돼지의 육질 예측 방법	2008

(다) 논문 (7편)

제목	저널명	게재연도
Muscle fiber characteristics, myofibrillar protein isoforms, and meat quality	Livestock Science	2009
The relation of blood glucose level to muscle fiber characteristics and pork quality traits	Meat Science	2009
Comparison of muscle fibre characteristics and production traits among offspring from Meishan dams mated to different sires	Italian Journal of Animal Science	2009
Correlations of trained panel sensory values of cooked pork with fatty acid composition, muscle fiber type, and pork quality characteristics in Berkshire pigs	Meat Science	2010
Protein solubility is related to myosin isoforms, muscle fiber types, meat quality traits, and postmortem protein changes in porcine longissimus dorsi muscle	Livestock Science	2010
Association between polymorphisms of the heart fatty acid binding protein gene and intramuscular fat content, fatty acid composition, and meat quality in Berkshire breed	Meat Science	2010
The influence of pork quality traits and muscle fiber characteristics on the eating quality of pork from various breeds	Meat Science	2010

다. 돈군보유규모

본 연구팀에 속한 길갈영농조합법인은 흑돼지 육질특성 규명을 위한 실험과 품종 및 교배조합 확립을 위한 ‘제주 흑돼지 명품화사업’의 참여농가로 선정된 바 있다. 길갈영농조합법인은 육질, 사양, 능력, 위생 등에 특성화된 브랜드를 갖고 있으며, 흑돈 모돈 550두 규모로 월 2,000두의 생산시설을 확보하고 있다. 또한, 청정성과 안정성을 갖는 명품돼지고기 생산을 위한 국내 최초 흑돼지 사육단계 HACCP을 지정받았다. 이로 미루어볼 때 길갈영농조합법인은 흑돼지 계통조성을 위한 충분한 기반을 갖추고 있다.

▶ 대표이사 - 오영익

- 흑돈사육관련 신지식인선정
- (사)제주흑돼지생산자회 회장
- 제주특별자치도 FCG 심의위원  
제주산 축산물 품질보증제, 'Fresh, Clean, Green'



▶ 제주흑돼지의 공인된 선두농가

- 제주도지사 FCG 획득 13년차 베테랑 농가
- 국내최초 흑돼지 가공 및 사육단계 HACCP인증 농가
- 국내최초 흑돼지 냉장육 일본 수출농가
- 돼지고기 생산이력제 시범농가
- 제주흑돼지 계통조성을 위한 재원투자 의지확고



▶ 제주흑돼지 생산 및 보급에 최적의 인프라 구축

- 흑돼지생산자회의 리더로서, 계통돈의 확대보급기반 보유
- 제주흑돼지 인공수정센터 조성사업자 선정 (2012, 서귀포시)



그림 9. 참여농가 수행능력

## 제 2 절 연구개발의 전망 및 수준

### 1. 특허, 논문, 제품(시장) 분석을 통한 연구개발의 전망

#### 가. 특허분석 측면

국내특허는 DNA표지 인자와 관련하여 특허 자체가 국외와 비교하여 미비한 상태이다. 또한 종돈의 능력을 개량하는 측면에서 돼지와 관련된 마커가 필수적인데, 현재 공개되거나 등록되어있는 특허는 주로 소 연구에 분야에 치중되어있다. 본 연구팀은 돼지와 관련하여 산자수 및 근섬유형질에 대한 DNA 표지인자를 개발하였으며, 본 연구에 반드시 필요한 근섬유특성관련 DNA마커기술을 보유하고 있으므로 선진양돈국의 기술개발에 발맞추어 연구해 나갈 역량이 충분하다고 본다. 본 연구 과제를 통해 위 특허의 현장적용을 통한 종돈의 능력을 개량을 하여 우수한 제주흑돼지 종돈계통을 조성시키는 방향으로 추진하고자 계획하고 있다.

축산 분야에서의 육질과 관련한 기존의 특허들은 특정 형질에 제한된 표지유전자를 이용하여 육질을 예측, 평가하는 방법이거나, 육질이 향상된 축종을 육종하기 위해 이용하는 것이었다. 그러나 본 연구과제에서는 광범위하고 복잡한 육질에 영향을 주는 주요 요인인 근섬유의 특성을 분석함으로써 사후대사 변이와 최종 육질의 변이를 설명하고, 예측을 가능하게 할 것이다. 또한 근섬유 특성은 육량에도 영향을 주기 때문에, 근섬유 특성의 육질 뿐만 아니라 육량과의 연관성도 구명함으로써 서로 상충되는 육질과 육량을 모두 향상시킬 수 있을 것이며 실제로 관련특허들을 본 연구팀은 보유하고 있는 상황이다. 나아가 근섬유 특성에 근거하여 규격화되고 안정적인 생산품질생산 기반을 마련, 우수한 품질의 돈육생산에 기여할 수 있는 특허 등을 출원할 계획이다.

## 나. 논문분석 측면

기존 논문은 *myogenin* 유전자의 영향과 변이를 탐색 및 하는 것에 치중되어 있다. 몇몇 논문들이 경제형질등과의 연관성분석을 실시하고 있는데, 본 연구과제에서는 기존 경제형질을 비롯한 근섬유 형질과의 연관성 분석을 통한 기존 특허 기술의 유용성을 활용하는 방향으로 연구를 추진할 것이며, 추가적인 연구를 통해 새로운 논문을 게재할 계획이다. 나아가 마커도움선발을 실제로 도입해 선발계통조성을 함으로써, 첨단분자유종기법의 선두연구주자로서의 입지를 굳힘을 목표로 하고 있다.

본 연구과제에서는 사후대사 및 최종 육질에 영향을 주는 근섬유 특성을 분석하고, 이와 더불어 근섬유 특성이 육량과의 연관성을 구명한다. 이러한 연구 결과를 토대로 근섬유 개량을 통한 분화의 개량을 통해 적육생산량과 육질이 모두 향상된 우수한 제주흑돼지의 선발계통의 조성을 꾀한다. 또한 생체육질기법을 도입함은 물론, 근섬유 특성을 기초로 기존의 연구와 차별화한 논문을 게재할 계획이다.

## 다. 제품 및 시장분석 측면

국내 및 국외시장 분석결과 특정 유전자를 보유한 돼지의 생산 및 판매가 이루어지고 있으나, 여러 유전자의 영향을 받는 경제 형질의 특성상 보다 더 주요하고 다양한 유전자와의 연구가 필요하다. 따라서 본 연구과제에서는 기존에 행하지 않았던 근섬유 형질의 개량을 통한 육질 및 적육생산량의 향상을 목표로 연구를 추진하여 기존 특정 유전자 보유 돼지를 보완하고 향상시켜서 국내 중돈 능력 향상을 꾀할 것이다.

국내 및 국외시장 분석결과 축산식품의 육질이 향상된 제품의 생산량 증가를 위한 노력이 이어지고 있다. 그러나 육질 향상을 위한 방법으로 첨가제를 사용하거나, 특히 국내의 경우 사료에 의한 육질 변화가 주를 이루고 있는 상황이다. 이러한 방법들은 그 효과가 뚜렷이 검증되지 않았고, 객관적인 평가기준이 마련되어 있지 않다. 본 연구과제에서는 사후대사와 최종 육질에 영향을 주는 근섬유 특성과 관련된 표지유전자를 이용, 적육생산과 육질이 모두 우수한 계통돈을 개발함으로써 소비자의 만족감을 높이고, 제품의 공급을 원활하게 할 수 있을 것이다. 또한 객관적 육질측정을 통한 정확하고 객관적인 육질평가와 예측을 가능하게 하여, 소비자의 신뢰도를 증진시킬 수 있으며, 축산농가의 경제 활성화에 도움을 줄 것으로 기대된다.

국내 제주흑돼지시장현황을 분석한 결과 차별화된 맛과 안전성으로 높은 가격, 좋은 인

지도를 가지고 있는 반면 실제 제주도내 흑돼지는 전체사육두수의 1/5, 흑돼지사육농가는 전체농가의 1/3 수준에 그치고 있었다. 일본에서 2000년 이후 브랜드화된 가고시마흑돈 역시 생산성이 떨어지는 흑돈의 단점에도 불구하고 농장에서 보통 돼지에 비해 약1.4배 이익(일반돈390엔/kg,560엔/kg기준; 농촌경제연구원, 2009)을 창출해 내고 있는데, 제주흑돼지도 이와 같은 고급화, 명품화의 길을 걷기 위해서는 제주흑돼지의 품질적 우수성을 객관적이고 과학적으로 검증하고, 확실한 계통체계를 갖추기 위한 차별화된 육종전략이 필요하다. 본 연구를 통해 검증화된 품질을 갖는 계통돈 육성을 통해 안정적인 흑돈육성시스템을 구축하게 된다면 고수의 흑돼지시장에 활력을 불어넣을 수 있는 원동력이 될 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 연구개발의 목표수준

개발기술명	관련기술 최고보유국	현재 기술수준		기술개발 목표수준	비고
		우리나라	연구신청팀		
MAS를 통한 선발계통 조성	미국, 영국	40 %	40 %	70 %	
근섬유특성관련 DNA마커의 실용화	미국, 영국	60 %	60 %	90 %	
생체육질예측기법 적용	미국	60 %	60 %	90 %	

## 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

# 제 1 절 근섬유특성관련 DNA마커도움 조기선발시스템 구축

## 1. 기초축군 세대별 유전자형 분석 및 유전자형 고정화 전략 수립

가. Multiplex PCR 방법 개발을 통한 기 개발된 DNA마커들의 대량분석 최적화

제1세부과제는 제주 흑돼지 축군을 대상으로 선행연구과제들의 수행을 통하여 개발한 근섬유특성관련 DNA마커의 유전자형을 분석하고, 유전자형고정화전략을 수립하는 것을 목표로 하고 있다. 본 연구진이 보유한 근섬유특성관련 DNA마커는 총 6종으로, 근섬유특성 및 적육생산능력관련 마커 2종, 근섬유특성 및 육질관련 마커 4종으로 구성되어 있으며, *Myogenin*, *MYH2*, *PPARGC1A* 유전자에 위치하고 있으며, PCR-RFLP와 Direct sequencing 방법을 이용하여 분석을 실시하였다(Table 1-1-1). 이와 더불어 기 보고된 돼지의 경제형질관련 마커 4종(Table 1-1-2)을 추가분석하여 기초축군(base population)의 유전적 특성을 확인했다. 제1협동과제를 수행하는 길갈농장에서 설정한 기초축군은 수돼지 14두, 암돼지 207두로 구성되어 있었으며, 상기 10종의 DNA마커 중 MG5의 경우 전개체가 CC 유전자형으로 고정되어 변이가 나타나지 않았다. 따라서 근섬유특성 및 적육생산능력과 관련하여 기 보고되어 있는 MyoD1마커를 추가 선정했고(Table1-1-3), 다음세대인 1세대(생산자돈)부터 분석 및 선발에 사용하였다.

Table 1-1-1. 연구진 보유한 DNA마커에 대한 정보와 우량유전자형

관련형질	유전자 (염색체)	마커명	분석방법	우량유전자	비고
근섬유특성, 적육생산능력	<i>Myogenin</i> (SSC 9)	MG5	PCR-RFLP	T	
		MG3	PCR-RFLP	G	
근섬유특성, 육질	<i>MYH2</i> (SSC 12)	MYH5	PCR-RFLP	T	
		MYH3	PCR-RFLP	C	
	<i>PPARGC1A</i> (SSC 8)	PGC1	Direct Sequencing	C	
		PGC2	Direct Sequencing	T	

Table 1-1-2. 기 보고된 DNA마커에 대한 정보와 우량유전자형

관련형질	유전자 (염색체)	마커명	분석방법	우량 유전자	참고문헌
육질	<i>RYR1</i> (SSC 6)	RYR1	PCR-RFLP	C	Sellier, et al., 1988
번식능력	<i>PRLR</i> (SSC 16)	PRLR	PCR-RFLP	A	AL Vincent, et al., 1998
	<i>ESR</i> (SSC 1)	ESR	PCR-RFLP	B	MF Rothschild et al., 1994
성장능력	<i>MC4R</i> (SSC 1)	MC4R	PCR-RFLP	A	Meidtner K, et al. 2006

Table 1-1-3. 근섬유특성 및 적육생산능력관련 추가 DNA마커에 대한 정보와 우량유전자형

관련형질	유전자 (염색체)	마커명	분석방법	우량 유전자	참고문헌
적육생산능력 근섬유특성	<i>MyoD1</i> (SSC 2)	MyoD1 (MYF3)	PCR-RFLP	A	Lee et al., 2012

기초축군 유전자형 분석 및 세대별 유전자형 고정화 전략 수립의 첫단계로서, DNA마커들의 대량분석방법을 마련했다. 먼저, 제1협동과제에서 각 개체별로 채취한 모근시료로부터 모근 DNA추출키트 (I-genomic Clinic DNA extraction mini kit, Intronbio, Korea)를 사용하여 DNA를 추출했다. 또한, 대량분석시 실험효율증대를 위해 다양한 *Taq* Polymerase 및 반응조건을 테스트하여 PCR반응시간을 단축했다(Figure1-1-1). 총 11종 마커의 분석을 위한 특이 Primer set과 PCR 반응조건은 아래 Table1-1-4 와 같다. PCR은 총 부피 20 $\mu$ l로 100ng의 돼지 DNA와 10pmol의 Primer, 0.25mM의 dNTP, 5x PCR buffer 및 1.25U의 DNA polymerase(Phire hot start II DNA Polymerase, Thermo, korea)를 이용하여 수행했다.

Step	기존 Taq	신규 Taq
Hot start	10min	30sec
Dennaturation	1 min	10sec
Annealing	1 min	10sec
Extention	1 min	30sec
Final Extention	10min	5min
<b>Total소요시간</b>	<b>2.5~3시간</b>	<b>1시간</b>

Figure1-1-1. 신규 실험기법 도입을 통한 분석효율 증대



Table 1-1-4. 각 마커분석을 위한 프라이머 세트 및 PCR 반응조건

Marker	Primer Number	Primer Sequence	Ann <sup>1</sup> (°C)	Size(bp)
MG5	P01	5'-ACCTTCCCCACAATGACAAG-3'	61	463
	P02	5'-TGGACTGAGAAGCCCAAAGT-3'		
MG3	P03	5'-GGTCTCCTTGGAAGGCACTTA-3'	61	817
	P04	5'-GATCTGAAGGGATCCAGGAA-3'		
MYH5	P05	5'-TGTGTGCCCTTCTTCATCA-3'	61	750
	p06	5'-AAGGAAGGTTTCAGGCTGGT-3'		
MYH3	P07	5'-GCCTATGCTTCCAGGTCTTC-3'	62	279
	p08	5'-GCAGTCACCATTCAGTTTTCC-3'		
PGC1, PGC2	P09	5'-CACAGGTTCTGCGTTACGAC-3'	60	736
	P10	5'-AAAGCACCAGTTCGGGTAC-3'		
MyoD1	P11	5'-GGAACGTTTCCGAGAGTGAA-3'	68	707
	P12	5'-TAGTATGCAAGGGTGGAGTGG-3'		
RYR1	P13	5'-CGCTTTCACCACCTCTTCTC-3'	61	405
	P14	5'-GTGGGGACTGGCATTAAAGTC-3'		
PRLR	P15	5'-CCACATCCTGGTGTAGTGC-3'	61	552
	P16	5'-TCTGCCACATAACCAAACCAT-3'		
ESR	P17	5'-TGGGACAGTGTGTGGTCTTT-3'	61	351
	P18	5'-AGCGAGTGTGTATGTGACCT-3'		
MC4R	P19	5'-GCCAAGGTGCCAACATGAA-3'	61	280
	P20	5'-GACAAATCACAGAGGCCACC-3'		

<sup>1</sup>Annealing Temperature

대량분석이 요구되는 본 연구과제의 효율적인 연구수행을 위하여 Multiplex PCR을 이용한 두 가지 이상 마커의 동시분석기법을 개발하였다. Multiplex PCR 분석을 위해서는 PCR증폭시 Annealing 온도가 일정하고 증폭산물을 각각 구별할 수 있어야 하며, 유전자형 분석을 위한 RFLP에 사용되는 제한효소에 각각 반응하였을 때 한쪽 PCR산물의 RFLP결과가 나머지 마커의 Genotyping에 방해가 되어서는 안된다. 이러한 조건을 만족시키는 마커 두 쌍(MYH5와 ESR, MG3와 MC4R)을 선별해 Multiplex PCR 기법을 개발하였다. PCR은 총 부피 30 $\mu$ l로 100ng의 돼지 DNA와 마커 두 종을 함께 증폭시키기 위한 10pmol의 Primer 2쌍, 0.25mM의 dNTP, 5 $\times$ PCR buffer 및 1.25U의 DNA polymerase를 이용하여 수행했다.

Figure 1-1-2 는 Multiplex PCR을 이용한 MYH5와 ESR마커의 genotyping방법으로, 한번에 MYH5 마커에 특이적인 750bp 밴드와 ESR 마커에 특이적인 밴드를 함께 증폭해내 분별하는데 성공하였다. 본 PCR산물을 이용하여 제한효소 *Msp*I 에 반응시켰을 때, ESR마커의 PCR산물은 유전자형에 관계없이 제한효소와 반응하지 않고 전기영동시 351bp위치에 그대로 존재하게된다. 반면 MYH5마커의 C allele에서는 539bp, 211bp의 조각으로 잘리게 되며, 351bp인 ESR마커의 PCR산물과 차별된 곳에서 관찰가능하다. 또한 T allele일 경우 절단되지 않고 이또한 ESR 마커의 유전자형에 관계없이 구분가능하다. 따라서 MYH5-ESR multiplex PCR시료를 *Msp*I 제한효소에 반응시켜 MYH5의 genotyping이 가능한 것이다. 반면, *Pvu*II 제한효소에 반응시킨 multiplex PCR시료는 ESR의 B Allele을 선택적으로 인지하여 조각을 177bp, 174bp 로 자를 수 있다. MYH5 마커의 PCR산물은 유전자형에 관계없이 *Pvu*II 제한효소에 반응하지 않으며, ESR의 RFLP산물과 차별되는 곳에서 관찰되어진다. 따라서 *Pvu*II 제한효소를 이용하여 ESR의 genotyping이 가능하다.

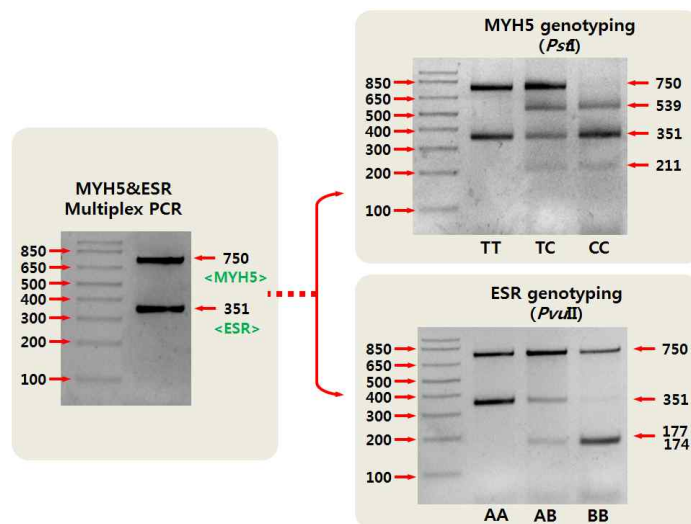


Figure 1-1-2. multiplex PCR을 이용한 MYH5, ESR 마커의 genotyping

Figure 1-1-3 는 multiplex PCR을 이용한 MG3, MC4R 마커의 genotyping결과로, PCR산물로써 MG3의 817bp, MC4R의 280bp를 동시에 증폭해 낼 수 있었다. *Msp*I 제한효소는 MC4R 마커의 염기변이에 관계없이 항상 206bp, 74bp의 두조각으로 잘라내며, MG3의 G allele을 인지하여 571bp, 246bp로 잘라낸다. 따라서 *Msp*I 제한효소를 처리하였을 때 MG3 G allele이 존재할 경우 571bp, 246bp, 206bp, 74bp의 네개의 밴드를, A allele은 MG3 PCR산물을 제한효소가 인지하지 못하여 817, 206, 74bp의 세 개의 밴드를 확인하여 genotyping이 가능하다. 반대로 *Taq*I 제한효소는 MG3 마커의 유전자형에 관계없이 자르지 못하고, MC4R의 G allele일 때 184bp, 96bp의 두 조각으로 잘라내며, MG3의 PCR밴드와는 차별되는 밴드위치로, genotyping이 가능함을 알 수 있다. MC4R 마커가 A allele일 때는 두 마커의 PCR산물 모두 *Taq*I 제한효소가 인지하지 못해 잘리지 않는다.

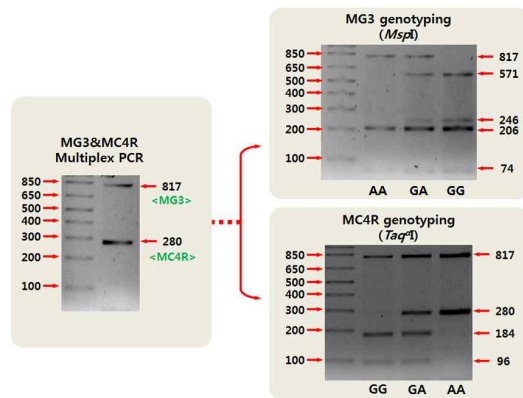


Figure 1-1-3. multiplex PCR을 이용한 MG3, MC4R 마커의 genotyping

PGC1, PGC2 마커는 염기변이위치가 가깝기 때문에 하나의 Amplicon에서 서열증폭하여 Direct Sequencing을 통해 동시에 genotyping을 하는 기법을 선택하였다. PCR산물은 ABI PRISM®3730 Genetic Analyzer (Applied Biosystems, USA)로 분석되었으며, Seqman program (DNASTAR, USA)으로 최종 염기서열분석을 실시하였다(Figure1-1-4).

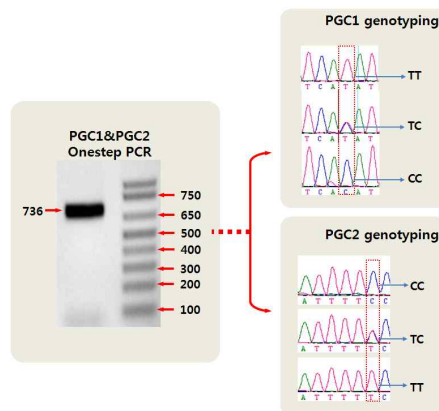


Figure 1-1-4. Direct Sequencing을 이용한 Multiple allele genotyping

이외 5종의 DNA 마커는 개별적으로 PCR되었으며, 해당마커의 염기변이위치를 특이적으로 인식할 수 있는 제한효소를 통해 RFLP분석에 사용되었고 Figure 1-1-5부터 Figure 1-1-9까지 종합되어 있다.

Figure 1-1-5는 MG5 마커 분석을 위한 463bp 길이의 PCR 산물이 제한효소 *Bsp*CNI I 에 의해 유전자형에 관계없이 316bp 147bp로 절단되며, C allele을 특이적으로 인식하여 147bp가 82bp, 65bp로 잘리게 된다. 유전자형은 147bp의 유무를 통해 진단 가능하다.

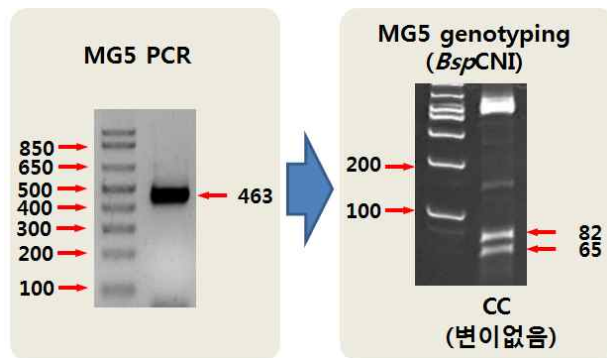


Figure 1-1-5. PCR-RFLP를 이용한 MG5 마커의 genotyping

Figure 1-1-6은 MYH3 marker의 genotyping 결과로 PCR 산물로 279bp를 증폭 해낼 수 있었고, 제한효소 *Hpy*CH4 V 에 의해서 AA 유전자형에서는 168bp, 57bp, 54bp의 세 단편으로 나누어진다. 반면 CC 유전자형은 168bp가 한 번 더 절단되어 135bp와 33bp가 추가로 생성이 된다. 이형접합체인 AC 유전자형은 위에서 말한 것과 같이 168bp, 135bp, 57bp, 54bp, 33bp 모든 단편이 나타난다. 그러므로 3가지 유전자형이 모두 구분 가능하다.

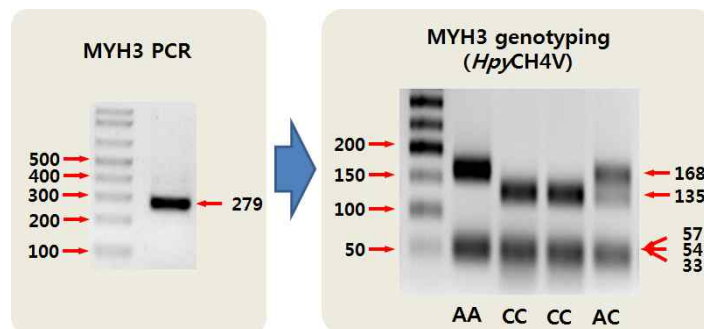


Figure 1-1-6. PCR-RFLP를 이용한 MYH3 마커의 genotyping

Figure 1-1-7은 PRLR marker의 genotyping 결과로 PCR 산물로는 552bp를 증폭 해낼 수 있었다. *Nae*I 에 의해 GG 유전자형은 437bp와 115bp로 나누어지게 된다. AA 유전자형은 *Nae*I 가 인식하지 못하여서 나누어지지 않는다. 그러므로 AG 유전자형은 552bp, 437bp, 115bp 세 단편으로 나누어져 나타난다.

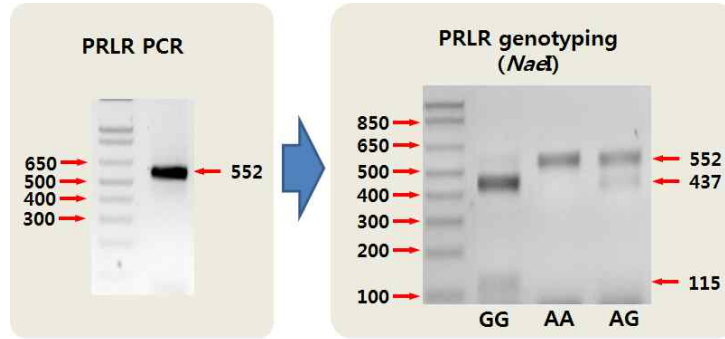


Figure 1-1-7. PCR-RFLP를 이용한 PRLR 마커의 genotyping

Figure 1-1-8는 RYR1 marker의 genotyping 결과로 402bp PCR산물을 증폭 해낼 수 있었다. T allele 은 제한효소가 인식되지 않고, CC 유전자형은 211bp, 191bp 로 나누어진다. 그러나 기초축군 전 개체에서 CC 유전자형만을 가지고 있어 변이가 없었다.

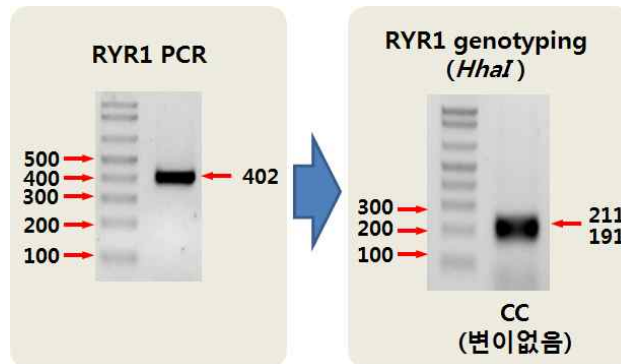


Figure 1-1-8. PCR-RFLP를 이용한 RYR1 마커의 genotyping

Figure 1-1-9는 MyoD1(MYF3) marker의 genotyping 결과로 PCR산물로는 706bp를 증폭시킬 수 있었다. 제한효소 *Dde* I 에 의해서 CC유전자형은 569bp, 90bp, 47bp로 나누어졌고, AA유전자형에서는 569bp가 385bp,184bp로 나누어졌다. 그러므로 이형 접합체인 AC유전자형은 569bp, 385bp, 184bp, 90bp, 47bp로 모두 나누어짐을 볼 수 있다.

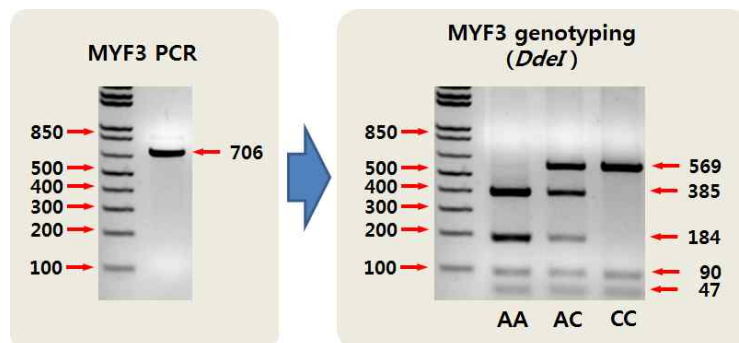


Figure 1-1-9. PCR-RFLP를 이용한 MyoD1 마커의 genotyping

나. 기초돈군 개체별 유전자형조합 분석 및 교배조합 설정

(1) 기초돈군 개체별 유전자형조합 분석

제1협동과제에서 모근시료를 채취한 농장내 종축집단(M: 14, F: 207, 총 221두)을 ‘기초돈군 (기초축군)’ 이라 부르기로 한다. 추출한 genomic DNA를 통해 genotyping을 실시하였고, 분석한 10종 마커에 대한 유전자 및 유전자형빈도가 Table 1-5부터 Table 1-13까지 정리되어 있다. 특히, 선발대상인 우량유전자에 대한 빈도는 굵고 기울인 폰트로 표시하였다.

(가) 연구진 보유마커 분석결과

연구진 보유마커 중 근섬유특성 및 적육생산능력과 관련된 마커 MG5에 대해서는 앞서 서술한 것처럼 농장내 전 개체에서 변이가 없었고(Table1-5), 해당농장에서 우량유전자를 보유하고 있지 않은 것으로 나타났다. 이에 따라 근섬유 및 적육생산능력관련 효과를 가진 마커를 추가하여(MyoD1; 마커정보: Table1-1-3, 실험조건: Table1-1-4, Genotyping방법: Figure1-1-9) 다음 세대부터 분석 및 선발에 이용했다. 반면 근섬유특성 및 적육생산능력관련 마커 중 나머지 하나인 MG3 마커의 유전자빈도는 우량유전자 G allele의 비율이 96%로(Table1-1-5), 대부분의 개체가 우량유전자를 가지고 있는 것으로 나타났다.

Table 1-1-5. 기초축군에 대한 MG5, MG3 마커의 유전자 및 유전자형 빈도

Sex	N <sup>1</sup>	MG5					Sex	N	MG3				
		Genotype			Allele				Genotype			Allele	
		TT	TC	CC	T	C			AA	GA	GG	A	G
Male	14	0.00 (0) <sup>1</sup>	0.00 (0)	1.00 (14)	<b>0.00</b>	1.00	Male	14	0.00 (0)	0.00 (0)	1.00 (14)	0.00	<b>1.00</b>
Female	207	0.00 (0)	0.00 (0)	1.00 (207)	<b>0.00</b>	1.00	Female	205	0.00 (1)	0.07 (14)	0.93 (190)	0.04	<b>0.96</b>
Total	221	0.00 (0)	0.00 (0)	1.00 (221)	<b>0.00</b>	1.00	Total	219	0.00 (1)	0.07 (14)	0.93 (204)	0.04	<b>0.96</b>

<sup>1</sup>Number of pigs

연구진 보유마커중 근섬유 및 육질관련 마커 MYH5와 MYH3의 기초축군에 대한 유전자형 및 유전자빈도는 Table1-1-6에 나타나 있다. 해당 마커들은 기초축군내에서 우량유전자의 빈도가 90%, 특히 열성 Homotype개체는 단 한 마리뿐이었다.

Table 1-1-6. 기초축군에 대한 MYH5, MYH3 마커의 유전자 및 유전자형 빈도

Sex	N <sup>1</sup>	MYH5					Allele	Sex	N	MYH3				
		Genotype			Allele					Genotype			Allele	
		TT	TC	CC	T	C				CC	CA	AA	C	A
Male	14	0.86 (12) <sup>1</sup>	0.14 (2)	0.00 (0)	<b>0.93</b>	0.07	Male	14	0.64 (9)	0.36 (5)	0.00 (0)	<b>0.82</b>	0.18	
Female	204	0.79 (162)	0.21 (42)	0.00 (0)	<b>0.90</b>	0.10	Female	203	0.81 (165)	0.18 (37)	0.00 (1)	<b>0.90</b>	0.10	
Total	218	0.80 (174)	0.20 (44)	0.00 (0)	<b>0.90</b>	0.10	Total	217	0.80 (174)	0.19 (42)	0.00 (1)	<b>0.90</b>	0.10	

<sup>1</sup>Number of pigs

기초축군에서의 PGC1과 PGC2 마커의 유전자형 및 유전자빈도는 Table1-1-7와 같다. 기초축군내 PGC-1마커의 우량유전자빈도는 10% 이내로, PGC1의 C allele을 가진 개체를 선발하여 빈도를 높이는 것이 필요할 것으로 판단된다. PGC2마커의 우량유전자인 A allele의 빈도는 0.45로, 마커도움선발을 할 경우에 유전자형빈도의 변이가 클 것으로 예상된다.

Table 1-1-7. 기초축군에 대한 PGC1&PGC2마커의 유전자 및 유전자형 빈도

sex	N	PGC1					Allele	PGC2				
		Genotype			Allele			Genotype			Allele	
		TT	TC	CC	T	C		TT	TC	CC	T	C
Male	14	1.00 (14)	0.00 (0)	0.00 (0)	1.00	<b>0.00</b>	0.29 (4)	0.29 (4)	0.43 (6)	<b>0.43</b>	0.57	
Female	203	0.81 (164)	0.19 (38)	0.00 (1)	0.90	<b>0.10</b>	0.20 (41)	0.52 (105)	0.28 (57)	<b>0.46</b>	0.54	
Total	217	0.82 (178)	0.18 (38)	0.00 (1)	0.91	<b>0.09</b>	0.21 (45)	0.50 (109)	0.29 (63)	<b>0.46</b>	0.54	

(나) 기 보고마커 분석결과

Ryanodine receptor(*RYR*) 유전자는 PSE (pale, soft, exudative) 돈육의 원인이 되는 유전자라고 알려져 있어서 돼지 육질에 영향을 미치는 중요한 유전자이다. 기초축군 전수에 대하여 육질관련 마커인 *RYR* 마커의 유전자형 진단을 실시한 결과, 기초축군 전수가 우량유전자형인 CC type 으로 고정되어있는 것을 확인할 수 있었다(Table 1-1-8).

Table 1-1-8. 기초축군에 대한 *RYR1* 마커의 유전자 및 유전자형 빈도

sex	N	<i>RYR1</i>				
		Genotype			Allele	
		TT	TC	CC	T	C
Male	14	0.00 (0)	0.00 (0)	1.00 (14)	0.00	<b>1.00</b>
Female	207	0.00 (0)	0.00 (0)	1.00 (207)	0.00	<b>1.00</b>
Total	221	0.00 (0)	0.00 (0)	1.00 (221)	0.00	<b>1.00</b>

번식능력관련 마커인 *ESR* 과 *PRLR* 은 산자수와 관련된 마커이며, 두 마커에 대한 기초축군의 유전자 및 유전자형 분석결과는 Table 1-1-9 와 Table 1-1-10 에 나타내었다. 현재 *ESR* 마커의 우량유전자빈도가 8%에 불과한 상황이며, 흑돼지가 갖고있는 약점인 번식능력을 향상시키기 위하여 해당 마커의 B allele 의 빈도를 높일 수 있도록 선발이 요구된다. *PRLR* 마커에 대한 유전자 빈도는 우량 Allele인 A 의 빈도가 0.66로 나타났다.

Table 1-1-9. 기초축군에 대한 *ESR* 마커의 유전자 및 유전자형 빈도

sex	N	<i>ESR</i>				
		Genotype			Allele	
		AA	AB	BB	A	B
Male	14	0.71 (10)	0.29 (4)	0.00 (0)	0.86	<b>0.14</b>
Female	203	0.87 (176)	0.12 (25)	0.01 (2)	0.93	<b>0.07</b>
Total	217	0.86 (186)	0.13 (29)	0.01 (2)	0.92	<b>0.08</b>



Table 1-1-10. 기초축군에 대한 PRLR 마커의 유전자 및 유전자형 빈도

sex	N	PRLR				
		Genotype			Allele	
		GG	GA	AA	G	A
Male	14	0.07 (1)	0.57 (8)	0.36 (5)	0.36	<b>0.64</b>
Female	192	0.16 (30)	0.38 (72)	0.47 (90)	0.34	<b>0.66</b>
Total	206	0.15 (31)	0.39 (80)	0.46 (95)	0.34	<b>0.66</b>

식욕과 지방두께에 관련된 성장능력관련 마커인 MC4R 마커에 대한 유전자형 분석결과는 Table 1-1-11 과 같다. 우량 유전자인 A allele의 빈도는 기초축군내 45%로 나타났다.

Table 1-1-11. 기초축군에 대한 MC4R마커의 유전자 및 유전자형 빈도

sex	N	MC4R				
		Genotype			Allele	
		GG	GA	AA	G	A
Male	14	0.29 (4)	0.29 (4)	0.43 (6)	0.43	<b>0.57</b>
Female	201	0.29 (59)	0.53 (106)	0.18 (36)	0.56	<b>0.44</b>
Total	215	0.29 (63)	0.51 (110)	0.20 (42)	0.55	<b>0.45</b>

위 서술과 같이 본 연구진은 해당 농가 내 DNA 시료를 확보한 종축을 ‘기초축군’으로 선정하고, 기초축군의 마커별 유전자형을 분석하였으며, 본 자료를 통해 개체별 유전자형조합 데이터베이스를 생산하였다. 기초축군의 11종 마커에 대한 유전자 및 유전자형의 빈도는 Marker-assisted selection(MAS)가 일어나지 않은 농장의 기본성적으로, 향후 MAS이후 유전자빈도변화 비교에 활용 가능하다.

(2) 기초돈군의 교배조합 설정

기초축군의 유전자형 분석결과를 바탕으로 계통조성에 쓰일 축군을 선발하고, 이를 ‘0세대’로 선정하였다. 선발된 웅돈은 각각 Sire Line (웅돈라인)이 되고, 기초축군 14두를 선발하였다. 해당 웅돈과 기 종부되어 연구개시시점에 분만예정인 모돈들 중 Sire 라인별 모돈 10두 규모의 실험돈 구성을 목표로 선발을 실시하였다. 모색이 흑색이며, Genotype 조합이 Sire Line 내 모돈 중 최대 상위 10두 선발을 계획하였으며, 0세대 모돈의 선발기준과 흐름은 아래 Figure1-1-10 과 같다. 또한 선발시 산자수가 낮아 번식능력이 떨어진다고 판단된 개체는 선발대상에서 제외되었다. 최초 149두를 선발하였으나 농장내 실험돈관리 전문인력의 부재로 자돈 분만에 대한 기록, 관리가 확실치 않아 소실된 모돈이 49두가량 발생해 최종적으로 93두의 모돈이 선발되었다. 이들이 0세대 Dam (모돈)이다. 자세한 교배조합은 Figure 1-1-11에서 확인할 수 있다. 또한 향후 교배조합을 20마리의 부돈과 부돈당 5두의 모돈을 가지는 20sire, 5dam/sire 구조를 만들어 계통돈 조성을 하기로 농장과 협의했고, 약 8두의 산자능력을 고려한다면 800두의 자돈(progeny)생산을 예상할 수 있다(Figure 1-1-12).

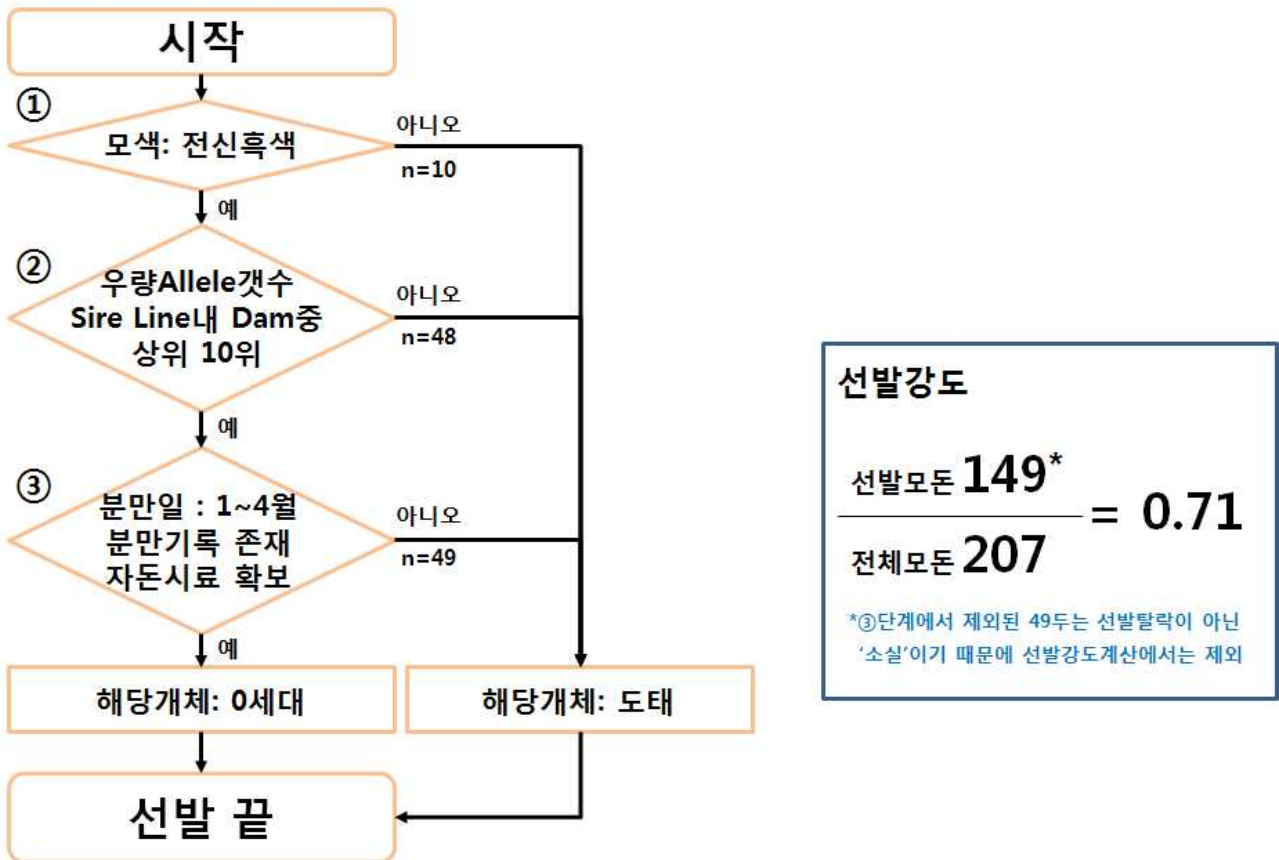


Figure1-1-10. 0세대 모돈 선발 흐름

유니	웅돈1	웅돈2	웅돈3	웅돈4	웅돈5	웅돈6	웅돈7	웅돈8	웅돈9	웅돈10	웅돈11	웅돈12	웅돈13	웅돈14	계	
	00-102	00-196	20-108	40-115	40-143	41-110	54-53	56-32	60-149	60-175	63-04	63-35	65-25	80-116	14	
선발 모돈	32-67	103-42	32-68	44-11	03-22	103-80	34-01	104-05	56-04	44-08	100-182	44-12	23-21	51-65		
	36-64	33-43	34-57	59-05	34-43		56-01	33-59	103-73	102-39	103-75	47-09	34-62	66-62		
	46-00		35-42	35-43	37-43		06-51	54-42	31-29	52-28	25-71	08-05	44-33			
	47-49		44-29	48-56	46-17		153-65	60-83	42-53	58-16	32-16	101-43	57-71			
	57-80		52-63	48-77	46-27		30-70	61-29	42-83	65-89	33-21	133-75	57-89			
			57-68	60-46	55-97		31-49	63-79	61-47		54-79	28-77				
			58-17	63-73	56-30		34-91		63-34		56-47	31-52				
			66-54	63-74	64-35		36-48		64-79		57-69	43-30				
				63-85			50-57		66-81		66-55	47-26				
				65-61			54-66					55-14				
							57-79					56-73				
												64-97				
	소계	5	2	8	10	8	1	11	6	9	5	9	12	5	2	93
	도태 모돈	33-62	104-19	63-70	7500	20-126	51-5	54-02	36-14	56-34	64-08	153-88	58-02	46-30	57	
		34-59	34-71	47-11	63-42		35-65	37-38	49-38	51-71	62-11	55-07	56-35	43-80		
		48-72	35-17	54-85	63-05		47-24	66-88	63-14	58-54	100-163	65-10		65-62		
		55-49	38-68	63-88	23-10		61-42	43-15	48-90	65-98	103-52	102-21				
		65-22	42-50	64-15	27-78		67-95	45-39	66-19		23-52	103-53				
			52-13	34-90	34-95		62-97	60-81			36-05	25-94				
			55-78	43-39	63-41		63-38	66-23			46-03	32-36				
			56-55	48-22			63-75				54-04	37-29				
			60-34	64-64			65-97				43-95	37-46				
			61-58	65-67							45-74	37-67				
			63-29								65-59	42-65				
			63-39									42-85				
			64-30									43-81				
			65-19									45-28				
			80-107									45-40				
			24-66									52-20				
			36-52									52-55				
		56-80									54-13					
		57-96									55-42					
		62-96									59-35					
											61-85					
											62-27					
											63-98					
											64-81					
											66-50					
											80-110					
											27-16					
											42-68					
											46-74					
소계	1	5	20	10	7	1	9	7	5	4	11	29	2	3	114	

Figure1-1-11. 기초축군의 교배조합



Figure1-1-12. 교배계획 Structure에 따른 자돈세대 규모 예상

기초축군과 0세대의 마커별 우량유전자의 빈도를 Table 1-1-12에서 종합하여 정리하였다. 유전자가 고정된 MG3, RYR 마커에 대해서는 후대의 유전자형분석이 무의미하므로 예산절약을 위하여 분석하지 않기로 한다. 0세대의 선발은 유전자형선발을 거치긴 했으나 소실된 모돈이 많아 적정 실험돈 규모를 맞추기 위하여 좋지 않은 유전자형의 개체도 상당수 선발하는 과정이 생겨 선발 후 0세대의 유전자빈도가 크지 않음을 알 수 있다.

Table 1-1-12. 세대에 따른 마커별 우량유전자 빈도차이

형질	마커명	우량 유전자	세대구분	
			기초축군 (n=221)	0세대 (n=107)
근섬유, 적육생산능력	MG5	T	0.00 (불량 genotype으로 고정)	
	MG3	G	0.96	0.97
근섬유, 육질	MYH5	T	0.90	0.94
	MYH3	C	0.90	0.88
	PGC1	C	0.09	0.10
	PGC2	T	0.46	0.50
근섬유, 적육생산능력	MyoD1	A	-	-
육질	RYR1	C	1.00 (우량 genotype 고정)	
번식능력	ESR	B	0.08	0.08
	PRLR	A	0.66	0.66
성장능력	MC4R	A	0.45	0.47

0세대 모돈에서 분만한 자돈을 ‘1세대’라 명하고 관리키로 하였다. 현장에서 모돈의 관리·기록소홀 문제를 해결하기 위해 농립수산식품기술기획평가원과 논의하여 농장 상주직원을 2차년부터 채용하였으며, 다음세대 모돈에 대해서는 소실문제를 완벽히 해결하였다.

다. 생산자돈 대상 DNA마커와 근섬유특성간 연관성 분석

DNA마커의 신뢰성을 제고하기 위해 생산자돈의 DNA마커와 근섬유특성과의 연관성을 분석한다. 마커에 따라 경제형질의 특성을 확인하기로 했다. 분석대상은 1세대~3세대 자돈들이며, 분석대상은 실험돈 중 유전자형과 형질데이터가 모두 분석된 아래 Table 1-1-13의 개체들이다.

Table 1-1-13. MAS 타당성 및 실용성 검증에 활용할 실험두수

그룹	그룹명	생체근섬유	도체형질 (근섬유, 육질, 적육생산능력)	성장능력
그룹1	1세대	335	88	214
그룹2	2세대	224	381	526
그룹3	3세대	368	129	340
계	총 3 그룹	927	598	1,080

전체적인 통계분석은 통계프로그램인 SAS 9.2의 proc GLM(general linear model procedure)을 사용하여 분석하였으며, 형질별로 분석한 구체적인 모델은 아래와 같으며, 우량유전자형에는 굵은 폰트를 사용하였다.

근섬유특성 (생체)	$y_{ijk} = \mu + G_i + year_j + sex_k + parity_l + e_{ijkl}$ ※ 공변량: 생검일령
근섬유특성 (도체)	$y_{ij} = \mu + G_i + year_j + sex_k + parity_l + e_{ijkl}$
도체성적 (육질, 적육생산능력)	$y_{ij} = \mu + G_i + year_j + sex_k + parity_l + e_{ijkl}$ ※ 공변량: 도체중
성장능력 (이유시체중활용)	$y_{ijk} = \mu + Group_i + sex_j + parity_k + e_{ijk}$
성장능력 (종료체중활용)	$y_{ijkl} = \mu + Group_i + sex_j + parity_k + KGref_l + e_{ijkl}$
	$\mu$ : 평균
	G : 유전자형
	sex : 성별 (비거세수컷, 거세수컷, 암컷)
	year : 세대 (1세대, 2세대, 3세대)
	parity : 모돈의 초산여부(초산, 경산)
	KGref : 종료체중측정장소 (비육농장, 후보돈사)
	e : 잔차

분석에 사용된 형질과 그 단위는 아래와 같다.

### 1. 근섬유특성

Total fiber number	: 총근섬유수 (단위: 1,000개), 도체에서만 측정가능
Fiber density	: 근섬유밀도 (/mm <sup>2</sup> ), 도체에서만 측정가능
Type I area	: Type I 근섬유의 넓이 비율 (%)
Type II a area	: Type II a 근섬유의 넓이 비율 (%)
Type II b area	: Type II b 근섬유의 넓이 비율 (%)
Type I number	: Type I 근섬유의 수 비율 (%)
Type II a number	: Type II a 근섬유의 수 비율 (%)
Type II b number	: Type II b 근섬유의 수 비율 (%)

### 2. 육질

pH <sub>45min</sub>	: 사후 45분 pH
Lightness(L*)	: 사후24시 명도
FFU; filter paper fluid uptake	: 여과지 흡수량 (mg)
drip loss	: 48시간후 유리육즙량 (%)
Cooking loss	: 가열감량 (%)
Hardness	: 경도
NPPC color	: 미국돈육생산자협회 육색 점수
NPPC marbling	: 미국돈육생산자협회 마블링 점수

### 3. 적육생산능력

Loin eye area	: 등심근단면적 (cm <sup>2</sup> )
Backfat thickness	: 등지방두께 (mm)

### 4. 일당증체량 (Average daily gain)

Birth to wean	: 생시~이유시 (단위 : g/day)
Wean to Final	: 이유시~종료시 (단위 : g/day)
Birth to final	: 생시~종료시 (단위 : g/day)

### 5. 일령

Weaning Old	: 이유일령
Age to 90kg	: 90kg 도달일령
Slaughter	: 출하일령

### 6. 종축개량협회 검정성적

Lean meat	: 정육율 (%)
Loin area	: 90kg 등심근단면적 (cm <sup>2</sup> )
Backfat thickness	: 90kg 등지방두께 (mm)

(1) 근섬유특성관련 마커

Table 1-1-14. MG3 마커가 생체근섬유 특성에 미치는 영향

항목	MG3			P value
	AA (n=0)	GA (n=46)	GG (n=880)	
생체근섬유				
Type I area (%)		10.54 (1.31) <sup>1</sup>	<b>11.95 (0.38)</b>	0.2851
Type II a area (%)		6.78 (0.60)	<b>6.91 (0.19)</b>	0.8310
Type II b area (%)		82.76 (1.46)	<b>82.35 (0.47)</b>	0.7798
Type I number (%)		15.60 (1.17)	<b>17.46 (0.54)</b>	0.1038
Type II a number (%)		10.31 (0.85)	<b>10.85 (0.43)</b>	0.5130
Type II b number (%)		74.26 (1.62)	<b>71.96 (0.82)</b>	0.1424

<sup>1</sup>least square means and standard error

Table 1-1-15. MG3 마커가 도체근섬유 특성 및 적육생산능력, 육질에 미치는 영향

항목	MG3			P value
	AA (n=0)	GA (n=25)	GG (n=569)	
도체근섬유				
Total fiber number (×1,000)		848.8 (332.7) <sup>1</sup>	<b>1,049.3 (55.0)</b>	0.5511
Fiber density (/mm <sup>3</sup> )		223.16 (64.12)	<b>243.80 (11.81)</b>	0.7647
Type I area (%)		9.62 (1.02)	<b>9.12 (0.18)</b>	0.6267
Type II a area (%)		<b>3.37<sup>b</sup> (0.66)</b>	<b>4.81<sup>a</sup> (0.11)</b>	<b>0.0304</b>
Type II b area (%)		87.10 (1.43)	<b>85.93 (0.25)</b>	0.4188
Type I number (%)		12.64 (1.24)	<b>11.27 (0.22)</b>	0.2779
Type II a number (%)		6.35 (0.93)	<b>7.37 (0.16)</b>	0.2765
Type II b number (%)		81.01 (1.47)	<b>81.35 (0.26)</b>	0.8180
육질				
pH <sub>45min</sub>		6.43 (0.06)	<b>6.43 (0.02)</b>	0.8916
Lightness(L*) <sup>2</sup>		46.13 (0.63)	<b>45.76 (0.16)</b>	0.5602
FFU <sup>3</sup> (mg)		27.56 (4.45)	<b>28.72 (1.21)</b>	0.7948
drip loss (%)		2.13 (0.32)	<b>2.31 (0.08)</b>	0.5582
Cooking loss (%)		19.36 (0.95)	<b>20.57 (0.24)</b>	0.2041
Hardness		44.17 (1.29)	<b>43.67 (0.33)</b>	0.7010
NPPC <sup>4</sup> color		2.69 (0.12)	<b>2.68 (0.03)</b>	0.8954
NPPC <sup>4</sup> marbling		<b>1.35<sup>b</sup> (0.12)</b>	<b>1.61<sup>a</sup> (0.03)</b>	<b>0.0340</b>
적육생산능력				
Loin eye area (cm <sup>2</sup> )		42.81 (1.25)	<b>42.93 (0.32)</b>	0.9258
Backfat thickness (mm)		19.80 (0.80)	<b>20.02 (0.21)</b>	0.7858

<sup>1</sup>least square means and standard error

<sup>2</sup>Lightness measured at 24 hour postmortem.

<sup>3</sup>Filter paper Fluid Uptake

<sup>4</sup>National Pork Producers Council

MG3 마커의 유전자형별 근섬유특성과 적육생산능력, 육질에 대한 연관성분석 결과는 Table 1-1-14, Table 1-1-15 와 같다. 농장내 기초축군의 우량유전자 비율이 높았기 때문에 후대의 유전자형빈도 역시 AA 유전자형 개체가 0두였으며, GG가 대부분인 분포를 보이고 있었다. 우량유전자 동형접합인 GG 유전자형은 GA 유전자형에 비해 생체근섬유형질은 통계적으로 유의하지 않지만 Type I 근섬유의 넓이비와 수 비율이 많은 경향치를 보이고 있었다. 도체근섬유에서는 Type IIa가 유의적으로 많아 육질이 비교적 좋을 것으로 예상되나 사후 45분 pH와 명도, 보수력형질에서는 GA와 차이가 나지 않았으며, GG 유전자형이 GA 유전자형에 비해 마블링점수가 높게 나왔다. 그리고 적육생산능력은 차이가 나지 않았다.

또한 아래 Table 1-1-16에서 확인할 수 있듯이 MG3 마커의 우량유전자 동형접합체인 GG는 GA에 비해 종료체중까지의 일당증체량이 크고, 이에 따라 90kg도달일령이 187.5일로, 유의적으로 우수함을 알 수 있다.

Table 1-1-16. MG3 마커가 성장능력형질에 미치는 영향

항목	MG3			P value
	AA (n=0)	GA (n=54)	GG (n=1,022)	
Average daily gain(g/day)				
Birth to wean		291.35 (12.56)	<b>278.20 (10.30)</b>	0.0743
Wean to Final		500.99 (9.24)	<b>514.74 (3.11)</b>	0.1284
Birth to final		<b>465.27<sup>b</sup> (7.64)</b>	<b>480.66<sup>a</sup> (2.51)</b>	<b>0.0405</b>
Age (day)				
Weaning Old		25.26 (0.88)	<b>25.10 (0.76)</b>	0.7446
Age to 90kg		<b>193.38<sup>a</sup> (2.63)</b>	<b>187.51<sup>b</sup> (0.86)</b>	<b>0.0233</b>
Slaughter		210.65 (3.89)	<b>205.03 (1.68)</b>	0.1270
종축개량협회 검정성적				
Lean meat (%)		55.93 (1.96)	<b>54.66 (1.77)</b>	0.1301
Loin area (cm <sup>2</sup> )		28.02 (2.09)	<b>26.41 (1.90)</b>	0.0730
Backfat thickness (mm)		13.87 (1.80)	<b>15.07 (1.63)</b>	0.1183

<sup>1</sup>least square means and standard error



Table 1-1-17. MYH5 마커가 생체근섬유 특성에 미치는 영향

항목	MYH5			P value
	CC (n=2)	CT (n=147)	TT (n=777)	
생체근섬유				
Type I area (%)		10.73 (0.75) <sup>1</sup>	<b>12.12 (0.40)</b>	0.0737
Type II a area (%)		6.75 (0.38)	<b>6.93 (0.20)</b>	0.6295
Type II b area (%)		83.51 (0.93)	<b>82.17 (0.49)</b>	0.1538
Type I number (%)		16.48 (0.85)	<b>17.39 (0.54)</b>	0.2193
Type II a number (%)		11.09 (0.64)	<b>10.77 (0.42)</b>	0.5520
Type II b number (%)		72.53 (1.22)	<b>72.16 (0.81)</b>	0.7099

<sup>1</sup>least square means and standard error

Table 1-1-18. MYH5 마커가 근섬유 특성 및 적육생산능력, 육질에 미치는 영향

항목	MYH5			P value
	CC (n=3)	CT (n=78)	TT (n=511)	
도체근섬유				
Total fiber number (×1,000)		982.7 (143.9) <sup>1</sup>	<b>1,056.0 (59.1)</b>	0.6352
Fiber density (/mm <sup>3</sup> )		230.53 (31.12)	<b>245.65 (12.66)</b>	0.6506
Type I area (%)		8.33 (0.46)	<b>9.31 (0.189)</b>	0.0501
Type II a area (%)		4.71 (0.30)	<b>4.80 (0.12)</b>	0.7825
Type II b area (%)		86.97 (0.65)	<b>85.74 (0.26)</b>	0.0789
Type I number (%)		10.38 (0.56)	<b>11.49 (0.23)</b>	0.0684
Type II a number (%)		7.33 (0.42)	<b>7.36 (0.17)</b>	0.9586
Type II b number (%)		82.29 (0.67)	<b>81.16 (0.27)</b>	0.1164
육질				
pH <sub>45min</sub>		6.43 (0.03)	<b>6.43 (0.02)</b>	0.8695
Lightness(L*) <sup>2</sup>		45.50 (0.36)	<b>45.79 (0.17)</b>	0.4247
FFU <sup>3</sup> (mg)		28.67 (2.67)	<b>28.85 (1.27)</b>	0.9477
drip loss (%)		2.14 (0.18)	<b>2.34 (0.09)</b>	0.2856
Cooking loss (%)		20.48 (0.54)	<b>20.60 (0.25)</b>	0.8233
Hardness		43.53 (0.74)	<b>43.73 (0.35)</b>	0.7938
NPPC <sup>4</sup> color		<b>2.55<sup>b</sup> (0.07)</b>	<b>2.70<sup>a</sup> (0.03)</b>	<b>0.0441</b>
NPPC <sup>4</sup> marbling		1.66 (0.07)	<b>1.59 (0.03)</b>	0.3769
적육생산능력				
Loin eye area (cm <sup>2</sup> )		42.54 (0.71)	<b>43.01 (0.34)</b>	0.5255
Backfat thickness (mm)		20.12 (0.47)	<b>19.98 (0.22)</b>	0.7675

<sup>1</sup>least square means and standard error

<sup>2</sup>Lightness measured at 24 hour postmortem.

<sup>3</sup>Filter paper Fluid Uptake

<sup>4</sup>National Pork Producers Council

MYH5 마커의 유전자형별 근섬유특성과 적육생산능력, 육질에 대한 연관성분석 결과는 Table 1-1-17, Table 1-1-18과 같다. MG3 마커와 같이 농장내 기초축군의 우량유전자 비율이 높았기 때문에 후대의 유전자형 중 CC genotype 집단을 연관성분석에서는 제외하고 나머지 두 유전자형에 대해 분석을 실시하였다. 우량유전자 동형접합인 TT 유전자형은 CT 유전자형에 비해 생체근섬유형질은 통계적으로 유의하지 않지만 Type I 근섬유의 넓이비와 수 비율이 많은 경향치를 보이고 있다. TT 유전자형은 도체근섬유분석결과 유의적으로 차이가 나는 형질은 없으나 총근섬유수와 Type I 근섬유의 넓이비와 수 비율이 많은 경향을 보이고 있어 육질과 적육생산능력이 우수할 것으로 예상된다. 그러나 실제 육질형질과 적육생산능력형질에서 유의적으로 차이가 나는 부분은 없고 NPPC color성적이 소폭 높은 편이었다.

또한 아래 Table 1-1-19은 MYH5 마커와 성장능력형질간의 분석결과인데, 성장능력에 유의미한 영향을 끼치지 않는 것이다.

Table 1-1-19. MYH5 마커가 성장능력형질에 미치는 영향

항목	MYH5			P value
	CC (n=5)	CT (n=150)	TT (n=919)	
Average daily gain (g/day)				
Birth to wean		271.30 (11.06)	<b>278.83 (10.31)</b>	0.0997
Wean to Final		510.86 (5.67)	<b>515.36 (3.24)</b>	0.4233
Birth to final		475.28 (4.77)	<b>481.33 (2.60)</b>	0.2009
Age (day)				
Weaning Old		24.88 (0.81)	<b>25.12 (0.76)</b>	0.4216
Age to 90kg		189.93 (1.64)	<b>187.19 (0.90)</b>	0.0933
Slaughter		207.04 (2.45)	<b>204.76 (1.71)</b>	0.2875
종축개량협회 검정성적				
Lean meat (%)		54.79 (1.84)	<b>54.67 (1.78)</b>	0.8257
Loin area (cm <sup>2</sup> )		26.14 (1.98)	<b>26.45 (1.91)</b>	0.5735
Backfat thickness (mm)		14.99 (1.69)	<b>15.06 (1.64)</b>	0.8752

<sup>1</sup>least square means and standard error

Table 1-1-20. MYH3 마커가 생체근섬유 특성에 미치는 영향

항목	MYH3			P value
	AA (n=22)	CA (n=194)	CC (n=710)	
생체근섬유				
Type I area (%)		12.16 (0.66) <sup>1</sup>	<b>11.83 (0.41)</b>	0.6322
Type II a area (%)		6.89 (0.32)	<b>6.88 (0.21)</b>	0.9880
Type II b area (%)		82.67 (0.77)	<b>82.38 (0.50)</b>	0.7128
Type I number (%)		17.09 (0.72)	<b>17.22 (0.57)</b>	0.8293
Type II a number (%)		11.18 (0.56)	<b>10.85 (0.45)</b>	0.4577
Type II b number (%)		0.71 (0.90)	<b>72.30 (0.84)</b>	0.6233

<sup>1</sup>least square means and standard error

Table 1-1-21. MYH3 마커가 근섬유 특성 및 적육생산능력, 육질에 미치는 영향

항목	MYH3			P value
	AA (n=24)	CA (n=149)	CC (n=421)	
도체근섬유				
Total fiber number (×1,000)		995.8 (107.0)	<b>1,061.6 (64.2)</b>	0.5896
Fiber density (/mm <sup>3</sup> )		234.13 (22.91)	<b>246.45 (13.78)</b>	0.6375
Type I area (%)		8.83 (0.34)	<b>9.28 (0.20)</b>	0.2509
Type II a area (%)		4.76 (0.22)	<b>4.79 (0.13)</b>	0.9161
Type II b area (%)		86.36 (0.48)	<b>85.76 (0.29)</b>	0.2694
Type I number (%)		11.17 (0.41)	<b>11.41 (0.25)</b>	0.6119
Type II a number (%)		7.32 (0.31)	<b>7.38 (0.19)</b>	0.8643
Type II b number (%)		81.50 (0.49)	<b>81.20 (0.30)</b>	0.5931
육질				
pH <sub>45min</sub>		6.42 (0.03)	<b>6.43 (0.02)</b>	0.9033
Lightness(L*) <sup>2</sup>		45.73 (0.27)	<b>45.75 (0.18)</b>	0.9508
FFU <sup>3</sup> (mg)		30.58 (2.04)	<b>28.06 (1.35)</b>	0.2416
drip loss (%)		2.14 (0.14)	<b>2.33 (0.09)</b>	0.1938
Cooking loss (%)		20.97 (0.41)	<b>20.40 (0.27)</b>	0.1943
Hardness		43.91 (0.56)	<b>43.63 (0.37)</b>	0.6525
NPPC <sup>4</sup> color		2.74 (0.05)	<b>2.66 (0.04)</b>	0.1723
NPPC <sup>4</sup> marbling		1.55 (0.05)	<b>1.63 (0.03)</b>	0.1859
적육생산능력				
Loin eye area (cm <sup>2</sup> )		42.90 (0.54)	<b>42.86 (0.35)</b>	0.9415
Backfat thickness (mm)		20.15 (0.35)	<b>19.90 (0.23)</b>	0.5123

<sup>1</sup>least square means and standard error

<sup>2</sup>Lightness measured at 24 hour postmortem.

<sup>3</sup>Filter paper Fluid Uptake

<sup>4</sup>National Pork Producers Council

Table 1-1-20, Table 1-1-21은 MYH3 마커의 유전자형별 근섬유특성과 적육생산능력, 육질에 대한 연관성분석 결과이다. 농장내 기초축군의 우량유전자 비율이 높았기 때문에 후대의 유전자빈도 역시 G 유전자가 높았으며, AA 유전자형 집단은 수가 아주 적었기 때문에 관성분석에 사용하지 않았다. MYH3 마커의 유전자형에 따라 생체근섬유형질을 포함한 모든 형질들이 유의적으로 차이나지 않았다. 성장능력과 비교한 Table 1-1-22 역시 같은 결과를 보이고 있다.

Table 1-1-22. MYH3 마커가 성장능력형질에 미치는 영향

항목	MYH3			P value
	AA (n=33)	CA (n=241)	CC (n=802)	
Average daily gain (g/day)				
Birth to wean		278.56 (10.67)	<b>277.31 (10.22)</b>	0.7423
Wean to Final		511.68 (4.88)	<b>515.47 (3.31)</b>	0.4234
Birth to final		477.97 (3.99)	<b>481.02 (2.68)</b>	0.4406
Age (day)				
Weaning Old		24.75 (0.79)	<b>25.16 (0.76)</b>	0.0942
Age to 90kg		188.73 (1.38)	<b>187.38 (0.93)</b>	0.3210
Slaughter		204.70 (2.16)	<b>205.41 (1.73)</b>	0.6749
종축개량협회 검정 성적				
Lean meat (%)		54.24 (1.83)	<b>54.70 (1.78)</b>	0.3180
Loin area (cm <sup>2</sup> )		26.48 (1.98)	<b>26.41 (1.91)</b>	0.9002
Backfat thickness (mm)		15.81 (1.68)	<b>15.04 (1.62)</b>	0.0680

<sup>1</sup>least square means and standard error

Table 1-1-23. PGC1 마커가 생체근섬유 특성에 미치는 영향

항목	PGC1			P value
	CC (n=2)	CT (n=110)	TT (n=814)	
생체근섬유				
Type I area (%)		11.89 (0.87)	11.89 (0.39)	0.9939
Type II a area (%)		7.24 (0.41)	6.84 (0.20)	0.3270
Type II b area (%)		82.37 (0.99)	82.37 (0.48)	1.0000
Type I number (%)		16.53 (0.83)	17.39 (0.55)	0.2350
Type II a number (%)		11.23 (0.62)	10.71 (0.43)	0.3191
Type II b number (%)		72.35 (1.18)	72.19 (0.82)	0.8722

<sup>1</sup>least square means and standard error

Table 1-1-24. PGC1 마커가 근섬유 특성 및 적육생산능력, 육질에 미치는 영향

항목	PGC1			P value
	CC (n=0)	CT (n=71)	TT (n=522)	
도체근섬유				
Total fiber number (×1,000)		1,345.1 <sup>a</sup> (139.8)	996.3 <sup>b</sup> (58.2)	0.0207
Fiber density (/mm <sup>3</sup> )		306.44 <sup>a</sup> (30.24)	233.41 <sup>b</sup> (12.47)	0.0247
Type I area (%)		9.25 (0.46)	9.12 (0.19)	0.8027
Type II a area (%)		4.74 (0.29)	4.79 (0.12)	0.8739
Type II b area (%)		86.04 (0.64)	85.93 (0.26)	0.8666
Type I number (%)		11.48 (0.56)	11.28 (0.23)	0.7417
Type II a number (%)		7.16 (0.41)	7.40 (0.17)	0.5930
Type II b number (%)		81.36 (0.66)	81.32 (0.27)	0.9543
육질				
pH <sub>45min</sub>		6.41 (0.04)	6.43 (0.02)	0.6826
Lightness(L*) <sup>2</sup>		45.41 (0.38)	45.85 (0.17)	0.2707
FFU <sup>3</sup> (mg)		27.80 (2.76)	28.96 (1.26)	0.6845
drip loss (%)		2.17 (0.20)	2.33 (0.09)	0.4121
Cooking loss (%)		20.00 (0.57)	20.62 (0.25)	0.3049
Hardness		42.78 (0.78)	43.81 (0.34)	0.2034
NPPC <sup>4</sup> color		2.72 (0.07)	2.67 (0.03)	0.5576
NPPC <sup>4</sup> marbling		1.69 (0.07)	1.59 (0.03)	0.2006
적육생산능력				
Loin eye area (cm <sup>2</sup> )		42.87 (0.76)	42.94 (0.33)	0.9242
Backfat thickness (mm)		20.14 (0.49)	19.98 (0.22)	0.7489

<sup>1</sup>least square means and standard error

<sup>2</sup>Lightness measured at 24 hour postmortem.

<sup>3</sup>Filter paper Fluid Uptake

<sup>4</sup>National Pork Producers Council

PGC1 마커의 유전자형별 근섬유특성과 적육생산능력, 육질에 대한 연관성분석 결과는 Table 1-1-23, Table 1-1-24와 같다. 앞선 3종의 마커와는 달리 농장내 기초축군의 불량유전자 비율이 높았기 때문에 후대의 우량유전자빈도가 낮아서 연관성분석시 CC 유전자형개체는 제외하고 분석되었다. 우량유전자를 하나 가지고 있는 CT 유전자형은 TT 유전자형에 비해 생체근섬유형질은 통계적으로 유의하지 않지만 도체근섬유형질의 총근섬유수와 근섬유밀도가 유의적으로 높았다. 그러나 육질형질과 적육생산능력관련 형질에서는 유전자형에 따른 차이가 나타나지 않았는데, 이는 세대가 거듭됨에 따라 육질이 고르고 좋아진데다 CT 유전자형의 개체가 적어 표준오차가 크기 때문이라 판단된다.

또한 PGC1 마커는 성장능력관련 형질에 유의미한 영향을 끼치지 않는 것을 아래 Table 1-1-25에서 확인할 수 있었다.

**Table 1-1-25. PGC1 마커가 성장능력형질에 미치는 영향**

항목	PGC1			P value
	CC (n=1)	CT (n=119)	TT (n=955)	
Average daily gain (g/day)				
Birth to wean		<b>274.40 (11.28)</b>	278.92 (10.32)	0.3661
Wean to Final		<b>509.90 (6.30)</b>	514.74 (3.16)	0.4304
Birth to final		<b>476.94 (5.28)</b>	480.65 (2.56)	0.4761
Age (day)				
Weaning Old		<b>25.05 (0.81)</b>	25.11 (0.76)	0.8632
Age to 90kg		<b>188.57 (1.82)</b>	187.55 (0.88)	0.5707
Slaughter		<b>208.02 (2.61)</b>	204.88 (1.69)	0.1633
종축개량협회 검정성적				
Lean meat (%)		<b>54.35 (1.87)</b>	54.70 (1.78)	0.5571
Loin area (cm <sup>2</sup> )		<b>25.88 (1.99)</b>	26.44 (1.90)	0.3792
Backfat thickness (mm)		<b>15.63 (1.71)</b>	15.00 (1.63)	0.2473

<sup>1</sup>least square means and standard error

Table 1-1-26. PGC2 마커가 생체근섬유 특성에 미치는 영향

항목	PGC2			P value
	CC (n=219)	CT (n=503)	TT (n=204)	
생체근섬유				
Type I area (%)	11.79 (0.64)	11.90 (0.47)	<b>11.93 (0.65)</b>	0.9825
Type II a area (%)	6.50 (0.31)	7.07 (0.23)	<b>6.91 (0.32)</b>	0.2338
Type II b area (%)	82.41 (0.76)	82.22 (0.56)	<b>82.71 (0.77)</b>	0.8409
Type I number (%)	17.76 (0.72)	17.27 (0.58)	<b>16.98 (0.69)</b>	0.5507
Type II a number (%)	10.44 (0.54)	10.96 (0.45)	<b>10.73 (0.53)</b>	0.5136
Type II b number (%)	72.04 (1.04)	72.06 (0.86)	<b>72.63 (1.00)</b>	0.7615

<sup>1</sup>least square means and standard error

Table 1-1-27. PGC2 마커가 도체근섬유 특성 및 적육생산능력에 미치는 영향

항목	PGC2			P value
	CC (n=158)	CT (n=316)	TT (n=120)	
도체근섬유				
Total fiber number (×1,000)	1,002.0 (100.9)	1,091.4 (71.9)	<b>964.2 (124.4)</b>	0.5888
Fiber density (/mm <sup>3</sup> )	232.77 (21.48)	252.91 (15.47)	<b>229.77 (26.73)</b>	0.6327
Type I area (%)	9.37 (0.32)	8.83 (0.23)	<b>9.71 (0.40)</b>	0.1111
Type II a area (%)	4.69 (0.21)	4.91 (0.15)	<b>4.45 (0.26)</b>	0.2660
Type II b area (%)	85.96 (0.45)	86.01 (0.33)	<b>85.80 (0.56)</b>	0.9469
Type I number (%)	11.58 (0.39)	10.96 (0.28)	<b>11.96 (0.49)</b>	0.1405
Type II a number (%)	7.16 (0.29)	7.62 (0.21)	<b>6.79 (0.36)</b>	0.1006
Type II b number (%)	81.26 (0.46)	81.42 (0.33)	<b>81.24 (0.58)</b>	0.9453
육질				
pH <sub>45min</sub>	6.40 (0.03)	6.43 (0.02)	<b>6.44 (0.03)</b>	0.3313
Lightness(L*) <sup>2</sup>	46.10 (0.26)	45.64 (0.20)	<b>45.69 (0.30)</b>	0.3033
FFU <sup>3</sup> (mg)	30.72 (1.95)	27.43 (1.45)	<b>29.58 (2.23)</b>	0.2842
drip loss (%)	2.37 (0.13)	2.31 (0.10)	<b>2.20 (0.16)</b>	0.6710
Cooking loss (%)	20.19 (0.40)	20.57 (0.29)	<b>20.87 (0.46)</b>	0.4696
Hardness	44.36 (0.54)	43.41 (0.40)	<b>43.56 (0.62)</b>	0.2973
NPPC <sup>4</sup> color	2.60 (0.05)	2.72 (0.04)	<b>2.67 (0.06)</b>	0.1632
NPPC <sup>4</sup> marbling	1.51 (0.05)	1.64 (0.04)	<b>1.62 (0.06)</b>	0.1028
적육생산능력				
Loin eye area (cm <sup>2</sup> )	43.34 (0.52)	43.02 (0.39)	<b>42.04 (0.60)</b>	0.2029
Backfat thickness (mm)	19.72 (0.34)	20.30 (0.25)	<b>19.59 (0.39)</b>	0.1552

<sup>1</sup>least square means and standard error

<sup>2</sup>Lightness measured at 24 hour postmortem.

<sup>3</sup>Filter paper Fluid Uptake

<sup>4</sup>National Pork Producers Council

PGC2 마커의 유전자형별 근섬유특성과 적육생산능력, 육질에 대한 연관성분석 결과는 Table 1-1-26, Table 1-1-27과 같다. 해당마커는 유전자형에 따라 근섬유특성, 적육생산능력, 육질형질에서 유의적인 차이가 없었으나 특이하게 Heterotype이 나머지 두 유전자형에 비해 도체 Type I 근섬유의 넓이비와 수 비율이 적은 경향치를 보였다.

이는 아래 Table 1-1-28 의 성장능력관련 형질과의 연관성분석결과에서도 동일하게 나타나는데, CT 유전자형이 나머지 CC, TT 유전자형에 비해 일당증체량이 509g/day로 유의적으로 낮게 나타났다.

Table 1-1-28. PGC2 마커가 성장능력형질에 미치는 영향

항목	PGC2			P value
	CC (n=269)	CT (n=590)	TT (n=217)	
Average daily gain (g/day)				
Birth to wean	283.47 (10.56)	275.92 (10.44)	<b>274.71 (10.81)</b>	0.0987
Wean to Final	<b>519.17<sup>a</sup> (4.65)</b>	<b>509.77<sup>b</sup> (3.56)</b>	<b>520.13<sup>a</sup> (4.85)</b>	<b>0.0421</b>
Birth to final	482.93 (3.79)	476.63 (2.91)	<b>485.41 (4.06)</b>	0.0704
Age (day)				
Weaning Old	25.11 (0.77)	25.24 (0.77)	<b>24.75 (0.78)</b>	0.1585
Age to 90kg	187.14 (1.31)	188.84 (1.01)	<b>185.63 (1.40)</b>	0.0763
Slaughter	203.62 (2.16)	206.03 (1.77)	<b>204.57 (2.22)</b>	0.3574
종축개량협회 검정성적				
Lean meat (%)	54.81 (1.79)	54.53 (1.80)	<b>54.60 (1.85)</b>	0.8203
Loin area (cm <sup>2</sup> )	26.61 (1.92)	26.28 (1.93)	<b>25.76 (1.98)</b>	0.4159
Backfat thickness (mm)	14.82 (1.64)	15.28 (1.65)	<b>15.61 (1.69)</b>	0.3286

<sup>1</sup>least square means and standard error



Table 1-1-29. MyoD1 마커가 생체근섬유 특성에 미치는 영향

항목	MyoD1			P value
	AA (n=436)	AC (n=388)	CC (n=102)	
생체근섬유				
Type I area (%)	12.28 (0.49)	11.64 (0.49)	11.15 (0.92)	0.3812
Type II a area (%)	6.85 (0.24)	6.90 (0.25)	7.19 (0.44)	0.7565
Type II b area (%)	82.33 (0.58)	82.45 (0.60)	82.16 (1.06)	0.9603
Type I number (%)	17.34 (0.59)	17.27 (0.61)	17.00 (0.89)	0.9137
Type II a number (%)	10.70 (0.46)	10.86 (0.47)	11.27 (0.66)	0.6085
Type II b number (%)	72.27 (0.87)	72.12 (0.89)	71.89 (1.26)	0.9351

<sup>1</sup>least square means and standard error

Table 1-1-30. MyoD1 마커가 도체근섬유 특성 및 적육생산능력, 육질에 미치는 영향

항목	MyoD1			P value
	AA (n=267)	AC (n=255)	CC (n=70)	
도체근섬유				
Total fiber number (×1,000)	1,079.9 (79.4)	1,020.7 (79.7)	1,017.5 (166.1)	0.8500
Fiber density (/mm <sup>3</sup> )	253.58 (17.04)	236.69 (17.03)	230.77 (35.89)	0.7184
Type I area (%)	9.28 (0.26)	8.92 (0.26)	9.67 (0.54)	0.3660
Type II a area (%)	5.03 <sup>a</sup> (0.16)	4.66 <sup>ab</sup> (0.16)	4.13 <sup>b</sup> (0.34)	0.0360
Type II b area (%)	85.69 (0.36)	86.40 (0.36)	84.82 (0.75)	0.1053
Type I number (%)	11.40 (0.31)	11.20 (0.31)	11.63 (0.65)	0.7924
Type II a number (%)	7.60 (0.23)	7.32 (0.23)	6.46 (0.48)	0.1002
Type II b number (%)	81.00 (0.37)	81.49 (0.37)	81.90 (0.77)	0.4577
육질				
pH <sub>45min</sub>	6.45 (0.02)	6.41 (0.02)	6.42 (0.04)	0.2530
Lightness(L*) <sup>2</sup>	45.75 (0.21)	45.72 (0.21)	46.21 (0.38)	0.4812
FFU <sup>3</sup> (mg)	28.90 (1.56)	28.54 (1.62)	29.60 (2.77)	0.9363
drip loss (%)	2.32 (0.11)	2.27 (0.11)	2.48 (0.19)	0.6188
Cooking loss (%)	20.53 (0.32)	20.69 (0.32)	20.04 (0.58)	0.5818
Hardness	43.57 (0.44)	43.75 (0.44)	43.80 (0.79)	0.9320
NPPC <sup>4</sup> color	2.71 (0.04)	2.66 (0.04)	2.67 (0.08)	0.6691
NPPC <sup>4</sup> marbling	1.62 (0.04)	1.59 (0.04)	1.62 (0.08)	0.7693
적육생산능력				
Loin eye area (cm <sup>2</sup> )	42.57 (0.42)	43.08 (0.43)	44.12 (0.76)	0.1592
Backfat thickness (mm)	19.80 (0.28)	20.28 (0.28)	19.69 (0.50)	0.3104

<sup>1</sup>least square means and standard error

<sup>2</sup>Lightness measured at 24 hour postmortem.

<sup>3</sup>Filter paper Fluid Uptake

<sup>4</sup>National Pork Producers Council

MyoD1 마커의 유전자형별 근섬유특성과 적육생산능력, 육질에 대한 연관성분석 결과는 Table 1-1-29, Table 1-1-30과 같다. 해당마커는 유전자형에 따라 생체근섬유형질에서는 유의적인 차이가 없었으나 우량유전자 동형접합체인 AA type 의 Type I 근섬유 넓이비율이 약간 큰 경향을 보였다. 도체근섬유에서는 Type II a 근섬유의 넓이비가 AA type 에서 유의적으로 크게 나타났다. 육질 및 적육생산능력형질은 유전자형에 따른 차이가 나지 않았다.

아래는 MyoD1 유전자형에 따른 성장능력 분석결과인데(Table 1-1-31), AA 유전자형을 가진 개체가 이유시부터 종료시까지의 일당증체량이 뛰어나 생시~종료시 일당증체량을 계산해도 타 유전자 집단에 비해 확연히 우수하고, 이에 따라 90kg도달일령도 185.8일로 타 유전자형에 비해 3~4일가량 빠른 것을 확인할 수 있다.

Table 1-1-31. MyoD1 마커가 성장능력형질에 미치는 영향

항목	MyoD1			P value
	AA (n=478)	AC (n=465)	CC (n=131)	
Average daily gain (g/day)				
Birth to wean	<b>280.80 (10.47)</b>	275.95 (10.42)	284.85 (11.31)	0.1530
Wean to Final	<b>518.97<sup>a</sup> (3.66)</b>	509.89 <sup>b</sup> (3.84)	506.89 <sup>ab</sup> (6.40)	<b>0.0420</b>
Birth to final	<b>485.77<sup>a</sup> (3.02)</b>	475.67 <sup>b</sup> (3.13)	472.97 <sup>b</sup> (5.23)	<b>0.0047</b>
Age (day)				
Weaning Old	<b>24.92 (0.77)</b>	25.14 (0.76)	25.68 (0.80)	0.0593
Age to 90kg	<b>185.80<sup>b</sup> (1.04)</b>	189.18 <sup>a</sup> (1.08)	190.29 <sup>a</sup> (1.80)	<b>0.0053</b>
Slaughter	<b>204.14 (1.87)</b>	205.73 (1.87)	206.81 (2.59)	0.4206
종축개량협회 검정성적				
Lean meat (%)	<b>54.77 (1.80)</b>	54.61 (1.79)	54.83 (1.85)	0.9002
Loin area (cm <sup>2</sup> )	<b>26.03 (1.93)</b>	26.56 (1.91)	26.70 (1.91)	0.3783
Backfat thickness (mm)	<b>14.77 (1.65)</b>	15.08 (1.64)	15.59 (1.69)	0.2990

<sup>1</sup>least square means and standard error

6종의 마커에 대해 종합분석한 결과, 유전자형에 따라 근섬유특성은 유의적으로 두드러지는 특성은 적으나 우량유전자를 가질수록 Type I 나 Type II a가 많은 경향을 보였고, 적육생산능력이나 육질에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 실험돈집단의 육질과 적육생산능력이 비교적 우수한 편이기 때문으로 생각된다. 본 연구진은 근섬유특성관련 6종의 마커를 종합하여 우량유전자 개수에 따라 어떤 특성을 가지는지 살펴보기로 하였다.

Table 1-1-32. 근섬유특성관련 마커의 우량유전자 개수가 생체근섬유 특성에 미치는 영향

항목	우량Allele갯수						P value
	5 (n=30)	6 (n=78)	7 (n=197)	8 (n=285)	9 (n=226)	10 (n=95)	
생체근섬유							
Type I area(%)	10.53 (1.61)	11.24 (1.00)	11.93 (0.66)	11.48 (0.57)	12.19 (0.62)	13.17 (0.93)	0.5385
Type II a area(%)	6.51 (0.74)	6.60 (0.50)	6.98 (0.32)	6.73 (0.28)	7.24 (0.61)	6.64 (0.45)	0.6866
Type II b area(%)	82.61 (1.81)	82.79 (1.21)	81.84 (0.79)	83.07 (0.69)	81.64 (0.74)	82.98 (1.10)	0.6099
Type I number(%)	17.78 (1.39)	16.82 (1.06)	17.83 (0.74)	17.30 (0.68)	17.21 (0.70)	17.77 (0.89)	0.9099
Type II a number(%)	10.96 (1.02)	11.06 (0.78)	11.10 (0.56)	10.96 (0.52)	11.00 (0.53)	10.66 (0.68)	0.9938
Type II b number(%)	71.41 (1.93)	72.24 (1.48)	71.14 (1.07)	72.09 (1.00)	71.90 (1.01)	72.23 (1.30)	0.9306

<sup>1</sup>least square means and standard error

6종의 마커의 우량유전자 개수에 따라 근섬유특성, 적육생산능력 및 육질이 어떻게 차이가 나는지 Table 1-1-32와 1-1-33에 정리하였다. 6종 마커에 대해 우량유전자의 개수 최솟값은 4개, 최댓값은 12개였으나 샘플수가 적어 분석에서는 제외하였다.

생체근섬유특성은 유의적으로 차이나진 않지만 Type I 근섬유의 넓이비가 우량유전자가 5개 있는 집단(10.5%)에 비해 우량유전자 개수가 늘어날수록 커지는 경향(10개 집단: 13.2%)이 확실히 나타났다. 이 특성은 도체근섬유 분석결과에서도 동일한데, 우량Allele 6개집단의 Type I 근섬유 수 비율은 10.9%인데 반해, 10개 집단에서는 13%였다. 총근섬유수와 근섬유밀도는 우량유전자를 6개 보유한 집단에 비해 10개 보유한 집단이 유의적으로 높은 수치를 보였고, 이는 육질형질에도 긍정적인 영향을 미칠 것이라 기대된다.

실제로 통계적으로 유의하지는 않으나 우량Allele 10개 그룹의 명도가 45.4로, 6개 그룹인 46.2보다 낮은 경향을 보이며, FFU값도 26mg으로, 6개 그룹에서의 32.7mg보다 낮은 경향을 보였다. NPPC 마블링점수는 우량유전자 10개보유 그룹이 타 그룹에 비해 유의적으로 높게 나타났다.

Table 1-1-33. 근섬유특성관련 마커의 우량유전자 개수가

도체근섬유 특성 및 적육생산능력, 육질에 미치는 영향

항목	우량Allele개수					P value
	6 (n=59)	7 (n=152)	8 (n=176)	9 (n=125)	10 (n=52)	
도체근섬유						
Total fiber number (×1,000)	1,000.4 <sup>b</sup> (180.3)	1,070.2 <sup>b</sup> (105.2)	949.3 <sup>b</sup> (91.3)	1,015.1 <sup>b</sup> (115.6)	1,629.2 <sup>a</sup> (185.3)	0.0238
Fiber density (/mm <sup>3</sup> )	243.94 <sup>b</sup> (38.38)	241.04 <sup>b</sup> (22.36)	224.42 <sup>b</sup> (19.67)	237.83 <sup>b</sup> (25.01)	370.06 <sup>a</sup> (39.48)	0.0230
Type I area (%)	9.04 (0.57)	8.98 (0.33)	9.14 (0.29)	8.96 (0.37)	10.34 (0.59)	0.3116
Type II a area (%)	4.64 (0.37)	4.54 (0.22)	4.83 (0.19)	5.06 (0.24)	4.95 (0.38)	0.5522
Type II b area (%)	86.33 (0.81)	85.90 (0.47)	86.07 (0.41)	85.99 (0.53)	84.65 (0.83)	0.5908
Type I number (%)	10.86 (0.70)	11.29 (0.41)	11.52 (0.36)	10.64 (0.45)	13.03 (0.72)	0.0669
Type II a number (%)	7.07 (0.52)	7.23 (0.30)	7.42 (0.27)	7.71 (0.34)	7.27 (0.54)	0.8079
Type II b number (%)	82.07 (0.83)	81.48 (0.48)	81.06 (0.43)	81.65 (0.54)	79.70 (0.85)	0.2585
육질						
pH <sub>45min</sub>	6.41 (0.04)	6.43 (0.03)	6.44 (0.02)	6.43 (0.03)	6.48 (0.04)	0.8138
Lightness(L*) <sup>2</sup>	46.24 (0.42)	46.05 (0.26)	45.27 (0.24)	45.91 (0.29)	45.40 (0.45)	0.0785
FFU <sup>3</sup> (mg)	32.67 (3.09)	27.73 (2.04)	26.96 (1.83)	31.09 (2.16)	26.26 (3.31)	0.2773
drip loss (%)	2.39 (0.22)	2.29 (0.14)	2.18 (0.13)	2.52 (0.15)	2.18 (0.24)	0.4236
Cooking loss (%)	20.44 (0.64)	20.49 (0.40)	20.49 (0.37)	21.00 (0.44)	19.68 (0.68)	0.6463
Hardness	45.24 (0.88)	43.43 (0.55)	43.95 (0.51)	43.52 (0.62)	42.22 (0.94)	0.1616
NPPC <sup>4</sup> color	2.57 (0.08)	2.68 (0.05)	2.72 (0.05)	2.65 (0.06)	2.72 (0.09)	0.5394
NPPC <sup>4</sup> marbling	1.56 <sup>b</sup> (0.08)	1.61 <sup>b</sup> (0.05)	1.56 <sup>b</sup> (0.05)	1.61 <sup>b</sup> (0.06)	1.86 <sup>a</sup> (0.08)	0.0411
적육생산능력						
Loin eye area (cm <sup>2</sup> )	42.66 (0.83)	43.75 (0.52)	42.62 (0.48)	42.58 (0.58)	41.72 (0.89)	0.2294
Backfat thickness (mm)	19.69 (0.54)	20.34 (0.34)	19.82 (0.31)	20.34 (0.38)	19.17 (0.58)	0.2996

<sup>1</sup>least square means and standard error

<sup>2</sup>Lightness measured at 24 hour postmortem.

<sup>3</sup>Filter paper Fluid Uptake

<sup>4</sup>National Pork Producers Council

성장능력관련 형질을 비교한 1-1-34에서도 앞선 마커 개별분석 결과와 동일한 경향을 보이는데, 그 현상이 우량유전자 보유갯수별 그룹으로 보았을 때 더 명확히 드러나서 우량Allele을 6개 가지고 있는 그룹의 일당증체량이 10개보유 그룹에 비해 30g 가까이 차이가 나서 90kg 도 달일령으로 환산하였을 때 11.4일가량 차이가 났다(6개그룹: 194.7일 vs 10개그룹: 183.3일).

이를 종합하였을 때, 근섬유특성관련 마커의 우량유전자를 많이 보유할수록 총근섬유수와 근섬유밀도가 증가하고, 유의적으로 차이는 없지만 Type I 근섬유가 많아지고 육질이 우수해지는 경향을 보이며, 적육생산능력은 일정하게 유지되는 모습을 볼 수 있었다.

Table 1-1-34. 근섬유특성관련 마커의 우량유전자 개수가 성장능력형질에 미치는 영향

항목	우량Allele갯수					P value
	6 (n=106)	7 (n=259)	8 (n=329)	9 (n=237)	10 (n=96)	
Average daily gain (g/day)						
Birth to wean	283.84 (11.47)	278.12 (10.56)	277.00 (10.64)	281.36 (10.73)	269.83 (11.42)	0.3119
Wean to Final	497.44 <sup>c</sup> (6.79)	519.73 <sup>ab</sup> (4.69)	509.64 <sup>bc</sup> (4.24)	515.24 <sup>b</sup> (4.65)	530.78 <sup>a</sup> (6.74)	0.0016
Birth to final	463.53 <sup>c</sup> (5.60)	482.91 <sup>a</sup> (3.87)	476.44 <sup>b</sup> (3.52)	484.47 <sup>ab</sup> (3.87)	493.30 <sup>a</sup> (5.73)	0.0006
Age (day)						
Weaning Old	25.21 (0.84)	25.16 (0.78)	25.14 (0.78)	24.72 (0.79)	25.25 (0.82)	0.5139
Age to 90kg	194.70 <sup>a</sup> (1.93)	186.85 <sup>bc</sup> (1.33)	188.70 <sup>b</sup> (1.21)	186.09 <sup>bc</sup> (1.33)	183.28 <sup>c</sup> (1.97)	<0.0001
Slaughter	211.12 <sup>a</sup> (2.77)	204.50 <sup>b</sup> (2.04)	203.74 <sup>b</sup> (1.97)	205.33 <sup>b</sup> (2.10)	205.69 <sup>ab</sup> (3.05)	0.0785
종축개량협회 검정성적						
Lean meat (%)	54.17 (1.90)	55.00 (1.82)	54.14 (1.85)	54.40 (1.85)	54.77 (1.85)	0.5392
Loin area (cm <sup>2</sup> )	26.35 (1.95)	26.71 (1.87)	26.65 (1.89)	26.09 (1.90)	25.38 (1.95)	0.4327
Backfat thickness (mm)	15.14 (1.75)	15.02 (1.68)	15.47 (1.70)	14.99 (1.71)	15.06 (1.76)	0.8617

<sup>1</sup>least square means and standard error

(2) 성장능력관련 마커

Table 1-1-35. MC4R 마커가 생체근섬유 특성에 미치는 영향

항목	MC4R			P value
	AA (n=260)	AG (n=482)	GG (n=184)	
생체근섬유				
Type I area (%)	11.74 (0.59)	12.18 (0.46)	11.28 (0.69)	0.4636
Type II a area (%)	7.21 (0.28)	6.83 (0.23)	6.60 (0.34)	0.2734
Type II b area (%)	82.12 (0.69)	81.99 (0.57)	83.72 (0.82)	0.1357
Type I number (%)	16.94 (0.64)	17.65 (0.59)	16.74 (0.81)	0.2851
Type II a number (%)	11.00 (0.49)	10.73 (0.46)	10.43 (0.61)	0.5651
Type II b number (%)	72.36 (0.92)	71.84 (0.87)	73.29 (1.16)	0.3264

<sup>1</sup>least square means and standard error

Table 1-1-36. MC4R 마커가 도체 근섬유 특성 및 적육생산능력, 육질에 미치는 영향

항목	MC4R			P value
	AA (n=128)	AG (n=327)	GG (n=139)	
도체근섬유				
Total fiber number ( $\times 1,000$ )	1,012.4 (116.2)	1,073.3 (70.2)	998.6 (114.2)	0.8075
Fiber density (/mm <sup>3</sup> )	239.97 (24.67)	250.77 (15.07)	226.16 (24.67)	0.6780
Type I area (%)	9.72 (0.37)	8.91 (0.23)	9.16 (0.37)	0.1607
Type II a area (%)	5.04 (0.24)	4.83 (0.15)	4.34 (0.24)	0.0937
Type II b area (%)	85.19 (0.52)	86.02 (0.32)	86.57 (0.52)	0.1653
Type I number (%)	11.71 (0.45)	11.22 (0.28)	11.15 (0.45)	0.5996
Type II a number (%)	7.69 <sup>a</sup> (0.33)	7.54 <sup>a</sup> (0.20)	6.49 <sup>b</sup> (0.33)	0.0141
Type II b number (%)	80.61 (0.53)	81.24 (0.33)	82.36 (0.53)	0.0587
육질				
pH <sub>45min</sub>	6.41 (0.03)	6.42 (0.02)	6.44 (0.03)	0.7686
Lightness(L*) <sup>2</sup>	45.85 (0.29)	45.63 (0.20)	46.06 (0.28)	0.3784
FFU <sup>3</sup> (mg)	28.30 (2.10)	28.20 (1.45)	30.34 (2.09)	0.6211
drip loss (%)	2.40 (0.15)	2.26 (1.00)	2.34 (0.14)	0.6761
Cooking loss (%)	2.070 (0.44)	20.50 (0.29)	20.40 (0.43)	0.8721
Hardness	43.65 (0.60)	43.30 (0.40)	44.71 (0.58)	0.0861
NPPC <sup>4</sup> color	2.71 (0.06)	2.66 (0.04)	2.68 (0.06)	0.7537
NPPC <sup>4</sup> marbling	1.71 <sup>a</sup> (0.06)	1.55 <sup>b</sup> (0.04)	1.62 <sup>ab</sup> (0.05)	0.0493
적육생산능력				
Loin eye area (cm <sup>2</sup> )	42.49 (0.58)	42.78 (0.39)	43.72 (0.56)	0.2147
Backfat thickness (mm)	20.09 (0.38)	20.07 (0.25)	19.78 (0.37)	0.7438

<sup>1</sup>least square means and standard error

<sup>2</sup>Lightness measured at 24 hour postmortem.

<sup>3</sup>Filter paper Fluid Uptake

<sup>4</sup>National Pork Producers Council

성장능력관련마커로 알려진 MC4R의 유전자형에 따른 근섬유특성과 육질, 적육생산능력특성은 Table 1-1-35, Table 1-1-36 과 같다. 생체근섬유특성은 유전자형에 따라 유의적인 차이를 보이는 형질이 없었고, 도체근섬유특성은 Type IIa 근섬유의 수 비율이 우량유전자 동형접합체인 AA 형에서 많아 근섬유특성관련 선발에 유용할 것으로 판단된다. 또한 마블링 점수 또한 높은 것을 확인하였다.

MC4R 마커가 성장능력형질에 미치는 영향은 Table 1-1-37과 같다. MC4R 마커의 우량유전자형 AA type은 종축개량협회의 초음파검정결과 정육율이 타 유전자형에 비해 떨어지고, 등지방두께도 두꺼운 단점을 가지고 있었다. 이는 성장능력에 치우쳐 개발된 마커가 가지고 있는 한계점으로, 등지방이 두꺼워져 정육율이 떨어지게 된 과거 육종의 결과를 대변할 수 있다.

Table 1-1-37. MC4R 마커가 성장능력형질에 미치는 영향

항목	MC4R			P value
	AA (n=290)	AG (n=559)	GG (n=227)	
Average daily gain (g/day)				
Birth to wean	<b>281.07 (10.67)</b>	278.52 (10.37)	273.34 (10.89)	0.2576
Wean to Final	<b>517.14 (4.51)</b>	513.95 (3.55)	510.95 (5.06)	0.5640
Birth to final	<b>483.21 (3.74)</b>	479.16 (2.93)	478.53 (4.08)	0.5286
Age (day)				
Weaning Old	<b>25.02 (0.78)</b>	25.17 (0.76)	24.99 (0.79)	0.7323
Age to 90kg	<b>186.74 (1.29)</b>	188.17 (1.01)	187.82 (1.41)	0.5737
Slaughter	<b>205.19 (2.19)</b>	204.78 (1.82)	206.44 (2.11)	0.6372
종축개량협회 검정성적				
Lean meat (%)	<b>53.79<sup>b</sup> (1.80)</b>	54.86 <sup>a</sup> (1.77)	55.16 <sup>a</sup> (1.82)	0.0224
Loin area (cm <sup>2</sup> )	<b>27.02 (1.94)</b>	26.21 (1.90)	27.14 (1.96)	0.1072
Backfat thickness (mm)	<b>16.03<sup>a</sup> (1.65)</b>	14.82 <sup>b</sup> (1.62)	15.01 <sup>b</sup> (1.67)	0.0111

<sup>1</sup>least square means and standard error

(3) 번식능력관련 마커

Table 1-1-38. PRLR 마커가 생체근섬유 특성에 미치는 영향

항목	PRLR			P value
	AA (n=396)	AG (n=388)	GG (n=142)	
생체근섬유				
Type I area (%)	11.99 (0.50)	11.61 (0.50)	12.34 (0.77)	0.6468
Type II a area (%)	6.48 <sup>b</sup> (0.24)	7.12 <sup>a</sup> (0.25)	7.44 <sup>a</sup> (0.37)	0.0226
Type II b area (%)	83.14 (0.60)	82.01 (0.60)	81.25 (0.89)	0.0986
Type I number (%)	17.41 (0.61)	16.97 (0.61)	17.78 (0.79)	0.4975
Type II a number (%)	10.36 (0.48)	11.03 (0.47)	11.23 (0.59)	0.1351
Type II b number (%)	72.67 (0.91)	72.14 (0.89)	71.25 (1.12)	0.3779

<sup>1</sup>least square means and standard error

Table 1-1-39. PRLR 마커가 도체근섬유 특성 및 적육생산능력, 육질에 미치는 영향

항목	PRLR			P value
	AA (n=219)	AG (n=293)	GG (n=82)	
도체근섬유				
Total fiber number (×1,000)	1,021.1 (83.4)	976.9 (80.7)	1,310.1 (131.8)	0.0779
Fiber density (/mm <sup>3</sup> )	234.04 (17.89)	232.37 (17.25)	302.68 (28.49)	0.0736
Type I area (%)	9.29 (0.27)	8.83 (0.26)	9.56 (0.43)	0.2439
Type II a area (%)	4.90 (0.17)	4.73 (0.17)	4.51 (0.28)	0.4885
Type II b area (%)	85.79 (0.38)	86.13 (0.36)	85.97 (0.60)	0.8109
Type I number (%)	11.39 (0.33)	11.14 (0.32)	11.58 (0.52)	0.7190
Type II a number (%)	7.55 (0.25)	7.29 (0.24)	6.95 (0.39)	0.4228
Type II b number (%)	81.06 (0.39)	81.57 (0.38)	81.47 (0.62)	0.6318
육질				
pH <sub>45min</sub>	6.43 (0.02)	6.44 (0.02)	6.37 (0.03)	0.1749
Lightness(L*) <sup>2</sup>	45.95 (0.22)	45.68 (0.21)	45.51 (0.36)	0.4767
FFU <sup>3</sup> (mg)	29.55 (1.65)	27.31 (1.56)	30.74 (2.55)	0.3376
drip loss (%)	2.39 (0.11)	2.29 (0.11)	2.07 (0.18)	0.2745
Cooking loss (%)	20.19 (0.33)	20.79 (0.32)	20.72 (0.54)	0.3472
Hardness	43.50 (0.45)	43.92 (0.43)	43.50 (0.74)	0.7279
NPPC <sup>4</sup> color	2.62 (0.04)	2.71 (0.04)	2.77 (0.07)	0.1280
NPPC <sup>4</sup> marbling	1.62 (0.04)	1.57 (0.04)	1.68 (0.07)	0.2835
적육생산능력				
Loin eye area (cm <sup>2</sup> )	43.76 <sup>a</sup> (0.44)	42.46 <sup>b</sup> (0.42)	41.68 <sup>b</sup> (0.71)	0.0136
Backfat thickness (mm)	19.71 <sup>b</sup> (0.28)	19.85 <sup>b</sup> (0.27)	21.69 <sup>a</sup> (0.46)	0.0003

<sup>1</sup>least square means and standard error

<sup>2</sup>Lightness measured at 24 hour postmortem.

<sup>3</sup>Filter paper Fluid Uptake

<sup>4</sup>National Pork Producers Council



번식능력관련마커인 PRLR 은 우량Allele로 알려진 AA type 에서 생체 Type II a 근섬유비율이 낮은 것을 확인할 수 있다. 또한 총근섬유수와 근섬유밀도 역시 GG type에 비해 유의적이지는 않지만 작은 경향을 보이고 있었다(Table 1-1-38, Table 1-1-39).

그러나 AA유전자형은 등지방두께도 얇고 등심근도 커 적육생산능력이 우수한 모습을 보였고, 해당 결과는 Table 1-1-40에서도 동일하게 나타나서 종축개량협회 초음파검정시 정육율이 높고 등지방두께도 얇은 것으로 확인되었다. 모든의 번식능력이 좋을수록 등지방 두께가 얇은 편 이라는 기존의 연구결과를 반증하는 결과로 판단된다.

PRLR마커의 AA유전자형을 선발할 경우 근섬유특성에서는 불리하게 작용할 수 있지만 번식능력개선효과와 적육생산능력이 좋아지는 효과를 가지고 있기 때문에 AA Type을 선발하는 계획을 유지하기로 했다.

**Table 1-1-40. PRLR 마커가 성장능력형질에 미치는 영향**

항목	PRLR			P value
	AA (n=422)	AG (n=493)	GG (n=161)	
Average daily gain (g/day)				
Birth to wean	<b>275.44 (10.53)</b>	280.83 (10.42)	277.14 (11.01)	0.2949
Wean to Final	<b>513.43 (3.85)</b>	514.00 (3.88)	517.19 (5.53)	0.8094
Birth to final	<b>479.65 (3.16)</b>	479.21 (3.16)	483.67 (4.63)	0.6459
Age (day)				
Weaning Old	<b>25.47 (0.77)</b>	24.98 (0.76)	24.88 (0.80)	0.0530
Age to 90kg	<b>187.95 (1.09)</b>	187.83 (1.09)	186.82 (1.60)	0.7941
Slaughter	<b>204.63 (1.92)</b>	206.49 (1.84)	202.66 (2.46)	0.1643
종축개량협회 검정성적				
Lean meat (%)	<b>55.38<sup>a</sup> (1.78)</b>	54.54 <sup>b</sup> (1.76)	53.49 <sup>b</sup> (1.84)	<b>0.0047</b>
Loin area (cm <sup>2</sup> )	<b>26.90 (1.93)</b>	26.28 (1.91)	25.98 (1.99)	0.2272
Backfat thickness (mm)	<b>14.62<sup>b</sup> (1.63)</b>	15.04 <sup>b</sup> (1.61)	16.62 <sup>a</sup> (1.68)	<b>0.0020</b>

<sup>1</sup>least square means and standard error

Table 1-1-41. ESR 마커가 생체근섬유 특성에 미치는 영향

항목	ESR			P value
	AA (n=662)	AB (n=248)	BB (n=16)	
생체근섬유				
Type I area (%)	11.98 (0.42)	<b>11.35 (0.60)</b>		0.3184
Type II a area (%)	6.90 (0.21)	<b>6.89 (0.29)</b>		0.9801
Type II b area (%)	82.23 (0.51)	<b>83.00 (0.71)</b>		0.2917
Type I number (%)	17.39 (0.56)	<b>16.96 (0.67)</b>		0.4348
Type II a number (%)	10.71 (0.44)	<b>11.03 (0.51)</b>		0.4186
Type II b number (%)	72.14 (0.84)	<b>72.70 (0.97)</b>		0.7290

<sup>1</sup>least square means and standard error

Table 1-1-42. ESR 마커가 도체근섬유 특성 및 적육생산능력, 육질에 미치는 영향

항목	ESR			P value
	AA (n=457)	AB (n=129)	BB (n=8)	
도체근섬유				
Total fiber number (×1,000)	1,060.7 (61.7)	<b>996.8 (114.9)</b>		0.6194
Fiber density (/mm <sup>3</sup> )	244.38 (13.23)	<b>239.09 (24.70)</b>		0.8480
Type I area (%)	9.19 (0.19)	<b>8.72 (0.36)</b>		0.2393
Type II a area (%)	4.74 (0.13)	<b>4.98 (0.24)</b>		0.3577
Type II b area (%)	86.09 (0.28)	<b>85.60 (0.51)</b>		0.3950
Type I number (%)	<b>11.50 (0.24)</b>	<b>10.48 (0.44)</b>		<b>0.0403</b>
Type II a number (%)	7.33 (0.18)	<b>7.52 (0.33)</b>		0.6121
Type II b number (%)	81.16 (0.28)	<b>82.00 (0.53)</b>		0.1608
육질				
pH <sub>45min</sub>	6.42 (0.02)	<b>6.47 (0.03)</b>		0.0938
Lightness(L*) <sup>2</sup>	<b>45.91<sup>a</sup> (0.17)</b>	<b>45.25<sup>b</sup> (0.29)</b>		<b>0.0362</b>
FFU <sup>3</sup> (mg)	<b>29.68<sup>a</sup> (1.30)</b>	<b>24.90<sup>b</sup> (2.10)</b>		<b>0.0325</b>
drip loss (%)	<b>2.43<sup>a</sup> (0.09)</b>	<b>1.88<sup>b</sup> (1.50)</b>		<b>0.0006</b>
Cooking loss (%)	<b>20.81<sup>a</sup> (0.26)</b>	<b>19.66<sup>b</sup> (0.44)</b>		<b>0.0145</b>
Hardness	43.83 (0.35)	<b>43.68 (0.59)</b>		0.8148
NPPC <sup>4</sup> color	<b>2.65<sup>b</sup> (0.03)</b>	<b>2.78<sup>a</sup> (0.06)</b>		<b>0.0363</b>
NPPC <sup>4</sup> marbling	<b>1.55<sup>b</sup> (0.03)</b>	<b>1.70<sup>a</sup> (0.05)</b>		<b>0.0086</b>
적육생산능력				
Loin eye area (cm <sup>2</sup> )	<b>43.48<sup>a</sup> (0.34)</b>	<b>41.46<sup>b</sup> (0.57)</b>		<b>0.0011</b>
Backfat thickness (mm)	19.94 (0.22)	<b>20.28 (0.38)</b>		0.4126

<sup>1</sup>least square means and standard error

<sup>2</sup>Lightness measured at 24 hour postmortem.

<sup>3</sup>Filter paper Fluid Uptake

<sup>4</sup>National Pork Producers Council

번식능력관련 마커인 ESR 마커의 유전자형에 따른 근섬유특성과 적육생산능력, 육질형질을 Table 1-1-41, Table 1-1-42 에 정리되어 있다. 집단수가 너무 적은 BB 유전자형은 연관성분석에서 제외하였다. 우량유전자인 B 를 가지고 있는 AB 유전자형 집단은 생체근섬유에서는 큰 특성차이를 보이지 않으나, 도체근섬유 Type I 의 수 비율이 낮았다. 그러나 이러한 근섬유특성은 육질과 적육생산능력에 영향을 주지 못하였는데, AB 유전자형은 FFU, drip loss, cook ingloss가 모두 낮아 보수력이 우수했으며, NPPC color점수와 마블링점수도 높아 육질이 우수하였다. 그러나 등심근단면적이 작아 적육생산능력이 우수하지 못한 것을 볼 수 있다.

또한 성장능력관련형질과의 연관성분석결과(Table 1-1-43), AB 유전자형은 AA 유전자형에 비해 일당증체량도 저조하여 90kg도달일령이 3일가량 느리고, 종축개량협회 검정성적에서 정육율이 떨어지며, 등지방두께역시 두꺼운 특성을 보였다. 이는 ESR 마커가 근섬유특성에 관여하지 않기 때문으로 생각되는데, 기존 육질형질과 적육생산능력관련 형질이 음의 상관관계에 있다는 현상을 잘 보여주는 예라고 볼 수 있다.

Table 1-1-43. ESR 마커가 성장능력형질에 미치는 영향

항목	ESR			P value
	AA (n=784)	AB (n=274)	BB (n=18)	
Average daily gain (g/day)				
Birth to wean	278.88 (10.36)	<b>274.19 (10.72)</b>		0.2055
Wean to Final	<b>517.15<sup>a</sup> (3.35)</b>	<b>506.86<sup>b</sup> (4.50)</b>		<b>0.0232</b>
Birth to final	<b>482.16<sup>a</sup> (2.72)</b>	<b>474.63<sup>b</sup> (3.71)</b>		<b>0.0480</b>
Age (day)				
Weaning Old	25.22 (0.76)	<b>24.78 (0.78)</b>		0.0578
Age to 90kg	<b>186.98<sup>b</sup> (0.94)</b>	<b>189.73<sup>a</sup> (1.28)</b>		<b>0.0364</b>
Slaughter	204.83 (1.75)	<b>206.90 (2.14)</b>		0.2526
종축개량협회 검정성적				
Lean meat (%)	<b>54.92<sup>a</sup> (1.76)</b>	<b>53.60<sup>b</sup> (1.79)</b>		<b>0.0023</b>
Loin area (cm <sup>2</sup> )	26.45 (1.92)	<b>26.18 (1.95)</b>		0.5755
Backfat thickness (mm)	<b>14.92<sup>b</sup> (1.61)</b>	<b>15.90<sup>a</sup> (1.64)</b>		<b>0.0128</b>

<sup>1</sup>least square means and standard error

이를 종합해보았을 때 기존 개발된 마커는 한 형질이 우수할 때 다른 형질이 저조해질 수 있는 리스크를 가지고 있는 반면 본 연구진이 보유한 마커들은 우량유전자가 많을수록 타 형질에 영향을 주지 않고 표적형질에만 긍정적인 영향을 준다는 것을 확인할 수 있었다.

라. 최적 DNA마커조합 선정 및 유전자형 고정화 교배전략 수립

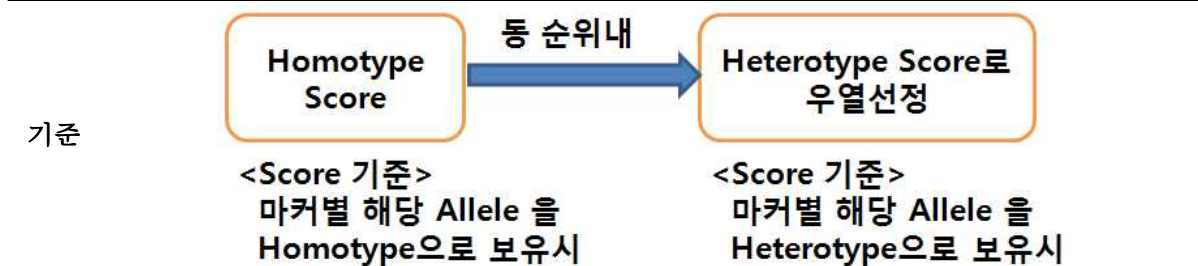
(1) 최적 DNA마커조합 선정을 위한 선발기준 마련

본 수행과제에서 실험돈에 대해 분석하는 마커는 총 11종(2종 유전자형고정상태)로, DNA마커에 기반한 선발을 위해서는 적절한 기준이 있어야 한다. 이를 위하여 마커별 weight를 다르게 주는 종합적인 선발방식을 개발해낼 필요가 있다. 그러나 현재로서는 마커들의 상호작용이나 상관관계에 대한 분석결과가 부족하므로 우량Allele을 보유한 개수를 기준으로 개체별 genotype 순위를 설정하였고, 기준은 Table 1-1-44와 같다.

보유한 유전자 개수가 동일한 경우 ‘근섬유특화 계통돈조성’의 목표를 위해 본 연구진이 보유한 마커에 중점을 두고, 해당마커 우량 Allele 갯수도 동일하다면 기 보고된 마커중 근섬유특성과 관련된 MyoD1마커의 우량 Allele 갯수를 비교하여 선발하기로 한다. 선발을 위한 비교 대상의 규모가 적을 때에는 육안으로 유전자형조합을 확인해가며 선별해낼 수 있지만, 대량일 경우 비교가 힘들기 때문에 전산화된 선발방법이 필요하다고 판단되었다. 우량유전자의 동형접합을 많이 가진 개체 순으로 우선순위를 지정한 후 동 순위 내에서 이형접합체 마커타입을 많이 가진 순으로 2차 세부순위를 결정했다. 본 연구진이 보유한 마커에 1.1점, MyoD1 마커에 대해 1.0점, 이하 기 보고된 마커들에는 0.9점을 준다면 집단 내 개체의 genotype 순위를 기준에 맞게 정렬시킬 수 있다.

Table 1-1-44. Genotype Ranking 기준설정

구분	연구진보유						기 보고된 마커				
	근섬유, 적육생산능력			근섬유, 육질			근섬유, 적육생산능력	번식능력	성장능력	육질	
마커	MG5	MG3	MYH3	MYH5	PGC1	PGC2	MyoD1	ESR	PRLR	MC4R	RYR1
Allele	T	G	T	C	C	T	A	B	A	A	C
점수	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9



(2) 수컷자돈 선발매뉴얼

수컷자돈선발의 목표는 유전자형분석을 통해 선발을 실시하여 Sire Line 별 3두, 최종 60두의 비거세돈을 선별하는 것을 목표로 하고 있으며, 자세한 선발 매뉴얼은 Figure1-1-13과 같다. 외모기준 합격개체를 선별하기까지는 8일가량이 걸리는데, 이는 자돈의 귀가 생후 첫 7일 정도는 말려있어 모양의 구별이 불가능하기 때문이다. 이 8일간 1세부과제에서 자돈의 유전자형분석을 실시하고, 귀모양을 종합하여 선발과정을 거치게 된다. Fullsib(전형매)내 1순위, 즉 Sire Line내 총 5두를 남기고 거세시키며, 다섯 마리의 Fullsib내 1위 자돈에 대해 다시 순위를 매겨 3순위까지의 선발을 하게 된다. 최종 선발강도는 약 0.15가량을 기대할 수 있다.

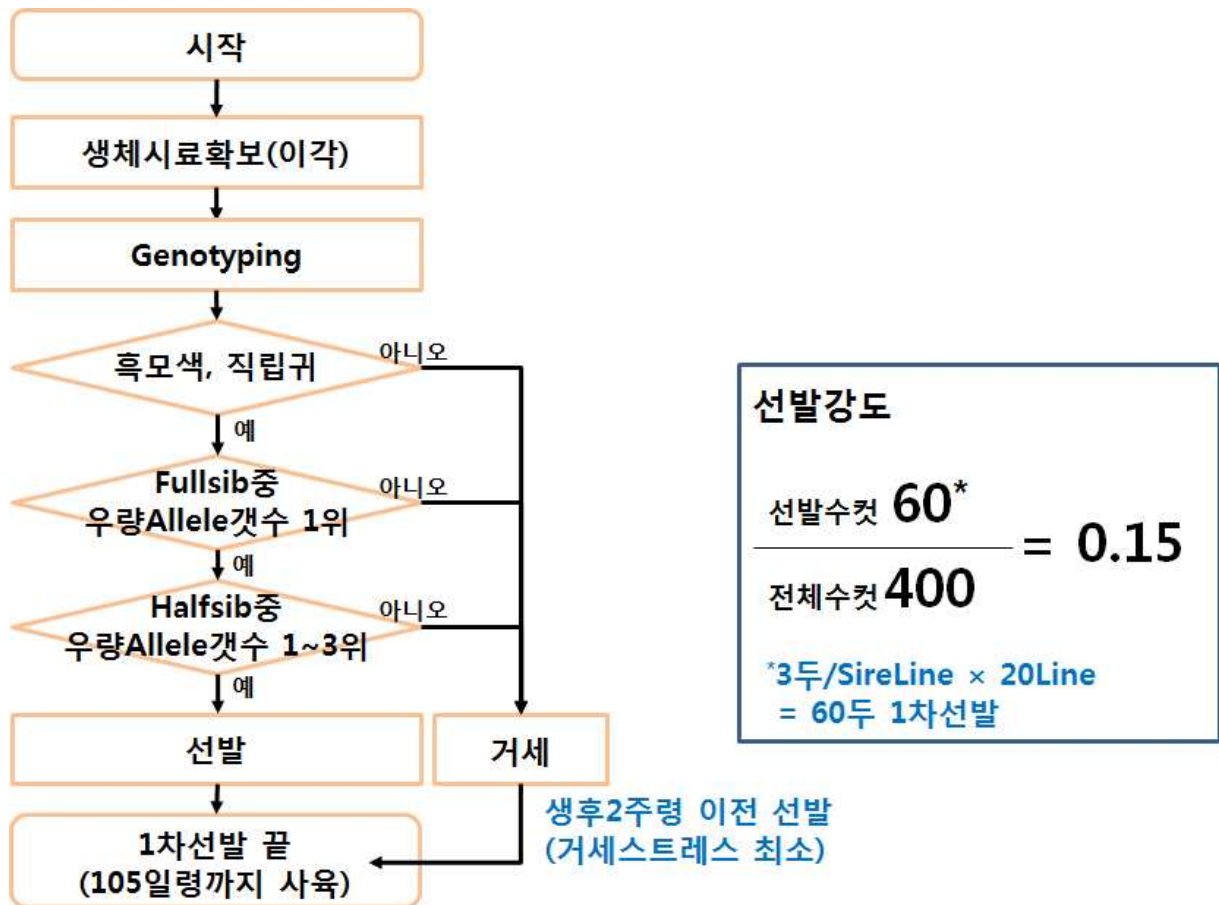
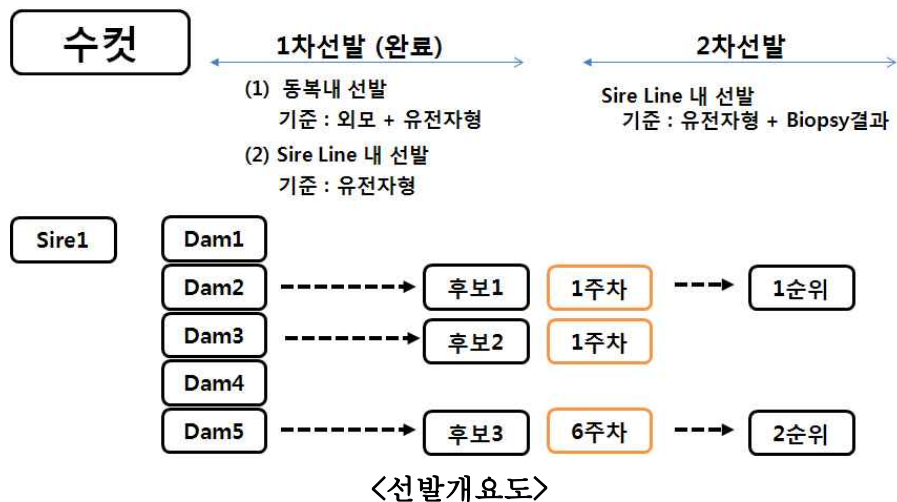


Figure 1-1-13. 수컷자돈 선발매뉴얼

선발된 60두의 비거세 수컷자돈이 15주령인 약 105일령(Biopsy를 통한 육질예측에 적당한 일령)까지 육성되면, 2협동과제가 생체근섬유지수 형질을 측정되고, 이를 통해 1두를 추가로 걸러내 1, 2순위 용돈 후보를 잔류시킨다. 최종후보 1순위는 승가훈련 상태 및 정액활력도 측정 등을 종합하여 Line을 이을 1두가 되고, 문제가 있을 경우 2순위가 그를 대체하게 된다. 하지만 현장사정에 따라 계획에는 오차가 있을 수 있으며, 계획대비 선발진행 결과와 이러한 오차가 생기게 된 원인들은 다양할 수 있다. Table 1-1-45는 2세대 종축 선발과정에서 계획대비 발생했던 오차와 이에 대한 원인분석표이다.

Table 1-1-45. 선발돈육성 계획대비 실제 진행 및 원인분석(수컷)

	계획	진행	오차 원인
포유개시	400	397	
외모기준 합격개체	280	181	외모불합격개체가 예상(30%)보다 많음 ※이모색 158두 (하향귀 28두 포함) ※하향귀 58두
Biopsy 대상선정	60	56	전담직원의 거세실수(5두)
Biopsy 실시	60	44	육성시 사망개체 존재 ※105일령 이전에 9두 사망 선발불가개체 존재 ※ 환돈 존재
교배사용	20	20	



(2) 암컷선발 매뉴얼

100두의 모돈에서 생산된 자돈을 약 800두라 생각했을 때 암컷은 약 400두 규모이며, 외모심사 탈락비율을 30%로 보았을 때(1세대 외모탈락비율을 기준) 선발후보는 약 280두로 기대할 수 있다. 해당 개체들이 15주령인 약 105일령이 되면 2협동과제에서 Biopsy를 실시하게 된다.

20마리의 Sire당 각 5두의 Dam(총 100두)을 유지하기 위한 교배 Structure를 만족시키기 위해서는 실험돈이 초산임을 고려해야 함은 물론, 임신성공률을 생각해 필요한 모돈의 수보다 많은 수의 모돈을 교배해야 한다. 총 100두의 모돈을 생산하기 위해서 암컷은 최소 140두가 필요한데, 그 근거는 아래와 같다.

$$\begin{aligned} \text{교배모돈} \times \text{교배1회임신성공률} &= \text{목표종빈돈 5두} \\ 7\text{두} \times 74.5\% &= 5.25\text{두} \end{aligned}$$

자세한 선발 매뉴얼은 Figure 1-1-14와 같으며, 해당 매뉴얼에 따라 선발과정을 거친다면 약 0.35의 선발강도를 가지게 될 것이라 예측할 수 있다.

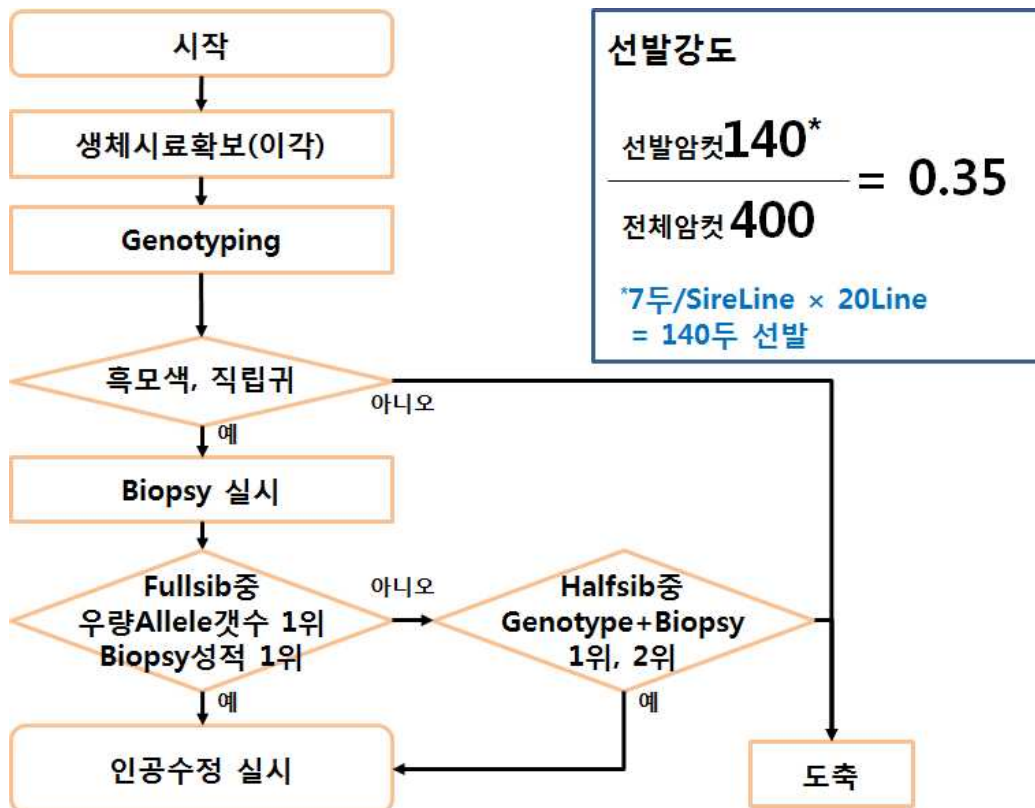


Figure 1-1-14. 암컷자돈 선발매뉴얼

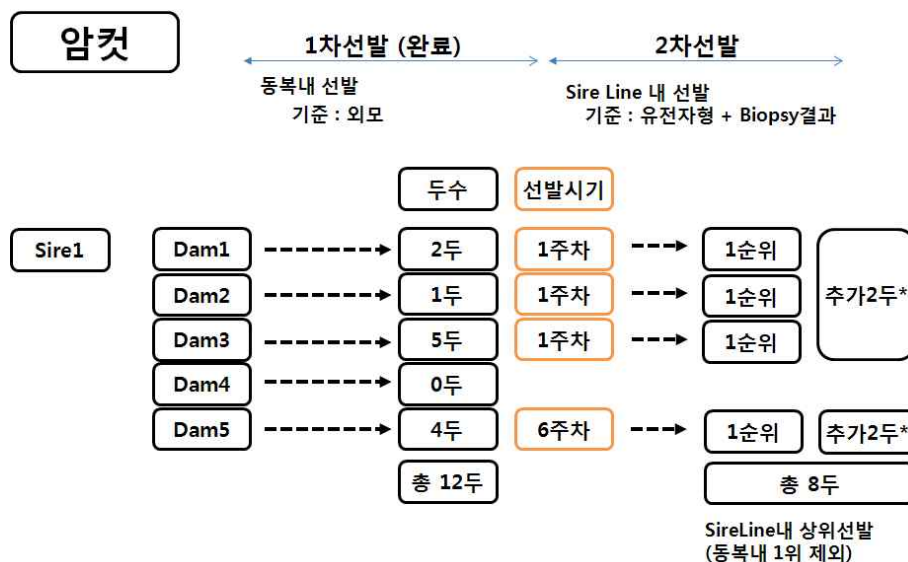


선발된 140두(7두/Sire×20Sire)의 모돈은 선발되어 있는 Sire와 인공수정작업을 거치게 되며, 분만일정에 따라 선착순 5두가 다음세대의 Dam(중빈돈)이 된다.

Table 1-1-46은 암컷자돈에 대한 선발돈 육성에 대한 계획대비 진행현황에 대한 분석표이다. Fullsib(전형매) 성적 상위 2두 선발을 통해 10두의 Halfsib(반형매)중 상위 7두 최종 140두의 선발이 목표였으나 예상보다 외모불합격개체의 비율이 높아 암컷 자돈중 53.98%에 대해서만 마커선발이 이루어지게 되었다. 그러나 실험돈의 육성도중 위축, 질병 등으로 사망한 개체가 존재하여 2차선발대상은 210두에서 189두로 줄었다. 본 연구과제의 선발기술을 통해 선발되는 실질적인 선발비율은  $140 \div 181 = 77.35\%$ 로 예상되며, 1세부과제의 DNA마커분석결과보다는 2협동과제의 Biopsy 마커분석결과에 중심을 둔 선발이 될 것으로 판단된다.

Table 1-1-46 선발돈육성 계획대비 진행현황 및 원인분석(암컷)

	계획	진행	오차 원인
포유개시	400	389	
Biopsy 대상선정	280	210	외모불합격개체가 예상(30%)보다 많음 ※ 이모색 134두(하향귀 17두 포함) 하향귀 40두
Biopsy 실시	280	189	육성시 사망개체 존재 ※105일령 이전에 19두 사망 선발불가개체 존재 ※장님, 위축돈 존재
교배사용	140	-	



<선발개요도>



(4) 유전자형 고정화를 위한 교배전략

선발과정을 거친 20두의 Sire와 140두의 Dam후보는 유전자형 점수에 따라 순위를 매길 수 있다. 가장 좋은 유전자형빈도의 조합을 만들기 위하여 Best 수컷과 Best 암컷을 교배시키는 전략을 대 전제로 두고, 부모정보가 겹치지 않도록 가계정보를 참고하여 교배 Structure를 제작한다. 전체적인 개요도는 Figure 1-1-15와 같다.

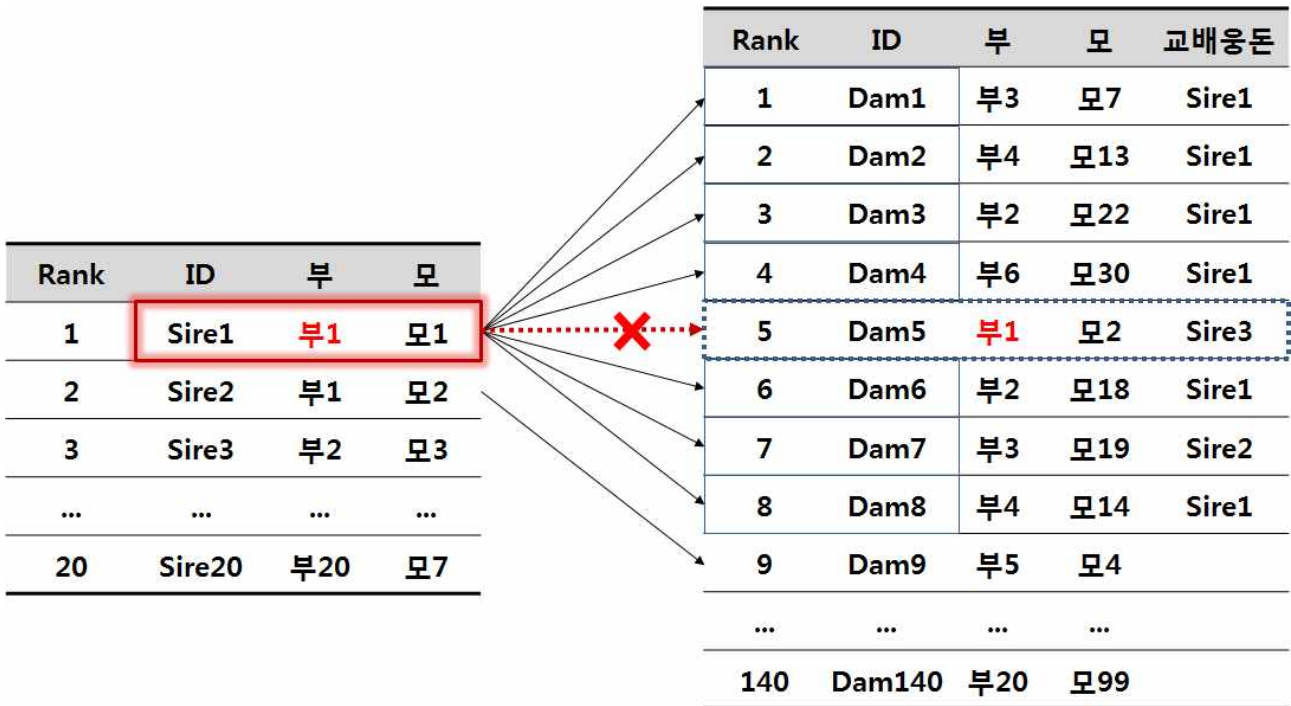


Figure 1-1-15. 유전자형고정화를 위한 교배전략

20두의 Sire중 순위가 가장 높은 Sire1은 Dam 랭킹내 Best인 1위부터 7위인 Dam1~Dam7과 교배하는 것이 대 전제이다. 하지만 Dam5는 Sire1과 같은 부돈을 공유하기 때문에 근친교배로 인한 근교퇴화의 우려가 있으므로 Sire1의 정액을 주입해서는 안된다. 따라서 Dam6부터 Dam8까지가 Sire1과 교배대상 모돈이 되는 것이다. 같은 이유로 Sire2는 Dam5와 교배하지 않고 Dam9부터 교배를 실시하며, Dam5는 Sire3과 교배를 하게 된다.

본 교배전략을 활용하면 가장 우수한 Sire와 가장 우수한 Dam이 가장 우수한 자손을 낳을 확률이 높고, 이는 곧 우량유전자의 동형접합체가 많아져 유전자형 고정화에 다가간다는 것을 의미한다. 그러나 Figure 1-1-14의 전략은 가장 기본적인 부모정보만 고려한 것이고, 세대가 거듭될수록 부모 뿐 아니라 윗세대까지 고려를 해야 하기 때문에 최종 선발될 계통돈에 대해서는 근친도에 대해 심도 있는 검토를 거쳐 교배매뉴얼을 확립해야 한다고 본다.

## 2. 세대별 유전적특성 변화양상 분석 및 유전적균일성 검증

### 가. 대량분석기법을 이용한 생산자돈에 대한 유전자형 분석

20 Sire×5 dam 의 교배 Structure에서 예상할 수 있는 자돈은 약 800두 가량이고, 주당 평균 분만모돈 10두를 가정할 때 약 80마리의 자돈이 태어나며, 해당자돈에 대해 유전자형분석과 조기선발을 위해서는 전략적인 분석방법이 필요하다. 포유기간 중에 1차선발을 실시하여 거세여부결정을 지어야 하는 수컷은 신속한 마커분석이 중요하지만, 암컷은 1차선발 탈락개체는 도축 실험까지 선발여부와는 별개로 사육되며, 1차선발 개체는 2차선발 시기인 Biopsy실험까지 사육되므로, 2세대실험돈 출생이 완료된 이후 대량분석을 실시해도 무방하기 때문이다. 따라서 본 연구진은 수컷은 시료확보 후 7일 이내 신속분석, 암컷은 실험축군 전 개체 일괄분석을 목표로 성별에 따라 다른 유전자형전략을 수립하기로 했다(Figure 1-2-1).

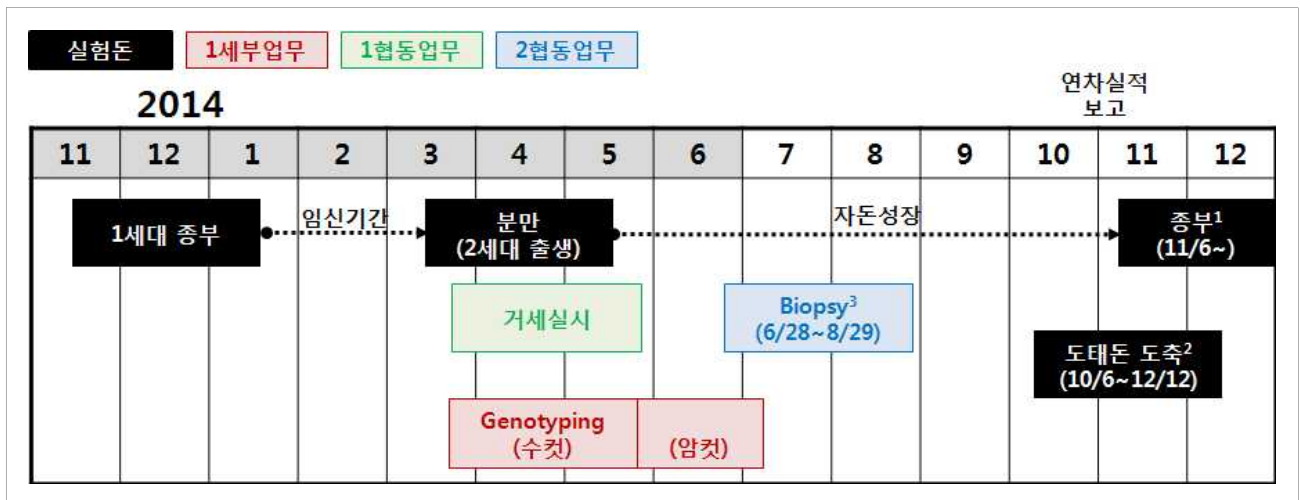


Figure 1-2-1. 실험돈 성장 및 선발일정에 따른 유전자형분석일정 설정(붉은색)

자돈성별에 따른 유전자형 분석방법 전략은 Table 1-2-1과 같다. 수컷은 Multiplex PCR기법을 적용한 PCR-RFLP방식과 Direct Sequencing기법을 활용한 유전자형분석을 통해 시료확보 7일 이내 거세여부 결정을 목표로, 신속한 마커분석에 중점을 두었다. 분석기법은 Figure 1-1-2 부터 Figure 1-1-9 와 같은 방법으로 진행되었다.

암컷자돈은 신규하게 Digital SNP typing방식을 도입하여 일괄유전자형분석을 실시하였다. 이는 1회의 PCR로 Probe방식을 도입해 최대 191개 샘플에 대해 24개의 마커에 대해 동시에 분석을 할 수 있는 기법으로, 2세대와 3세대 자돈에 대해 해당 기법을 적용하여 분석하였다.

Table 1-2-1. 자돈성별에 따른 유전자형 분석방법 전략

자돈 성별구분	유전자형분석 완료시점	유전자형 분석방법
수컷	포유기간 이내	PCR-RFLP 또는 Direct Sequencing
암컷	Biopsy실험 이전 (대량 일괄분석)	Digital SNP typing

Digital PCR(Fluidim SNptype Assay)을 실시하기 위해 각 마커의 SNP Allele에 대응하는 Probe를 제작하였다. FAM dye에는 Allele X, Hex dye에는 Allele Y가 대응하며, 마커별 Allele 유전자형은 Table 1-2-2와 같다. 마커별 probe는 4종씩 제작되었으며(HEX dye용, FAM dye용, 증폭용 Forward 및 Reverse), 분석용 기판은 Figure 1-2-2와 같다. 해당 기판의 구멍 하나당 DNA와 probe가 들어가 반응하게 된다.

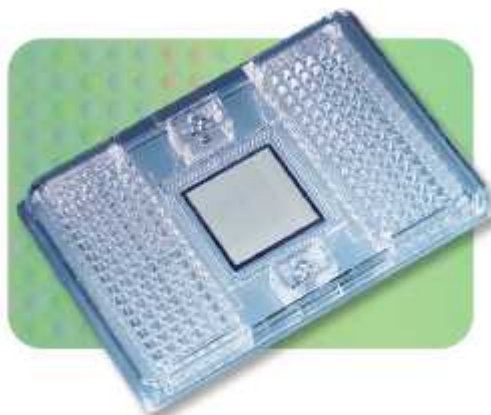


Figure 1-2-2. Digital SNP typing용 기판

Table 1-2-2. Digital SNP typing을 위한 Allele별 유전자형

마커명	MG3	MYH5	MYH3	PGC1	PGC2	MyoD1	ESR	MC4R	PRLR
X allele	G	T	C	T	T	A	A	G	A
Y allele	A	C	A	C	C	C	G	A	G

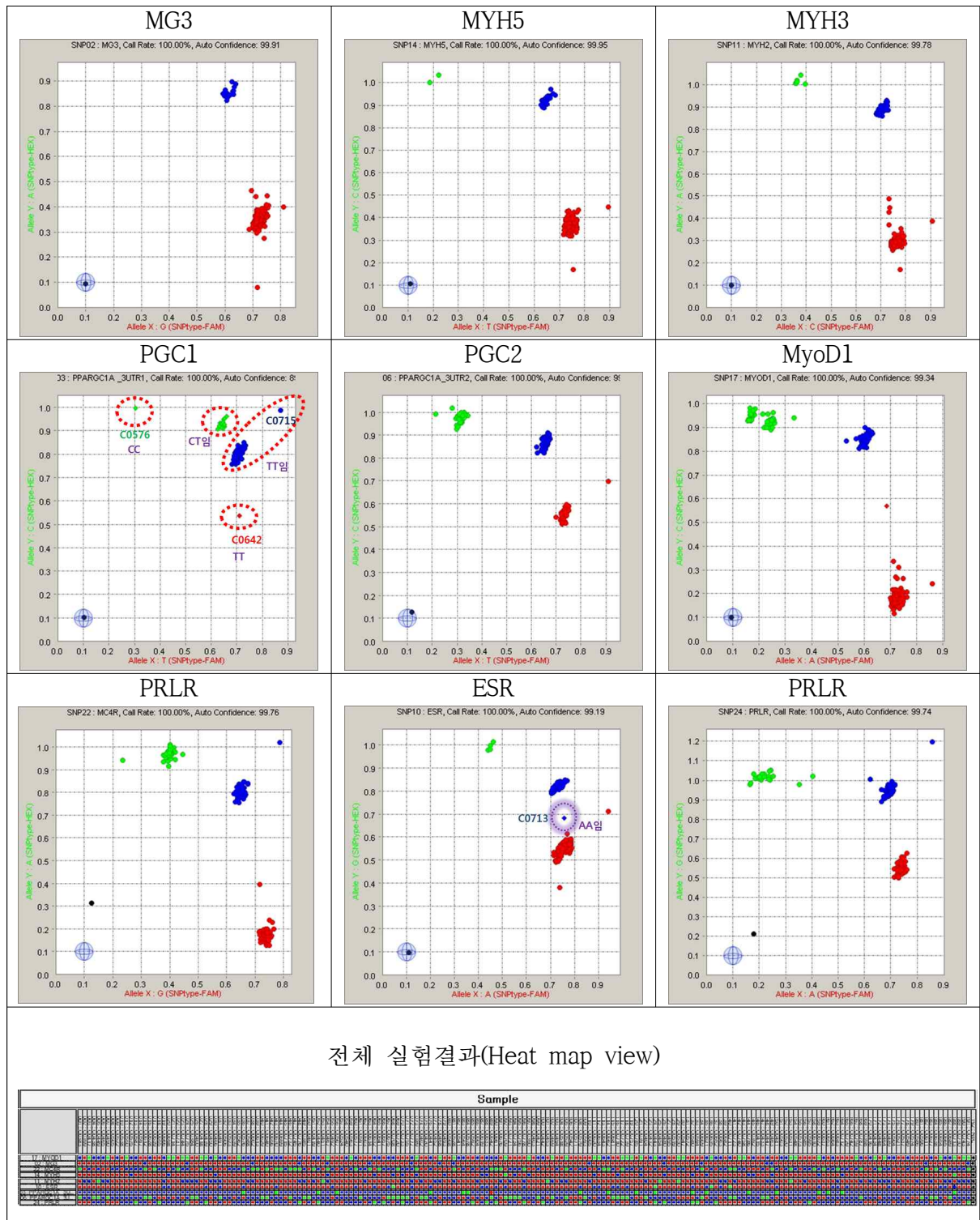


Figure 1-2-3. Digital SNP typing 결과

Figure 1-2-3은 Digital SNP typing의 결과이다. XX homotype은 빨간색, YY homotype은 연두색, 이형접합체 파란색으로 표지되어있으며, 해당 유전자형 집단마다 임의추출을 하여 유전자형진단결과의 정확성에 대한 실험을 실시하였다.

나. 세대별 대립유전자빈도 비교를 통한 유전특성 변화 확인

(1) 세대별 대립유전자 빈도 비교

제1협동과제에서 채취한 실험집단의 모근 또는 이각시료에서 추출한 DNA를 통해 유전자형이 고정된 MG3, RYR1 마커를 제외한 분석대상 9종 마커에 대한 유전자형분석을 실시하였다. 선발과정이 성공적으로 이루어 졌다면 세대를 거듭할수록 집단 내 우량유전자의 빈도가 늘어 나야 한다. 이를 확인하기 위해 세대간 우량유전자 빈도의 변화를 확인하였다. 우량유전자는 굵고 기울임꼴로 알아보기 쉽게 표시하였다.

(가) 근섬유특성관련 마커의 세대별 변화

Table 1-2-3. MG3의 세대별 유전자형 및 유전자빈도 비교

마커명	구분	기초축군 (n=219)	1세대 (n=653)	2세대 (n=780)	3세대 (n=650)	계통돈 (n=7)	
MG3	Genotype	GG	0.93 (204)	0.96 (627)	0.93 (726)	0.97 (631)	1 (7)
		GA	0.06 (14)	0.04 (26)	0.07 (54)	0.03 (19)	0 (0)
		AA	0 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	Allele	<b><i>G</i></b>	<b><i>0.96</i></b>	<b><i>0.98</i></b>	<b><i>0.97</i></b>	<b><i>0.99</i></b>	<b><i>1.00</i></b>
		A	0.04	0.02	0.03	0.01	0.00

MG3 마커의 세대별 유전자빈도변화는 위 Table 1-2-3과 같다. 기초축군의 우량유전자빈도가 0.96으로 매우 높은 편이기 때문에 눈에 띄는 빈도변화를 확인하기 힘들지만 불량동형접합체를 가진 개체가 1세대 이후 사라졌고, 3세대의 우량유전자 빈도가 0.99로 올랐다. 또한 최종 선발된 계통돈에서 해당마커가 우량유전자형으로 고정됨을 확인할 수 있다.

Table 1-2-4. MYH5 마커의 세대별 유전자형 및 유전자빈도 비교

마커명	구분	기초축군 (n=218)	1세대 (n=649)	2세대 (n=780)	3세대 (n=650)	계통돈 (n=7)	
MYH5	genotype	TT	0.8 (174)	0.8 (518)	0.85 (663)	0.89 (581)	1 (7)
		TC	0.2 (44)	0.19 (125)	0.14 (113)	0.1 (67)	0 (0)
		CC	0 (0)	0.01 (6)	0.01 (4)	0 (2)	0 (0)
	Allele	<b><i>T</i></b>	<b><i>0.90</i></b>	<b><i>0.89</i></b>	<b><i>0.92</i></b>	<b><i>0.95</i></b>	<b><i>1.00</i></b>
		C	0.10	0.11	0.08	0.05	0.00

MYH5 마커의 세대별 유전자빈도변화는 위 Table 1-2-4와 같다. 기초축군대비 1세대에서는 우량유전자인 T allele의 빈도는 0.89로 소폭 하락하였으나 2세대, 3세대에서 꾸준한 선발작업을 통해 집단 평균 우량유전자 빈도가 0.95로 상승했다. 최종 선발된 계통돈은 우량 동형접합체인 TT로 고정에 성공하였다.

Table 1-2-5. MYH3 마커의 세대별 유전자형 및 유전자빈도 비교

마커명	구분	기초축군 (n=218)	1세대 (n=649)	2세대 (n=780)	3세대 (n=650)	계통돈 (n=7)	
MYH3	genotype	CC	0.8 (175)	0.76 (495)	0.71 (552)	0.78 (505)	1 (7)
		CA	0.2 (43)	0.22 (147)	0.25 (196)	0.2 (131)	0 (0)
		AA	0 (1)	0.02 (13)	0.04 (32)	0.02 (14)	0 (0)
	Allele	<i>C</i>	<b>0.90</b>	<b>0.87</b>	<b>0.83</b>	<b>0.88</b>	<b>1.00</b>
		A	0.10	0.13	0.17	0.12	0.00

MYH3 마커의 세대별 유전자빈도변화는 위 Table 1-2-5과 같다. 기초축군 에서 1세대, 2세대 까지 오면서 우량유전자 C allele의 빈도는 조금씩 감소하는 것을 볼 수 있다. 이는 기초축군 대비 1세대에서 열성동형접합개체가 증가한 이유는 0세대에 선발된 웅돈 에서 Heterotype을 가진 개체가 있었고, 이와 교배한 0세대 모든 역시 Heterotype 개체가 많이 존재했기 때문으로 판단된다. 동일하게 1세대 선발웅돈에서 불량 Homotype 1두, Heterotype 5두가 교배에 활용되었기 때문에 2세대에서 불량 homotype 개체도 많아지고 우량유전자빈도역시 줄어들었다. 그러나 3세대 실험돈 집단은 기초축군의 수준과 비슷한 수준으로 우량 유전자 빈도를 끌어올렸고, 최종 선발된 계통돈은 우량 동형접합체인 CC allele로의 고정작업에 성공하였다.

Table 1-2-6. PGC1 마커의 세대별 유전자형 및 유전자빈도 비교

마커명	구분	기초축군 (n=218)	1세대 (n=649)	2세대 (n=780)	3세대 (n=650)	계통돈 (n=7)	
PGC1	genotype	CC	0 (1)	0 (0)	0 (3)	0 (0)	
		CT	0.17 (38)	0.08 (55)	0.1 (76)	0.14 (93)	0.29 (2)
		TT	0.82 (180)	0.92 (599)	0.9 (701)	0.86 (557)	0.71 (5)
	Allele	<i>C</i>	<b>0.09</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>	<b>0.07</b>	<b>0.14</b>
		T	0.91	0.96	0.95	0.93	0.86

PGC1 마커의 세대별 유전자빈도변화는 위 Table 1-2-6과 같다. 0세대로 선발된 개체들의 우량유전자 빈도가 낮았고, 웅돈들이 모두 Heterotype이기 때문에 1세대에서 불량 Homotype의 빈도가 늘어나고, 우량유전자빈도가 낮아졌다. 꾸준한 선발을 통해 3세대에서는 기초축군과 비슷한 수준의 우량유전자빈도로 회복하였으나 우량유전자 동형접합체를 가진 개체는 집단내에서 사라졌다. 그러나 최종선발된 계통돈의 우량유전자 빈도는 0.14로, 총 7두 중 2두가 Heterotype이기 때문에 후대에 우량유전자가 사라지지 않고 전승될 수 있게 될 것이다.

Table 1-2-7. PGC2 마커의 세대별 유전자형 및 유전자빈도 비교

마커명	구분	기초축군 (n=218)	1세대 (n=649)	2세대 (n=780)	3세대 (n=650)	계통돈 (n=7)	
PGC2	genotype	TT	0.21 (46)	0.14 (92)	0.2 (157)	0.26 (168)	0.43 (3)
		CT	0.5 (109)	0.59 (388)	0.53 (410)	0.54 (350)	0.43 (3)
		CC	0.29 (64)	0.27 (175)	0.27 (213)	0.2 (132)	0.14 (1)
	Allele	<i>T</i>	<b>0.46</b>	<b>0.44</b>	<b>0.46</b>	<b>0.53</b>	<b>0.64</b>
C		0.54	0.56	0.54	0.47	0.36	

PGC2 마커의 세대별 유전자빈도변화는 Table 1-2-7과 같다. 2세대까지는 기초축군과 비교하여 눈에 띄는 유전자빈도의 변화를 찾을 수 없지만 3세대실험돈 집단은 불량유전자 동형접합체의 비율이 0.2로, 0.29였던 기초축군에 비해 약 2/3가량으로 줄어들었다. 또한 최종 선발된 계통돈의 우량유전자 빈도는 0.64로, 약 1.4배가량 비율이 올라갔다. 그러나 계통돈에서 불량 동형접합체인 CC유전자형을 가진 개체가 존재하므로, 향후 교배조합을 설정할 때 고려하여야 할 것으로 판단된다.

Table 1-2-8. MyoD1 마커의 세대별 유전자형 및 유전자빈도 비교

마커명	구분	기초축군 (n=218)	1세대 (n=649)	2세대 (n=780)	3세대 (n=650)	계통돈 (n=7)	
MyoD1	genotype	AA	0.45 (86)	0.52 (339)	0.44 (346)	0.47 (304)	0.43 (3)
		AC	0.46 (88)	0.42 (271)	0.42 (327)	0.42 (271)	0.57 (4)
		CC	0.09 (18)	0.06 (41)	0.14 (107)	0.12 (75)	0 (0)
	Allele	<i>A</i>	<b>0.68</b>	<b>0.73</b>	<b>0.65</b>	<b>0.68</b>	<b>0.71</b>
C		0.32	0.27	0.35	0.32	0.29	



MyoD1 마커의 세대별 유전자빈도변화는 위 Table 1-2-8과 같다. 19두의 1세대 웅돈중 12두가 Heterotype인 영향으로 2세대의 우량동형접합체 비율이 0.44로 내려갔다. 2세대에서 DNA 선발을 통해 우량동형접합체의 비율을 0.47로 끌어올렸으며, 최종선발된 계통돈은 불량동형접합체인 CC 유전자형을 제거하고, 우량유전자빈도를 0.71로 높였다.

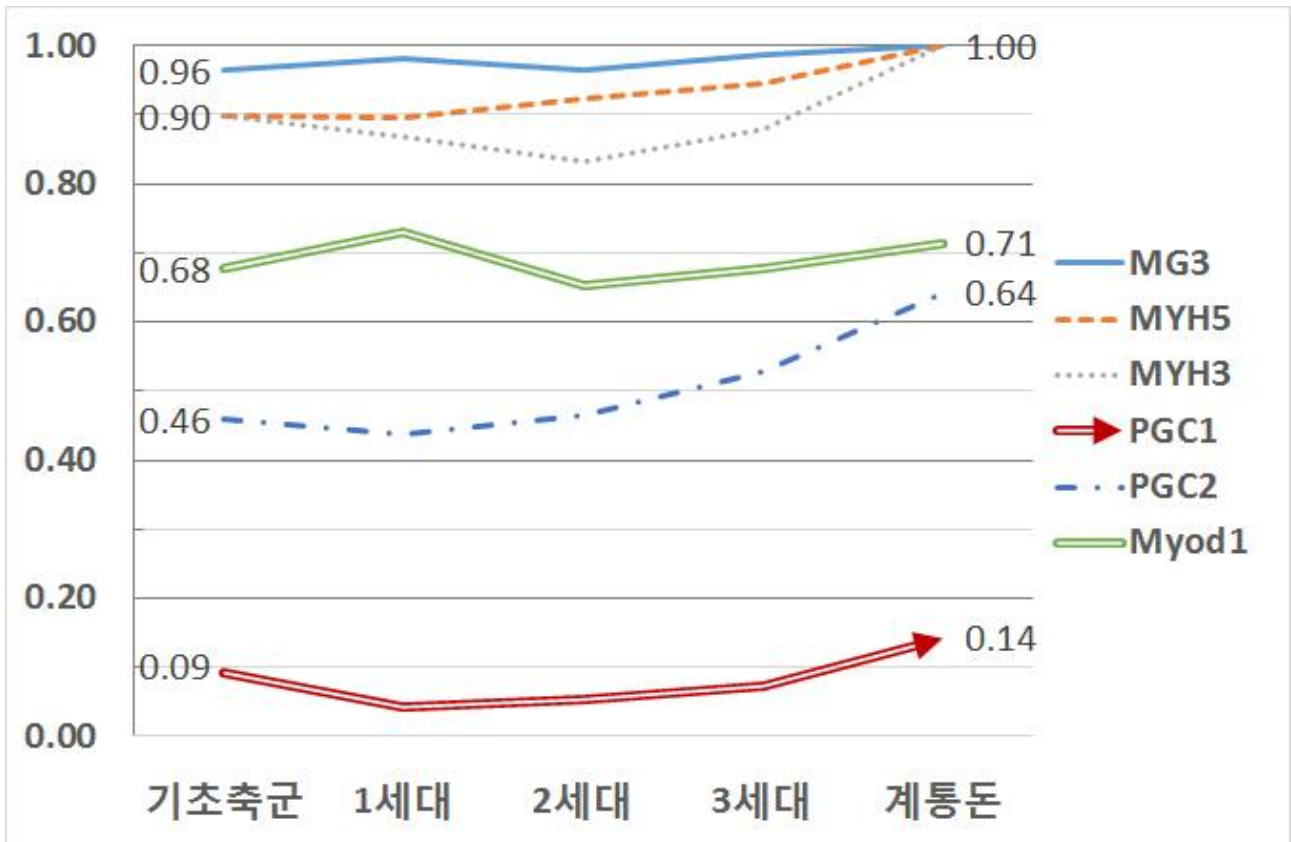


Figure 1-2-4. 근섬유관련 마커의 우량유전자빈도 변화추이 종합

Table 1-2-3 부터 Table 1-2-8 까지의 결과를 통해 근섬유특성관련 마커의 세대별 우량유전자빈도변화추이를 Figure 1-2-4 에 종합하였다. 3개의 마커를 우량 동형접합체로 고정시켰으며, 나머지 3개의 마커에 대해서도 우량유전자빈도가 상승하였다. 특히 PGC1과 PGC2 마커는 우량유전자빈도가 약 1.5배가량 높아졌음을 확인할 수 있다.



(나) 성장 및 번식능력관련 마커의 세대별 변화

Table 1-2-9. MC4R 마커의 세대별 유전자형 및 유전자빈도 비교

마커명	구분	기초축군 (n=218)	1세대 (n=649)	2세대 (n=780)	3세대 (n=650)	계통돈 (n=7)	
MC4R	genotype	AA	0.2 (42)	0.19 (126)	0.23 (180)	0.34 (224)	0.43 (3)
		GA	0.51 (110)	0.55 (356)	0.52 (402)	0.5 (328)	0.57 (4)
		GG	0.29 (63)	0.26 (171)	0.25 (198)	0.15 (98)	0 (0)
	Allele	<i>G</i>	<b>0.45</b>	<b>0.47</b>	<b>0.49</b>	<b>0.60</b>	<b>0.71</b>
		A	0.55	0.53	0.51	0.40	0.29

흑돼지는 일반 상업돈에 비해 성장능력이 현저히 떨어지는 단점이 있기 때문에 성장능력관련 마커인 MC4R의 우량유전자빈도 상승은 농장의 수익성 향상에 많은 도움이 될 수 있다. MC4R 마커의 세대별 유전자빈도변화는 위 Table 1-2-9와 같다. 성장능력관련 마커인 MC4R의 우량유전자 빈도는 꾸준히 상승하여 3세대 실험돈군까지 0.6에 이르렀고, 최종선발된 계통돈은 불량유전자 동형접합체인 GG genotype 개체가 없고, 우량유전자 빈도역시 0.71까지 상승했다. 기초축군의 우량유전자 빈도인 0.45와 비교하였을 때 1.6배 높아졌다.

Table 1-2-10. ESR 마커의 세대별 유전자형 및 유전자빈도 비교

마커명	구분	기초축군 (n=218)	1세대 (n=649)	2세대 (n=780)	3세대 (n=650)	계통돈 (n=7)	
ESR	genotype	BB	0.01 (2)	0.01 (7)	0.01 (11)	0.02 (13)	0.14 (1)
		AB	0.14 (30)	0.2 (128)	0.24 (186)	0.3 (193)	0.29 (2)
		AA	0.85 (187)	0.79 (518)	0.75 (583)	0.68 (444)	0.57 (4)
	Allele	<i>B</i>	<b>0.08</b>	<b>0.11</b>	<b>0.13</b>	<b>0.17</b>	<b>0.29</b>
		A	0.92	0.89	0.87	0.83	0.71

흑돼지는 일반 상업돈에 비해 번식능력 역시 떨어지기 때문에 번식능력관련 마커인 ESR과 PRLR의 우량유전자 빈도의 상승 역시 농장의 수익에 직결된 중요한 포인트라 볼 수 있다. ESR 마커의 세대별 유전자빈도변화는 위 Table 1-2-10과 같다. ESR 마커의 우량유전자 B의 빈도는 기초축군 대비 꾸준히 상승하여 3세대 집단에서 B 유전자형의 빈도가 0.17로 2배 이상 상승하였고, 최종 선발된 계통돈은 우량유전자 빈도가 0.29로, 3배이상 우량 유전자의 빈도를 끌어올렸다. 또한 계통돈중 1두는 우량동형접합체인 BB 유전자형으로, 후대에 생산된 암컷자돈을 모돈으로 육성한다면 향후 농장의 번식능력 개선에 큰 도움을 줄 것으로 기대된다.

Table 1-2-11. PRLR 마커의 세대별 유전자형 및 유전자빈도 비교

마커명	구분	기초축군 (n=218)	1세대 (n=649)	2세대 (n=780)	3세대 (n=650)	계통돈 (n=7)	
PRLR	genotype	AA	0.45 (95)	0.49 (319)	0.35 (273)	0.41 (264)	0.71 (5)
		GA	0.4 (83)	0.37 (242)	0.5 (390)	0.45 (290)	0.29 (2)
		GG	0.15 (31)	0.14 (93)	0.15 (117)	0.15 (96)	0 (0)
Allele	A	<b>0.65</b>	<b>0.67</b>	<b>0.60</b>	<b>0.63</b>	<b>0.86</b>	
	G	0.35	0.33	0.40	0.37	0.14	

PRLR 마커의 세대별 유전자빈도변화는 위 Table 1-2-11 과 같다. 1세대 선발된 종축이 Heterotype 과 불량 Homotype 개체가 상당수 존재해 2세대에서 우량유전자빈도가 오히려 하락했다. 그러나 2세대 종축선발을 통해 3세대의 우량유전자 빈도 및 우량유전자형 빈도를 기초축군과 비슷한 수준으로 복귀했으며, 최종 선발된 계통돈은 불량유전자 동형접합체인 GG 유전자형 개체가 없고, 우량유전자형 개체가 7두 중 5두로, 우량유전자빈도 0.86의 높은 빈도를 기록했다.

성장 및 번식능력과 관련된 마커의 세대별 우량유전자빈도변화추이는 Figure 1-2-5에 종합 정리되어있다. 세 마커에 대해 모두 우량유전자 빈도가 상승했는데. PRLR은 1.3배, MC4R은 1.6배로 상승했고, 특히 ESR은 3.6배의 큰 상승폭을 보였다.



Figure 1-2-5. 성장, 번식관련 마커의 우량유전자빈도 변화추이 종합

다. 동일유전자형 보유여부 분석을 통한 계통돈의 유전적 균일성 검증

100두의 모돈의 포유개시두수가 평균 8두라 가정하고, 성비가 동일하다면 각 400두의 암수 자돈이 만들어지게 되는데, 해당세대의 종축은 이전세대의 교배구조를 유지하기 위해 암수 서로 다른 비율로 선발될 수밖에 없다(Figure 1-2-6).


	전체	1차선발	2차선발	최종선발
	400	외모선발 $40.8 \approx 163$ $400 \times 49.7 \approx 199$ $69.2 \approx 277$	DNA선발 60 선발강도 0.37~0.22	DNA+Biopsy선발 20
	400	*외모심사 통과비율이 세대별로 다름	DNA+Biopsy선발 140 선발강도 0.86~0.51	분만일선착순 100

Figure 1-2-6. 선발 개요도

약 400두의 자돈 중 DNA 선발을 통해 수컷은 60두가 선발되고, 선발강도는 약 15%이지만 140두를 선발해야 하는 암컷은 선발강도가 36%로, 두배 이상 차이가 난다. 또한 계통돈의 외모형질의 고정도 본 연구과제에서 중요한 요인이기 때문에 실제 선발강도(전체 개체중 선발되는 개체의 비율)은 달라지게 된다. 외모형질 고정을 위해서 외모선발을 겸해왔기 때문에 세대별로 외모심사통과확률이 40.8% → 49.7% → 69.2%로 올랐고, 이를 고려한다면 수컷의 DNA 선발강도를  $60 \div (\text{외모선발개체수})$ 로 계산한다면 최고 0.37, 최저 0.22가 된다. 동일한 방법으로 계산한다면 암컷의 선발강도는 최고 0.86, 최저 0.51로 수컷의 선발강도와 2.3배가량 차이가 날 뿐 아니라 DNA 선발의 효과를 크게 기대할 수 없다. 이와 연계되어 교배를 통해 우량유전자형의 빈도 조절 역시 힘들 것이라 예상할 수 있다.

따라서 본 연구진은 선발로 인한 유전자빈도의 변화성과를 옹돈과 모돈별로 따로 확인하기로 했다. 이를 통해 계통돈이 실제 유전적으로 균일한지 확인하고, 유전자형 고정화전략의 타당성을 검증할 수 있다.

Table 1-2-11은 수컷 실험돈에 대한 기초축군부터 계통돈에 이르기 까지 부돈(Sire)선발에 따른 세대간 우량유전자의 빈도를 이전단계와의 변화추이와 함께(↗: 증가, →: 변화없음, ↘: 감소) 나타내고 있다. 회색음영으로 된 부분은 동일세대 내 변화들이며 선발을 통한 유전자빈도의 변화효과를, 음영이 없는 부분은 세대간 변화들이며 교배로 인한 효과를 확인할 수 있다.

기초축군에서 모든 수컷을 0세대 웅돈으로 선발했기 때문에 유전자변화는 나타나지 않았기 때문에, 1세대로 오며 생긴 유전자빈도 변화는 암컷의 선별과정 때문에 생긴 것으로 판단된다. 1세대 Sire의 선발과정에서는 빈도가 증가된 마커가 3개, 감소된 마커가 6개로 좋은 선발을 하지 못했음을 알 수 있다. 이는 1차년 현장관리에서의 시행착오로 소실된 개체가 많아 유전자형 선발보다는 생존 확인된 개체들에 대해 건강상태와 승가훈련 및 정액활성도에 치중하여 선발하였기 때문이고, 2세대부터는 전담직원을 통한 중점적 관리를 시행하여 개체소실방지 및 실험돈의 체계적 관리가 이루어졌다. 1세대의 시행착오 결과는 2세대와의 빈도차이에서도 나타나는데, 좋은 선발이 이루어지지 못했기 때문에 우량유전자빈도가 증가된 마커 4개, 유지된 마커 3개, 감소된 마커 2개이며 실제 빈도변화 수치는 0.01~0.07로 미미한 변화를 보임을 확인할 수 있다. 그러나 2세대 종축선발부터는 DNA 선발이 잘 이루어져 선발 이전과 비교해 우량유전자 빈도가 감소한 마커가 하나도 없음을 볼 수 있다(증가8개, 유지1개). 2세대 Sire와 3세대 수컷 집단간 비교를 하면 오히려 우량유전자빈도가 감소한 마커가 7개인데, 이는 교배한 모돈들의 유전자빈도 때문으로 추측할 수 있다.

3세대에서는 순조로운 선발을 하여 모든 마커의 우량유전자 빈도가 상승하였으며, 농장의 기본성적이라 볼 수 있는 기초축군과 비교했을 때 MG3 마커를 제외했을 때 평균 17%가량 우량유전자빈도가 상승했고, 구체적으로는 PGC2, MyoD1, PRLR마커가 21% , MYH3 마커가 18%, PGC1, MC4R, ESR 마커가 14%, MYH5 마커가 7%의 우량유전자빈도 증가를 보였다. 특히 ESR 마커의 우량유전자빈도는 기초축군 대비 2배 상승하였고, 3개 마커(MG3, MYH5, MYH3)에 대해서는 유전자형 완전고정을 이루었다.

Table 1-2-11. 수컷 실험돈의 선발에 따른 세대별, 세대내 우량유전자빈도 변화

형질	마커명	우량 유전자	세대구분							
			기초 측군	0th sire	1 세대	1st sire	2 세대	2nd sire	3 세대	계통 돈
근섬유, 적육생산능력	MG5	T	0.00 (불량 genotype으로 고정)							
	MG3	G	1.00	1.00	0.98	0.97	0.97	1.00	0.98	1.00
	변화	추이		→	↘	↘	→	↗	↘	↗
근섬유, 육질	MYH5	T	0.93	0.93	0.89	0.84	0.92	0.95	0.95	1.00
	변화	추이		→	↘	↘	↗	↗	→	↗
	MYH3	C	0.82	0.82	0.87	0.82	0.83	0.88	0.87	1.00
	변화	추이		→	↗	↘	↗	↗	↘	↗
	PGC1	C	0.00	0.00	0.04	0.05	0.05	0.05	0.07	0.14
	변화	추이		→	↗	↗	→	→	↗	↗
	PGC2	T	0.43	0.43	0.47	0.45	0.46	0.60	0.53	0.64
	변화	추이		→	↗	↘	↗	↗	↘	↗
근섬유, 적육생산능력	MyoD1	A	0.50	0.50	0.72	0.68	0.68	0.75	0.68	0.71
	변화	추이		→	↗	↘	→	↗	↘	↗
육질	RYR1	C	1.00 (우량 genotype 고정)							
성장능력	MC4R	A	0.57	0.57	0.44	0.53	0.49	0.68	0.59	0.71
	변화	추이		→	↘	↗	↘	↗	↘	↗
번식능력	PRLR	A	0.64	0.64	0.69	0.68	0.61	0.68	0.65	0.86
	변화	추이		→	↗	↘	↘	↗	↘	↗
	ESR	B	0.14	0.14	0.10	0.13	0.14	0.18	0.16	0.29
변화	추이		→	↘	↗	↗	↗	↘	↗	
유전자빈도 변화추이	증가	↗		-	5개	3개	4개	8개	2개	9개
	유지	→		9개	-	-	3개	1개	1개	-
	감소	↘		-	4개	6개	2개	-	7개	-

Table 1-2-12는 암컷 실험돈에 대한 기초축군부터 계통돈에 이르기 까지 모든(Sire)선발에 따른 세대간 우량유전자의 빈도를 이전단계와의 변화추이와 함께(↗: 증가, →: 변화없음, ↘: 감소) 나타내고 있다. Table 1-2-11과 마찬가지로 회색음영으로 된 부분은 동일세대 내 변화들이며 선발을 통한 유전자빈도의 변화효과를, 음영이 없는 부분은 세대간 변화들이며 교배로 인한 효과를 확인할 수 있다.

기초축군에서 임신한 모돈들에 대해 유전자선발을 이루었기 때문에 전 개체 선발한 0세대 부돈과는 다르게 6개 마커에서 유전자빈도 증가, 3개 마커에서 유전자빈도 감소하는 경향을 보였다. 1세대 암컷의 유전자빈도 변화는 증가된 마커가 5개, 감소된 마커가 4개로 크지 않지만 미묘한 변화를 보이는데 이는 0세대 부돈과의 교배효과 때문으로 볼 수 있다. Table 1-2-11에서 설명한 실험돈 소실 문제로 인해 교배 Structure를 유지하기 위해 농장내 경산모돈을 신규 도입하였는데(이를 1-1세대라 부른다), 해당 집단이 0세대 자돈인 기존 1세대의 유전자빈도가 거의 같아 본 표에서는 1세대와 1-1세대를 합한 전체의 빈도를 표시하였다. 1세대 Dam의 선발 과정에서는 빈도가 증가된 마커가 1개, 감소된 마커가 4개, 현상유지한 마커가 4개로, 우량유전자빈도가 오히려 줄어들었는데, 이 역시 실험돈 소실 문제가 원인으로 보인다. 1세대 모돈과 2세대 전체집단의 빈도차이역시 수컷과 비슷한 현상을 보이는데, 우량유전자빈도가 증가된 마커 5개, 감소된 마커 4개이며, 실제 빈도변화 수치는 0.01~0.07로 변화는 미미했다.

수컷자돈은 2세대부터 제대로 된 DNA 선발이 이루어져 모든 마커의 우량유전자빈도가 증가하는 효과가 나타났지만 앞서 서술한 바와 같이 암컷자돈은 DNA 선발의 효과가 크지 않을 것으로 예상했고, 그 결과는 일치하고 있다. 실제 2세대 전체집단에 비교해서 2세대 Dam의 우량유전자빈도가 증가한 마커가 5개, 감소한 마커가 3개, 현상 유지한 마커가 1개로, 우량유전자빈도가 감소하더라도 1%~3%가량, 증가하더라도 1%~8%가량으로 빈도변화가 크지 않았다. 대신 교배 용돈의 우량유전자빈도가 높기 때문에 Dam의 우량유전자빈도에 비해 3세대에서 우량유전자 빈도가 5개 마커에서 증가하는 모습을 보였다.

모돈으로 최종선발된 암컷 계통돈은 향후 농장에서의 실제 사용성에 치중하여 선발을 계획하였고, 따라서 번식능력과 성장상태에 중점을 두어 선발을 하였다. 초산 모돈인 2세대 Dam에서 10두 이상의 포유개시두수 성적을 보이는 모돈의 자돈중 건강상태가 우수하여 모돈으로 사용하기 적합한 개체를 선발하였기 때문에 전체집단대비 계통돈의 유전자빈도 변화는 MAS의 결과라고 볼 수 없다. 하지만 낮은 번식능력과 느린 성장도가 타 상업돈과 비교했을 때 흑돼지 특유의 약점이라는 것을 감안했을 때, 성장능력관련 MC4R 마커와 번식능력관련 ESR 마커의 우량유전자빈도가 기초축군 대비 크게 증가한 것은 본 마커들이 암컷 계통돈의 표현형에 좋은 영향을 끼쳤기 때문으로 생각할 수 있다.

Table 1-2-12. 암컷 실험돈의 선발에 따른 세대별, 세대내 우량유전자빈도 변화

형질	마커명	우량 유전자	세대구분							계통 돈
			기초 축군	dam0	1	dam1	2	dam2	3	
근섬유, 적육생산능력	MG5	T	0.00 (불량 genotype으로 고정)							
	MG3	G	0.96	0.96	0.98	0.97	0.96	0.97	0.99	0.97
	변화	추이		→	↗	↘	↘	↗	↗	↘
근섬유, 육질	MYH5	T	0.90	0.94	0.90	0.90	0.92	0.92	0.94	0.91
	변화	추이		↗	↘	→	↗	→	↗	↘
	MYH3	C	0.90	0.89	0.87	0.86	0.83	0.91	0.88	0.94
	변화	추이		↘	↘	↘	↘	↗	↘	↗
	PGC1	C	0.10	0.12	0.04	0.04	0.06	0.07	0.07	0.15
	변화	추이		↗	↘	→	↗	↗	→	↗
	PGC2	T	0.46	0.52	0.42	0.41	0.46	0.45	0.52	0.50
	변화	추이		↗	↘	↘	↗	↘	↗	↘
근섬유, 적육생산능력	MyoD1	A	0.69	0.69	0.73	0.74	0.63	0.60	0.67	0.47
	변화	추이		→	↗	↗	↘	↘	↗	↘
육질	RYR1	C	1.00 (우량 genotype 고정)							
성장능력	MC4R	A	0.44	0.46	0.48	0.46	0.49	0.48	0.61	0.79
	변화	추이		↗	↗	↘	↗	↘	↗	↗
번식능력	PRLR	A	0.65	0.66	0.66	0.66	0.59	0.66	0.61	0.56
	변화	추이		↗	↗	→	↘	↗	↘	↘
	ESR	B	0.07	0.07	0.11	0.11	0.13	0.18	0.17	0.24
변화	추이		→	↗	→	↗	↗	↘	↗	
유전자빈도 변화추이	증가	↗		6개	5개	1개	5개	5개	5개	4개
	유지	→		3개	-	4개	-	1개	1개	-
	감소	↘		-	4개	4개	4개	3개	3개	5개

Table 1-2-11과 1-2-12에서 확인한 바와 같이 유전자형고정을 위한 전략의 검증에는 선발된 종돈 중 수컷에 대해서만 전체집단대비 변화를 관찰하는 것이 타당하다고 판단하였고, 실험돈의 유전적 균일성을 보기 위해 개체의 우량 유전자 수와 우량 Homotype의 수를 형질로 설정해 선발에 따른 세대내, 세대별 변화를 살펴보기로 했다.

Table 1-2-13. 선발에 따른 세대별, 세대내 개체들의 우량유전자 보유개수

갯수	세대구분								
	기초 축군 (n=183)	0th sire (n=13)	1 세대 (n=559)	1-1 세대 (n=89)	1st sire (n=19)	2 세대 (n=780)	2nd sire (n=20)	3 세대 (n=650)	계통돈 (n=7)
5	1	0	1	0	0	1	0	0	0
6	1	0	7	1	0	7	0	3	0
7	6	0	12	2	0	29	0	13	0
8	14	2	37	6	2	63	0	43	0
9	26	2	95	26	6	147	2	93	0
10	51	4	129	24	3	202	2	110	1
11	38	3	128	15	1	170	5	133	0
12	30	0	99	11	6	102	8	119	1
13	13	2	46	3	1	43	1	82	4
14	3	0	5	0	0	14	2	36	0
15	0	0	0	1	0	2	0	17	1
16	0	0	0	0	0	0	0	1	0
평균	10.37	10.23	10.44	10.03	10.32	10.23	11.50	10.96	12.71

Table 1-2-13은 개체가 보유한 우량 유전자 수에 대한 도수분포표로, 세대간 그룹에 따라 분류한 결과이다. 선발과정을 거친 Sire들이 분포하는 구간에는 **굵은 네모표시**를, 각 그룹별로 최빈값에 **굵은 글씨체**를 사용하였다. 기초축군에서 0세대 Sire의 평균값이 소폭 내려갔으나 실제 0세대에서 수컷은 전수 선발했기 때문에 이것은 선발에 의한 작용이라 볼 수 없으며, 규모가 적기 때문에 생기는 현상으로 해석할 수 있다. 1세대와 1-1세대의 마커별 우량유전자 빈도는 비슷하지만 실제 분포를 보면 우량 유전자 보유갯수의 평균이 0.3 가량 적고, 10~11개에서 최빈



값을 보이고 있는 1세대와 달리 9~10개에서 최빈값이 존재했다. 여기서 선발된 1세대 Sire는 우량 유전자 보유갯수의 평균치만 생각했을 때는 10.32개로, 기초축군이나 1세대에 비해 차이가 별로 없다고 생각할 수도 있지만 그 분포가 우량 유전자 보유갯수가 9개, 12개에서 최빈값을 나타내고 있어 균일성 측면에서 손해를 보았다고 할 수 있다. 그러나 2세대에서는 선발이 제대로 이루어져 Sire의 우량유전자 보유갯수가 늘어났고, 분포역시 최저가 9개로 오르고 최빈값은 12개로 수렴하는 모습을 보였다. 2세대 Sire에서 태어난 3세대 실험돈군은 평균 우량유전자 보유수도 늘어났을 뿐 아니라 최빈값도 11개로 전 세대에 비해 늘어났다. 최종 선발된 계통돈 역시 평균 우량유전자 보유갯수가 12.61개로 기초축군에 비해 약 2.3개가량 많아졌고, 최빈값은 13으로, 최저값 역시 10개로 올랐다.

Table 1-2-14. 선발에 따른 세대별, 세대내 개체들의 우량유전자 보유개수 (보유마커만)

갯수	세대구분								
	기초축군 (n=183)	0th sire (n=13)	1세대 (n=559)	1-1세대 (n=89)	1st sire (n=19)	2세대 (n=780)	2nd sire (n=20)	3세대 (n=650)	계통돈 (n=7)
3	1	0	1	0	0	3	0	0	0
4	4	0	23	0	2	24	0	9	0
5	25	3	75	16	3	123	1	44	0
6	45	4	157	38	7	229	4	180	1
7	69	3	232	25	3	272	10	269	2
8	33	3	67	9	3	110	5	121	3
9	5	0	4	1	1	17	0	27	1
10	1	0	0	0	0	2	0	0	0
평균	6.64	6.46	6.45	6.34	6.26	6.48	6.95	6.82	7.57

Table 1-2-14는 본 연구팀이 보유하고 있는 마커들로만 Allele보유갯수를 구하여 제작한 도수분포표이다. Table 1-2-13과 같은 경향을 보이고 있으며, 최종선발된 계통돈에서 기초축군대비 증가한 우량유전자 갯수인 2.3개중 연구진보유마커의 개수는 0.9개를 차지하고 있음을 알 수 있다. 이는 보유마커들의 유전자형이 기초축군내에 우량Homotype또는 불량Homotype으로 많이 치우쳐져 있었기 때문에 비교적 상승폭이 낮은 것으로 판단된다.

Table 1-2-15. 선발에 따른 세대별, 세대내 개체들의 우량 동형접합체 보유개수

갯수	세대구분								
	기초 축군 (n=183)	0th sire (n=13)	1 세대 (n=559)	1-1 세대 (n=89)	1st sire (n=19)	2 세대 (n=780)	2nd sire (n=20)	3 세대 (n=650)	계통돈 (n=7)
0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
1	0	0	10	0	0	11	0	3	0
2	16	2	47	11	4	86	0	54	0
3	56	4	142	30	4	226	2	158	1
4	61	4	187	33	6	274	8	185	0
5	39	1	138	10	4	141	6	149	3
6	10	2	35	5	1	38	4	81	3
7	1	0	0	0	0	3	0	18	0
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0
평균	3.86	3.77	3.90	3.64	3.68	3.73	4.60	4.14	5.14

Table 1-2-15는 개체가 가지고 있는 우량 동형접합체 수에 대한 도수분포표를 세대내 그룹별로 분류한 표이다. Table 1-2-13과 마찬가지로 선발과정을 거친 부돈이 분포하는 구간에는 굵은 네모표시를, 각 그룹별로 최빈값에 굵은 글씨체를 사용하였다. 부돈이 우량 동형접합체를 가지고 있다면 교배조합 설정시 다음세대의 유전자형을 고정시키거나 우량 Heterotype이 나오게 해 우성효과 등 표현형발현에 유리한 영향을 줄 수 있기 때문에 우량 homotype 보유갯수 역시 매우 중요하다. 우량 유전자의 보유갯수는 기초축군, 1세대, 1-1세대, 2세대, 3세대 모두 최빈값은 4개에서 머물고 있지만 다른 분포양상을 보이고 있다. 기초축군은 4개에서 가장 높은 분포를 보이지만 3에 치우쳐져 있고, 선발된 0세대 Sire 역시 Homotype 보유갯수가 3개와 4개인 개체가 가장 많았다. 1세대의 Sire는 제대로 된 선발과정을 거치지 못해 보유하고 있는 우량유전자 갯수의 분포가 양쪽으로 갈리는 현상을 보였는데, 우량 homotype 보유갯수도 2개에서 5개까지 골고루 분포하는 양상을 보이게 되었다. 그결과 2세대 집단의 Homotype 평균보유갯수는 3.73으로, Homotype을 3개나 4개를 가진 개체가 가장 많이 분포하는 양상을 띠고 있다.

2세대에서는 제대로 된 선발과정을 거쳐 2세대 Sire의 Homotype 보유갯수는 4.6으로 향상되었지만 DNA마커선발효과를 암컷에서 크게 볼 수 없었기 때문에 좋은 교배조합을 설정하지 못하였고, 그 결과 3세대 전체 집단의 평균 Homotype 개수는 소폭 하락(4.60→4.15)하였다. 최종 선발된 계통돈은 우량Homotype의 개수가 평균 5.14개로, 초기 기초축군에 비해 약 1.3개 Homotype이 많은 집단이 되었다. Homotype이 3개인 계통돈은 나머지 6개 Allele의 유전자형이 모두 heterotype인 개체로, 다음세대의 유전자빈도를 향상 시킬 수 있는 교배조합 설정이 필요

하다고 보이며, Homotype이 5개, 6개인 계통돈은 다음세대에 우량유전자를 많이 전수시킬 수 있어 우수한 후대생산을 할 것이라 기대할 수 있다. Table 1-2-16은 본 연구팀이 보유하고 있는 마커들로만 Homotype 보유갯수를 구하여 제작한 도수분포표이다. Table 1-2-15와 같은 경향을 보이고 있으며, 최종선발된 계통돈에서 기초축군대비 증가한 우량 Homotype 갯수인 1.3개 중 연구진보유마커의 개수는 0.7개를 차지하고 있음을 알 수 있다.

Table 1-2-16. 선발에 따른 세대별, 세대내 개체들의 우량 Homotype 보유개수(보유마커만)

갯수	세대구분								
	기초 축군 (n=183)	0th sire (n=13)	1 세대 (n=559)	1-1 세대 (n=89)	1st sire (n=19)	2 세대 (n=780)	2nd sire (n=20)	3 세대 (n=650)	계통돈 (n=7)
0	0	0	1	0	0	7	0	1	0
1	8	0	29	2	2	36	0	7	0
2	52	5	177	36	8	238	3	161	0
3	98	5	307	44	6	409	13	368	4
4	24	3	45	7	3	88	4	113	3
5	1	0	0	0	0	2	0	0	0
평균	2.77	2.85	2.65	2.63	2.53	2.69	3.05	2.90	3.43

Table 1-2-17. 연구전과 후 실험돈의 유전적 균일성 변화(종합)

형질	전(기초축군)	후(계통돈)	비교
우량유전자빈도	MG3	0.96	1.00 유전자 고정됨
	MYH5	0.90	1.00 유전자 고정됨
	MYH3	0.90	1.00 유전자 고정됨
	PGC1	0.09	0.14 0.05 ↑ (1.6배)
	PGC2	0.46	0.64 0.15 ↑ (1.4배)
	MyoD1	0.68	0.71 0.03 ↑ (1.04배)
	MC4R	0.45	0.71 0.26 ↑ (1.6배)
	PRLR	0.65	0.86 0.21 ↑ (1.3배)
	ESR	0.08	0.29 0.21 ↑ (3.6배)
개체별 우량 Homotype수	전체 9종	3.86	5.14 1.28개 ↑ (1.3배)
	보유 5종	2.77	3.43 0.66개 ↑ (1.2배)

Table 1-2-11~16을 종합한 결과는 Table 1-2-17과 같다. 연구개시 전과 비교해 총 9종의 마커중 3개 마커에 대해 유전자를 고정시키고, 나머지 6개 마커에 대해서도 우량유전자빈도가 향상되었으며, 우량 Homotype 개수도 130% 향상시켜 전체적인 유전적 균일성을 높였다.

라. 선발된 개체들에 대한 마커, 근친도 및 기타 개체정보 DB 구축








(1) 수컷 계통돈

수컷계통돈은 Sire 1~7까지 총 7두로, 아래 Table 1-2-18과 같다. 전 개체 종축개량협회에 자돈등기가 되어 있는 개체이며, 번식용 씨돼지로 등록을 완료한 상태이다. 전 개체 모두 전신희색모색과 직립전향 귀를 가지고 있다(Table 1-2-19).

Table 1-2-18. 수컷계통돈의 기본정보

No.	earID	등록번호	생일	부	모	모색	귀모양
1	30-112	21506009529	15/04/07	10-145	26-131	흑	직립전향
2	52-127	21506009728	15/05/02	26-178	48-158	흑	직립전향
3	52-154	21506009703	15/05/16	26-178	11-119	흑	직립전향
4	72-149	21506009205	15/04/07	47-178	10-141	흑	직립전향
5	90-189	21506009406	15/04/27	69-132	87-146	흑	직립전향
6	91-102	21506009240	15/05/12	69-132	69-160	흑	직립전향
7	91-116	21506009688	15/05/15	68-142	49-152	흑	직립전향

Table 1-2-19. 수컷계통돈 체형과 모색

No.	earID	체형	No.	earID	체형
1	30-112		2	52-127	
3	52-154		4	72-149	
5	90-189		6	91-102	
7	91-116		X		

계통돈의 DNA마커 및 생검을 통한 생체육질예측정보가 Table 1-3-20에 있다. 우량유전자 보유갯수가 많을수록 좋은 개체이며, 생체근섬유는 Type I 넓이비와 수 비율이 10%를 모두 넘는 개체가 우수한 개체로 평가되었다. Type I 의 수 비율은 모든 개체가 10%를 상회하는 높은 성적을 보이고 있으며, 넓이비율도 가장 낮은 비율이 9.64%로 10%에 근접한 수치를 보이고 있다.

Table 1-2-20. 수컷계통돈의 마커정보

No.	earID	DNA마커									생체근섬유	
		MG3	MYH5	MYH3	PGC1	PGC2	MyoD 1	MC4R	PRLR	ESR	areaP'	noP'
1	30-112	GG	TT	CC	TT	CC	AC	AA	AA	AB	9.64	10.15
2	52-127	GG	TT	CC	CT	TT	AC	AA	AA	AB	27.00	21.96
3	52-154	GG	TT	CC	TT	TT	AA	AA	GA	AA	9.81	11.45
4	72-149	GG	TT	CC	TT	CT	AC	GA	GA	AA	39.00	40.34
5	90-189	GG	TT	CC	TT	CT	AC	GA	AA	BB	11.98	12.54
6	91-102	GG	TT	CC	TT	TT	AA	GA	AA	AA	.	.
7	91-116	GG	TT	CC	CT	CT	AA	GA	AA	AA	.	.
우수함 기준		G	T	C	C	T	A	A	A	B	>10	>10

\*생체근섬유정보

구분	설명
areaP	Type I 근섬유 넓이비율; 10%이상이면 우수
noP	Type I 근섬유 수 비율; 10%이상이면 우수

성장단계별 체중측정 및 종축개량협회 검정을 통한 성장능력, 등지방두께 등의 성적이 Table 1-2-21에 정리되어 있다. 2015년 농장내 일반 흑돼지에 대해 검정을 실시한 결과 90kg도달일령 176.6일, 등지방두께 14.4mm로, 90kg 도달일령은 계통돈 모두 평균보다 우수하고, 등지방두께는 Sire5가 14.9mm로 약간 두껍지만 농장 내 선발기준에 부합하고 있다.

Table 1-2-21. 수컷계통돈의 검정성적

No.	earID	90kg 도달일령 (일)	등지방 두께 (mm)	정육율 (%)	등심근 단면적 (cm <sup>2</sup> )	일당증체량		
						생시~이유	이유~종료	생시~종료
1	30-112	160.3	13.3	.	.	234.5	628.4	558.3
2	52-127	165.5	13.8	60.5	31.0	258.8	600.0	572.1
3	52-154	163.4	14.1	59.1	32.9	250.0	617.6	572.2
4	72-149	165.0	12.8	61.2	27.8	238.1	605.7	566.3
5	90-189	158.6	14.9	56.0	29.8	263.6	624.7	579.5
6	91-102	161.1	12.7	59.8	24.8	148.4	667.1	585.9
7	91-116	167.6	11.0	63.2	28.8	333.3	576.3	553.8

\*농장내 비계통돈 검정성적과 선발기준

구분	90kg 도달일령	등지방두께
2015년(n=130)	176.6	14.4
선발기준	165일(상위20%)	15mm

자돈등기와 함께 기록하는 계통돈의 어미돈 번식성적은 Table1-2-22에서 확인할 수 있다. 본 과제에서는 산자수가 수컷자돈의 선발기준은 아니지만 동일한 해 1산차인 비실험모돈에서의 분만성적이 총산자수 8.7두, 포유개시 7.7두로, 선발된 계통돈의 총산자수와 포유개시두수가 모두 평균치를 상회하고 있다. 또한 주목할 점은 이유후 육성률이 100%라는 점인데, 이러한 기질이 계통돈에도 이어진다면 후대의 생산을 통해 농장의 포유자돈폐사율 개선에 도움이 될 것이라 판단된다.

Table 1-2-22. 수컷계통돈의 번식성적

No.	earID	유두수		총산	포유개시			포유개시전 도태				이유
		좌	우		암	수	계	사산	기형	체미	미라	
1	30-112	7	6	10	4	6	10	0	0	0	0	10
2	52-127	8	8	11	1	8	9	0	0	2	0	9
3	52-154	7	8	12	3	7	10	0	1	0	0	10
4	72-149	7	7	9	2	6	8	1	0	0	0	8
5	90-189	7	6	9	2	6	8	0	0	1	0	8
6	91-102	8	8	9	3	6	9	0	0	0	0	9
7	91-116	7	7	10	5	3	8	0	0	2	0	8

\*농장내 비계통돈 번식성적과 선발기준

구분	총산	포유개시
2015년 (n=169)	8.7두	7.7두
선발기준 (모돈만 해당)	10두+	10두+

위 정리된 형질들은 아래 Figure 1-2-5와 같이 전산 및 개체관리카드화 하여 DB에 보관될 것이며, 해당 DB는 제1세부과제, 제1협동과제, 제2협동과제가 모두 실시간으로 공유하고 있다. 개체기록카드에 4대 위까지의 혈통도와 근교계수도 함께 기재해 두었으며, 이는 향후 과제가 끝나고 교배조합관리에도 유용하고, 농장자체에서도 종축의 체계적 관리측면에서 도움이 될 것이라 본다.



No.	earID	등록번호	생일	체형(측면)				체형(후구)					
1	30-112 (수)	21506009529	15/04/07										
				모색		흑							
				귀		직립전향							
DNA마커		산육 능력	육질				산육 능력	성장	산자수				
		MG3	MYH5	MYH3	PGC1	PGC2	MyoD1	MC4R	PRLR	ESR			
		GG	TT	CC	TT	CC	AC	AA	AA	AB			
생체 육질예측		Type I Area (%)		9.64 %									
		Type I number (%)		10.15 %									
검정성적		일당증체량 (g/day)		558.3 g									
		90kg도달일령(일)		160.3 일									
		등지방두께(mm)		13.3 mm									
		정육율(%)		.									
분만성적		유두수		포유개시			포유개시전도태				이유		
		좌	우	총산	암	수	계	사산	기형	체미		미라	
		7	6		10	4	6	10	0	0		0	0
혈통표(상반부는 부계를, 하반부는 모계를 나타낸다)													
30-112 근친도 1/64 =0.0156		10-145		82-160		56-32		36-21					
						61-29		30-60		38-11			
				55-7		37-82		7063		18-4			
						2-10		2-5		.			
				26-131		3-131		63-4		36-19			
								54-79		27-40		36-18	
		62-127				55-28		3-65		18-4			
						48-22		13-13		18-4			
								18-4		5-61			

Figure 1-2-5. 계통돈의 가계, 표현형정보 및 마커정보 DB 관리



(2) 암컷계통돈

Table 1-2-23은 암컷 계통돈으로 선발된 17두의 기본정보이고, 암컷은 생식기와 다리상태의 확인이 중요하므로 개체 확인시 후구부분을 주로 촬영하였다(Table1-2-24)

Table 1-2-23. 암컷계통돈 기본정보

No.	earID	등록번호	생일	부	모	모색	귀모양
1	15-183	21506009753	15-05-09	86-187	68-196	흑	직립전향
2	15-186	21506009756	15-05-09	86-187	68-196	흑	직립상향
3	15-187	21506009757	15-05-09	86-187	68-196	흑	직립전향
4	51-156	21506009182	15-03-31	26-168	68-130	흑	직립전향
5	51-157	21506009183	15-03-31	26-168	68-130	흑	직립전향
6	51-159	21506009185	15-03-31	26-168	68-130	흑	직립전향
7	51-165	21506009412	15-04-04	26-168	47-199	흑	직립전향
8	51-166	21506009413	15-04-04	26-168	47-199	흑	직립전향
9	51-167	21506009414	15-04-04	26-168	47-199	흑	직립전향
10	51-176	21506009579	15-04-05	27-102	10-159	흑	직립전향
11	51-177	21506009580	15-04-05	27-102	10-159	흑	직립상향
12	51-178	21506009581	15-04-05	27-102	10-159	흑	직립전향
13	71-177	21506009515	15-03-19	48-176	26-130	흑	직립전향
14	72-154	21506009551	15-04-09	48-133	48-109	흑	직립전향
15	90-171	21506009329	15-04-12	67-193	48-121	흑	직립상향
16	90-172	21506009330	15-04-12	67-193	48-121	흑	직립전향
17	90-173	21506009331	15-04-12	67-193	48-121	흑	직립전향

Table 1-2-24. 암컷계통돈 체형과 모색


















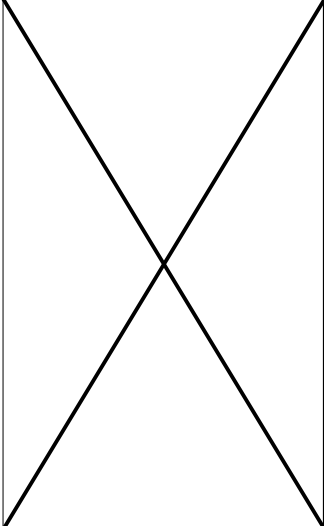
No.	15-183	No.	15-186	No.	15-187
1		2		3	
No.	51-156	No.	51-157	No.	51-159
4		5		6	
No.	51-165	No.	51-166	No.	51-167
7		8		9	

Table 1-2-24. 계속

No.	51-176	No.	51-177	No.	51-178
10		11		12	
No.	71-177	No.	72-154	No.	90-171
13		14		15	
No.	90-172	No.	90-173		
16		17			

계통돈의 DNA마커 및 생검을 통한 생체육질예측정보가 Table 1-2-25에 있다. 앞서 서술한바와 마찬가지로 계통돈으로 쓰일 암컷자돈은 생체근섬유 선발이 무의미하고, 향후 농장의 이익을 목적으로 높은 생산성을 가져야 하기 때문에 DNA마커와 생체근섬유 성적으로 선발하지 않았다.

Table 1-2-25. 암컷계통돈의 마커정보

No.	earID	DNA마커									생체근섬유	
		MG3	MYH5	MYH3	PGC1	PGC2	MyoD 1	MC4R	PRLR	ESR	areaP'	noP'
1	15-183	GG	TC	CA	CT	CT	AA	GA	GA	AB	13.54	11.51
2	15-186	GG	TT	CA	TT	CC	CC	GA	AA	AB	7.28	11.23
3	15-187	GG	TT	CC	TT	CC	CC	AA	AA	AA	8.04	9.63
4	51-156	GG	TC	CC	CT	TT	CC	GA	GA	AA	12.49	11.34
5	51-157	GG	TT	CC	TT	CT	CC	AA	GA	AB	11.81	13.71
6	51-159	GG	TC	CC	TT	CT	AA	AA	GA	AB	.	.
7	51-165	GG	TT	CC	CT	CT	AC	AA	GA	AA	8.29	6.51
8	51-166	GA	TT	CC	TT	CT	AC	AA	GA	AA	.	.
9	51-167	GG	TT	CC	TT	CT	AC	AA	GA	AA	13.84	12.92
10	51-176	GG	TT	CC	CT	CT	AA	AA	GA	AA	4.32	6.25
11	51-177	GG	TT	CC	CT	TT	AA	AA	GA	AB	4.69	5.66
12	51-178	GG	TT	CC	TT	CT	AC	GA	AA	AA	4.21	4.07
13	71-177	GG	TT	CC	TT	TT	AA	GA	AA	AA	25.59	41.46
14	72-154	GG	TT	CC	TT	CT	CC	GA	GA	AA	40.57	37.99
15	90-171	GG	TT	CC	TT	CC	CC	AA	GG	AB	6.91	8.50
16	90-172	GG	TT	CC	TT	CT	AC	GA	GG	AB	.	.
17	90-173	GG	TT	CC	TT	CT	AC	AA	GA	AB	7.16	7.94
우수함 기준		G	T	C	C	T	A	A	A	B	>10	>10

\*생체근섬유정보

구분	설명
areaP	Type I 근섬유 넓이비율; 10%이상이면 우수
noP	Type I 근섬유 넓이비율; 10%이상이면 우수



성장단계별 체중측정 및 종축개량협회 검정을 통한 성장능력, 등지방두께 등의 성적이 Table 1-2-26에 정리되어 있다. 농장에서는 실 사용할 모돈을 원하기 때문에 90kg도달일령과 등지방 두께와 같은 경제형질도 중요하지만 암컷계통돈 선발에는 번식능력에 치중을 두기로 하고, 본 검정성적은 선발에 활용하지 않았다.

Table 1-2-26. 암컷계통돈의 검정성적

No.	earID	90kg 도달일령 (일)	등지방 두께 (mm)	정육율 (%)	등심근 단면적 (cm <sup>2</sup> )	일당증체량		
						생시~이유	이유~종료	생시~종료
1	15-183	183.2	12.0	62.7	36.8	270.8	528.2	497.5
2	15-186	181.8	16.8	55.6	28.2	250.0	536.7	502.5
3	15-187	187.7	19.7	53.3	32.0	208.3	519.8	482.6
4	51-156	186.5	15.7	59.1	31.6	152.8	559.9	487.7
5	51-157	178.1	15.8	54.4	28.2	160.7	574.3	517.2
6	51-159	188.0	13.5	57.7	31.2	159.1	522.1	482.8
7	51-165	195.5	16.6	59.2	31.2	162.5	513.8	457.3
8	51-166	192.1	16.5	57.3	30.8	175.0	523.4	467.3
9	51-167	227.6	19.4	54.5	28.3	187.5	417.5	394.1
10	51-176	171.3	15.2	54.7	23.2	239.1	580.0	540.4
11	51-177	192.8	14.8	56.1	32.3	195.7	500.0	464.6
12	51-178	183.5	19.1	55.3	25.7	195.7	534.3	494.9
13	71-177	191.2	13.3	55.9	26.7	165.0	511.3	479.1
14	72-154	189.0	14.8	57.6	32.9	247.4	498.9	474.2
15	90-171	184.5	20.9	54.7	27.1	187.1	545.0	486.9
16	90-172	182.9	13.8	58.2	30.7	193.5	550.0	492.1
17	90-173	198.1	18.6	32.4	32.4	179.2	483.2	445.0

\*농장내 비계통돈(암컷) 검정성적과 선발기준

구분	90kg 도달일령	등지방두께
2015년(n=160)	175.1	15.08
선발기준	165일(상위20%)	15mm

자돈등기와 함께 기록하는 계통돈의 어미돈 번식성적은 Table1-2-27에서 확인할 수 있다. 후 돼지는 보통 상업돈보다 번식능력이 굉장히 떨어지는데, 실제로 농장내 2015년도 1산차인 비 실험모돈에서의 분만성적이 총산자수 8.7두, 포유개시 7.7두에 불과하다. 선발된 계통돈은 Dam13(71-177)을 제외하고는 모두 초산의 총산, 포유개시두수가 10두 이상인 모돈의 자손들로, 좋은 번식능력을 가져 농장의 수익향상에 도움이 있기를 기대한다.

Table 1-2-27. 암컷계통돈의 번식성적

No.	earID	유두수		총산	포유개시			포유개시전 도태				이유
		좌	우		암	수	계	사산	기형	체미	미라	
1	15-183	7	7	12	8	2	10	0	0	2	0	10
2	15-186	7	8	12	8	2	10	0	0	2	0	10
3	15-187	6	6	12	8	2	10	0	0	2	0	10
4	51-156	7	6	11	5	5	10	0	0	0	1	7
5	51-157	6	7	11	5	5	10	0	0	0	1	7
6	51-159	7	7	11	5	5	10	0	0	0	1	7
7	51-165	8	7	11	5	6	11	0	0	0	0	11
8	51-166	8	9	11	5	6	11	0	0	0	0	11
9	51-167	7	7	11	5	6	11	0	0	0	0	11
10	51-176	7	7	12	3	9	12	0	0	0	0	10
11	51-177	7	7	12	3	9	12	0	0	0	0	10
12	51-178	7	7	12	3	9	12	0	0	0	0	10
13	71-177	8	7	5	2	3	5	0	0	0	0	5
14	72-154	7	8	12	3	8	11	1	0	0	0	9
15	90-171	6	7	12	5	5	10	0	0	2	0	10
16	90-172	7	7	12	5	5	10	0	0	2	0	10
17	90-173	7	9	12	5	5	10	0	0	2	0	10

\*농장내 비계통돈 번식성적과 선발기준

구분	총산	포유개시
2015년 (n=169)	8.7두	7.7두
선발기준 (모돈만 해당)	10두+	10두+

### 3. 계통돈의 유전적특성 검증을 통한 조기선발시스템 구축

#### 가. 마커도움선발(MAS) 모형의 타당성 및 실용성 확인

계통돈 21두 중 수컷 7두는 MAS를 통해 선발되었으며, 암컷 14두는 향후 자돈생산을 위해 산자수에 더욱 중점을 두어 선발되었다. 따라서 MAS의 타당성과 실용성을 확인하기 위한 집단으로는 수컷 계통돈을 선택하였다. 그러나 종축으로 선발된 이상 도체형질을 확보할 수 없기 때문에 도체형질에 한해서는 형매검정을 택했다. 검정에 사용되는 형질별 집단은 아래 Table 1-3-1과 같다.

Table 1-3-1 MAS 타당성 및 실용성 검증에 활용할 실험두수

그룹	그룹명	육질 및 적육생산능력	성장능력 (전체)	성장능력 (비거세돈)	검정성적
그룹1	계통돈	-	7	7	7
그룹2	계통돈의 Fullsib	16	50	0	0
그룹3	계통돈의 Halfsib	18	94	10	10
그룹4	3세대-(그룹1~3)	95	456	41	41
그룹5	2세대 전체	381	745	67	67
그룹6	1세대 전체	88	474	56	56
계	총 6 그룹	598 두	1,826 두	181 두	181 두

전체적인 통계분석은 통계프로그램인 SAS 9.2의 proc GLM(general linear model procedure)을 사용하여 분석하였으며, 형질별로 분석한 구체적인 모델은 아래와 같다.

도체성적 (육질, 적육생산능력)	$y_{ij} = \mu + Group_i + sex_j + e_{ij}$ ※ 공변량: 도체중
성장능력 (이유시체중활용)	$y_{ijk} = \mu + Group_i + sex_j + parity_k + e_{ijk}$
성장능력 (종료체중활용)	$y_{ijkl} = \mu + Group_i + sex_j + parity_k + KGref_l + e_{ijkl}$
검정성적 및 성장능력 (비거세돈)	$y_{ij} = \mu + Group_i + parity_j + e_{ij}$
	$\mu$ : 평균
	Group : 그룹 (그룹 1~6)
	sex : 성별 (비거세수컷, 거세수컷, 암컷)
	parity : 모돈의 산차
	KGref : 종료체중측정장소 (비육농장, 후보돈사,)
	e : 잔차

(1) MAS모형의 실용성 확인을 위한 계통돈의 적육생산능력과 육질 우수성 검증

계통돈의 적육생산능력과 육질의 특성을 Fullsib, Halfsib의 성적으로 대신하여 간접적으로 분석하였고, 그 결과는 Table 1-3-2와 같다.

Table 1-3-2. 그룹별 육질 및 적육생산능력형질

Traits	Group					P-value
	2013년	2014년	2015년			
	1세대 (n=88)	2세대 (n=381)	3세대 (n=95)	Halfsib (n=18)	Fullsib (n=16)	
Meat quality						
pH <sub>45min</sub>	6.39 <sup>b</sup> (0.03) <sup>1</sup>	6.38 <sup>b</sup> (0.01)	6.50 <sup>a</sup> (0.03)	6.47 <sup>ab</sup> (0.08)	6.69 <sup>a</sup> (0.09)	0.0003
Lightness(L*) <sup>2</sup>	45.13 <sup>b</sup> (0.32)	46.38 <sup>a</sup> (0.16)	45.79 <sup>ab</sup> (0.35)	45.77 <sup>ab</sup> (0.80)	44.39 <sup>b</sup> (0.95)	0.0112
FFU <sup>3</sup> (mg)	44.97 <sup>a</sup> (3.07)	22.45 <sup>b</sup> (1.28)	27.19 <sup>b</sup> (2.85)	21.18 <sup>b</sup> (6.36)	17.14 <sup>b</sup> (7.12)	<0.0001
Drip loss (%)	2.69 <sup>a</sup> (0.17)	2.11 <sup>b</sup> (0.08)	2.25 <sup>ab</sup> (0.19)	2.88 <sup>ab</sup> (0.44)	1.70 <sup>ab</sup> (0.50)	0.0111
Cooking loss (%)	21.52 <sup>a</sup> (0.49)	19.80 <sup>b</sup> (0.23)	20.14 <sup>ab</sup> (0.52)	21.20 <sup>ab</sup> (1.17)	18.20 <sup>b</sup> (1.31)	0.0109
Lean meat production						
Loin eye area (cm <sup>2</sup> )	41.59 <sup>b</sup> (0.64)	46.12 <sup>a</sup> (0.31)	40.92 <sup>b</sup> (0.70)	41.75 <sup>b</sup> (1.54)	42.71 <sup>ab</sup> (1.80)	<0.0001
Backfat thickness (mm)	20.84 <sup>a</sup> (0.42)	20.48 <sup>a</sup> (0.20)	18.90 <sup>b</sup> (0.45)	20.04 <sup>ab</sup> (1.00)	16.21 <sup>c</sup> (1.12)	<0.0001

<sup>1</sup>Least square means and standard error

<sup>2</sup>Lightness measured at 24 hour postmortem.

<sup>3</sup>Filter paper Fluid Uptake

사후45분 pH는 모든 그룹이 6.39~6.69의 수준으로 정상적인 범위에 속하고 있는 것을 확인할 수 있다. 1세대, 2세대에서는 유의적으로 차이가 나지 않고 변화가 없었다. 그러나 3세대 전체 집단과 Fullsib 집단은 이전세대들과 매우 유의하게 차이가 났고, Halfsib은 1세대, 2세대와 유의적으로 차이나지 않았으나 동일한 경향치를 보이고 있는데 이는 그룹의 규모가 작아 표준오차가 컸기 때문으로 생각된다.



사후 24시 등심근 명도는 50이상으로 밝을 경우에는 육색이상이라고 부르며, 모든 그룹의 명도는 정상범위에 속하고 있다. 2세대가 1세대에 비해 유의적으로 높은 수치를 나타냈고, 3세대는 전체그룹과 Halfsib 그룹이 1,2세대와 유의적으로 차이하지 않는 중간정도의 명도를, 계통돈의 Fullsib은 1세대와 동일한 수준의 명도로 복원되었다.

조리하거나 보관시 수분을 잃지 않는 보수성은 FFU(Filter-paper fluid uptake), Drip loss, Cooking loss로 나타낼 수 있다. FFU는 1세대에 비해 2세대에서 2배 가까이 유의적으로 감소하였으며, 3세대는 2세대와는 유의적으로 차이가 나지 않지만 전체집단(27.19)과 비교하여 Halfsib이 낮은값(21.18)을, Halfsib보다 Fullsib이 더 낮은 값(17.14)을 보이고 있다. Drip loss는 육즙손실량으로 1세대에 비교해 2세대에서 유의적으로 개선되었고, 3세대는 전체그룹, Halfsib그룹, Fullsib그룹 모두 1세대와 2세대의 중간형질로 나타났으나 Fullsib그룹의 값이 다섯그룹중 가장 낮은 1.7%였다. 가열감량(cooking loss) 역시 1세대에 비해 2세대가 유의적으로 개선되었고, 3세대는 전체집단과 Halfsib 집단이 1, 2세대의 중간형질을 나타냈으나 Fullsib집단은 18.2%로, 1세대와는 유의적으로 차이가 나는 수치이고 이는 다섯 그룹중 가장 낮은 값이다.

적육생산능력 관련형질은 도축시 등심근 단면적과 등지방두께로 비교하였다. 1세대와 비교해 2세대는 동일한 등지방두께임에도 불구하고 등심근단면적이 넓어 적육생산능력이 우수해졌다고 볼 수 있다. 3세대에서는 등심근단면적 넓이는 1세대와 동일한 수준으로 작아졌지만 등지방두께가 얇아져 적육생산능력이 우수하다고 볼 수 있다. 특히 계통돈의 Fullsib 집단의 등지방두께는 16.21mm로, 타 다섯 그룹에 비해 독보적으로 얇아 가장 적육생산능력이 우수했다.

모든 육질, 적육생산능력관련 수치가 세대를 거듭할수록 우수해졌으며, 특히 3세대에서는 전체 그룹보다 계통돈과 유전적으로 가까운 Fullsib이 육질이 가장 우수한 경향을 보이고 있었다.

또한, 그룹별로 이상육으로 판정된 개체수와 비율이 Table 1-3-3에 정리되어 있는데, 세대가 거듭될수록 이상육 발생이 줄어들었고, 특히 3세대에서는 선발된 계통돈의 Fullsib 관계에 있는 개체들에서는 1두의 이상육도 발생하지 않았다.

**Table 1-3-3. 그룹별 이상육발생률**

Traits	Group				
	2013년	2014년	2015년		
	1세대 (n=88)	2세대 (n=381)	3세대 (n=95)	Halfsib (n=18)	Fullsib (n=16)
PSE (Pale,Soft,Exudative)	1 (1.14%)	0 (0.00%)	2 (2.11%)	1 (5.56%)	0 (0.00%)
RSE (육즙손실량 불량)	10 (11.36%)	1 (0.26%)	1 (1.05%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)

(2) MAS모형의 실용성 확인을 위한 계통돈의 성장능력 확인

그룹별 성장능력형질은 Table 1-3-4와 같다. 실험돈의 체중은 이유시, 검정종료시 총 2회 측정하였고, 생시체중을 공히 1kg로 두고 계산된 3가지의 일당증체량 형질을 사용하였다.

Table 1-3-4. 그룹별 성장능력형질

Traits	Group						P-value
	2013년	2014년	2015년				
	1세대 (n=474)	2세대 (n=745)	3세대 (n=456)	Halfsib (n=94)	Fullsib (n=50)	계통돈 (n=7)	
Average daily gain(g/day)							
Birth to wean	257.69 <sup>b</sup> (3.44) <sup>1</sup>	267.99 <sup>a</sup> (3.84)	254.88 <sup>b</sup> (5.25)	255.13 <sup>b</sup> (7.20)	258.65 <sup>ab</sup> (9.69)	268.53 <sup>ab</sup> (20.24)	0.0031
Wean to Final	512.07 <sup>b</sup> (7.21)	504.42 <sup>c</sup> (8.08)	523.38 <sup>bc</sup> (10.64)	522.25 <sup>bc</sup> (13.84)	544.11 <sup>b</sup> (15.61)	607.10 <sup>a</sup> (25.08)	0.0007
Birth to final	482.56 <sup>b</sup> (5.55)	469.26 <sup>c</sup> (6.27)	484.93 <sup>bc</sup> (8.45)	484.16 <sup>bc</sup> (11.23)	493.94 <sup>bc</sup> (12.84)	563.89 <sup>a</sup> (21.23)	0.0003
Age(day)							
Weaning Old	20.23 <sup>d</sup> (0.30)	25.05 <sup>c</sup> (0.34)	27.13 <sup>b</sup> (0.45)	26.20 <sup>b</sup> (0.62)	29.85 <sup>a</sup> (0.77)	26.85 <sup>abc</sup> (1.78)	<0.0001
Age to 90kg	186.68 <sup>b</sup> (1.93)	192.29 <sup>a</sup> (2.18)	184.09 <sup>b</sup> (2.94)	185.23 <sup>ab</sup> (3.90)	181.13 <sup>b</sup> (4.46)	164.21 <sup>c</sup> (7.38)	0.0005
Slaughter	208.56 (4.72)	212.94 (3.40)	201.42 (3.86)	204.17 (5.18)	203.17 (5.42)	-	0.0666

<sup>1</sup>least square means and standard error

2세대에서 1세대와 비교해 생시이유시까지의 일당증체량은 증가했으나 이유시부터 종료시까지의 일당증체량과 생시부터 종료시까지의 일당증체량 모두 감소했기 때문에 성장능력이 좋아졌다고 보기 힘들다. 그러나 3세대 실험돈 전체집단, 계통돈의 형매집단 그룹의 성장속도는 1세대와 동일하거나 1, 2세대의 중간정도로 회복되었다. 계통돈 7두의 일당증체량은 이유시까지는 이전세대의 집단과 동일한 성장속도를 가지고 있지만 종료시까지의 성장속도는 타 집단 5개에 비해 모두 유의적으로 높았다. 이는 현장에서 자주 사용되는 경계형질인 90kg도달일령에서도 같은 경향을 보이는데, 최종 선발된 계통돈의 90kg도달일령은 164일로 1차년 실험돈의 90kg도달일령인 187일에 비해 약 23일가량 빠른 모습을 보이고 있다.

Table 1-3-5. 그룹별 성장능력형질 (비거세돈만)

Traits	Group						P-value
	2013년	2014년	2015년				
	1세대 (n=56)	2세대 (n=67)	3세대 (n=41)	Halfsib (n=10)	Fullsib (n=0)	계통돈 (n=7)	
Average daily gain(g/day)							
Birth to wean	267.58 (8.66)	247.58 (10.48)	263.01 (15.89)	254.29 (22.06)	-	269.61 (23.99)	0.4018
Wean to Final	508.65 <sup>bc</sup> (18.85)	485.31 <sup>c</sup> (20.24)	532.81 <sup>b</sup> (27.54)	482.28 <sup>b</sup> (36.08)	-	614.04 <sup>a</sup> (33.46)	0.0002
Birth to final	468.97 <sup>c</sup> (15.11)	464.57 <sup>c</sup> (16.22)	513.15 <sup>b</sup> (21.52)	485.76 <sup>bc</sup> (27.33)	-	584.65 <sup>a</sup> (26.62)	<0.0001
Age(day)							
Weaning Old	20.43 <sup>c</sup> (0.67)	24.10 <sup>b</sup> (0.81)	26.40 <sup>a</sup> (1.21)	25.16 <sup>ab</sup> (1.71)	-	26.03 <sup>ab</sup> (1.86)	0.0003
Age to 90kg	192.34 <sup>a</sup> (5.04)	191.20 <sup>a</sup> (5.41)	177.08 <sup>b</sup> (7.18)	186.63 <sup>ab</sup> (9.12)	-	158.33 <sup>c</sup> (8.88)	0.0009
Slaughter	-	-	-	-	-	-	-

<sup>1</sup>least square means and standard error

Table 1-3-5는 세대별 비거세돈을 따로 추출하여 비교분석한 결과이다. 2세대가 1세대에 비해 성장능력이 저조했지만 비거세 수컷끼리만 비교했을 때는 동일한 성장능력을 보이고 있었다. 그리고 3세대의 생시~종료시 일당증체량(513g/day)과 90kg도달일령(177일)이 이전 두세대와 비교하여 유의미하게 우수해졌다. 계통돈의 일당증체량, 90kg도달일령은 Table 1-3-4와 동일하게 나머지 모든 집단들에 대해 유의적으로 우수한 모습을 보였다.

비거세돈의 종축개량협회 검정성적을 그룹별로 비교한 결과는 Table 1-3-6과 같다. 계통돈의 정육율은 60.69%로 1, 2세대의 성적에 비해 유의적으로 우수하다고 볼 수 있다. 등지방두께와 등심근단면적은 유의적으로 차이가 없지만 1세대에 비해 등심근단면적이 넓어지고 등지방두께는 얇아져 적육생산능력이 우수해진 경향을 보이고 있다.

Table 1-3-6. 그룹별 비거세돈의 검정성적

Traits	Group						P-value
	2013년	2014년	2015년				
	1세대 (n=56)	2세대 (n=67)	3세대 (n=41)	Halfsib (n=10)	Fullsib (n=0)	계통돈 (n=7)	
Lean meat (%)	55.03 <sup>b</sup> (0.63)	55.43 <sup>b</sup> (0.73)	58.70 <sup>a</sup> (1.22)	56.37 <sup>ab</sup> (2.26)	-	60.69 <sup>a</sup> (1.54)	0.0063
Loin eye area(cm <sup>2</sup> )	27.30 (0.70)	27.91 (0.81)	28.59 (1.37)	30.09 (2.54)	-	28.98 (1.73)	0.8256
Backfat thickness (mm)	15.32 (0.69)	15.83 (0.80)	14.55 (1.35)	16.98 (2.50)	-	13.40 (1.70)	0.5037

\* 2015년 농장내 자체수컷 검정성적(n=130) : 등지방 14.42mm, 90kg도달일령 176.0일

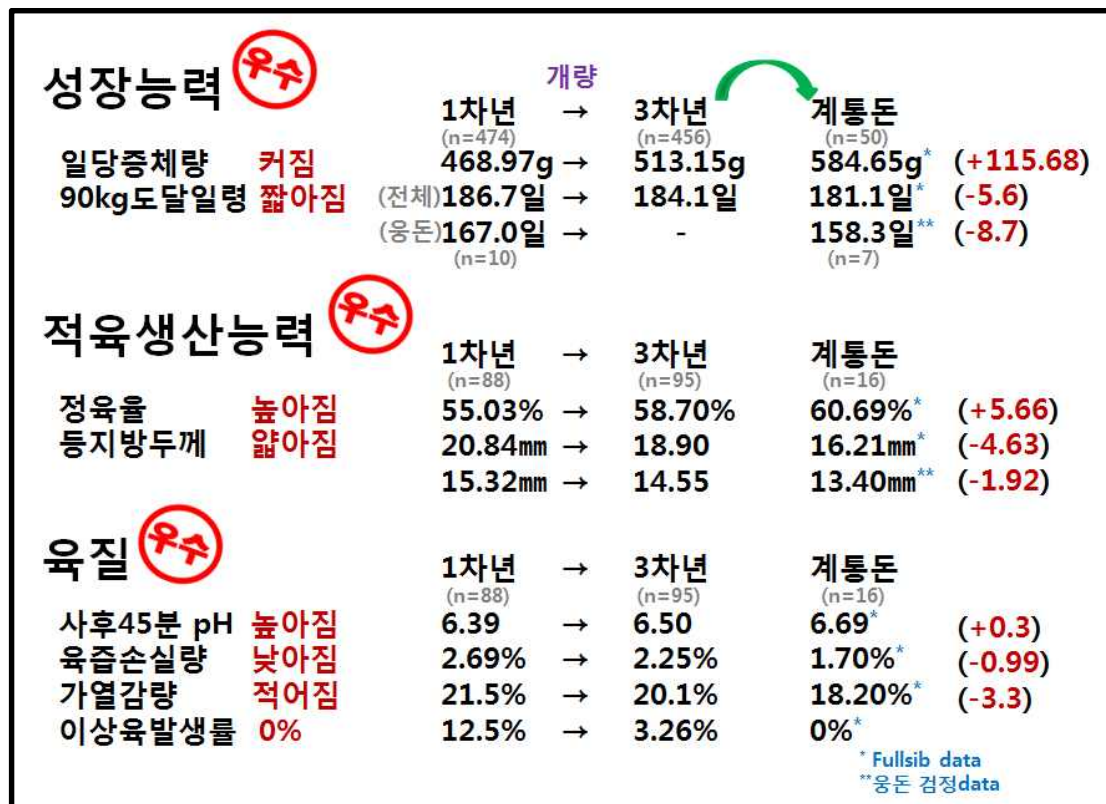


Figure1-3-1. 계통돈의 우수성검증 요약

Table1-3-2부터 1-3-6까지의 결과를 종합하면 Figure 1-3-1과 같다. 선발된 계통돈의 능력을 계통돈 본인 또는 형매들의 성적을 통해 검증한 결과, 실제로 육질과 적육생산능력이 우수하며, 성장능력또한 우수해진 것을 확인하였다.

나. 계통돈의 유전적 동일성 유지를 위한 교배조합설정 매뉴얼 확립

개발된 계통은 적육생산능력과 육질이 동시에 개량된 돼지로서, DNA 마커를 이용해 선발된 종돈에 의해서 생산된다. 따라서 생산자돈들은 고정화된 유전자형을 지닌 동일유전자형 개체이다. 이를 확인하기 위하여 생산자돈들의 동일유전자형 보유여부를 분석하고, 이들의 유전적 균일성을 검증해야 하지만, 현재 계통돈이 교배 및 분만하지 않았으므로 교배 후 유전자형 및 유전자빈도를 예측해 보았다. 선발로 조성된 계통돈의 특성상 암수 유전자형빈도가 다르며, 각 유전자형의 개체가 만날 확률은 유전자형빈도의 곱으로 계산할 수 있다 (Table 1-3-7).

Table 1-3-7. 집단내 유전자형 AA, AB, BB의 빈도가 각각 P, H, Q, p, h, q 라고 할 때 교배시 결합될 확률(무작위교배 가정)

			Male		
			AA	AB	BB
			P	H	Q
female	AA	p	P×p	H×p	Q×p
	AB	h	P×h	H×h	Q×h
	BB	q	P×q	H×q	Q×q

후대의 유전자형 및 유전자빈도는 아래와 같이 계산될 수 있다.

1. AA유전자형 빈도 :  $Pp + \frac{1}{2}Ph + \frac{1}{2}Hp + \frac{1}{4}Hh$  .....

	AA	AB	BB
AA	1	1/2	
AB	1/2	1/4	
BB			
2. AB유전자형 빈도 :  $Pq + Qp + \frac{1}{2}Ph + \frac{1}{2}Hp + \frac{1}{2}Qh + \frac{1}{2}Hq + \frac{1}{2}Hh$  ...

	AA	AB	BB
AA		1/2	1
AB	1/2	1/2	1/2
BB	1	1/2	
3. BB유전자형 빈도 :  $Qq + \frac{1}{2}Qh + \frac{1}{2}Hq + \frac{1}{4}Hh$  .....


	AA	AB	BB
AA			
AB		1/4	1/2
BB		1/2	1
4. A유전자빈도 : AA빈도+(AB빈도÷2)

선발된 계통돈의 유지를 위한 계획은 아래와 같이 경우에 따라 분류될 수 있으며, 이에 따라서 다른 교배전략의 수립이 필요하다고 판단된다. 상황1은 계통돈의 후대를 생산해내기 위한 목적을 가지고 있으며, 상황2는 일반 비육돈생산을 위한 목적을 가지고 있다.

(1) 계통돈끼리의 교배

계통돈간 교배시 후대의 유전자빈도는 Table 1-3-8과 같이 예측할 수 있다.

Table 1-3-8. 계통돈간 교배시 후대의 우량유전자빈도 변화 예측(무작위 교배시)

	우량유전자빈도			후대의
	부	모		우량유전자빈도
MG3	1.00	0.97		0.99
MYH5	1.00	0.91		0.95
MYH3	1.00	0.94		0.97
PGC1	0.14	0.15		0.14
PGC2	0.64	0.50		0.57
MyoD1	0.71	0.47		0.59
MC4R	0.71	0.79		0.75
PRLR	0.86	0.56		0.71
ESR	0.29	0.24		0.26

가계도를 고려하여 유전적 조성이 최대한 먼 개체끼리 교배를 시켜야 하고, 가계를 고려했을 때 4개의 교배조합 Line이 만들어지며, 모돈별로 사용하게 될 계통돈의 정액은 아래 Tabel 1-3-9와 같다.

Table 1-3-9. 계통돈 교배시 주입정액 (가계 고려시)

	1	2	3	4
모돈	51-156 51-157 51-159 51-165 51-166 51-167 51-176 51-177 51-178	72-154 71-177	90-171 90-172 90-173	15-183 15-186 15-187
주입정액	30-112	52-127 52-154	72-149	90-189 91-102 91-116

이때 후대의 우량유전자빈도의 변화는 아래와 같이 예측할 수 있다.

Table 1-3-10. 계통돈간 가계를 고려한 계획교배시 후대의 우량유전자빈도 변화 예측

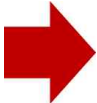
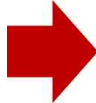

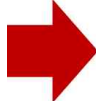
〈조합1〉				〈조합2〉					
	부돈	모돈			부돈	모돈			
	30-112	51-156 51-157 51-159 51-165 51-166 51-167 51-176 51-177 51-178	후대		52-127 52-154	72-154 71-177	후대		
MG3	1.00	0.94		0.97	MG3	1.00	1.00		1.00
MYH5	1.00	0.89		0.95	MYH5	1.00	1.00		1.00
MYH3	1.00	0.94		0.97	MYH3	1.00	1.00		1.00
PGC1	0.00	0.22		0.11	PGC1	0.25	0.00		0.13
PGC2	0.00	0.61		0.31	PGC2	1.00	0.75		0.88
MyoD1	0.50	0.61		0.56	MyoD1	0.75	0.50		0.63
MC4R	1.00	0.89		0.95	MC4R	1.00	0.50		0.75
PRLR	1.00	0.56		0.78	PRLR	0.75	0.75		0.75
ESR	0.50	0.17		0.34	ESR	0.25	0.00		0.13
〈조합3〉				〈조합4〉					
	부돈	모돈			부돈	모돈			
	72-149	90-171 90-172 90-173	후대		90-189 91-102 91-116	15-183 15-186 15-187	후대		
MG3	1.00	1.00		1.00	MG3	1.00	1.00		1.00
MYH5	1.00	1.00		1.00	MYH5	1.00	0.83		0.92
MYH3	1.00	1.00		1.00	MYH3	1.00	0.66		0.83
PGC1	0.00	0.00		0.00	PGC1	0.00	0.17		0.09
PGC2	0.50	0.33		0.42	PGC2	0.00	0.17		0.09
MyoD1	0.50	0.33		0.42	MyoD1	0.50	0.33		0.42
MC4R	0.50	0.83		0.67	MC4R	1.00	0.33		0.67
PRLR	0.50	0.17		0.34	PRLR	1.00	0.83		0.92
ESR	0.00	0.50		0.25	ESR	0.50	0.33		0.42

Table 1-3-10의 결과를 활용하여 후대의 전체 유전자빈도를 계산하여 종합한 결과가 아래 Table 1-3-11과 같다. 계획교배의 조합에 따라 후대의 우량유전자빈도의 변화가 다르게 나타나는데, 조합3을 예로 들면 MG3, MYH5, MYH3 마커는 부돈과 모돈이 모두 우량유전자 동형접합이기 때문에 후대가 모두 우량유전자로 고정될 것이고, 부돈과 모돈이 모두 PGC1 마커의 우량유전자를 가지고 있지 않아 후대의 PGC1 마커의 우량 Allele은 나오지 않을 것이다. ESR 마커는 부돈에서 우량유전자가 없지만 교배되는 모돈에 ESR 마커 우량유전자가 있기 때문에 유전자빈도가 0.25가 될 수 있을 것이라 기대된다.

계획교배시 후대의 우량유전자빈도는 PGC1, PGC2 마커와 같이 무작위교배를 했을 때와 비교했을 때보다 낮아지는 경우가 있다. 그러나 우량유전자 빈도의 상승만을 위해 계획교배를 실시하는 것보다 가계를 고려한 교배가 근친교배의 방지 측면에서 유리할 것으로 판단된다.

**Table 1-3-11. 계획교배시 후대의 유전자형 예측결과**


교배조합 마커	조합1	조합2	조합3	조합4	종합	참고 (무작위교배시)
MG3	0.97	1.00	1.00	1.00	0.98	0.99
MYH5	0.95	1.00	1.00	0.92	0.96	0.95
MYH3	0.97	1.00	1.00	0.83	0.95	0.97
PGC1	0.11	0.13	0.00	0.09	0.09	0.14
PGC2	0.31	0.88	0.42	0.09	0.36	0.57
MyoD1	0.56	0.63	0.42	0.42	0.52	0.59
MC4R	0.95	0.75	0.67	0.67	0.83	0.75
PRLR	0.78	0.75	0.34	0.92	0.72	0.71
ESR	0.34	0.13	0.25	0.42	0.31	0.26



(2) 계통돈의 정액을 일반 농장모돈에 사용할 경우

냉장정액을 인공수정에 사용하는 본 농장의 특성상 계통돈의 정액을 농장내 일반 모돈에 주입하여 비육돈을 생산가능하기 때문에 농장내 일반 모돈과의 교배결과에 대해서도 예측을 해볼 수 있다. 농장내 일반모돈의 유전자 및 유전자형빈도는 선발이 일어나지 않았던 1차년 분석한 기초축군의 자료를 활용하였고, 계통돈과 교배했을 때 후대의 우량유전자빈도는 Table 1-3-12와 같다.

Table 1-3-12. 계통돈(부돈)을 농장내 일반 모돈과 교배시 후대의 우량유전자빈도 변화 예측

	우량유전자빈도			후대의 우량유전자빈도	참고 (계획교배시)
	부	모(비계통)			
MG3	1.00	0.96		0.98	0.98
MYH5	1.00	0.90		0.95	0.96
MYH3	1.00	0.90		0.95	0.95
PGC1	0.14	0.09		0.12	0.09
PGC2	0.64	0.46		0.55	0.36
MyoD1	0.71	0.68		0.70	0.52
MC4R	0.71	0.45		0.58	0.83
PRLR	0.86	0.66		0.76	0.72
ESR	0.29	0.08		0.18	0.31

다. 계통돈 특이 염기다형성을 이용한 관별시스템 마련

(1) 계통돈과 타 품종과의 마커별 유전자형 빈도특성 비교

계통돈과 타 품종과의 마커별 유전자형 빈도특성 비교를 통해 차별성을 확인하기로 하고 대표적 4가지로 구성된 비교용 집단을 마련하여 유전자형 분석을 실시하였다(Table 1-3-13).

Table 1-3-13 계통돈 특이 염기다형성 확인을 위한 비교집단

그룹	그룹명	그룹명칭	두수
그룹1	Berkshire (버크셔)	B	12
그룹2	Duroc (듀록)	D	12
그룹3	Landrace (랜드레이스)	L	12
그룹4	Yorkshire (요크셔)	Y	12
계	총 4 그룹		총 48 두

Table 1-3-14는 타 품종과 계통돈의 마커별 유전자형 빈도를 비교한 결과이다. PGC1 마커는 계통돈 집단에서 C 유전자빈도를 높여온 마커이다. 해당 마커에 대해 버크셔, 듀록, 랜드레이스 3품종에서 CC 유전자형이 나타나지 않았으며, 듀록집단은 TT 유전자형으로 고정되어있었다. 요크셔집단은 C 유전자빈도가 높은 특성을 보이고 있었다. PGC2 마커의 유전자형빈도는 계통돈과 랜드레이스집단이 큰 특성차이를 보이고 있는데, TT, TC 유전자형이 많은 계통돈과는 달리 랜드레이스에서는 TT 유전자형 개체가 한 마리도 없고 CC 유전자형빈도가 0.75로 높은 수치를 보이고 있었다. 외모적으로 비슷한 흑돼지인 버크셔와 계통돈의 특성차이는 MyoD1 과 MYH3 마커에서 확인할 수 있다. 우선 MyoD1 마커는 계통돈에서의 우량유전자 동형접합체인 AA 유전자형빈도가 0.42 인데, 버크셔품종에서는 이형접합체가 매우 높은빈도(0.83)인 것을 확인할 수 있었다. 또한 CC유전자형으로 고정화에 성공한 MYH3마커에서 역시 버크셔품종은 AC유전자형이 0.66으로 높은 빈도를 보이고 있었다. 우량유전자형인 TT 유전자형으로 고정에 성공한 MYH5 마커는 랜드레이스, 요크셔 품종에서 TT 유전자형 개체가 하나도 나오지 않아 계통돈과 차이를 보이고 있었다. 집단에서 우량유전자가 없어 개량대상마커에서 제외되었던 MG5 마커에 대해 타 품종 집단에서 유전자형분석을 한 결과 버크셔, 듀록, 랜드레이스 집단에서도 불량유전자로 고정되어있었고, 요크셔 집단에서만 변이를 보이고 있었기 때문에 요크셔와 구분할 수 있는 마커로 적절할 것으로 판단된다.

Table 1-3-14. 타품종과 계통돈의 마커별 유전자형빈도 비교

PGC1	TT	TC	CC	PGC2	TT	TC	CC
계통돈	<u>0.71 (5)<sup>1</sup></u>	<u>0.28 (2)</u>	<u>0 (0)</u>	계통돈	<u>0.42 (3)</u>	<u>0.42 (3)</u>	<u>0.14 (1)</u>
Berkshire	0.91 (11)	0.08 (1)	0 (0)	Berkshire	0.66 (8)	0.25 (3)	0.08 (1)
Duroc	<u>1 (12)</u>	<u>0 (0)</u>	<u>0 (0)</u>	Duroc	0 (0)	0.16 (2)	0.83 (10)
Landrace	0.58 (7)	0.41 (5)	0 (0)	Landrace	<u>0 (0)</u>	<u>0.25 (3)</u>	<u>0.75 (9)</u>
Yorkshire	0.16 (2)	0.5 (6)	0.33 (4)	Yorkshire	0.58 (7)	0.41 (5)	0 (0)
MyoD1	AA	AC	CC	MYH3	AA	AC	CC
계통돈	<u>0.42 (3)</u>	<u>0.57 (4)</u>	<u>0 (0)</u>	계통돈	<u>0 (0)</u>	<u>0 (0)</u>	<u>1 (7)</u>
Berkshire	<u>0.08 (1)</u>	<u>0.83 (10)</u>	<u>0.08 (1)</u>	Berkshire	<u>0 (0)</u>	<u>0.66 (8)</u>	<u>0.33 (4)</u>
Duroc	0.41 (5)	0.5 (6)	0.08 (1)	Duroc	0 (0)	0.25 (3)	0.75 (9)
Landrace	0.33 (4)	0.58 (7)	0.08 (1)	Landrace	0 (0)	0 (0)	1 (12)
Yorkshire	0 (0)	0.16 (2)	0.83 (10)	Yorkshire	0 (0)	0 (0)	1 (12)
MYH5	CC	TC	TT	MG5	TT	TC	CC
계통돈	<u>0 (0)</u>	<u>0 (0)</u>	<u>1 (7)</u>	계통돈	<u>0 (0)</u>	<u>0 (0)</u>	<u>1 (7)</u>
Berkshire	0 (0)	0.16 (2)	0.83 (10)	Berkshire	0 (0)	0 (0)	1 (12)
Duroc	0 (0)	0.25 (3)	0.75 (9)	Duroc	0 (0)	0 (0)	1 (12)
Landrace	<u>0.58 (7)</u>	<u>0.41 (5)</u>	<u>0 (0)</u>	Landrace	0 (0)	0 (0)	1 (12)
Yorkshire	<u>0.66 (8)</u>	<u>0.33 (4)</u>	<u>0 (0)</u>	Yorkshire	<u>0.16 (2)</u>	<u>0.5 (6)</u>	<u>0.33 (4)</u>

<sup>1</sup>number of animals

(2) 계통돈 특이변이 탐색을 위한 SNP chip 분석계획

생산된 계통돈의 유전적 특성을 확인하기 위해서 조성한 계통의 생산자돈, 농장 내 계통외 자돈 및 국내 타지역 백돼지의 혈액시료 또는 조직시료에서 추출한 DNA를 이용하여 whole genome scan 분석을 실시하여 계통돈 특이변이를 발굴할 예정이다

해당실험을 위한 실험축군은 총 72두로 Table 1-3-15 에 자세히 나타나 있다. 3년간 선발의 결과인 계통돈 중 12두를 선별하고, 농장내 비계통 일반돼지 12두를 부모가 겹치지 않게 선별하였다. 그룹3~6은 제주도내 타농장 흑돼지 24두, 제주도내 백돼지 8두, 내륙에서 유통되고 있는 흑돼지 8두, 내륙에서 유통되고 있는 브랜드 백돼지 8두로 구성되어 있으며, 본 연구실에서 2013년 수행한 ‘PCR을 이용한 농산물 품종식별 분석법 및 유전적 연관관계 연구(제주흑돼지 판별용 DNA표지인자 개발 연구)’에서의 데이터를 본 연구과제의 데이터와 병합하여 분석에 활용하였다.

Table 1-3-15 전장유전체 분석을 위한 실험돈

그룹	그룹명	그룹명칭	두수
그룹1	계통돈	JB	12
그룹2	농장내 계통외 일반 돼지	FOB	12
그룹3	제주도내 타농장 흑돼지	JOB	24
그룹4	제주백돼지	JW	8
그룹5	내륙흑돼지	LB	8 (지리산3, 강원도3, 지례2)
그룹6	내륙백돼지	LW	8
계	총 6 그룹		총 72 두

해당 실험돈의 혈액 및 조직시료에서 추출된 Genomic DNA는 Illumina사의 Porcine 60K SNP chip을 이용하여 전장유전체 분석을 실시했다. Chip분석된 결과는 전용프로그램인 GenomeStudio를 이용하여 시료별 약 65,000개의 genotype을 알 수 있고, P-Link 프로그램을 통해 전장유전체 연관성 연구(Genome-Wide Association Study; GWAS)를 실시할 예정이다.

탐색된 61,565개의 SNP에 대해 Minor Allele Frequency가 0.01 미만, genotype call rate가 0.05미만, 하디와인버그평형 검사를 통한 P-value가 0.000001 미만인 SNP를 Threshold로 지정하여 선별된 SNP들을 이용하여 6개의 그룹간 비교를 수행할 예정이다(Table 1-3-16).


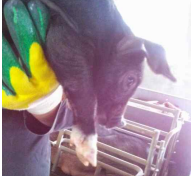




**Table 1-3-16 GWAS 대상 비교그룹**

No.	비교그룹	비고
1	그룹1 VS 그룹2~6	계통돈 VS 타그룹
2	그룹1 VS 그룹2	계통돈 VS 농장내 비계통돈
3	그룹1 VS 그룹3	계통돈 VS 제주도내 타농장 흑돼지
4	그룹1 VS 그룹2+3	계통돈 VS 제주도내 흑돼지
5	그룹1 VS 그룹4+6	계통돈 VS 일반 백돼지(제주도+내륙)
6	그룹1 VS 그룹5	계통돈 VS 내륙흑돼지

라. 유전자분석을 통한 흑모색 고정 여부 확인

본 농장에서 태어나는 자돈의 모색은 아래 Table 1-3-17과 같이 다섯가지로 나눌 수 있다. 제주도에서 흑돼지인증을 받아 ‘흑’ 도장을 받을 수 있는 개체는 전신흘색과 다리부분이 흰 색인 개체(지체백)이며, 흰 모색 얼룩이 과한 개체, 적갈색 적갈색얼룩 개체는 ‘흑’ 도장을 받지 못한다. 본 연구과제에서는 전신흘색인 개체를 선발하여 3세대까지 개량작업을 거쳤다.

Table 1-3-17. 자돈 모색종류

구분	 전신흘색(선발)	 지체백	 얼룩	 적갈색	 적갈색얼룩
비고 (기준)	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="311 884 790 1097">  <p>1. 전체 모색은 검고 머리, 귀만 흰 색 2. 사지 말단(다리)이 흰 띠로 된 경우</p> </div> <div data-bbox="805 884 1437 1097"> <p>흑돼지 인증 X</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 몸 전체가 이모색인 경우</li> <li>2. 몸 전체 흰부분이 1/3 이상인 경우</li> <li>3. 몸 전체에 산발적으로 흰 점이 있는 경우</li> </ol> </div> </div>				

모색을 결정하는 대표적인 유전자는 *MC1R*(Melanocortin 1 receptor)이며, 본 유전자는 야생 멧돼지에서부터 가축화된 돼지에 이르는 개량을 거친 결과 다양한 변이를 가지고 있다. 단백질 을 만드는 코돈 내 변이는 15개의 SNP와 1개의 Indel 의 조합에 따라 01부터 05까지 다섯 개의 주 유전자형으로 크게 나뉘는데, 야생형인 E<sup>+</sup>(01) allele은 붉은색, 노란색의 pheomelanin과 짙은색의 eumelanin을 모두 만들어 흔히 볼 수 있는 멧돼지의 모색으로 나타난다. 여기서 유럽 과 아시아에서 서로 다른 변이방향이 나타나는데, 17, 95, 102, 121, 243번째 코돈에서의 변이 로 인해 eumelanin 만을 생성하는 흑모색 품종이 나타나는데, 이 변이를 E<sup>D1</sup>(02) allele이라 하 고 아시아 품종에서 나타난다. 이에 비해 같은 흑모색 이지만 124번째 코돈에서의 SNP 때문에 eumelanin이 만들어지는 변이를 E<sup>D2</sup>(03) allele이라 하고 이는 유럽품종에서 주로 나타난다. 03 allele에서부터 추가적인 SNP와 함께 22번째 코돈에서의 CC 염기의 삽입으로 인해 단백질생성 이 불완전하게 되는 현상이 일어나는데, 이를 E<sup>P</sup>(05) allele이라 하고, 이러한 개체는 불완전한 단백질합성 때문에 밝은 모색과 검정모색이 함께 나오거나 검정 점이 생기게 된다. 이와는 별 개로 164, 243번째 코돈의 변이가 생기게 되면 pheomelanin만 생성하게 되어 붉은색 모색을 띄고, 이는 e(04) allele 이라 한다. 또한 이 다섯 개의 주 유전자형은 다시 세부적인 변이별로 0101부터 0503까지 총 13개의 보조 유전자형(sub genotype)으로 나눌 수 있다(Table 1-3-18).

Table 1-3-18. *MC1R* 유전자의 변이에 따른 Allele 명명

No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
codon number		4	17	21	22	95	102	117	121	122	124	124	164	166	243	243	301
type	subtype																
E <sup>+</sup>	0101	T	G	G	-	G	T	G	T	G	G	C	C	C	G	G	C
E <sup>+</sup>	0102	T	G	G	-	G	T	G	C	G	G	C	C	C	G	G	C
E <sup>+</sup>	0103	C	G	G	-	G	T	G	C	G	G	C	C	C	G	G	C
E <sup>+</sup>	0104	T	A	G	-	G	T	G	C	G	G	T	C	C	G	A	T
E <sup>+</sup>	0105	T	A	G	-	G	T	A	C	G	G	C	C	C	G	A	T
E <sup>D1</sup>	0201	T	A	G	-	A	C	G	C	G	G	C	C	C	G	A	C
E <sup>D1</sup>	0202	T	A	G	-	A	C	G	C	A	G	C	C	C	G	A	C
E <sup>D1</sup>	0203	T	A	G	-	A	C	G	C	G	G	T	C	C	G	A	C
E <sup>D2</sup>	0301	T	G	G	-	G	T	G	T	G	A	C	C	C	G	G	C
e	0401	T	G	G	-	G	T	G	T	G	G	C	T	C	A	G	C
E <sup>P</sup>	0501	T	G	G	CC	G	T	G	T	G	A	C	C	C	G	G	C
E <sup>P</sup>	0502	T	A	A	CC	G	T	G	T	G	A	C	C	C	G	G	C
E <sup>P</sup>	0503	T	G	G	CC	G	T	G	T	G	A	C	C	T	G	G	C

본 연구진은 *MC1R*의 genotyping을 위한 방법으로 유전자내 변이들을 한번에 파악하기 위하여 Direct sequencing을 택했고, Primer를 제작하였다(Table 1-3-19).

Table 1-3-19. *MC1R* 마커분석을 위한 프라이머 세트 및 PCR 반응조건

Marker	Primer Number	Primer Sequence	Ann <sup>1</sup> (°C)	Size(bp)
<i>MC1R</i>	P21	5'-TCTCCAGGGAAGACTTGGTG-3'	61	988
	P22	5'-GAGAGGTGCAGGAAGAAGGG-3'		

<sup>1</sup>Annealing Temperature

*MC1R* 유전자형 진단을 위한 genotype 대상은 (1)모색별 대표 집단, (2)흑색자돈만을 배출한 부모집단 (3)최종선발계통돈 으로 나누어 선별하였다. 모색은 본 연구과제에서의 선발대상인 전식흑색, 선발대상은 아니지만 제주도내에서 ‘흑’ 자 인증을 받을 수 있는 백색 다리(지제백), 마지막으로 적갈색인 개체를 선별하였고, 아래 Table 1-3-20과 같다.

Table 1-3-20. *MC1R* genotype 대상 집단

그룹	N	모색	비고
모색별 대표	Black	10	전신흑색 Fullsib 모두 전신흑색
	White Leg	12	다리백색 Fullsib 내 다리백색비율 높음
	red	9	적갈색 적갈색 또는 적갈+검정얼룩
흑색자돈배출 부모	8	전신흑색	자돈이 모두 전신흑색
계통돈	17	전신흑색	3마리는 Black집단에서 분석됨
Total	56		

모색에 따른 *MC1R*의 유전자형 분포는 아래 Table 1-3-21과 같다. 집단 내 wild type 유전자는 존재하지 않고, sub genotype 도 발견되지 않았다. 붉은색 털 집단 9두 중 8두는 05 allele의 동형접합체와 05 allele과 04 allele의 이형접합체 1두로 구성되어 있다. 전신 흑모색집단에서는 드물게 1두에서 아시아 유래 흑색 allele인 02 allele이 03 allele과 이형접합체로 있고, 20두가 유럽유래 흑색 allele인 03의 동형접합체, 14두가 03 allele과 05 allele의 이형접합체로 나타났다. 몸통은 흑모색이지만 다리가 백색인 집단은 10두가 03 allele의 동형접합체, 2두가 03 allele과 05 allele의 이형접합체인 것을 확인할 수 있다. 본 농장은 아시아 유래 검정털 모색유전자보다는 유럽유래 검정털 모색유전자가 대부분임을 알 수 있는데, 이는 개량을 위해 외래종을 유입하여 교잡하여 육성하였기 때문이라 추측할 수 있다. 0501 allele은 다리, 얼굴이 흰색인 버크셔 품종에서 자주 나타나는 allele로, 이 역시 본 농장이 경제형질에 대한 개량을 위해 버크셔 품종과 교잡을 해서 육성했기 때문으로 볼 수 있다.



Table 1-3-21. 모색별 *MC1R* genotype

Coat color phenotype	N	<i>MC1R</i> genotype				
		0201/0301	0301/0301	0301/0501	0501/0501	0401/0501
Red	9	-	-	-	8	1
Black	35	1	20	14	-	-
White leg	12	-	10	2	-	-

0201: Dominant Black1; Asian Origin  
 0301: Dominant Black2; European Origin  
 0401: Recessive red  
 0501: Black spotted

05 allele 은 붉은색 털과 검정색 얼룩점을 만들어 내지만 03 allele이 05 allele에 대하여 우성이기 때문에 03 allele과 함께 있으면 그 표현형이 드러나지 않고 흑모색을 띄게 됨을 알 수 있다. 그리고 03 allele은 동형접합체로 있더라도 전신흥모색과 다리백색 개체가 모두 표현형으로 나타나기 때문에 본 과제에서 원하는 전신흥모색 개체를 선별하기는 어려울 것으로 판단된다. 하지만 종축의 유전자형을 알아 03 allele 동형접합체끼리의 교배를 하거나 03/05 이형접합체끼리의 교배를 하지 않는다면 붉은 털을 가진 자돈을 가지지 않을 것으로 기대된다. 이에 실제로 생산된 자돈이 모두 전신 흑색이었던 부모돈의 *MC1R* 유전자형을 살펴본 결과 (Table 1-3-22), 교배에 쓰인 부모돈이 모두 03/03 동형접합체로 나타났다.

Table 1-3-22. 자돈이 모두 흑모색인 부모돈의 *MC1R* genotype

구분	N	<i>MC1R</i> genotype				
		0201/0301	0301/0301	0301/0501	0501/0501	0401/0501
부돈	2	-	<b>2</b>	-	-	-
모돈	6	-	3	3	-	-

02: Dominant Black1; Asian Origin  
 03: Dominant Black2; European Origin  
 04: Recessive red  
 05: Black spotted

계통돈의 *MC1R* 유전자형을 안다면 교배조합을 잘 설정하여 비육돈으로 생산되는 자돈들의 모색을 고정할 수 있을 것으로 판단되기 때문에 계통돈의 *MC1R* 유전자형을 살펴보기로 했다 (Table 1-3-23).

Table 1-3-23. 계통돈의 *MC1R* genotype

구분	N	<i>MC1R</i> genotype				
		0201/0301	0301/0301	0301/0501	0501/0501	0401/0501
계통돈(수)	7	-	6	1	-	-
계통돈(암)	13	1	5	7	-	-

- 02: Dominant Black1; Asian Origin
- 03: Dominant Black2; European Origin
- 04: Recessive red
- 05: Black spotted

종모돈 7두중 6두가 03/03 동형접합체, 1두가 03/05 이형접합체로 나타났는데, 03/03 유전자형을 가진 개체는 어떤 모돈과 교배하더라도 흑돼지 인정마크인 ‘흑’ 도장을 받을 수 있는 개체를 생산해 낼 수 있는 웅돈으로, 흑돼지 인증개체와 비 흑돼지개체의 가격차이가 매우 많이 나는 제주흑돼지 시장에서 큰 이익을 낼 수 있을 것으로 판단된다. 또한 선발된 계통돈의 *MC1R* 유전자형을 고려하여 교배조합을 설정한다면 생산되는 자돈들의 모색을 흑색으로 고정할 수 있게 될 것이다.

## 제 2 절 MAS를 통한 선발계통 조성 및 우수 흑돼지 계통돈 생산

### 1. 흑돼지 계통조성을 위한 기초축군 조성

가. 개체 ID 및 혈통정보 데이터베이스 구축을 통한 농장내 흑돼지 전수에 대한 원종돈 등록

계통등록을 위한 기초작업으로 부계와 모계에 대한 혈통정보 데이터베이스를 구축하기 위하여, 농장 내 흑돼지 전수(부돈 29두, 모돈 509두)에 대한 이각확인을 실시하였고 각기 다른 ID를 보유하도록 하였으며, 이 개체들에 대하여 사단법인 한국종축개량협회에 혈통신청서를 제출하여 원종돈 등록을 완료하였다(Figure2-1-1).

**번식용 씨돼지 혈통 확인서**

구 분 교잡돈  
 확인번호 21301008060 (NN) 성별 수 이포번호 63-4  
 이름 63-4

생년월일 2011년 10월 04일 산차 05  
 등록사돈수 우6 송7 계13 사산0

부 (CX) 36-19	교잡 21008001516 (NN)						
0.6도달일령	일당중체량	동지방두께	로인단면적	정육률	신장자수		
인	g	.0 mm	.0cm	.0%	0		
모 (CX) 27-40	교잡 20902053245 (NN)						
0.6도달일령	일당중체량	동지방두께	로인단면적	정육률	신장자수	평균산자수	종번이유누수
인	g	.0 mm	.0cm	.0%	.0	0	9.0
소유자 제주 서귀포시 남원읍 의귀리 498	길갈농장	오영익					
민식자 제주 서귀포시 남원읍 의귀리 498	길갈농장	오영익					
사육자 제주 서귀포시 남원읍 의귀리 498	길갈농장	오영익					

위와 같이 본회 번식용 씨돼지규정에 의하여 확인함.  
 2013년 06월 22일

사단법인 **한국종축개량협회**

\*\*\* 본 증명서는 원본과 동일함을 증명합니다. \*\*\*

Figure 2-1-1. 농장내 흑돼지 원종돈 등록

실험축군 조성을 위해 농장보유용돈 29두 중 후보돈을 제외하고 종돈으로 쓰이고 있는 용돈 14두를 부계라인 기초축군으로 확보하였고, 제 1세부연구과제와의 연계를 위하여 DNA시료(모근)를 확보하였다. 신속한 계통조성을 위하여 농장에서 보유하고 있는 총 509두의 모돈에서 앞서 언급한 14두의 용돈과 종부된 개체 중 1월에서 4월 내에 출산예정인 모돈 207두를 모계라인 기초축군으로 선정하였고 용돈과 마찬가지로 DNA시료를 확보하였다(Figure2-1-2).

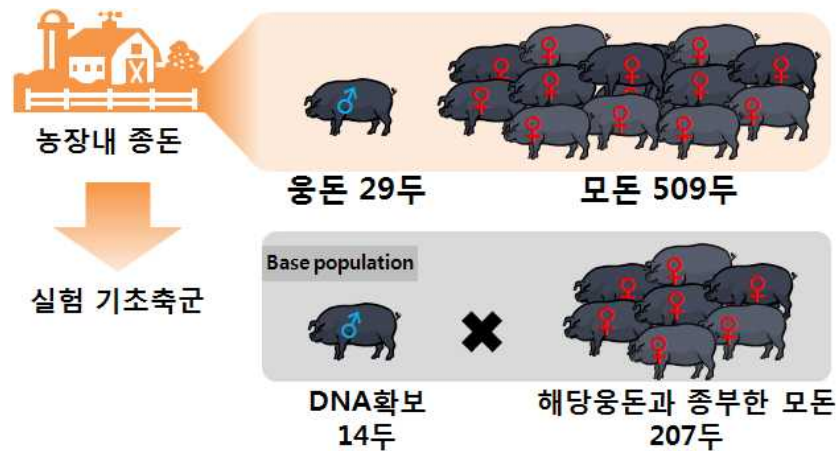


Figure2-1-2. 기초축군 선정

기초축군의 웅돈에서는 90kg 도달일령 및 등지방두께를 검정성적으로 측정하였고, 모돈의 번식능력과 관련해서는 산차와 유두수를 측정하였다(Table 2-1-1). 모돈의 산차는 초산부터 11산차까지 다양했으나 평균이 1.61산차로 1세대 생산시 2산차, 3산차인 모돈이 대다수였다. 유두수는 10개, 12개, 14개, 16개의 변이를 나타냈으며 평균은 13.21개로 12개와 14개의 유두수를 가진 개체들이 많음을 확인할 수 있었다. 향후 태어나는 자돈에 대해서는 종축개량협회 등록기준과 같이 좌, 우 유두수를 따로 기록하기로 하였다.

Table 2-1-1. 기초축군 검정성적 및 번식능력

	N	Mean	Max	Min	Standard Deviation	
웅돈능력	90Kg 도달일령(일)	14	166.97	190.00	146.75	12.76
	등지방두께(mm)	14	12.88	16.60	9.00	2.39
번식능력	산차	207	1.61	11	0	2.39
	유두수	207	13.21	16	10	1.51

계통조성을 위해서는 모색이 일관성있게 나타나야하기 때문에 실험 기초축군에 대하여 모색을 조사하였다(Figure 2-1-3). 웅돈은 모두 흑색으로 이모색이 존재하지 않았고, 모돈 209두 중 175두는 흑색이었으나 15두는 이모색을 나타냈고, 17두는 확인되지 않았다.

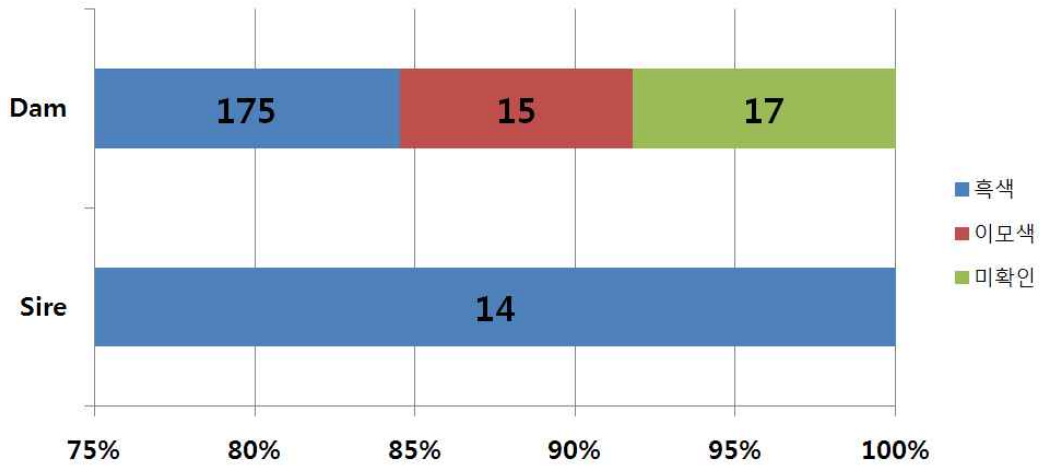


Figure2-1-3. 기초축군 모색분포

계통 조성시에 모색과 마찬가지로 계통의 특색을 나타내는 것이 귀 형태이다. 따라서 실험 기초축군의 귀 형태에 대한 조사를 실시하였고, 귀 형태는 크게 세가지로 분류되었다 (Figure2-1-4). 귀가 위로 서있는 모양을 직립상향, 귀가 서있기는 하나 옆으로 세워져있을 경우 직립전향, 귀가 쳐져있는 모양을 하향으로 명명하였다. 또한 그 귀형태에 대한 기초축군의 분포를 살펴보면 웅돈에서는 직립상향이 5두, 직립전향이 6두, 하향이 3두로 직립전향이 가장 많은 비율을 차지하였고, 모돈에서는 직립상향이 131두로 62.7%의 비율을 보여 가장 많은 것으로 조사되었다. 직립전향은 45두로 21.5%를 차지하였고, 웅돈과 마찬가지로 하향이 가장 작은 비율로 조사되었다.

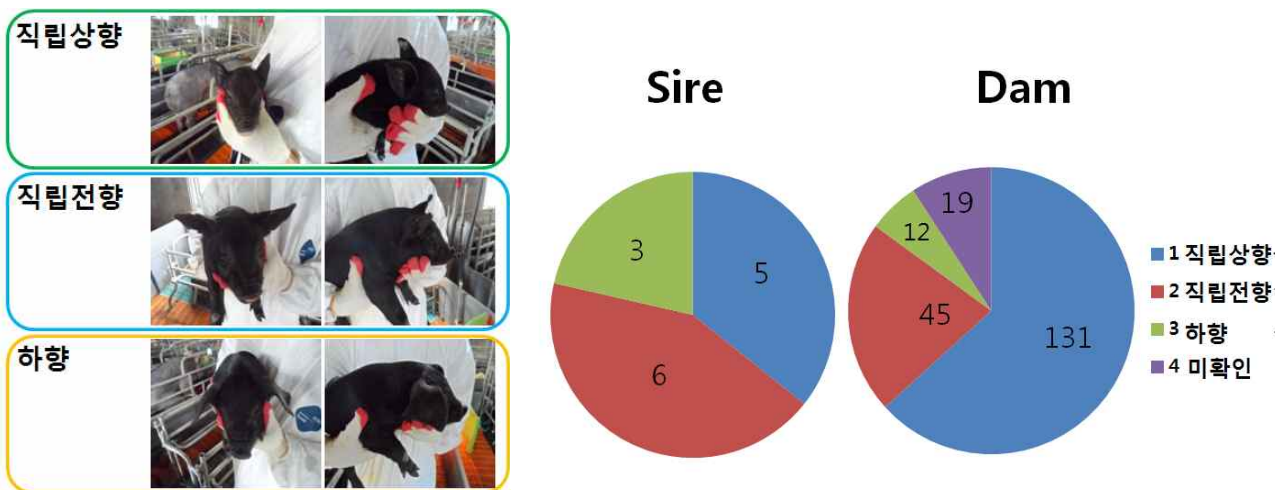


Figure 2-1-4. 농장 내 흑돼지 자돈의 귀형태와 그 분포

나. 유전자형 기반으로 기초축군 조성 및 자돈생산

적육생산능력과 육질이 모두 우수한 제주흑돼지 계통조성을 위하여 제 1세부연구과제의 유전자형 분석결과를 도입하여 실험축군에서 0세대를 선발하였고, 그 결과 후보모돈 209두에서 93두의 모돈이 1세대 생산을 위하여 선발되었다(Figure2-1-5). 최초 웅돈별 모돈 10두 규모를 설계하였으나, 출산시 사고 등으로 인해 최소 1두에서 최대 12두, 웅돈 라인당 평균 6.7두의 모돈이 0세대로 선발되었다.

40-143	80-116	20-108	54-53	63-35	63-4	40-115	60-149	56-32	65-25	0-102	0-196	41-110	60-175	
46-17	66-62	52-63	6-51	28-77	25-71	65-61	61-47	60-83	57-71	47-49	33-43	103-80	58-16	
37-43	51-65	66-54	34-1	8-5	46-3	63-85	66-19	61-29	44-33	57-80	103-42		44-8	
55-97		32-68	30-70	47-26	56-47	63-74	66-81	33-59	57-89	32-67			52-28	
56-30		44-29	54-66	55-14	32-16	63-73	31-29	104-5	23-21	46-0			102-39	
34-43		58-17	56-1	56-73	54-79	48-77	63-34	54-42	34-62	36-64			65-89	
46-27		34-57	36-48	47-9	57-69	48-56	42-83	63-79					65-98	
3-22		57-68	57-79	64-97	66-55	44-11	42-53							
64-35		35-42	31-49	44-12	33-21	35-43	56-4							
			34-91	31-52	103-75	59-5	64-79							
			50-57	101-43	100-182	60-46	103-73							
			153-65	43-30										
				133-75										
계	8	2	8	11	12	10	10	10	6	5	5	2	1	6

Figure 2-1-5. 0세대 선발 및 교배조합구조

93두에서 출산된 1세대의 집단은 아래 Table 2-1-2 와 같다. 한 웅돈당 교배된 모돈의 수는 1두에서 12두 사이로 평균 6.71두가 교배되었고, 모돈의 산자수는 최소 4두에서 최대 16두, 평균 10.88두로 나타났으며, 한 웅돈당 생산된 자돈의 수는 적게는 9두에서 많게는 143두까지 생산되었고, 웅돈 당 평균 자돈 수는 약 73두로 나타났다. 생산된 자돈에 대한 개요는 Figure 2-1-6과 같다.

Table 2-1-2. 1세대 자돈생산 결과

Sire	Dam	Dam/Sire			Progeny/Sire			Progeny/Dam		
		mean	min	max	mean	min	max	mean	min	max
14	93	6.71	1	12	73.43	9	143	10.88	4	16



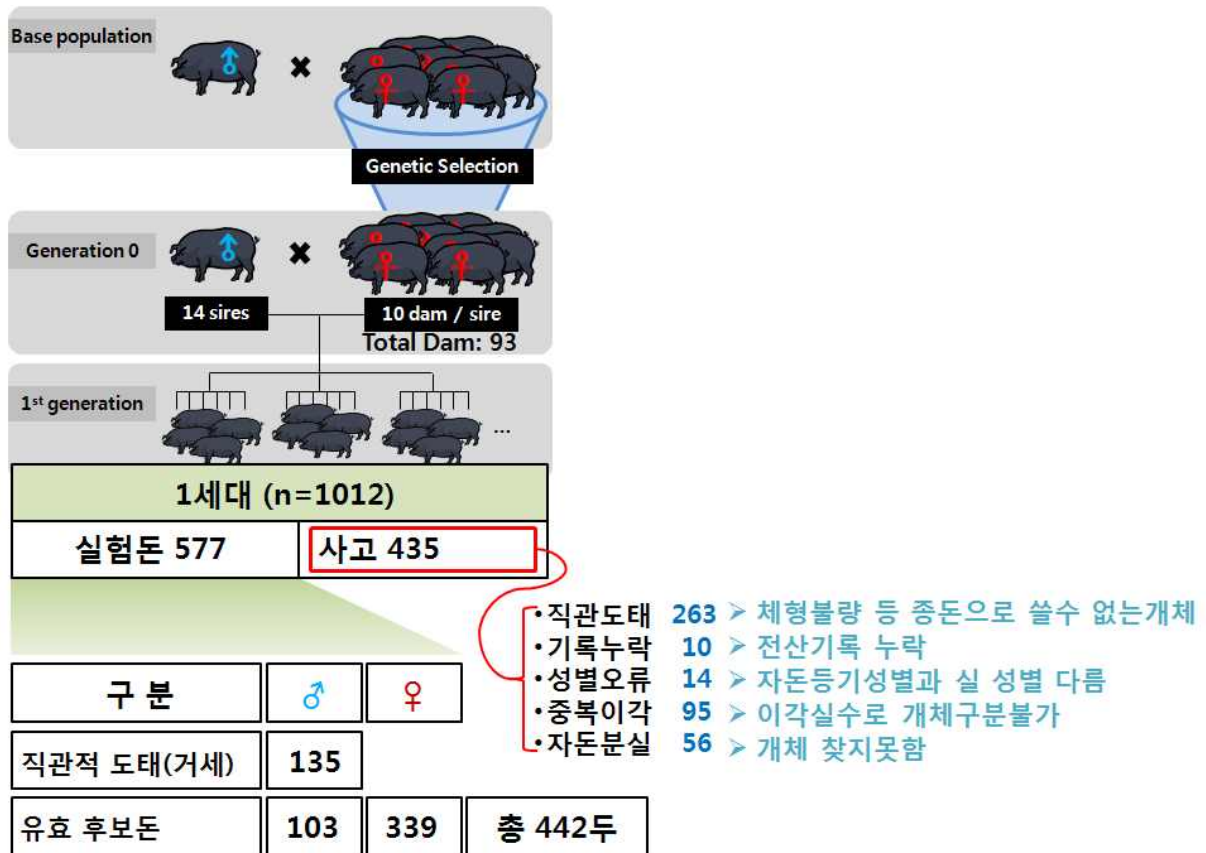


Figure 2-1-6. 1세대 자돈생산 개요

생산된 1,012두의 자돈 중 외모나 체형불량 등으로 인하여 증돈으로 쓰일 수 없는 개체 263 두를 포함하여 435두의 1세대 자돈이 개체 ID가 불분명하거나 개체를 분실하여 유전자형과 생체육질진단기법을 적용할 실험돈으로 사용할 수 없게 되었다. 또한, 실험돈 577두 중 암컷자돈이 339두, 수컷자돈이 238두 생산되었는데, 이중 135두가 생후 14일령에 증돈으로 사용할 수 없을 것 같다는 농장의 직관적 판단으로 거세가 되었다. 이는 유전자형과 생체육질진단기법을 적용하여 선발하겠다는 연구목표에 맞지않은 상황이고, 농장내 실험자돈의 지속적인 관찰관리가 부족했기 때문이라 판단되었다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 농장에 상주하여 실험돈을 전담관리하는 인력을 새로 충원하기로 농기평에 요청하였고 2, 3차년에는 농장내 실험돈관리 연구원이 채용되었다. 그 결과 직관도태, 기록누락개체문제를 해결하였고, 이유시 원형이표를 부착하여 실험돈 분류를 용이하게 하였고 실험돈 전용돈방을 마련하여 분실문제를 해결하였다(Figure 2-1-7).



Figure 2-1-7. 실험자돈 원형이표 착용 및 전용돈방 제작

기초축군의 응돈은 14두로, 응돈당 10두의 모돈을 교배할 계획을 가졌으나, 향후 선발될 모돈들의 초산차이고, 초산모돈의 특성상 발정이 불규칙적이며 번식성적이 저조할 것으로 예상되기 때문에 농장의 경제적 손실을 고려하여 모돈규모를 100두로 줄이고, 교배응돈을 20마리로 수정하였다. 흑돼지의 평균동복자돈수인 8두에서 성별비가 1:1인 것을 감안하였을 때 한 모돈이 생산하는 자돈을 수컷자돈 4두, 암컷자돈 4두로 예상하였다(Figure 2-1-8). 실제 실험돈 생산결과는 Figure 2-1-9과 같으며, 예상치와 근접한 수치라 할 수 있다. 단, 2세대 Dam이 87두인 이유는 과제종료일을 고려해 분만일정을 제한하여 모돈을 선착순으로 선별하였기 때문이다.



Figure 2-1-8. 1세대 선발 및 교배구조 유지계획

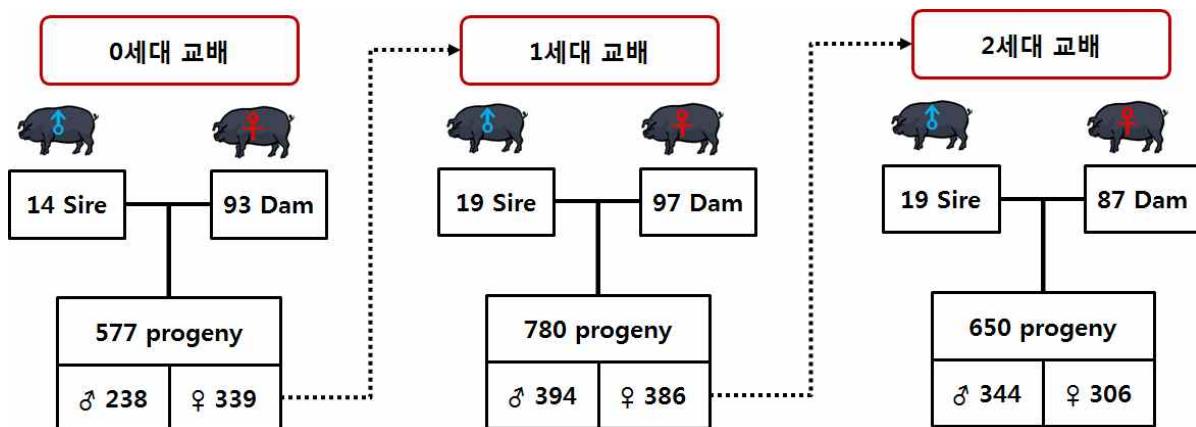


Figure 2-1-9. 실제 자돈생산 결과



다. 흑모색 여부를 포함한 외모심사 및 능력검정

농장 외모심사는 6가지 항목에 대하여 심사를 실시하였다(Table 2-1-3). 모색항목에서는 흑색을 제외한 갈색, 얼룩, 지제백(다리백색)은 외모심사 기준에서 탈락대상으로 선정하였다. 귀모양에 대해서는 3가지 타입으로 나누어진다. 기준에는 귀모양이 상향인 개체, 전향인 개체, 하향인 개체가 있으며, 초기에는 직립전향 귀모양의 고정을 목표로 선발하려 했으나, 돼지의 귀모양이 자리잡아 확정되는 시기가 이윽시 지체됨으로, 조기선발을 위한 일정과 맞지않았기 때문에 하향개체를 도태시키는 방향으로 수정진행하였다. 후보돈의 경우 유두를 확인하여 유두이상, 맹유두를 확인한다. 비슷한 시기에 출생한 자돈들의 체형을 보며 체구가 작거나 위축된일 경우는 외모심사기준에서 탈락된다. 생식기발육(번식능력)에 있어서 작은 생식기를 갖고 있는 경우 또한 농장 외모심사기준에서 탈락되며 위축성비염, 피부병, 골절, 흑(질병관련)등이 있는 경우도 농장 외모심사기준에 의하여 탈락된다.

Table 2-1-3. 농장 외모심사 기준 (항목 및 사진)

	
모색	귀
	
유두	체형
	
생식기	질병

검정돈의 조건은 원종돈등록이 된 종모돈 및 종번돈 사이에서 생산된 자돈으로써 동북 전두수가 자돈등기가 된 종돈에 대해서 검정을 실시한다. 한국종축개량협회의 검정항목 및 검정사진은 Figure 2-1-10에 나타내었다. 검정기간 중 조사사항은 체중이 70-110kg에 도달 하였을 때 체중, 등지방두께, 등심단면적(등심깊이), 종돈의 적격성을 조사하여 체중 90kg을 기준으로 보정한다. 등지방 두께 및 등심단면적은 검정돈의 체중이 90kg전후가 되었을 때 초음파측정기를 사용하여 측정한다. 측정부위는 어깨(제4늑골), 등(최후늑골), 허리(최후요추), 3부분의 정중선에 좌측 또는 우측 5cm 부분을 측정하여 그 평균치를 이용한다. 등지방 두께를 보정하는 방법은 아래 식과 같다.

$$\text{보정된 등지방 두께} = \text{측정시 등지방두께} + \{(90\text{kg}-\text{측정체중}) \times \text{측정시 등지방두께} \div (\text{측정체중}-11.34)\}$$

종돈의 적격성은 일반체형, 사지상태, 번식능력(생식기 발육)등을 종축등록기관이 공고하는 “가축외모심사기준”에 의거하여 심사하였다.



Figure 2-1-10. 종축개량협회 검정

라. 신기술 적용을 위한 타협동과제로의 생체시료 제공

앞서 수집된 자료들은 선발기초자료로써 타세부 및 협동연구 과제팀에 제공되었고, 또한 유전자형 및 근섬유관련 생체육질선발기법을 이용한 선발계통의 기초자료를 생성하기 위하여 모근시료를 제1세부 과제팀에 제공하였다. 실험돈 0세대 웅돈 및 모돈에서 모근을 채취하였고, 모근은 20가닥 이상을 채취하여 지퍼백에 밀봉하여 제1세부과제 팀으로 발송하였다(Figure2-1-11).

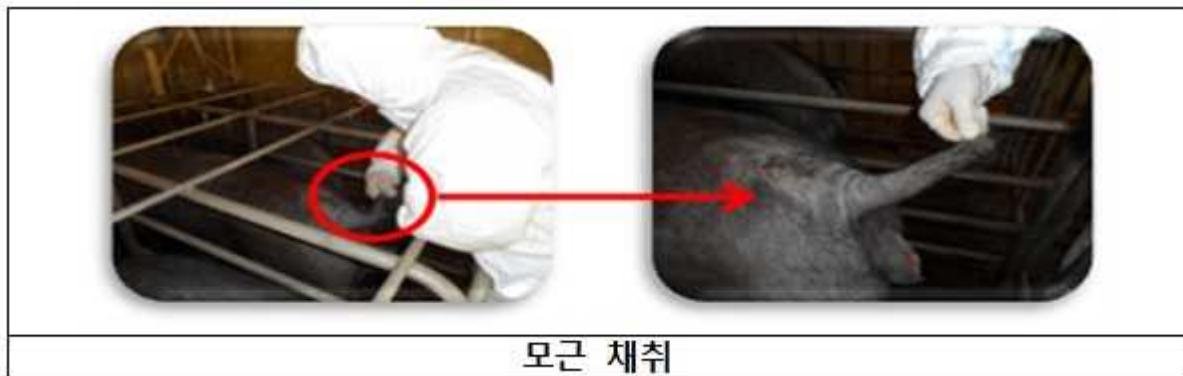


Figure 2-1-11. 모근채취방법

1세대 실험돈에 대한 시료로는 유전자형분석 시료로써 모근시료를 이유체중을 측정하는 시점인 생후21일령에 채취하였고, 제1세부과제 팀에 0세대와 마찬가지로의 방법으로 전달하였다. 근섬유관련 생체육질분석을 위해서 생후 74~184일령에 있는 실험돈의 등심근 샘플을 Biopsy를 이용하여 채취하였다. 일정한 부위를 채취하기 위하여 채취 부위를 선정하였다. 채취부위는 앞다리 뒤쪽 부위를 직선으로 올린선(①)과 척추의 직선(②)이 만나는 지점에서 앞다리방향으로 3cm 부위에 강옥도를 이용하여 샘플 채취 위치를 소독하고 Coaxial needle(Max core C1210B, BARD, USA)을 삽입한다. 그 후 needle부분을 분리한 후 신속하게 Core needle(Max core MC1410, BARD, USA)을 삽입하여 샘플을 3-5회 정도 채취하며 한번 채취 시 약 10-20mg을 채취하여 30~60mg정도의 시료를 채취하였다. 채취한 샘플은 신속히 액체질소에 냉각시킨 후 티슈케이스에 샘플을 넣어 질소에 보관한다. Coaxial needle을 삽입한 부분은 강옥도를 이용하여 소독을 실시한다(Figure2-1-12).





Figure 2-1-12. Biopsy를 이용한 근섬유분석시료 채취 방법

자돈성장에 따른 주요 일정은 Figure 2-1-13 과 같다. 1세대 실험돈에 대하여 이유시 모근시료를 사용하였으나, 향후 이를 개선하여 개체표식을 하는 이각시 떨어져 나가는 귀 시료를 전수 제1세부과제팀인 고려대학교로 전달하였으며, 이를 통해 선발시기를 대폭 단축시켰다. 생체 육질기법을 위한 등심근 Biopsy 시료는 초기 10주령(70일령)을 계획하였으나 대량분석결과, 어린 자돈에게 스트레스가 심한 것으로 판단되어 향후 이를 개선하여 15주령으로 수정하여 실험돈의 스트레스를 최소한으로 줄였다. 또한 도축이 되는 실험돈에 대해서 근섬유특성 및 육질분석에 필요한 등심근을 제공하기로 하였고, 제2협동과제가 등심근을 수거하여 육질분석 및 도체 근섬유특성분석을 실시하였다.

생후일령	3일	8일	15일	21일	105일	195일 (약 90kg)	204일
주요일정	이각	귀모양확인	거세	이유	Biopsy	종료체중측정 한중협 검정	도축
확보시료	이각시료				Biopsy시료		등심근
필요기관	1세부				2협동		2협동
도출DATA	개체ID 유전자형	외모형질		이유체중	생체근섬유 (육질예측)	검정성적 일당증체량	육질, 적육생산능력, 도체근섬유
대상	전 개체	전 개체	선발탈락수컷	전 개체	비거세수컷 외모합격암컷	전 개체	선발탈락돈

Figure 2-1-13. 자돈성장에 따른 주요일정

## 2. 최적교배체계의 확립을 통한 근섬유특화 선발계통 조성

### 가. 최적교배조합에 따른 자돈생산 및 자돈등기

#### (1) 1세대 종축선정 및 2세대 자돈생산

2세대 자돈생산을 위한 1세대 종축선정계획은 Table 2-2-1과 같다. 종모돈 20두, 종빈돈 120두를 선발하여 종모돈 당 모돈 6두씩 교배를 실시, 최종 분만순서에 맞게 5두를 선발하여 최종 20×5 Structure를 유지함을 목표로 하고 있다.

Table 2-2-1. 종축선정계획

종모돈	종빈돈	
	교배사용	최종선발
20	120	100

흑돼지 모돈의 일반적인 포유개시두수를 8두라고 가정하면 교배구조와 자돈의 Structure는 Table 2-1-2와 같다. 부돈당 평균 5두의 모돈이 교배되어 부돈1두당 자돈은 평균 40두, 총 800두의 자돈이 생산될 것으로 예상된다.

Table 2-1-2. 1세대의 교배결과 예상치

Sire	Dam	Dam/Sire			Progeny/Dam (포유개시두수)			Progeny/Sire		
		mean	min	max	mean	min	max	mean	min	max
20	100	5	-	-	8	-	-	40	-	-

(가) 1세대 종모돈 선정

실험돈의 성성숙시점까지 사육완료되어 관리된 수컷자돈은 Table 2-2-3에 정리되어있다. 종모돈 후보 16두가 선별되었으며, 계획된 가계구조를 완성하기 위해 농장내 사육되고 있는 옹돈을 추가적으로 선별하여 최종 20두를 선정하였다. 총 20두의 옹돈에 대해 인공수정용 정액채취를 위한승가훈련 및 정액상태 확인작업을 실시하였으며, 이를 통해 정자상태가 불량한 03-137을 제외한 19두가 최종 종모돈으로 선정되었다.

Table 2-2-3. 1세대 선발옹돈

No.	이각	부	모	비고
1	43-149	54-53	6-51	
2	03-125	80-116	66-62	
3	23-141	63-35	56-73	
4	23-164	63-35	55-14	
5	03-131	63-4	54-79	
6	83-102	56-32	33-59	
7	24-106	0-102	47-49	
8	24-148	0-102	32-67	
9	65-121	40-143	3-22	
10	45-112	20-108	44-29	
11	83-156	60-149	42-53	
12	65-145	40-115	48-56	
13	84-110	60-175	52-28	
14	45-152	54-53	153-65	
15	24-145	0-196	103-42	
16	<b>03-118</b>	63-4	43-95	신규
17	<b>82-160</b>	56-32	61-29	신규
18	<b>02-189</b>	63-4	52-58	신규
19	<b>41-111</b>	54-53	47-78	신규
20	<b>03-137</b>	<b>63-4</b>	<b>56-47</b>	(도태)

(나) 1세대 종빈돈 선정

성성숙 시점까지 사육 완료되어 관리된 암컷 실험돈은 Table 2-2-4에 정리되어있다. 농장내 산재되어 사육되고 있는 실험돈의 현황집계결과, 생식기상태, 유두상태 등을 고려하여 모든으로 사용할 수 있다고 판정된 개체는 총 50두로, 최종선발목표두수에 크게 미치지 못함을 알 수 있다. 이는 1차년도 연구시 실험돈에 대한 분리사육 미실시 및 상주연구직원 부재로 인한 문제로 판단되며, 이에 대해 해당 2차년도 연구부터는 상주연구직원채용, 실험돈의 분리사육 및 철저한 기록관리를 실시하여 해당 문제점을 해결했다.

Table 2-2-4. 성성숙시점까지 관리사육된 1세대 암컷실험돈

No.	이각	No.	이각	No.	이각	No.	이각	No.	이각
1	82-149	11	03-184	21	44-179	31	45-111	41	45-161
2	82-150	12	82-188	22	44-180	32	45-120	42	06-116
3	43-167	13	44-132	23	24-127	33	65-136	43	24-139
4	43-172	14	23-187	24	24-142	34	65-138	44	06-123
5	43-173	15	23-189	25	24-143	35	65-135	45	06-127
6	43-190	16	63-168	26	24-147	36	83-179	46	06-199
7	23-140	17	63-188	27	24-158	37	83-193	47	65-183
8	23-148	18	63-190	28	83-119	38	84-114	48	45-172
9	43-197	19	64-120	29	65-115	39	24-107	49	45-174
10	03-154	20	82-176	30	06-169	40	45-158	50	65-187

부족한 교배구조를 완성시키기 위해 불가피하게 농장내 사육되고 있는 모돈을 선정하여 사육기로 하였다. 신규도입된 모돈의 선별기준은 아래와 같다.

1. 모든 모색이 흑색일 것
2. 직립상향 또는 직립전향 귀를 가질 것
3. 산차가 5산차 이하일 것(노산개체 제외)
4. 1차년도에 사용된 0세대 종빈돈이 아닐 것(근친교배 방지)



기준에 부합하여 최종적으로 선별된 개체는 75두이며, 해당개체의 산차를 포함한 데이터는 Table 2-2-5 에 정리되어 있다. 이를 1-1세대라 칭하기로 하였다. 해당개체에 대해 모근시료를 1세부과제에 발송하여 유전자분석을 실시하였으며, 대부분 포유기간 또는 임신중인 모돈이었으므로 Biopsy 분석은 실시하지 않았다. 이를 통해 기존실험돈 50두와 신규도입모돈 75두, 총 125두의 종빈돈이 선별되었다.

Table 2-2-5. 1세대 교배모돈(신규도입)

No.	이각	산차	No.	이각	산차	No.	이각	산차	No.	이각	산차	No.	이각	산차
1	81-174	1	16	55-2	4	31	01-141	2	46	61-159	2	61	60-147	0
2	65-67	3	17	81-118	2	32	61-165	1	47	61-115	1	62	66-32	3
3	22-156	1	18	66-19	3	33	22-132	1	48	01-134	2	63	01-176	2
4	42-143	1	19	67-36	2	34	82-115	1	49	22-152	1	64	00-182	3
5	62-126	1	20	21-145	2	35	55-7	5	50	81-108	2	65	40-106	3
6	01-160	2	21	62-67	4	36	81-114	2	51	01-118	2	66	66-117	0
7	62-61	4	22	54-4	5	37	81-179	1	52	01-166	2	67	40-160	3
8	60-81	4	23	02-139	1	38	61-124	2	53	42-158	1	68	07-139	0
9	22-165	1	24	52-25	.	39	65-19	3	54	62-141	1	69	21-157	2
10	59-35	4	25	54-45	5	40	81-111	2	55	01-174	2	70	20-197	2
11	62-127	1	26	20-182	2	41	21-155	2	56	82-100	1	71	02-185	1
12	51-49	5	27	61-85	4	42	66-96	3	57	62-140	1	72	61-173	2
13	89-101	3	28	02-145	1	43	01-138	2	58	56-12	5	73	82-131	0
14	65-13	3	29	82-109	1	44	02-132	1	59	62-62	4	74	24-126	0
15	65-49	3	30	61-58	4	45	04-1	.	60	01-123	2	75	02-198	.

(다) 교배조합 설정

인공수정실패율 또는 수태실패를 고려하여 웅돈당 6두 이상의 종부를 계획하였으며, 1세대의 교배계획과 2세대 생산계획의 개요는 Figure 2-2-1과 같다. 기존실험돈은 랭킹에 맞춘 교배조합에 따라 종부를 실시하고, 신규도입된 모돈에 대해서는 농장의 정액생산 가능일정을 고려하여 1주에 15두, 총 5주동안 분산종부를 계획하고 교배조합을 설정했다.

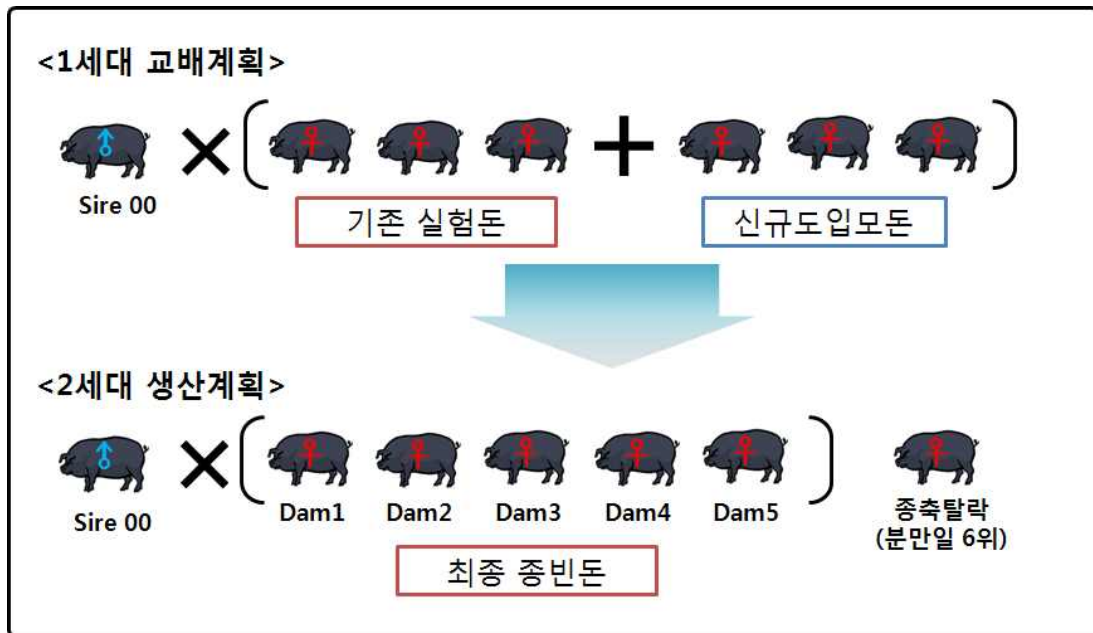


Figure 2-2-1. 1세대 교배를 통한 2세대 생산계획 개요

최종설정된 교배조합은 Table 2-2-6과 Table 2-2-7에 정리되어 있다. 인공수정 20일후 모돈의 상태를 확인하여 재발/공태/임신후정 으로 분류하여 관리했으며, 2차 수태실패 또는 장기휴양, 미발정 개체들이 존재하는 웅돈라인에 대해 추가적인 종부를 실시했다. 이에 Sire 6(83-102)는 총 10두, Sire 10(82-106)은 총 8두가 교배되었다.

Table 2-2-6. 1세대 교배조합설정 (Sire 1~9)

sire \ dam	Sire1	Sire2	Sire3	Sire4	Sire5	Sire6	Sire7	Sire8	Sire9
	dam	83-156	45-112	03-125	23-164	65-121	83-102	03-118	23-141
<b>Dam1</b>	01-141	67-36	61-165	81-179	81-111	65-13	43-167	62-67	65-49
<b>Dam2</b>	43-190	61-124	82-115	01-123	82-109	81-118	55-2	03-154	21-155
<b>Dam3</b>	02-145	65-19	44-179	61-159	45-174	62-141	54-4	02-139	24-139
<b>Dam4</b>	61-58	06-116	42-158	65-115	01-118	01-174	23-140	03-184	84-114
<b>Dam5</b>	24-158	23-148	24-143	65-187	06-199	02-185	54-45	64-120	43-173
<b>Dam6</b>	40-106	66-117	56-12	22-132	82-149	82-131	45-172	81-174	61-85
<b>Dam7</b>	06-169	82-176				01-166			
<b>Dam8</b>						06-127			
<b>Dam9</b>						43-172			
<b>Dam10</b>						52-25			

Table 2-2-7. 1세대 교배조합설정 (Sire 10~19)

sire \ dam	Sire10	Sire11	Sire12	Sire13	Sire14	Sire15	Sire16	Sire17	Sire18	Sire19
	dam	82-160	43-149	03-131	24-106	02-189	41-111	84-110	24-145	65-145
<b>Dam1</b>	23-187	82-188	23-189	66-19	62-126	59-35	22-152	82-150	43-197	65-138
<b>Dam2</b>	55-7	66-96	62-127	62-61	65-67	89-101	02-132	24-127	81-108	63-168
<b>Dam3</b>	02-198	45-120	63-188	60-81	22-165	01-160	45-161	83-119	01-134	62-140
<b>Dam4</b>	24-107	81-114	42-143	66-32	22-156	51-49	44-132	01-138	61-115	62-62
<b>Dam5</b>	01-176	21-145	44-180	45-158	24-142	65-136	21-157	00-182	65-183	24-126
<b>Dam6</b>	40-160	63-190	07-139	60-147	24-147	06-123	65-135	20-197	82-100	83-179
<b>Dam7</b>	45-111		61-173					04-1		83-193
<b>Dam8</b>	20-182									

종부는 2013년 11월 6일부터 2014년 2월 20일까지 실시되었다. 모든의 발정확인은 오전07시, 16시 2회 실시하였으며, 발정확인이 된 암컷에 대해 12시간 간격으로 총 3회에 걸쳐 인공수정을 실시했다(Figure 2-2-2). 인공수정결과 확인(재발정, 임신여부확인)은 교배 20일 후에 실시하였으며, 이를 통해 재발정/생식기혈농/장기공태 등 수태실패개체를 걸러내는 작업을 실시하였다. 교배작업부터 임신확인, 분만까지의 모든 일정은 종부 현황표를 제작하여 관리하였으며(Figure 2-2-3), 매일 각 세부과제와 종부현황자료공유 및 보고체계를 마련하였다.

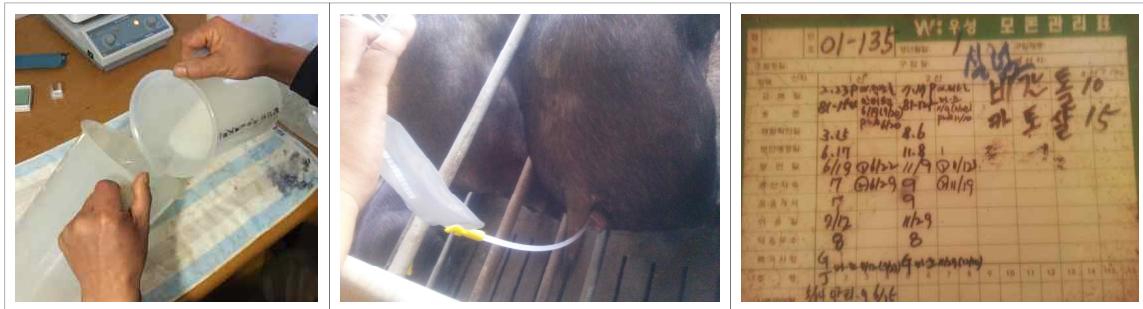


Figure 2-2-2. 정액희석, 인공수정 및 모돈관리카드 기록작성

Sire No.	1	2	3	4
이각	83-156	45-112	3-125	23-164
Dam/Sire	5	4	6	5
이각	2-145	67-36	44-179	81-179
위치(상태)	분만	분만	분만(초)	분만
중부일	11.19P	11.19P	12.11A	11.20A
재발확인일	12.09	12.09	12.31	11.1
분만일	03.13	03.13	04.04	03.14

Figure 2-2-3. 종부현황표 제작 및 관리

Table 2-2-8은 최종 정리된 교배성적이다. 총 125두의 교배모돈 중 21두가 1차 인공수정에 실패했으며, 해당 개체 중 15두는 장기공태, 생식기 혈농, 2차 인공수정실패 등으로 도태가 되었다. 미경산돈이 경산돈에 비해 상대적으로 재발교배율이 높았으나, 수태실패율은 각각 12.7%와 11.4%로 비슷한 경향을 보이고 있었다. 2세대 종부가 성공적으로 이루어지고, 3세대 실험돈

군의 세대내 간격이 줄어들기 위해서는 인공수정 1회만에 임신성공개체 5두를 목표로 해야하  
므로 2차년도 2세대 실험돈의 교배에 사용할 종빈돈을 웅돈당 7두로 설정했으며, 그 근거는 아  
래와 같다.

$$\begin{aligned} \text{교배모돈} \times \text{교배1회임신성공률} &= \text{목표종빈돈 5두} \\ 7\text{두} \quad \times \quad 74.5\% &= 5.25\text{두} \end{aligned}$$

Table 2-2-8. 1세대 종모/종빈돈 교배성적

구분	미경산돈(n=55)	경산돈(n=70)	합계(n=125)
분만율	72.7% (40/55)	81.4% (57/70)	77.6% (97/125)
재발교배율	25.5% (14/55)	10.0% (7/70)	16.8% (21/125)
수태실패율 (장기공태/혈농)	12.7% (7/55)	11.4% (8/70)	12.0% (15/125)

최종적으로 선발된 종축은 아래 Table 2-2-9, Table 2-2-10 와 같다. 웅돈이 1두 도태되었기  
때문에 Sire당 평균모돈이 5두이상임을 확인할 수 있다. Figure 2-2-4 는 모든 모돈의 분만일정  
표인데, 1세대의 교배결과 세대내 간격이 10주로 비교적 긴 편이며, 이는 1차 수태실패로 인한  
분만일정 지연이 큰 요인으로 작용하고 있다고 판단된다.

Table 2-2-9. 최종선발된 1세대 종축(Sire 1~9)

sire \ dam	Sire1	Sire2	Sire3	Sire4	Sire5	Sire6	Sire7	Sire8	Sire9
	dam	83-156	45-112	03-125	23-164	65-121	83-102	03-118	23-141
Dam1	01-141	67-36	61-165	81-179	81-111	65-13	43-167	62-67	65-49
Dam2	43-190	61-124	82-115	01-123	82-109	81-118	55-2	03-154	21-155
Dam3	02-145	65-19	44-179	61-159	45-174	62-141	54-4	02-139	24-139
Dam4	61-58	06-116	42-158	65-115	01-118	01-174	23-140	03-184	84-114
Dam5	24-158	23-148	24-143	65-187	06-199	02-185	54-45	64-120	43-173
Dam6							45-172		61-85
중빈돈 제외	40-106	66-117				82-131			
도태 불임/공태/휴양/월농	06-169	82-176		22-132	82-149	01-166 06-127 43-172 52-25		81-174	
기타 (중부실수)			56-12						

Table 2-2-10. 최종선발된 1세대 종축(Sire 10~19)

sire \ dam	Sire10	Sire11	Sire12	Sire13	Sire14	Sire15	Sire16	Sire17	Sire18	Sire19
	dam	82-160	43-149	03-131	24-106	02-189	41-111	84-110	24-145	65-145
Dam1	23-187	82-188	23-189	66-19	62-126	59-35	22-152	82-150	43-197	65-138
Dam2	55-7	66-96	62-127	62-61	65-67	89-101	02-132	24-127	81-108	63-168
Dam3	02-198	45-120	63-188	60-81	22-165	01-160	45-161	83-119	01-134	62-140
Dam4	24-107	81-114	42-143	66-32	22-156	51-49	44-132	01-138	61-115	62-62
Dam5	01-176	21-145	44-180	45-158	24-142	65-136	21-157		65-183	
Dam6		63-190								
중빈돈 제외	40-160 45-111		07-139 61-173					00-182 20-197		24-126 83-179 83-193
도태 불임/공태/휴양/월농	20-182			60-147	24-147	06-123	65-135 (실산 0)	04-1	82-100	



No.	분만 (종부+114)	Sire1	Sire2	Sire3	Sire4	Sire5	Sire6	Sire7	Sire8	Sire9	Sire10	Sire11	Sire12	Sire13	Sire14	Sire15	Sire16	Sire17	Sire18	Sire19	출산두수		
1	3/10		67-36																			12	
2	3/11										82-188												
3	3/12																						
4	3/13	2-145 1-141	61-124		81-111 82-109																		
5	3/14	43-190	65-19		81-179			43-167										82-150					
6	3/15																					13	
7	3/16																						
8	3/17																						
9	3/18	61-58																					
10	3/19									3-154		23-187										17	
11	3/20					65-13	55-2 54-4		65-49	55-7													
12	3/21					81-118			2-139 62-67	21-155		66-96											
13	3/22								3-184		2-198		23-189										
14	3/23								4두굽														
15	3/24																						
16	3/25																						
17	3/26												62-127										
18	3/27							23-140					42-143	66-19	65-67 62-126	89-101			43-197				
19	3/28												63-188			59-35							
20	3/29																					9	
21	3/30												62-61	22-156 22-165	01-160 51-49								
22	3/31																						
23	4/1																						
24	4/2																22-152						
25	4/3					45-174										65-136			81-108	65-138			
26	4/4			44-179 61-165 82-115		62-141										5두굽	2-132						
27	4/5																						
28	4/6										24-139												
29	4/7																				82-106 종단조양		
30	4/8											84-114	45-120	81-114									
31	4/9																						
32	4/10							6-427 종단조양							24-447 종단조양	45-161					58-43 종단조양		
33	4/11				1-123 61-159							21-145	60-81 66-32							61-115 1-134	63-168		
34	4/12											63-190										62-140	
35	4/13											6두굽					44-132	24-127			62-62	4두굽	
36	4/14								54-45														
37	4/15																						
38	4/16											43-173 61-85											
39	4/17	24-158				01-118																	
40	4/18	5두굽		42-158																			
41	4/19						01-166 도태						5두굽										
42	4/20																						
43	4/21		6-116																				
44	4/22		23-148		65-115	6-199																	
45	4/23		5두굽			5두굽																	
46	4/24																				83-119		
47	4/25																				1-138		
48	4/26						01-174											66-426 상기			4두굽		
49	4/27																						
50	4/28											24-107				44-158							
51	4/29																						
52	4/30																						
53	5/1																						
54	5/2																						
55	5/3																						
56	5/4																						
57	5/5																						
58	5/6																						
59	5/7																						
60	5/8																						
61	5/9																						

Figure 2-1-4. Sire Line별 모든 분만일정표

(라) 2세대 자돈생산 결과

1세대 종축의 교배 Structure는 Table 2-2-11에 나타나 있다. 종모돈 19두와 종빈돈 96두가 교배되었으며, 기존 계획했던 종모돈 20두, 종빈돈 100두에는 미치지 못하지만 목표수치에 근접했다고 볼 수 있다. 웅돈당 모돈 평균 5두가 교배되었는데, 이는 계획된 수치와 일치하지만, 정액상태 불량문제로 웅돈 1두가 도태되었기 때문에 교배상대를 잃은 5두의 모돈은 나머지 웅돈들과 대체교배가 되어 이론상 Dam/Sire 평균수치는 5.3두( $100 \div 19$ )가 되어야 하지만, 수태실패 등의 예상치 못한 문제로 인해 웅돈 당 교배모돈수가 4두인 라인도 생기게 되었다. 웅돈 라인별 자돈은 평균 41.26마리, 동복 당 자손은 포유개시두수 기준 평균 8.2두로, 1협동과제인 길갈농장의 평균 번식능력(포유개시 8두)보다 0.2두 높았으나, 최고와 최댓값의 폭이 커서 라인별로 선발자돈 부족현상이 생길 가능성이 있다고 판단된다.

Table 2-2-11. 1세대 종축의 교배 Structure

Sire	Dam	Dam/Sire			Progeny/Sire			Progeny/Dam (포유개시두수)		
		mean	min	max	mean	min	max	mean	min	max
19	96	5.05	4	6	41.26	31	59	8.17	2	14

Table 2-2-12은 1세대 종축의 분만성적을 종합한 결과이다. 목표한 교배구조를 충족시키기 위해 모든의 신규도입이 있었기 때문에 미경산돈과 경산돈으로 분류하여 분석했다. 복당총산자수는 미경산돈이 평균 9.1두, 경산돈이 평균 9.6두로 약 0.5두가 차이 났으며, 포유개시전 도태두수는 각각 1.2두, 1.3두로 비슷했다. 그러나 국내 양돈농가(전산기록농가기준, 한돈협회 2013)의 번식성적 평균인 총산 11.4두, 실산 10.6두에 크게 못 미치고 있으며, 이는 흑돼지의 특성에서 나오는 격차라고 판단된다. 복당 이유자돈은 미경산돈 평균 7.6두, 경산돈 평균 8.1두로 0.5두 차이가 났으며, 국내 양돈농가의 평균 이유두수인 9.6두와 크게 차이나지만, 이유전 폐사율은 약 4%로 국내양돈농가의 이유 전 폐사율인 9.4% 보다 낮은 것을 알 수 있다.



Table 2-2-11. 1세대 종축의 분만성적

구분	미경산돈(n=39)			경산돈(n=57)			합계(n=96)			국내 평균
복당총산자수	9.1±2.2			9.6±2.6			9.4±2.5			11.4
복당생존자돈	암	수	계	암	수	계	암	수	계	10.6
	3.9±2.1	4.0±1.8	7.9±2.2	4.2±2.1	4.2±2.0	8.4±2.6	4.1±2.1	4.1±1.9	8.2±2.4	
포유전 도태 (사산/기형/체미/미라)	평균1.2두			평균1.3두			평균1.3두			
복당이유자돈	평균7.6두			평균8.1두			평균7.9두			9.6
이유전폐사율	4.0%			3.8%			3.8%			9.4

Figure 2-2-5와 Figure 2-2-6은 종축개량협회에 자돈등기신청화면과 신청결과 개체정보조회 결과이다. 모든 실험돈들은 생후 3일령 이각이 실시되었으며, 부모정보, 분만산차, 유두수, 이 유일령과 이유일, 동복형매의 포유개시두수, 이유두수, 포유개시전 도태두수기록과 함께 종축개 량협회에 자돈등기신청을 거쳤으며, 전 실험돈에 대해 자돈등기가 완료되었다.

Figure 2-2-5. 종축개량협회 자돈등기신청화면

등록번호	등록구분	성별	품종	이각번호	(나라) 개체명호	생년월일	산차
21409047525	번식용 교잡돈	수	교잡돈	25-199	(한국) 25-199	2014-03-14	01
구분	(나라) 등록번호 (PSS여부)	생년월일	이각번호	명호			
└ 조부	(한국) 21301008060	2011-10-04	63-4	-			
부	(한국) 21306018043NN	2013-01-21	3-118				
└ 조모	(한국) 21012004472	2010-10-30	43-95				
└ 외조부	(한국) 21107001999	2011-04-15	54-53				
모	(한국) 21306017757 미검사	2013-01-24	43-167				

Figure 2-2-6. 종축개량협회 자돈등기결과

(2) 2세대 종축선정 및 3세대 자돈생산

3세대 자돈생산을 위한 2세대 종축선정계획은 Table 2-2-12와 같다. 종모돈 20두는 동일하지  
만 종빈돈은 앞선 1세대의 결과를 피드백하여 140두를 선발하여 종모돈 당 모돈 7두씩 교배를  
실시, 최종 분만순서에 맞게 5두를 선발하여 최종 20×5 Structure를 유지함을 목표로 하고 있  
다.

Table 2-2-12. 최종 수정된 종축선정계획

종모돈	종빈돈	
	교배사용	최종선발
20	140	100

(가) 2세대 종모돈 선정

교배를 위한 승가훈련과 정액활성도 테스트를 마쳐 최종 선발된 2세대 종모돈은 Table  
2-1-13과 같다.

Table 2-2-13. 1세대 선발용돈

No.	이각	부	모	비고	No.	이각	부	모	비고
1	10-120	83-156	02-145		11	47-159	24-145	82-150	
2	10-145	82-160	55-07		12	47-178	24-148	65-49	
3	10-179	84-110	22-152		13	48-107	23-141	02-139	
4	10-190	84-110	02-132		14	48-133	24-106	62-61	
5	11-137	83-102	01-174		15	48-176	23-164	61-159	
6	25-199	03-118	43-167		16	67-193	45-112	61-124	
7	26-168	02-189	65-67		17	68-142	41-111	89-101	
8	26-178	03-131	42-143		18	69-132	45-152	62-140	
9	27-102	03-125	82-115		19	86-187	65-121	81-111	
10	27-120	03-118	54-45		20	87-132	65-145	01-134	

(나) 2세대 종빈돈 선정

목표 교배조합을 위하여 선발된 종빈돈은 총 118두로, 아래 Table 2-2-14와 같다. 계획대비 선발된 모돈이 적은 이유는 크게 두가지 이유가 있다. 우선 첫째로, 선발후보에 올랐으나 교배할 수 있는 적기까지 건강히 성장해야 한다는 조건에 부합하지 않아 도축을 당한 경우, 그리고 두 번째로는 모돈으로 사용하기 위해서는 생식기나 다리상태를 확인하여 모돈으로 사용할 수 없는 상태인 개체들을 제외해야 하는데, 해당과정에서 사용불가판정을 받은 개체가 다수 존재하였기 때문이다

향후 미경산돈을 연구용 모돈으로 선발할 때 규모설계를 하려면 분만성공률 뿐 아니라 외모심사를 통한 합격률도 함께 고려해야 할 것으로 판단된다.

Table 2-2-14. 2세대 교배모돈

No.	earID	No.	earID	No.	earID	No.	earID
1	10-101	31	26-119	61	48-109	91	68-196
2	10-106	32	26-120	62	48-111	92	69-106
3	10-115	33	26-125	63	48-112	93	69-123
4	10-116	34	26-128	64	48-119	94	69-154
5	10-137	35	26-130	65	48-121	95	69-155
6	10-140	36	26-131	66	48-122	96	69-156
7	10-141	37	26-147	67	48-123	97	69-160(1)
8	10-142	38	26-148	68	48-148	98	69-161(1)
9	10-159	39	26-149	69	48-158	99	69-162(1)
10	10-160	40	26-160	70	48-180	100	69-164(1)
11	10-161	41	26-197	71	48-181	101	69-165
12	10-184	42	27-105	72	48-194	102	78-126
13	11-101	43	27-114	73	48-196	103	86-183
14	11-103	44	27-115	74	49-108	104	86-186
15	11-105	45	27-122	75	49-109	105	86-191
16	11-111	46	27-123	76	49-121	106	86-194
17	11-114	47	27-133	77	49-124	107	87-104
18	11-119	48	27-134	78	49-151	108	87-105
19	11-123	49	27-149	79	49-152	109	87-110
20	11-142	50	47-155	80	67-197	110	87-125
21	11-156	51	47-166	81	68-117	111	87-126
22	11-166	52	47-167	82	68-130	112	87-127
23	11-167	53	47-173	83	68-137	113	87-129
24	25-198	54	47-189	84	68-138	114	87-130
25	26-105	55	47-190	85	68-142	115	87-143
26	26-110	56	47-192	86	68-153	116	87-146
27	26-111	57	47-197	87	68-158	117	87-152
28	26-112	58	47-198	88	68-166	118	87-156
29	26-113	59	47-199	89	68-170		
30	26-118	60	48-108	90	68-191		

(다) 교배조합

앞서 서술한 118두에 대해 1세부과제, 2협동과제의 DNA마커성적, Biopsy성적 분석결과를 토대로 최적의 교배조합을 설정하였다. Best수컷과 Best암컷을 교배하는 것을 우선으로 교배전략을 실시하였고, 그 결과가 아래와 같다. Sire 1인 10-120이 가장 우수한 성적을 가진 응돈이며, 47-178이 응돈중 최하위인 개체이다.

Table 2-2-15. 1세대 교배조합설정 (Sire 1~10)

sire \ dam	Sire1	Sire2	Sire3	Sire4	Sire5	Sire6	Sire7	Sire8	Sire9	Sire10
	dam	10-120	48-176	26-178	27-120	25-199	48-133	69-132	48-107	10-145
<b>Dam1</b>	10-137	26-130	49-151	69-161 (1)	87-130	86-191	87-146	48-148	48-123	27-114
<b>Dam2</b>	10-160	10-116	48-158	27-133	86-186	48-111	26-197	69-165	26-112	68-153
<b>Dam3</b>	67-197	26-148	87-129	69-164 (1)	10-140	48-112	26-113	10-184	26-131	26-119
<b>Dam4</b>	68-170	47-155	11-119	87-127	47-166	68-158	69-160 (1)	48-180	26-125	25-198
<b>Dam5</b>	11-101	26-105	49-121	69-162 (1)	49-124	48-109	26-149	87-110	26-110	68-138
<b>Dam6</b>	11-103	26-128	11-156			10-106		69-154	26-111	
<b>Dam7</b>						47-189			26-147	

Table 2-2-16. 1세대 교배조합설정 (Sire 11~20)

sire \ dam	Sire11	Sire12	Sire13	Sire14	Sire15	Sire16	Sire17	Sire18	Sire19	Sire20
	dam	11-137	86-187	27-102	68-142	87-132	47-159	26-168	10-190	67-193
<b>Dam1</b>	48-108	47-167	10-159	49-152	10-115	27-122	47-190	86-183	10-161	10-141
<b>Dam2</b>	49-109	87-126	47-198	27-123	48-122	87-143	68-137	48-196	48-119	27-105
<b>Dam3</b>	11-123	68-196	11-111	87-152	86-194	68-191	68-147	87-104	48-121	69-123
<b>Dam4</b>	11-105	27-115	47-173	26-120	78-126	26-160	68-130	48-181	47-192	10-142
<b>Dam5</b>	49-108	11-167	10-101	48-194	69-155	69-156	47-199	11-142	26-118	69-106
<b>Dam6</b>	87-125	11-166	68-166	87-105	47-197	68-117	27-134	27-149	87-156	11-114
<b>Dam7</b>										

해당 교배조합에 따라 교배를 실시하였으나, 3년의 연구기간중 마지막해인 점을 고려하여야 한다. 따라서 돼지의 평균 임신기간 115일을 역산하여 분만예정일 6월 1일까지로 설정하여 이전까지 발정확인을 못한 9마리의 모돈이 교배모돈에서 제외되었다. 최종 109두의 교배결과는 아래 Table 2-2-17과 같다.

재발교배율은 21.1%로 1세대 선발모돈의 성적에 비해 4% 향상되었고, 재발, 공태, 불임, 장기휴양 등으로 도태된 모돈이 14두로, 최종분만율이 약 87.2%로 계산되어 1세대에 비해 약 15%가량 향상한 것으로 확인되었다. 포유개시두수가 0인 모돈 1두와 더불어 분만한 모돈 95두 중 연구기간을 고려하여 6월 1일 이후 분만한 모돈 7두를 제외하여 최종 모돈에서 제외된 개체는 총 8두로, 87두가 선발되었다.

Table 2-2-17. 2세대 종모/중빈돈 교배성적

구분	1세대(n=55)	2세대(n=109)
분만율	72.7% (40/55)	87.2% (95/109)
재발교배율	25.5% (14/55)	21.1% (23/109)
수태실패율 (장기공태/철농)	12.7% (7/55)	12.8%(14/109)
교배사용X	-	9

Table 2-2-18과 2-2-19에는 교배조합대비 최종 선별된 2세대 모돈과, 도태된 모돈별 사유가 정리되어 있다.

Table 2-2-18. 최종선발된 2세대 종축(Sire 1~10)

sire \ dam	Sire1	Sire2	Sire3	Sire4	Sire5	Sire6	Sire7	Sire8	Sire9	Sire10
	dam	10-120	48-176	26-178	27-120	25-199	48-133	69-132	48-107	10-145
<b>Dam1</b>	10-137	26-105	11-119	27-133	10-140	10-106	26-113	10-184	26-111	26-119
<b>Dam2</b>	10-160	26-128	11-156	69-162(1)	87-130	48-109	26-197	48-148	26-112	27-114
<b>Dam3</b>	11-103	26-130	48-158	69-164(1)		48-111	69-160(1)	69-165	26-125	
<b>Dam4</b>	67-197	26-148	49-151	87-127		48-112	87-146		26-131	
<b>Dam5</b>	68-170	47-155	87-129			68-158			26-147	
<b>Dam6</b>						86-191			48-123	
<b>교배일 까지 미발정</b>							26-149			25-198
										68-138
<b>중빈돈 제외</b>	11-101		49-121		86-186 포유개시0			48-180		
								87-110		
<b>도태 불임/공태/ 휴양/월농</b>		10-116		69-161(1)	47-166	47-189		69-154	26-110	68-153
					49-124					

Table 2-2-19. 최종선발된 2세대 종축(Sire 11~20)

sire \ dam	Sire11	Sire12	Sire13	Sire14	Sire15	Sire16	Sire17	Sire18	Sire19	Sire20
	dam	11-137	86-187	27-102	68-142	87-132	47-159	26-168	10-190	67-193
<b>Dam1</b>	11-123	11-167	10-101	27-123	10-115	27-122	27-134	11-142	10-161	10-141
<b>Dam2</b>	48-108	27-115	10-159	49-152	48-122	68-191	47-190	48-181	26-118	10-142
<b>Dam3</b>	49-108	47-167	11-111	87-152	69-155	87-143	47-199	86-183	47-192	27-105
<b>Dam4</b>	49-109	68-196	47-173		78-126		68-130		48-119	69-106
<b>Dam5</b>	87-125	87-126	47-198		86-194		68-137		48-121	
<b>Dam6</b>							68-147		87-156	
<b>교배일 까지 미발정</b>		11-166			47-197	26-160				
				87-105		68-117				
						69-156				
<b>중빈돈 제외</b>	11-105			26-120				27-149		
<b>도태 불임/공태/ 휴양/월농</b>			68-166	48-194				48-196		11-114
								87-104		69-123

(라) 3세대 자돈생산 결과

2세대 종축의 최종 교배구조는 Table 2-2-20과 같다. 교배구조의 목표는 Sire당 5두의 Dam을 확보하는 것이었으나, 과제종료일정과 맞물려 선발모든의 규모가 줄어들었다. 이에따라 생산된 자돈의 규모는 줄어들었으며, 그 결과는 앞서 Figure 2-1-8에서 서술하였다.

Table 2-2-20. 2세대 종축의 교배 Structure

Sire	Dam	Dam/Sire			Progeny/Sire			Progeny/Dam (포유개시두수)		
		mean	min	max	mean	min	max	mean	min	max
20	87	4.35	2	6	32.6	10	51	7.49	2	12

Table 2-2-21은 2세대 종축의 분만성적을 1세대의 1산차모든 성적과 비교한 결과이다. 이전세대에 비해 복당 총산자수가 0.5두 가량 낮아진 것을 확인할 수 있으나, 이는 통계적으로 유의하지 않았다.

Table 2-2-21. 2세대 종축의 분만성적

구분	1세대(n=39)			2세대(n=87)			국내 평균
복당총산자수	9.1±2.2			8.6±2.5			11.4
복당생존자돈	암	수	계	암	수	계	10.6
	3.9±2.1	4.0±1.8	7.9±2.2	3.6±1.9	3.9±2.0	7.5±2.3	
포유전 도태 (사산/기형/체미/미라)	평균1.2두			평균 1.1두			
복당이유자돈	평균7.6두			평균 6.9두			9.6
이유전 폐사율	4.0%			8%			9.4

나. 세대별 생산자돈의 성장형질 및 번식능력 변화 확인

Table 2-2-22. 세대별 성장능력 변화

	1세대 (n=474)	2세대 (n=745)	3세대 (n=607)	P-value
<b>체중</b>				
이유체중	6.16 <sup>c</sup> (0.08)	6.99 <sup>a</sup> (0.08)	6.74 <sup>b</sup> (0.11)	<0.0001
종료체중	94.05 (1.02)	92.96 (1.18)	94.59 (1.47)	0.1592
<b>일당증체량(g/day)</b>				
생시~이유	257.79 <sup>b</sup> (3.44)	268.09 <sup>a</sup> (3.83)	255.45 <sup>b</sup> (5.09)	0.0002
이유~종료	518.31 <sup>ab</sup> (6.65)	512.69 <sup>b</sup> (7.70)	532.18 <sup>a</sup> (9.27)	0.0018
생시~종료	487.59 <sup>ab</sup> (5.01)	476.00 <sup>b</sup> (5.79)	493.01 <sup>a</sup> (7.19)	0.0002
<b>일령(day)</b>				
이유일령	20.22 <sup>a</sup> (0.30)	25.03 <sup>b</sup> (0.34)	27.19 <sup>c</sup> (0.44)	<0.0001
90kg도달일령	185.64 <sup>a</sup> (1.74)	190.72 <sup>b</sup> (2.01)	182.66 <sup>a</sup> (2.49)	<0.0001

실험돈의 세대별 성장능력은 1세대부터 3세대까지의 성장능력 변화를 Table 2-2-22 에 나타내었다. 자돈의 생시체중은 공히 1kg로 계산하였다. 이유시 특성은 이유일령, 이유시체중, 이유시까지의 일당증체량까지로 나타낼 수 있는데, 이유일령은 세대가 갈수록 증가하였고 이유시 일당증체량은 2세대가 가장 컸으며, 이유시까지의 일당증체량은 2세대가 가장 낮았다. 각 세대별 모돈의 특성에 따라 달라졌다고 해석할 수 있는데, 모돈이 경산돈일 경우 농장내에서 모돈의 이유를 동일한 시기에 하기 때문에 재발정일이 비슷한 시기로 통일되게 된다. 동일한 요일에 일괄적으로 이유작업을 실시하기 때문에 자돈의 이유일령의 분포가 달라지게 되고, 이 때문에 이유시 성장특성이 세대마다 달라졌다고 생각된다(Figure 2-2-7).



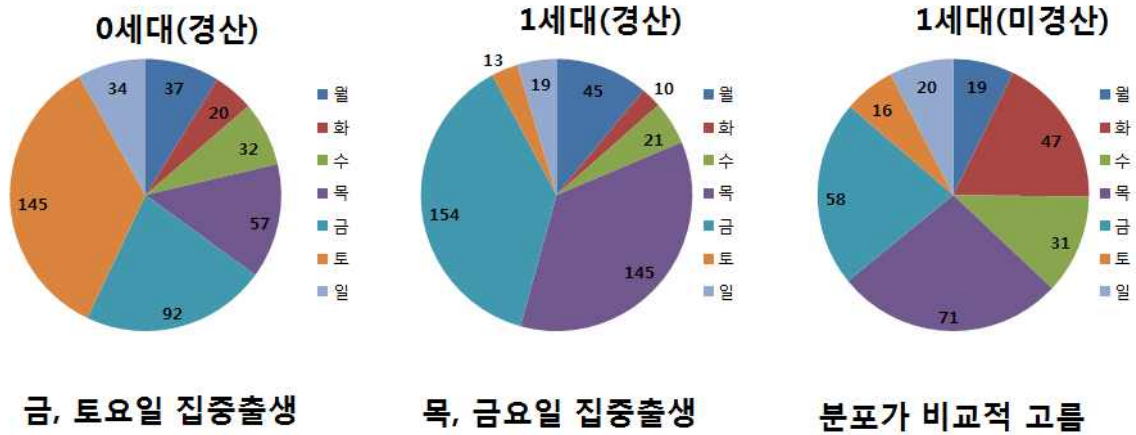


Figure 2-2-7. 모든의 경산여부에 따른 분만일 차이

종료체중을 통해 확보되는 성장능력형질은 이유시부터 종료시까지 계산된 일당증체량과 생시부터 종료시까지 계산된 일당증체량, 그리고 90kg도달일령이 있으며, 종축선발에는 90kg도달일령을 중요하게 본다. 90kg도달일령은 2세대에서 저하되었다가 3세대에서 1세대와 동일한 수준으로 향상됨을 확인할 수 있다. 출하일령은 유의적인 차이가 나지 않았다.

Table 2-2-23. 세대별 유두수 변화

	0세대 (n=221)	1세대 (n=577)	2세대 (n=745)	3세대 (n=456)
유두(좌)	6.29	6.93	7.03	6.96
유두(우)	6.29	6.94	7.12	7.01
유두(계)	12.56	13.88	14.16	13.97

실험돈 세대간 유두수 변화를 Table 2-2-23 에 나타내었다. 0세대 종축은 좌우 유두수를 따로 측정하지 않았으나, 1세대 자돈부터는 좌우 따로 유두수를 측정하였다. 3세대까지의 유두수 변화는 유의적인 차이가 나지 않았다.

Table 2-2-24. 세대별 총산자수, 포유개시돈수 및 이유자돈수 변화

	기초축군1 (~2012)	1세대 (2014)	2세대 (2015)	농장자체성적 (2014)
두수	74	43	87	167
임신기간	-	115.0	115.5	115.5
산차	1	1	1	1
총산자수	8.75	8.72	8.62	8.68
포유개시	-	7.53	7.49	7.74
포유전 도태	-	1.19	1.13	0.95
이유두수	-	7.33	6.93	-

실험돈의 세대별 번식능력을 Table 2-2-24에 비교하였다. 비교기준을 통일하기 위해 실험돈 출산시 경산돈이었던 모돈은 농장이 보유하고 있는 기록에서 1산차의 성적을 추출해내 비교하였다. 세대에 따라 번식능력의 차이는 없었으며, 이는 농장자체에서 선발한 1산차모돈의 번식 성적과 비교하였을 때 동일한 수준으로, 계통돈의 번식능력이 타 모돈에 비해 떨어지지 않았다는 증명이 될 수 있다.

Table 2-2-25. 세대별 검정자료 통계량(수)

	1세대 (n=56)	2세대 (n=67)	3세대 (n=58)	significance
등심근면적(cm <sup>2</sup> )	27.30 (0.70)	27.91 (0.81)	28.81 (1.28)	0.5748
등지방두께(mm <sup>2</sup> )	15.32 (0.69)	15.83 (0.80)	14.47 (1.28)	0.4996
정육율(%)	55.03 <sup>b</sup> (0.64)	55.43 <sup>b</sup> (0.74)	58.99 <sup>a</sup> (1.17)	0.0050
90kg도달일령(일)	187.76 <sup>a</sup> (3.52)	186.29 <sup>a</sup> (3.99)	170.47 <sup>b</sup> (6.21)	0.0221

세대간에 따른 비거세돈의 검정성적을 Table 2-2-25에서 확인할 수 있다. 종축개량협회의 검정을 통해 초음파측정을 하여 90kg의 등지방두께, 등심근단면적, 정육율을 추정할 수 있으며, 측정된 체중을 통해 90kg 도달일령을 계산할 수 있다. 비거세수돼지의 90kg 기준 등심근단면적과 등지방두께는 유의적인 차이가 없었으나 3세대의 정육율이 유의적으로 증가한 것을 확인할 수 있다. 또한 90kg 도달일령이 3세대 비거세돈이 가장 우수한 성적을 보였다. 암컷의 검정 성적은 Table 2-2-26 에서 확인가능한데, 등심근단면적은 커졌으나 등지방두께가 소폭 두꺼워졌다. 또한 정육율은 2세대에서 증가하였으나 3세대는 1,2세대의 중간형질을 보이고 있었다. 이러한 분석결과는 3세대의 암컷에서 종축개량협회 검정두수가 적기 때문으로 생각되며, 제대로 된 비교라 보기 힘들것이라 판단된다.

Table 2-2-26. 세대별 검정자료 통계량(암)

	1세대 (n=102)	2세대 (n=151)	3세대 (n=22)	significance
등심근면적(cm <sup>2</sup> )	25.81 <sup>b</sup> (0.54)	26.34 <sup>b</sup> (0.62)	28.59 <sup>a</sup> (1.13)	0.0455
등지방두께(mm <sup>2</sup> )	16.79 <sup>a</sup> (0.44)	15.65 <sup>b</sup> (0.51)	17.15 <sup>ab</sup> (0.92)	0.0142
정육율(%)	53.45 <sup>b</sup> (0.50)	55.61 <sup>a</sup> (0.57)	54.36 <sup>ab</sup> (1.04)	0.0002
90kg도달일령(일)	185.45 (2.72)	191.30 (3.07)	184.29 (5.46)	0.0518

다. DNA마커와 생체육질분석기법을 이용한 근섬유특화 선발계통 조성

세대별 자돈에서 관측된 모색은 Figure 2-2-8과 같이 다양하게 나타난다. 이중 제주도내에서 ‘흑돼지돈육’ 인증을 받을 수 있는 개체는 전신흘색이나 지제백 개체들인데, 외모고정을 위해 본 연구과제에서는 전신흘색돈을 선발하고 있다. 세대간 외모형질의 변화는 Table 2-2-27에 정리되어 있는데, 전신흘색개체의 비율은 1세대에서 72.3%였고 2세대가 62.3%로 소폭 하락하였으나 3세대에서 최종 84%의 비율로 올라갔다. 또한 제주흑돼지 마크를 받지 못하는 개체가 세대가 갈수록 점점 줄어들었고, 3세대에서 얼룩인 개체는 나타나지 않아 모색고정이 잘 진행되고 있다고 판단된다. 귀모양 역시 도태대상인 하향개체가 줄어드는 경향을 보이고 있는데, 3세대에서의 전향개체 비율이 다소 줄고, 상향개체의 비율이 늘었으며, 하향개체비율의 하향폭이 예상보다 적었다. 이는 귀모양을 판정하는 기준이 주관적인 판단에 의지하였으며, 3세대의 귀모양 판정을 하는 농장전담직원이 바뀌었기 때문으로 생각되는데, 향후 돼지의 귀모양을 판정할 때는 판단기준을 객관화할 필요가 있다고 생각된다.

<b>구분</b>	 <b>전신흘색 (선발)</b>	 <b>지제백</b>	 <b>얼룩</b>	 <b>적갈색</b>	 <b>적갈색얼룩</b>
<b>비고 (기준)</b>	 1. 전체는 검고 머리, 귀만 흰 색 2. 사지 말단(다리)이 흰 띠		<b>흑돼지 인증 X</b> 1. 몸 전체가 이모색인 경우 2. 몸 전체 흰부분이 1/3 이상인 경우 3. 몸 전체에 산발적으로 흰 점이 있는 경우		

Figure 2-2-8. 자돈의 모색변이와 제주흑돼지 인증기준

Table 2-2-27. 세대간 형질변화 정리(기초축군-0세대-1세대-2세대-3세대)

		1세대 (n=578)	2세대 (n=780)	3세대 (n=650)	
<b>모색</b>	전신흘색	72.3%	62.3	84.0%	
	제주흑돼지 인증불가	적갈	1.3% (7두)	4.4% (34두)	2.8% (18두)
		얼룩	1.4% (8두)	0.9% (7두)	0%
		기타	3.1% (17두)	0%	0%
		직립상향	23.3%	10.3%	25.1%
<b>귀</b>	직립전향	55.1%	71.2%	58.0%	
	하향 (도태)	21.5%	18.5%	16.8%	

Table 2-2-28. 1세대 Sire Line별 자돈 외모 기록결과

부돈ID	총자돈수	모색		직립귀	비고
		전신흘색	제주흑돼지 인증불가		
00-102	35	74.3% (26두)	0.0% (0두)	87.9% (29두)	
00-196	10	70.0% (7두)	20.0% (2두)	90.0% (9두)	제외
20-108	51	88.2% (45두)	0.0% (0두)	82.6% (38두)	
40-115	52	59.6% (31두)	5.8% (3두)	66.7% (28두)	
40-143	61	60.7% (37두)	8.2% (5두)	95.0% (57두)	
41-110	4	50.0% (2두)	0.0% (0두)	50.0% (2두)	제외
54-53	64	71.9% (46두)	0.0% (0두)	88.4% (38두)	
56-32	35	57.1% (20두)	0.0% (0두)	85.7% (24두)	
60-149	59	57.6% (34두)	0.0% (0두)	70.2% (40두)	
60-175	43	76.7% (33두)	9.3% (4두)	76.2% (32두)	
63-04	40	92.5% (37두)	0.0% (0두)	61.1% (22두)	
63-35	81	70.4% (57두)	1.2% (1두)	78.9% (45두)	
65-25	33	63.6% (21두)	0.0% (0두)	67.7% (21두)	
80-116	11	81.8% (9두)	0.0% (0두)	66.7% (6두)	제외
계	579	69.9% (405두)	2.6% (15두)	78.5% (391두)	

1세대 Sire Line별 자돈의 외모는 Table 2-2-28과 같다. 전체 추이를 비교할 때 자돈이 너무 적은 00-196, 41-110, 80-116은 비교대상에서 제외하였다. 자돈의 모색이 선발기준(전신흘색)에 부합하는 비율은 자돈이 4두인 41-110을 제외하면 최소 57.1% (부돈 56-32) 최고 92.5% (부돈 63-04) 이며, 평균 약 70%의 전신흘색자돈 비율을 보였다. 적갈색 또는 얼룩모색이라 제주흑돼지 인증불가개체의 출현률은 자돈이 10두인 00-196을 제외하면 60-175가 9.3%로 가장 높았다. 또한 직립귀 출현률도 최고 95% 최저 66.7%로 변이가 상당함을 알 수 있다. 이와 같이 부돈에 따라 자돈의 외모변이가 다양하며, 향후 외모고정을 통해 이런 변이를 줄여나가야 할 것임을 확인하였다.

Table 2-2-29. 2세대 Sire Line별 자돈 외보 기록결과

부돈ID	총자돈수	모색		직립귀	비고
		전신희색	제주흑돼지 인증불가		
02-189	43	69.8% (30두)	14.0% (6두)	57.1% (24두)	
03-118	46	78.3% (36두)	0.0% (0두)	97.7% (42두)	
03-125	33	63.6% (21두)	18.2% (6두)	90.9% (30두)	
03-131	43	65.1% (28두)	0.0% (0두)	69.8% (30두)	
23-141	43	74.4% (32두)	2.3% (1두)	88.4% (38두)	
23-164	35	34.3% (12두)	0.0% (0두)	55.9% (19두)	
24-106	42	57.1% (24두)	0.0% (0두)	83.3% (35두)	
24-145	31	61.3% (19두)	25.8% (8두)	100.0% (31두)	
24-148	52	61.5% (32두)	15.4% (8두)	82.4% (42두)	
41-111	44	65.9% (29두)	0.0% (0두)	90.2% (37두)	
43-149	59	64.4% (38두)	0.0% (0두)	79.3% (46두)	
45-112	35	71.4% (25두)	0.0% (0두)	69.7% (23두)	
45-152	42	11.9% (5두)	0.0% (0두)	97.6% (41두)	
65-121	39	71.8% (28두)	0.0% (0두)	87.2% (34두)	
65-145	32	56.3% (18두)	12.5% (4두)	71.9% (23두)	
82-160	40	57.5% (23두)	0.0% (0두)	85.0% (34두)	
83-102	41	65.9% (27두)	0.0% (0두)	65.9% (27두)	
83-156	40	67.5% (27두)	20.0% (8두)	94.9% (37두)	
84-110	40	80.0% (32두)	0.0% (0두)	80.0% (32두)	
계	780	62.3% (486두)	5.3% (41두)	81.5% (625두)	

2세대 Sire Line별 자돈의 외모는 Table 2-2-29와 같다. 전신희색 개체 비율이 최대 80% (부돈 82-110), 최소 11.9% (부돈 45-152), 평균 62.3%로 전세대에 비해 다소 줄어든 것을 확인할 수 있는데 이는 1차년 추가투입 되었던 1-1세대 신규모돈의 도입 때문으로 생각할 수 있다. 제주흑돼지 인증불가개체의 비율 역시 늘어났다. 직립귀자돈의 비율은 최대 100% (부돈 24-145), 최소 55.9% (부돈 23-164), 평균 81.5%로 이전세대에 비해 다소 늘어난 모습을 볼 수 있었다.

Table 2-2-30. 3세대 Sire Line별 자돈 외보 기록결과

부돈ID	총자돈수	모색		직립귀	비고
		전신희색	제주흑돼지 인증불가		
10-120	47	53.2% (25두)	10.6% (5두)	89.1% (41두)	
10-145	38	100.0% (38두)	0.0% (0두)	75.7% (28두)	
10-179	10	90.0% (9두)	0.0% (0두)	88.9% (8두)	제외
10-190	15	86.7% (13두)	0.0% (0두)	86.7% (13두)	
11-137	31	90.3% (28두)	6.5% (2두)	96.8% (30두)	
25-199	17	70.6% (12두)	0.0% (0두)	88.2% (15두)	
26-168	51	86.3% (44두)	7.8% (4두)	64.6% (31두)	
26-178	45	80.0% (36두)	0.0% (0두)	73.3% (33두)	
27-102	41	90.2% (37두)	9.8% (4두)	95.0% (38두)	
27-120	31	96.8% (30두)	0.0% (0두)	93.5% (29두)	
47-159	23	82.6% (19두)	0.0% (0두)	91.3% (21두)	
47-178	33	93.9% (31두)	0.0% (0두)	93.9% (31두)	
48-107	21	66.7% (14두)	0.0% (0두)	52.4% (11두)	
48-133	46	82.6% (38두)	0.0% (0두)	91.1% (41두)	
48-176	37	75.7% (28두)	8.1% (3두)	97.3% (36두)	
67-193	46	80.4% (37두)	0.0% (0두)	75.6% (34두)	
68-142	17	82.4% (14두)	0.0% (0두)	88.2% (15두)	
69-132	28	100.0% (28두)	0.0% (0두)	92.9% (26두)	
86-187	37	97.3% (36두)	0.0% (0두)	81.1% (30두)	
87-132	36	80.6% (29두)	0.0% (0두)	61.1% (22두)	
계	650	84.0% (546두)	2.8% (18두)	83.2% (533두)	

2세대 Sire Line별 자돈의 외모는 Table 2-2-30과 같다. 자돈이 적은 10-179를 제외하더라도 전신희색 개체 비율이 100% 인 부돈이 2개 라인(부돈 10-145, 69-132)이 되었고, 최소는 53.2% (부돈 10-120), 평균 84.0%로 전세대에 비해 확연히 흑색모돈으로의 고정이 이뤄졌음을 알 수 있다. 제주흑돼지 인증불가개체가 나오는 비율도 줄어들었으며, 해당 개체가 나오는 Sire Line도 7개에서 5개로 줄어들었다. 직립귀자돈의 비율은 최대 97.3% (부돈 48-176), 최소 64.6% (부돈 26-168), 평균 83.2%로 이전세대에 비해 다소 늘어난 모습을 볼 수 있었다.

Table 2-2-31. 3세대 Sire Line별 외모특성 차이

No.	EarID	100% 흑모색자돈 출현복수	100% 직립귀자돈 출현복수	100% 흑색+직립	No.	EarID	100% 흑모색자돈 출현복수	100% 직립귀자돈 출현복수	100% 흑색+직립
1	10-145	6/6	2/6	2/6	11	48-176	2/5	4/5	1/5
2	69-132	4/4	2/4	2/4	12	87-132	2/5	1/5	0/5
3	86-187	4/5	2/5	1/5	13	10-179	1/2	1/2	0/2
4	26-178	3/5	1/5	1/5	14	47-159	1/3	2/3	1/3
5	27-120	3/4	2/4	2/4	15	48-107	1/3	0/3	0/3
6	47-178	3/4	2/4	2/4	16	25-199	0/2	1/2	0/2
7	48-133	3/6	3/6	2/6	17	27-102	3/5	3/5	2/5
8	67-193	3/6	1/6	0/6	18	11-137	2/5	4/5	1/5
9	10-190	2/3	2/3	1/3	19	26-168	2/6	0/6	0/6
10	68-142	2/3	1/3	0/3	20	10-120	0/5	3/5	0/5
		전체	47/87	37/87			18/87		

자돈이 모두 흑색일 확률이 50%이상  
※ 계통돈이 선발된 Line

갈색자돈이 출현(Line내 2복)  
→ 계통돈선발에서 제외

최종 계통돈을 선발해야 하는 3세대의 부돈별 외모특성차이를 세부적으로 분석한 결과가 Table 2-2-31과 같다. 총 20개 Line중 태어난 자돈이 모두 전신흑모색일 비율이 최고 100%부터 최저 0%까지 다양한 분포를 나타내고 있는데, 특히 10-145와 69-132는 태어난 자돈이 모두를 불문하여 100% 전신흑색자돈을 생산해내었다. 1부터 10까지의 10두의 Sire는 자돈이 모두 흑색일 확률이 50% 이상인 라인으로, 추후 모색고정을 위해 계통돈 선발을 할 때 해당 라인에서 선발할 계획을 하였고, 실제 선발된 라인은 붉은색으로 표시되었다. 3세대에서 적갈색 모색을 가진 개체는 총 18두였으나 그 자돈이 태어난 Sire Line은 4개로, 해당라인은 적갈색 모색의 유전인자를 보유할 가능성이 있으므로 계통돈선발에서 제외하기로 하였다.

최종계통돈의 선발까지 종합한 결과는 Figure 2-2-9와 Figure 2-2-10에서 확인할 수 있다. 연구초기에 비해 전신흑색자돈비율과 태어난 자돈 Fullsib모두 흑색일 비율이 연구개시대비 3차년에서 모두 상승했고, 제주흑돼지 인증불가개체가 태어날 비율을 감소시켰다. 또한 최종선발된 계통돈은 3차년 평균성적에 비해 더욱 우수한 모색고정화 현상을 보이고 있다. 귀모양역시 하향도태 작업을 거친 결과 직립자돈의 비율을 끌어올렸다.



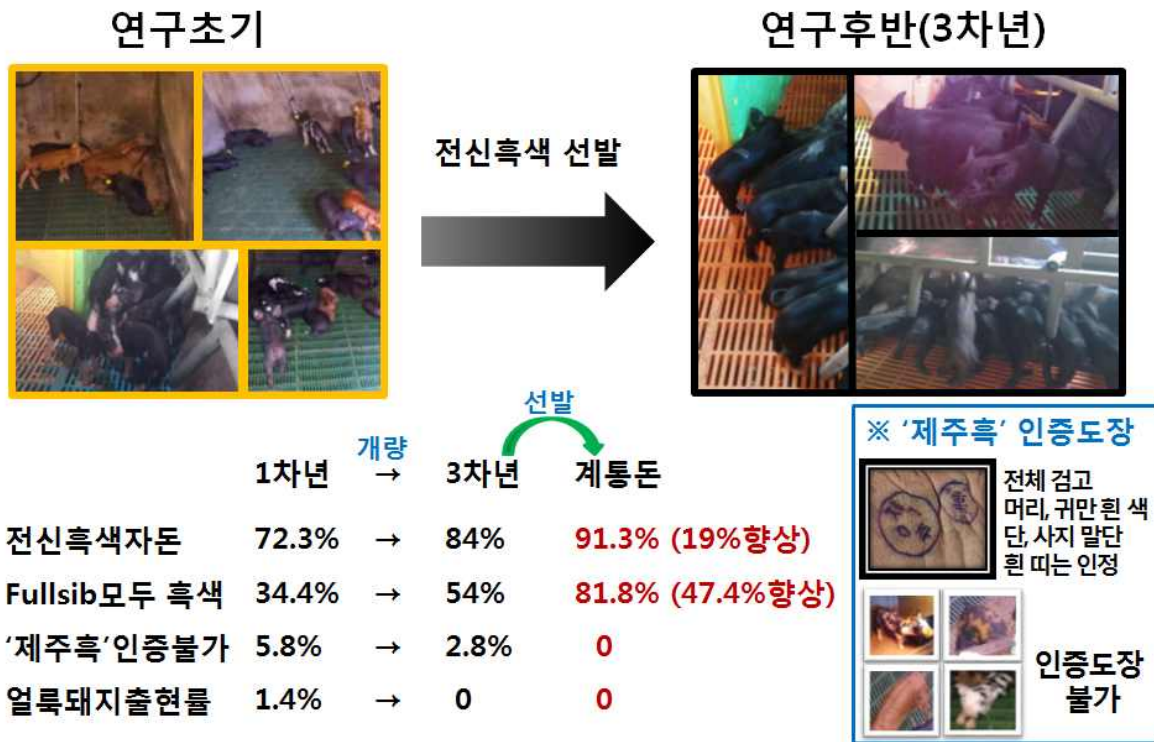


Figure 2-2-9. 모색 고정화 요약

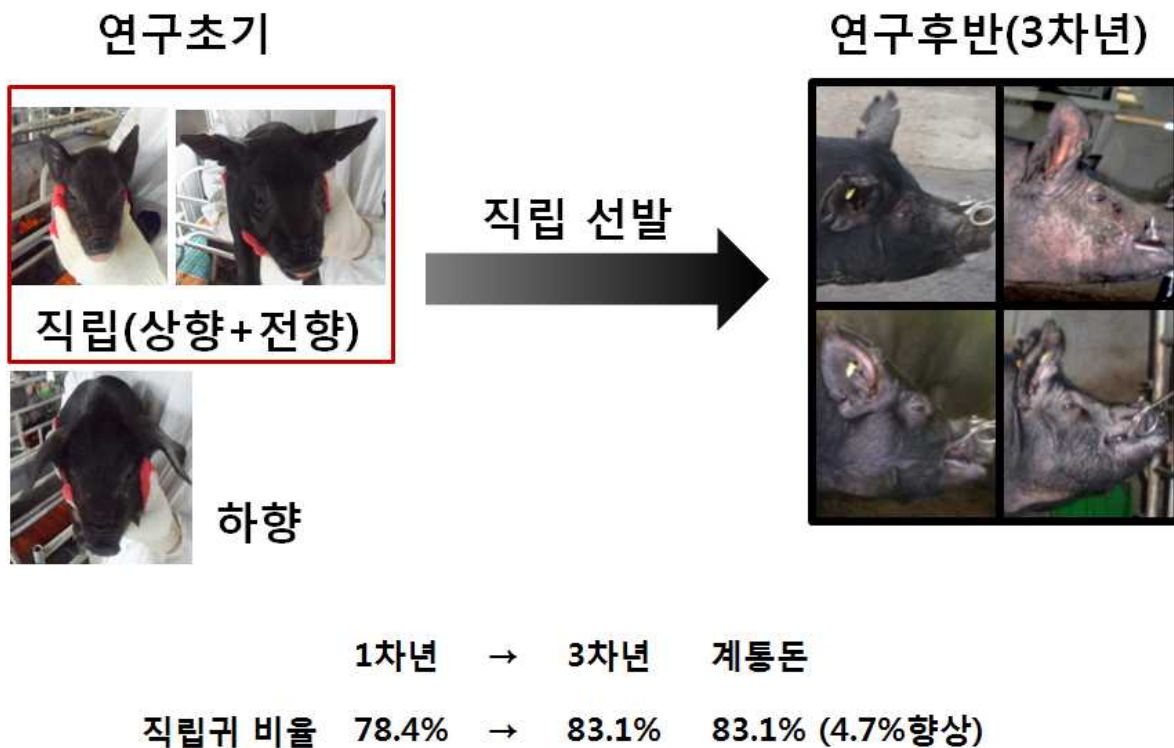


Figure 2-2-10. 귀모양 고정화 요약

라. 교배조합별 번식능력 및 성장능력을 포함한 최적 교배체계 확립

계통돈의 번식능력과 성장능력을 고려한 최적 교배조합은 아래 Figure 2-2-11과 같다. 앞서 서술한 바와 같이 웅돈당 교배모돈을 7두로 설정하였으며(재발교배 및 수태실패를 고려), 최종 분만순위에 맞추어 웅돈당 모돈 5두를 선별함을 목표로 교배조합을 설정할 예정이며, 근친교배를 막기 위해 가계도를 고려해 교배조합을 설정했으며, 그 개요도는 Figure 1-1-14에서 서술한 바와 같다(아래).

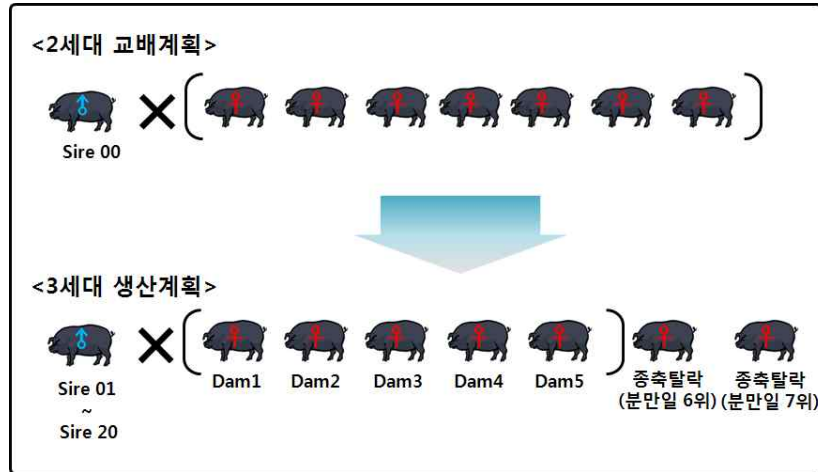


Figure 2-2-11. 2세대 교배 및 3세대 생산계획

Rank	ID	부	모	교배웅돈
1	Sire1	부1	모1	Sire1
2	Sire2	부1	모2	Sire1
3	Sire3	부2	모3	Sire1
...	...	...	...	...
20	Sire20	부20	모7	Sire1

Rank	ID	부	모	교배웅돈
1	Dam1	부3	모7	Sire1
2	Dam2	부4	모13	Sire1
3	Dam3	부2	모22	Sire1
4	Dam4	부6	모30	Sire1
5	Dam5	부1	모2	Sire3
6	Dam6	부2	모18	Sire1
7	Dam7	부3	모19	Sire2
8	Dam8	부4	모14	Sire1
9	Dam9	부5	모4	Sire1
...	...	...	...	...
140	Dam140	부20	모99	Sire1

참고 : Figure 1-1-12. 유전자형고정화를 위한 교배전략


### 3. 개발한 제주흑돼지 계통돈의 생산 및 확대보급체계 구축

#### 가. 종돈개량협회에 번식용씨돼지(계통돈) 등록

계통돈으로 선발된 돼지는 수돼지 7, 암돼지 17 총 24두이며, 종축개량협회에 번식용씨돼지로 등록을 완료하였다. (Figure 2-3-1). 따라서 해당 계통돈에서 생산되는 자돈은 모두 자돈등기가 가능하며, 종축개량협회에서 개체번호 검색시 부모정보로 계통돈의 자손임을 증빙할 수 있게 되었다.

번식용씨돼지(자돈등기) 혈통증명신청서  
농장명:김갑농장      회원번호:331103003

종족	생년월일	부		모		교배구분	영역증명서 발급번호	신자	출산일자	포유계시수 (전포유자포유)			포유계시 전 도대 및 새사두수			이유부수	생시 체중	이유월	계통번호	개체식별번호 (12자리)	구체역백신 최종접종일	열방백신 최종접종일	성별	부모수		
		등록번호	계통번호	등록번호	계통번호					암	수	계	사산	기형	세미										미라	
49	2015-03-10	21409047403	48-176	21409047615	26-130	1		1	5	2	3	5	0	0	0	0	5	4.3	2015-04-10	71-177	21506006515			암	8	7
49	2015-03-31	21409047238	26-168	21409047062	68-130	1		1	11	5	5	10	0	0	0	1	7	6.5	2015-05-08	51-156	21506006182			암	7	6
49	2015-03-31	21409047238	26-168	21409047062	68-130	1		1	11	5	5	10	0	0	0	1	7	5.5	2015-04-30	51-157	21506006183			암	6	7
49	2015-03-31	21409047238	26-168	21409047062	68-130	1		1	11	5	5	10	0	0	0	1	7	4.5	2015-04-24	51-159	21506006185			암	7	7
49	2015-04-04	21409047238	26-168	21409047443	47-199	1		1	11	5	6	11	0	0	0	0	11	6.2	2015-05-08	51-165	21506006412			암	8	7
49	2015-04-04	21409047238	26-168	21409047443	47-199	1		1	11	5	6	11	0	0	0	0	11	6.9	2015-05-08	51-166	21506006413			암	8	9
49	2015-04-04	21409047238	26-168	21409047443	47-199	1		1	11	5	6	11	0	0	0	0	11	5.5	2015-04-30	51-167	21506006414			암	7	7
49	2015-04-05	21409047571	27-102	21409047691	10-159	1		1	12	3	9	12	0	0	0	0	10	6.5	2015-04-30	51-176	21506006579			암	7	7
49	2015-04-05	21409047571	27-102	21409047691	10-159	1		1	12	3	9	12	0	0	0	0	10	5.5	2015-04-30	51-177	21506006580			암	7	7
49	2015-04-05	21409047571	27-102	21409047691	10-159	1		1	12	3	9	12	0	0	0	0	10	5.5	2015-04-30	51-178	21506006581			암	7	7
49	2015-04-07	21409047074	10-145	21409047616	26-131	1		1	10	4	6	10	0	0	0	0	10	7.9	2015-05-06	30-112	21506006529			수	7	6
49	2015-04-07	21409047282	47-178	21409047070	10-141	1		1	9	2	6	8	1	0	0	0	7	6	2015-04-30	72-149	21506006295			수	7	7
49	2015-04-09	21409047258	48-133	21409047698	48-109	1		1	12	3	8	11	1	0	0	0	9	5.7	2015-04-30	72-154	21506006551			암	7	8
49	2015-04-12	21409047505	67-193	21409047325	48-121	1		1	12	5	5	10	0	0	0	2	10	6.8	2015-05-15	90-171	21506006329			암	6	7
49	2015-04-12	21409047505	67-193	21409047325	48-121	1		1	12	5	5	10	0	0	0	2	10	7	2015-05-15	90-172	21506006330			암	7	7
49	2015-04-12	21409047505	67-193	21409047325	48-121	1		1	12	5	5	10	0	0	0	2	10	5.3	2015-05-08	90-173	21506006331			암	7	9
49	2015-04-27	21409047539	69-132	21409047437	87-146	1		1	9	2	6	8	0	0	0	1	8	6.8	2015-05-22	90-189	21506006406			수	7	6
49	2015-05-02	21409047537	26-178	21409047937	48-158	1		1	11	1	8	9	0	0	0	2	9	5.4	2015-05-22	52-127	21506006726			수	8	8
49	2015-05-09	21409047420	86-187	21409047937	68-196	1		1	12	8	2	10	0	0	0	2	10	7.5	2015-06-05	15-183	21506006753			암	7	7
49	2015-05-09	21409047420	86-187	21409047937	68-196	1		1	12	8	2	10	0	0	0	2	10	7	2015-06-05	15-186	21506006756			암	7	8
49	2015-05-09	21409047420	86-187	21409047937	68-196	1		1	12	8	2	10	0	0	0	2	10	6	2015-06-05	15-187	21506006757			암	6	6
49	2015-05-12	21409047539	69-132	21409047131	9-160(1)	1		1	9	3	6	9	0	0	0	0	9	5.6	2015-06-12	91-102	21506006240			수	8	8
49	2015-05-15	21409047655	68-142	21409047773	49-132	1		1	10	5	3	8	0	0	0	2	8	7	2015-06-05	91-116	21506006688			수	7	7
49	2015-05-16	21409047537	26-178	21409047812	11-119	1		1	12	3	7	10	0	1	0	0	10	7	2015-06-12	52-154	21506006703			수	7	8



## 번식용씨돼지 혈통 확인서

이각타입: A

개체식별번호: 900283090189      이표번호 90-189

구분 CX      성별 수

확인번호 21506009406 (NN)      이름 Jeju black 90-189

생년월일 2015년 04월 27일      산차 01

등록자돈수      수 2      ♂ 6      계 8      사산

부 ( CX )	69-132	교잡 21409047539 (NN)
90.0kg도달일령	일당중체량	등지방두께
183.0일	473.1g	12.6mm
로인단면적	정육율	선발지수
30.3cm <sup>2</sup>	59.9%	109.6
모 ( CX )	87-146	교잡 21409047437 (NN)
90.0kg도달일령	일당중체량	등지방두께
198.0일	453.2g	15.1mm
로인단면적	정육율	선발지수
29.1cm <sup>2</sup>	57.3%	105.5
평균산자수	평균이유두수	
8.0	10.0	

소유자 제주 서귀포시 남원읍 의귀리 498      길갈농장      오영익

번식자 제주 서귀포시 남원읍 의귀리 498      길갈농장      오영익

사육자 제주 서귀포시 남원읍 의귀리 498      길갈농장      오영익

위와 같이 본회 번식용씨돼지규정에 의하여 확인함.

2016년 02월 03일

사단법인 **한국종축개량협회**






Figure 2-3-1. 선발된 계통돈의 종축개량협회 등록화면과 등록증



(1) 수컷 계통돈

수컷계통돈은 개체표식과 얼굴모양, 측면의 체형, 후구, 앞다리, 뒷다리와 함께 귀모양이 보이는 사진촬영을 하여 개체별 외형자료를 확보하였다(Figure 2-3-2).



Figure 2-3-2. 수컷 계통돈 사진

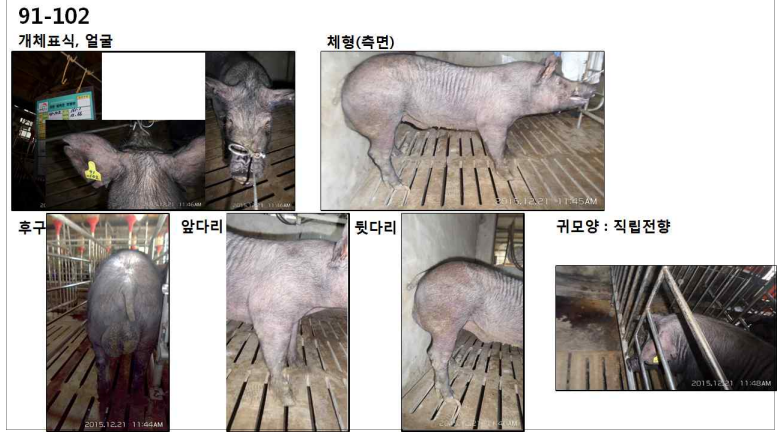


Figure 2-3-2. 수컷 계통돈 사진(계속)



(2) 암컷 계통돈

암컷계통돈은 총 17두로, 후구형태와 귀모양을 사진자료로 확보하였다.

<p><b>15-183</b> 개체표식, 얼굴</p>  <p>후구  귀모양 : 직립전향 </p>	<p><b>15-186</b> 개체표식, 얼굴</p>  <p>후구  귀모양 : 직립상향 </p>	<p><b>15-187</b> 개체표식, 얼굴</p>  <p>후구  귀모양 : 직립전향 </p>
<p><b>51-156</b> 개체표식, 얼굴</p>  <p>후구  귀모양 : 직립전향 </p>	<p><b>51-157</b> 개체표식, 얼굴</p>  <p>후구  귀모양 : 직립전향 </p>	<p><b>51-159</b> 개체표식, 얼굴</p>  <p>후구  귀모양 : 직립전향 </p>
<p><b>51-165</b> 개체표식, 얼굴</p>  <p>후구  귀모양 : 직립전향 </p>	<p><b>51-166</b> 개체표식, 얼굴</p>  <p>후구  귀모양 : 직립전향 </p>	<p><b>51-167</b> 개체표식, 얼굴</p>  <p>후구  귀모양 : 직립전향 </p>
<p><b>51-176</b> 개체표식, 얼굴</p>  <p>후구  귀모양 : 직립전향 </p>	<p><b>51-177</b> 개체표식, 얼굴</p>  <p>후구  귀모양 : 직립상향 </p>	<p><b>51-178</b> 개체표식, 얼굴</p>  <p>후구  귀모양 : 직립전향 </p>



나. 씨돼지 및 비육돈 생산 체계 구축

향후 계통돈을 이을 씨돼지를 생산하기 위해서는 Table 1-3-9에서 제시한 바와 같이 총 7두가 가계상황을 고려하여 아래와 같은 교배조합을 따라 후대를 생산할 수 있다. 이를 통해 우량 유전자 빈도의 고정작업을 추후 더 진행시킬 수 있을 것이다(Table 2-3-1).

Table 2-3-1. 씨돼지 생산을 위한 농장내 계통돈 교배조합

	1	2	3	4	5	6	7
교배용돈	30-112	52-127	52-154	72-149	90-189	91-102	91-116
모돈	51-156 51-157 51-159 51-165 51-166 51-167 51-176 51-177 51-178	72-154 71-177		90-171 90-172 90-173		15-183 15-186 15-187	

다. 계통돈 확대보급을 위한 정액생산체계 구축

현재 연구과제에 참여한 길갈농장은 연구기간동안 AI센터를 신규 설립하여 외부로의 정액보급이 가능하도록 설비가 완료되었고, 실제로 1, 2세대 실험돈중 용돈으로 사용되었던 개체가 농장에서 자체 용돈으로 사용되다가 AI센터에 가서 정액보급용 용돈으로 실 사용되고 있다.

향후 계통돈 7두의 연령이 안정화되고, 정자량이 늘어나 AI센터 이동이 가능하다면 농장에서 AI센터로 이동해 파급력을 높일 수 있을 것이라 생각된다. 해당개체에 대해 자체 정액팩을 제작하여 타 흑돼지 농가에 배급할 계획을 세우고 있다(Figure 2-3-3, Figure 2-3-4).



Figure 2-3-3. 정액팩 제작 조감도

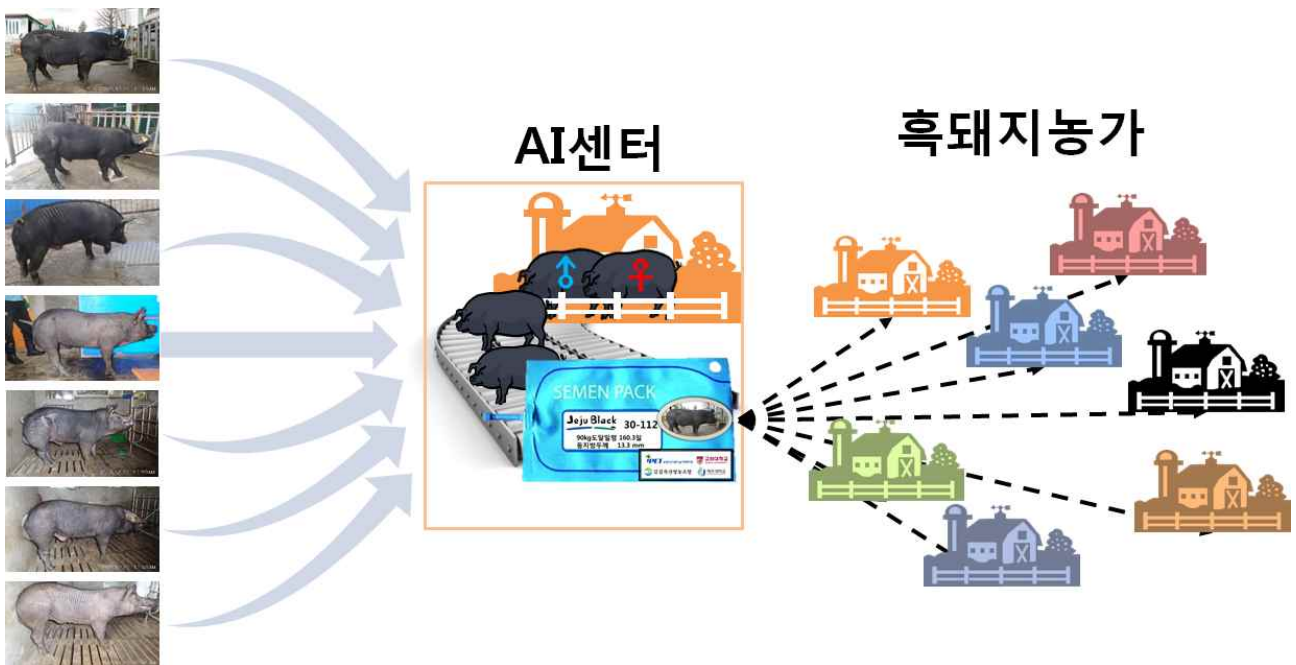


Figure 2-3-4. 계통돈 정액 확대보급체계 예상도



### 제 3 절 생체육질예측기법 도입을 통한 계통돈 조기선발매뉴얼 확립 및 실용화 검증

생체 육질 예측 기법을 이용하여 새로 개발될 계통돈의 돈육질의 특성을 규명하고, 계통돈의 조기선발매뉴얼을 확립하며, 국내 유통 돈육과의 비교를 통해 계통돈의 실용화를 검증한다. 이를 위해서 연차별로 조건에 맞는 선발돈을 선발하였으며, 선발된 자돈은 생체시료를 채취하여 조직학 검사를 실시하였다. 외모심사, 유전자 검사 등을 통해 선발에 제외된 자돈들은 도축 후 육질검사를 실시 및 도축 후 조직학 검사를 실시하였다. 생체 시료 샘플링, 육질 검사, 조직학 방법은 아래와 같다.

#### (1) 연도별 육질검사 분석두수

선발에서 탈락 후 도축 되는 개체에 대해서 제주도 제주시 애월읍 소재 제주축산물 공판장에서 방혈대 및 두절단실에서 이각 및 이표번호를 확인하여 개체별로 식별가능 하도록 추적하였으며, 예냉실에서 등심근을 채취 하여 24시간 냉장보관 후, 실험실로 옮겨 육질 분석을 실시하였다. 연도별 육질검사 두수는, 1차년도 126두, 2차년도 388두, 3차년도 138두가 실시되었다.

#### (2) 육질 분석 방법

##### ① pH 와 온도 측정

사후 45분이 지난 돼지의 흉추 5번과 6번 사이를 절개하여 노출된 등심근에 potable pH meter(Model HM-17MX, TOADKK, Japan)을 삽입하여 사후 45분 pH와 온도를 측정하였다. 사후 48시간이 지난 등심근의 경우 사후 45분이 지난 후 돼지의 흉추 5번과 6번 사이를 절개하여 등심근 일부를 채집 하여 저온실(4°C ±2°C) 보관하였다가 동일한 방법으로 측정하였다.

##### ② 육색

사후 45분 지난 돼지의 흉추 5번과 6번 사이를 절개하여 노출된 등심근 표면에 Minolta chromameter(Model CR-300, Minolta Camera co. Osaka., Japan)을 3번씩 반복하여 L\*값인 명도(Lightness), a\*값을 나타내는 적색도(Redness), b\*값을 나타내는 황색도

(Yellowness)를 측정하였다. 사후 48시간이 지난 등심근의 경우 사후 45분이 지난 후 돼지의 흉추 5번과 6번 사이를 절개하여 등심근 일부를 채집 하여 저온실(4°C ± 2°C)에 보관하였다가 동일한 방법으로 측정하였다.

(표준화 작업 Y=91.7, x=0.3138, y=0.3200 인 표준색판사용)

### ③ 보수력 측정

보수력을 측정하기 위하여 여과지 흡수량과 유리 육즙량을 측정하였다. Honikel(1987)의 유리 육즙량 측정방법을 이용 돈육의 등심근에 core를 사용하여 시료를 채취(4×7×2.5cm), 무게를 측정 후 냉장온도(4°C ± 2°C)에서 48시간동안 Shackle에 걸어 육의 표면적이 닿지 않도록 보관하였다. 그리고 48시간 후 유리된 육즙량을 최초 무게에 대한 백분율로 계산하였다.

$$\text{Drip loss(\%)} = \frac{\text{최초의 시료 무게(g)} - \text{48시간 후 시료무게(g)}}{\text{최초의 시료 무게(g)}} \times 100$$

Kauffman 등(1986)의 여과지 흡수법을 이용하여, 절단된 등심근 표면을 20분간 냉장온도(4°C ± 2°C)의 공기중에 노출시킨 후 지름 5.5cm 여과지(Advantec #1)를 이용하여 여과지에 묻어나는 수분량을 저울(Elt202, Sartorius co., USA)을 이용하여 측정하였다.

## (3) Biopsy를 이용한 생체시료채취 방법 및 사후도체시료 채취방법

### ① 생체시료 채취 방법

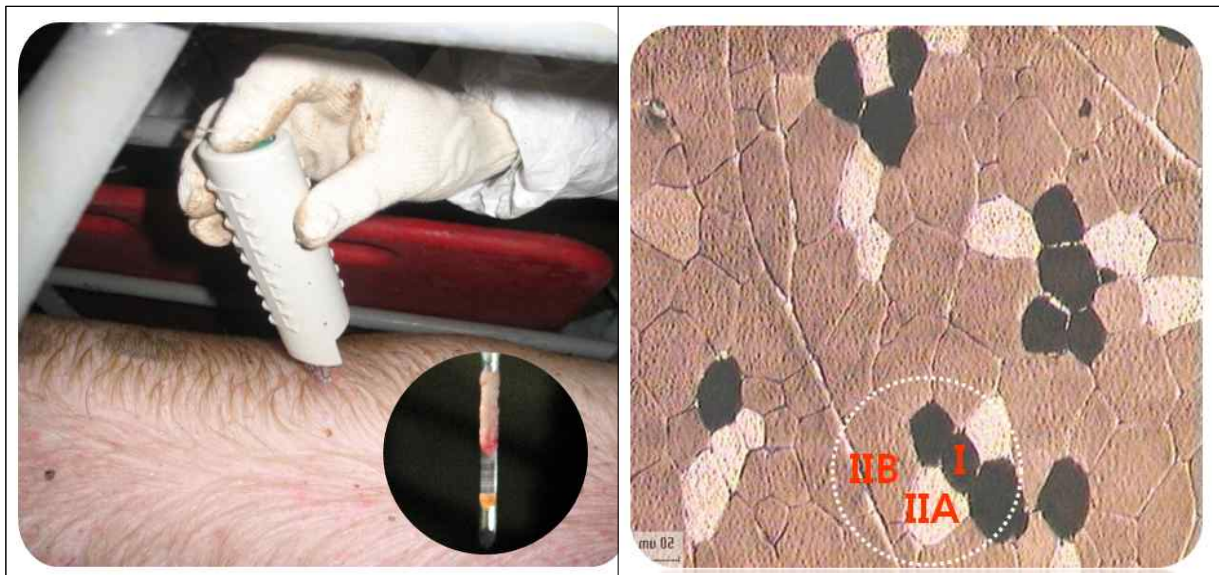
생체시료를 채취하기 위하여 실험돈의 배최장근(longissimus dorsi muscle)중 일정한 부위를 소독하고 Coaxial needle을 삽입한다. 삽입 후 needle부분을 분리, 신속하게 Core needle을 삽입하여 샘플을 채취 한다. 샘플을 채취 후 액체질소에 냉각을 시킨 후 냉각 상태로 샘플을 보관하여 조직학적 특성분석에 사용하였다. Coaxial needle을 삽입한 부분에는 소독을 실시하여 샘플채취 부위에 감염을 방지 하였다.

### ② 사후도체시료 채취방법

도체 냉각 실시 전 사후 45분에 흉추 5번, 6번 사이를 절개 한 후, 배최장근(longissimus dorsi muscle)의 일부를 채취하여, 액체질소에 침지하여 근육의 단편을 제작하여 조직학적 특성분석에 사용하였다.

#### (4) 근육 조직학적 특성

Biopsy를 이용한 생체시료채취 및 사후도체시료를 이용하여 근섬유 단편은 미세절편기 (DM 1950, Leica co., Mannheim, Germany)를 사용하여 10 $\mu$ m 두께로 절편 하였으며, 조직의 변성을 막기 위하여 -25 $^{\circ}$ C 를 유지하며 채취하였다.



##### ① 근섬유 밀도

채취한 절편은 현미경(DM2500, Leica, Germany)을 사용하여 관찰 하였고, Image-Pro@Plus (Image & Graphics, Seoul, Korea)를 이용하여 단위면적당 근섬유수를 측정하였다.

##### ② 근섬유 크기

채취한 절편은 현미경(DM2500, Leica, Germany)을 사용하여 관찰 하였고, Image-Pro@Plus (Image & Graphics, Seoul, Korea)를 이용하여 근섬유 단면적(fiber area), 표면둘레(fiber perimeter), 직경(fiber diameter)을 계산하였다.

##### ③ 근섬유 수

근섬유수의 측정은 단위면적당 근섬유 수(근섬유밀도)에 등심근 단면적을 곱하여 측정 하였다.

#### (5) 통계분석

실험결과의 통계분석은 SAS(Statistics Analysis System, USA) program(2001)을 이용하여

분산분석을 하였으며, Duncan의 다중검정법(multiple range test)을 이용하여 유의성 5% 수준에서 검정하였다.

(5) MHC 아형 정량분석 방법

생체시료는 전처리는 Talmadge & Roy(1993)법에 따라 수행하였으며, 추출된 근원섬유 단백질의 농도는 Bradford(1976)법으로 동일한 수준(1.0mg/ml)으로 맞추었다. MHC 아형은 sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE)법으로 slow (MHC I) 타입과 fast (MHC II) 타입으로 각각 분리하였으며, 이들의 각 밴드의 density를 측정하여 샘플별 조성(%)으로 나타내었다.

1. 생체육질예측기법을 이용한 기초돈군 근섬유특성 및 육질능력 분석

가. Biopsy를 이용한 생체시료채취 및 근단백질특성 분석

(1) Myosin heavy chain(MHC) 아형 정량분석 결과

(가) 공시돈

MHC 아형 정량분석에 사용된 공시돈은 총 46두이다. 본 연구에 사용된 총 14두의 옹돈 중 자돈의 생체근섬유 조성에서 적색근섬유(Type I)의 비율이 최고값 및 최저값을 나타낸 부돈 그룹(80-116 및 0-196)과 중간값을 나타낸 그룹(63-35) 등 총 3개의 그룹을 분류하여 MHC 아형 정량분석을 실시하였다. 부돈 그룹별 공시돈은 80-116은 4두(암 2, 수 2)를 이용하였고, 63-35 및 0-196은 각각 38두(암 6, 수 32) 및 4두(암 1, 수 3)를 이용하였으며, 이들의 평균 생체시료 채취일령은 137일 이었다.

Table 3-1-1. Used official pig information for Myosin heavy chain isoform quantitative analysis.

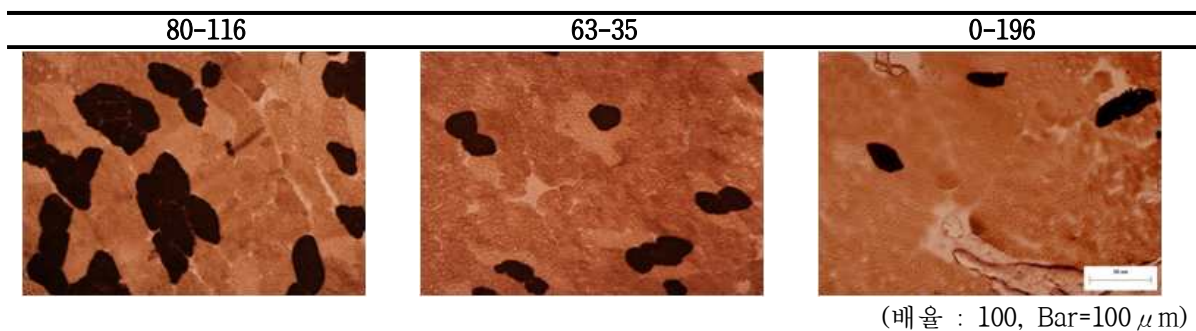
구 분	공시돈			시료채취일령	
	총공시돈	암	수		
부돈별	80-116	4	2	2	160
	63-35	38	6	32	139
	0-196	4	1	3	91
소계	46	9	37		137

(나) 분석방법

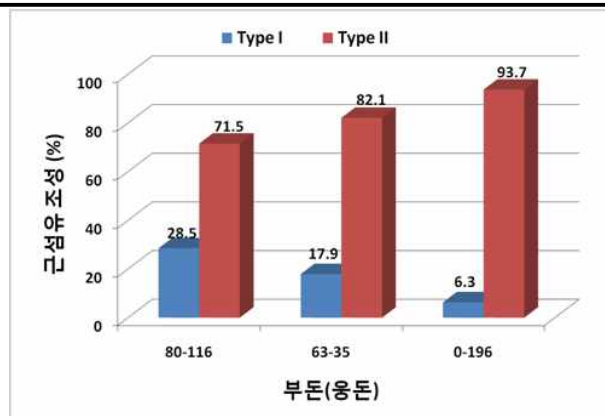
MHC 아형 정량분석을 위한 생체시료는 전처리는 Talmadge & Roy(1993)법에 따라 수행하였으며, 추출된 근원섬유 단백질의 농도는 Bradford(1976)법으로 동일한 수준(1.0mg/ml)으로 맞추었다. MHC 아형은 sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE)법으로 slow (MHC I) 타입과 fast (MHC II) 타입으로 각각 분리하였으며, 이들의 각 밴드의 density를 측정하여 샘플별 조성(%)으로 나타내었다.

(다) 분석결과

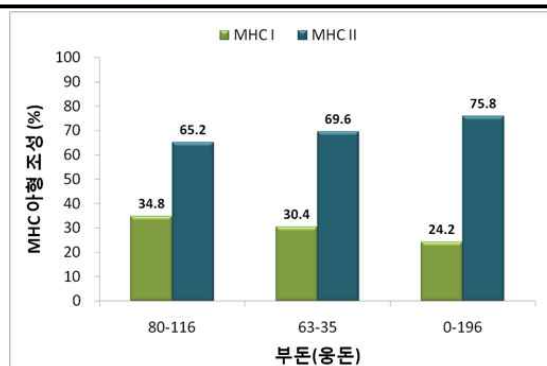
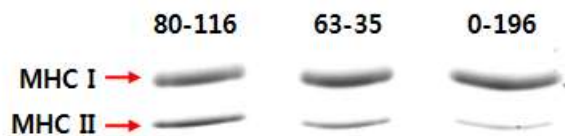
Table 3-1-2. Myosin heavy chain isoform quantitative analysis of Sire.



부돈별 근섬유 조성 비교



부돈별 SDS-PAGE 분석 결과 및 MHC 아형 조성 비교



생체조직의 MHC 아형 정량분석 결과는 근섬유 조성 결과와 비슷한 경향을 나타내었는데, 부  
 돈별 비교에서 적색근섬유(Type I)의 비율이 가장 높았던 80-116 계열의 자돈이 MHC 아형 정  
 량분석 결과에서도 slow 타입인 MHC I의 비율이 34.8%로 가장 높은 값을 나타내었다. 0-196  
 계열이 가장 낮은 MHC I 조성(24.2%)을 나타내었으며, 근섬유 조성에서 Type I의 비율이  
 17.9%로 중간값을 보였던 63-35 계열은 MHC I 조성에서도 30.4%로 세 그룹에서 중간 수준의  
 결과를 나타내었다. 한편, fast 타입인 MHC II의 조성에서는 MHC I의 결과와는 반대로 0-196  
 계열이 가장 높은 조성(75.7%)을 나타내었고, 반면 MHC I의 조성이 가장 높았던 80-116 계열  
 은 가장 낮은 MHC II 값인 65.2%를 나타내었다. 따라서 생체조직분석 결과 측면에서 부돈  
 80-116 계열의 자돈 중에서 특히 적색근섬유의 조성 및 MHC I의 조성이 높은 개체를 선발하  
 는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

**Table 3-1-3. Basic Statistic of Myosin heavy chain isoform quantitative analysis and Biopsy fiber characteristics.**

		N	Min	Max	Mean	Standard Deviation
Myosin heavy chain isoform	MHC slow isoform	1122	0.05	50.31	13.60	12.81
	MHC fast isoform	1122	0.50	97.88	65.65	35.15
	slow/fast ratio	1122	0.99	46.17	7.75	6.82
Mean area ( $\mu\text{m}^2$ )		1122	1875	6761	3599	672
Type I area ( $\mu\text{m}^2$ )		1122	863	7706	3135	854
Type II A area ( $\mu\text{m}^2$ )		1122	500	5271	2522	645
Type II B area ( $\mu\text{m}^2$ )		1122	1784	8277	3812	831
Muscle fiber Histochemistry	Type I area %	1122	0.79	63.65	11.92	8.69
	Type II A area %	1122	0.11	30.10	6.99	3.96
	Type II B area %	1122	29.85	99.21	82.46	10.23
	Type I Number %	1122	3.09	51.75	14.04	6.81
	Type II A Number %	1122	0.54	29.63	9.41	4.66
	Type II B Number %	1122	32.66	93.75	76.72	9.07

공시돈 1~3세대 생체검사(biopsy) 대상의 근섬유조성분석 기술통계량을 Table 3-1-3에 나타내었다. MHC 아형 분석결과 평균 Slow isoform은 13.6%, Fast isoform은 65.65%로 분석되었으며 Fast/Slow ratio는 7.75%로 분석되었다. Mean area 측정항목의 평균크기는 3812 $\mu\text{m}^2$ , 3135 $\mu\text{m}^2$ , 3812 $\mu\text{m}^2$ , type II B>type I >type II A순으로 분석되었다. 근섬유 평균크기를 나타내는 Mean area(fiber number/area) 측정항목은 3599 $\mu\text{m}^2$ 로 분석되었다. Type area Percentage 측정항목에서 type I 은 11.92%, type II A는 6.99%, type II B는 82.46%로 분석되었으며, Type number percentage 측정항목에서는 type I 은 14.04%, type II A는 9.41%, type II B는 76.72%로 분석되었다.

나. 개체별 생체육질진단 결과를 바탕으로 한 생체육질 평가

1~3세대 개체 총1112두를 MHC 아형 분석과 생체검사(biopsy)를 실시하였다. MHC isoform에는 크게 Slow isoform과 Fast isoform으로 구분이 된다. 구분 조건은 통상적으로 근섬유를 자극했을 때 근섬유가 자극을 받아 수축하는 속도의 차이를 이용한 방법이다.

Table 3-1-4. Correlation coefficients within/between Myosin heavy chain isoform and fiber characteristics of the *longissimus dorsi* muscles of live pig(Biopsy sample).

Measurements	Fiber area( $\mu\text{m}^2$ )			Fiber area percentage(%)			Fiber number percentage(%)			
	mean area	I	II a	II b	I	II a	II b	I	II a	II b
MHC slow isoform	0.04	0.23	0.11	0.09	<u>0.56*</u>	0.20*	<u>-0.51*</u>	<u>0.37*</u>	0.14*	<u>-0.35*</u>
MHC fast isoform	0.09	0.01	0.11	0.02	<u>-0.12*</u>	0.36*	<u>0.15*</u>	<u>0.23*</u>	0.24*	<u>0.26*</u>
fast/slow ratio	-0.06	-0.24	-0.10	-0.15*	<u>-0.52</u>	0.12	<u>0.51*</u>	<u>-0.29*</u>	0.00	<u>0.27*</u>

significance: \*P<0.05.

MHC 아형 분석 결과와 근섬유 조성 분석결과의 상관관계를 Table 3-4에 나타냈다. Type I 면적비율과 MHC slow isoform은 정의 상관관계를 나타내었고, 이와 반대로 MHC fast isoform과는 음의상관관계를 나타냈다. 이러한 결과는 개수 비율에서도 같은 경향으로 나타났다. Type I 의 개수 비율과 MHC slow isoform과는 정의 상관관계가 나타났고, Type II b와 MHC slow isoform과 부의 상관관계를 나타냈다. MHC 아형 분석과 근섬유 조성간에는 밀접한 관계가 있으며, 이를 통해서 상호 보완적으로 근섬유 조성을 분석할 경우 정확도가 높아질 것으로 판단된다.

Table 3-1-5. Correlation coefficients between MHC isoform and growth performance and carcass characteristics.

Measurements	이유시 일당 증체량 (kg)	21일령 체중 (kg)	검정시 등심근 단면적 (mm)	90kg 도달일령 (day)	검정시 일당 증체량 (kg)	검정시 등지방 두께 (mm)	검정시 정육율 (%)	출하 체중 (kg)	도체중 (kg)	도체 등지방 두께 (mm)	도체 등심근 단면적 (mm)	
MHC slow isoform	0.05	0.05	-0.11	-0.11	0.05	-0.14*	0.09	0.04	-0.09	-0.04	0.06	
MHC fast isoform	0.00	0.00	-0.13*	-0.10*	0.07	0.04	-0.14*	-0.04	-0.10	-0.01	-0.15	
slow/fast ratio	0.01	0.01	-0.08	-0.03	0.06	0.13*	-0.17*	-0.21	0.02	-0.02	-0.03	
mean area	-0.02	-0.02	0.03	-0.07	0.08	-0.08	0.15	.	0.07	-0.03	0.03	
Fiber area (μm <sup>2</sup> )	I	-0.16	-0.16	0.09	-0.03	0.00	-0.11	0.14*	-0.41	0.11	0.00	-0.11
	II a	-0.17	-0.17	0.02	-0.01	-0.04	0.00	0.03	0.03	-0.05	-0.10	-0.13
	II b	0.04	0.04	0.02	-0.10	0.11*	-0.05	0.13	-0.92	0.12	-0.02	0.08
Fiber area percentage (%)	I	-0.04	-0.04	0.02	-0.04	0.02	0.02	0.05	0.00	0.02	0.01	-0.06
	II a	-0.11*	-0.10*	-0.08	0.07	-0.14*	0.14	-0.21*	-0.11	-0.06	-0.14	-0.06
	II b	0.10*	0.10*	-0.02	-0.02	0.06	-0.02	-0.04	0.00	0.00	0.06	0.06
Fiber number percentage (%)	I	0.02	0.02	-0.13	-0.03	0.04	0.00	-0.04	0.35	0.08	0.04	-0.04
	II a	-0.09*	-0.09*	-0.04	0.08	-0.15*	0.17*	-0.19*	-0.99	-0.03	-0.15	0.00
	II b	0.03	0.03	0.13	-0.04	0.06	-0.08	0.12	-0.09	-0.05	0.04	0.02

significance: \*P < 0.05.

생체육질진단 항목과 사양 및 도체성적간의 연관성을 분석하여 Table 3-1-5에 나타내었다. MHC Slow isoform에 검정 시 등지방두께(mm) 사이에서 부의 상관관계(-0.14)를 나타내었다 (P<0.05). MHC Fast isoform과 상관관계를 나타낸 검정 시 등심근 단면적(mm), 90kg 도달일령 (day)와 검정 시 정육율 항목에서 각각 -0.13, -0.10, -0.14으로 부의 상관관계를 나타내었다 (P<0.05). Slow/Fast ratio에서 검정 시 등지방두께(mm) 항목과 정의 상관관계(0.13)을 나타내었고 (P<0.05), 검정 시 정육율 항목에서는 부의 상관관계(-0.17)을 나타내었다(P<0.05). 면적에 크기를 나타내는 근섬유 단면적(μm<sup>2</sup>)에서 type I 과 검정 시 정육율 사이에서 정의 상관관계(0.14)을 나타내었으며(P<0.05), type II b와 검정 시 일당증체량(kg)사이에서 정의 상관관계(0.11)을 나타내



었다(P<0.05). 면적에 Percentage를 나타내는 Fiber area percentage에서 type II a는 이유 시 일당증체량(day), 21일령 체중(kg), 검정 시 일당 증체량(kg), 검정 시 정육율 각각 항목에서 -0.11, -0.10, -0.14, -0.21으로 부의 상관관계를 나타내었다(P<0.05). type II b는 이유 시 일당증체량(day), 21일령 체중(kg) 각각 항목에서 0.10, 0.10으로 정의 상관관계를 나타내었다(P<0.05). Fiber number percentage에서 type II a는 이유 시 일당증체량(day), 21일령 체중(kg) 검정 시 일당증체량(kg), 검정 시 정육율 각각 항목에서 -0.09, -0.09, -0.15, -0.19로 부의 상관관계를 나타내었으며(P<0.05), 검정 시 등지방두께(mm)항목과는 정의 상관관계 0.17을 나타내었다(P<0.05).

Table 3-1-6. Correlation coefficients between MHC isoform and muscle fiber type characteristics.

Measurements	Total fiber Number	Fiber Density	mean area ( $\mu\text{m}^2$ )	Fiber area( $\mu\text{m}^2$ )			Fiber area percentage(%)			Fiber number percentage (%)			
				I	II a	II b	I	II a	II b	I	II a	II b	
MHC slow isoform	0.00	-0.14*	0.14*	0.08	0.10	0.12*	<u>0.35*</u>	-0.03	<u>-0.28*</u>	<u>0.41*</u>	-0.05	<u>-0.32*</u>	
MHC fast isoform	-0.37	-0.36	0.36	0.25	0.30	0.33	<u>-0.25*</u>	0.00	<u>0.22*</u>	<u>-0.28*</u>	-0.02	<u>0.25*</u>	
slow/fast ratio	-0.18*	-0.18*	0.18*	0.11	0.11*	0.16*	<u>-0.55*</u>	0.05	<u>0.44*</u>	<u>-0.62*</u>	0.05	<u>0.50*</u>	
<b>Biopsy</b>	mean area	-0.21*	-0.70	0.68	0.33	0.39	0.71	0.04	-0.03	-0.02	0.23	0.04	-0.23
	I	-0.25*	-0.47	0.43	0.64	0.43	0.34	<u>0.12*</u>	0.07	<u>-0.15*</u>	-0.10	-0.03	<u>0.11*</u>
Fiber area ( $\mu\text{m}^2$ )	II a	-0.30*	-0.53	0.53	0.49	0.75	0.47	0.08	0.21	-0.19*	0.03	-0.03	-0.01
	II b	-0.12	-0.63	0.62	0.20	0.30	0.68	0.05	-0.01	-0.04	0.30	0.09	-0.33
Fiber area percentage (%)	I	-0.06	-0.06	0.04	0.11*	0.12*	0.02	<u>0.48*</u>	0.01	<u>-0.41*</u>	<u>0.47*</u>	-0.03	<u>-0.38*</u>
	II a	-0.16	-0.20	0.19	0.28	0.32	0.16*	-0.02	0.21	-0.09	<u>-0.04</u>	0.14	<u>-0.05</u>
	II b	0.07	0.09	-0.07	-0.18	-0.20	-0.05	<u>0.32*</u>	-0.12	<u>0.33*</u>	<u>-0.31*</u>	-0.05	<u>0.29*</u>
Fiber number percentage (%)	I	-0.09	-0.15*	0.14*	-0.06	0.10	0.19*	<u>0.59*</u>	-0.02	<u>-0.49*</u>	<u>0.70*</u>	-0.04	<u>-0.57*</u>
	II a	-0.13	-0.19*	0.19*	0.20	0.18*	0.19*	-0.01	0.24	<u>-0.11*</u>	0.00	<u>0.23*</u>	<u>-0.14*</u>
	II b	0.12	0.21	-0.21	-0.05	-0.17*	-0.24	<u>-0.40*</u>	-0.13	<u>0.41*</u>	<u>-0.49</u>	-0.12	<u>0.49*</u>

significance: \*P < 0.05.

Table 3-1-6는 실험돈의 생체에서 biopsy 방법을 통해 채취한 생체시료와 실험돈의 사후 도체에서 채취한 시료간의 상관관계를 분석한 결과표이다. 이 결과표를 통해 생체상태에 발현되는 육질의 특징이 사후에는 어떠한 변화를 나타내는지 확인 할 수 있으며, 결과를 분석하여 생체상태에서 갖고 있는 특성분석을 통해 사후 육질특성을 예측할 수 있다. 이를 통해 생체상태에서의 육질진단을 통해 농가에서 필요한 용도(후보모돈, 후보웅돈 등)로 선발 할 수 있는 매우 중요한 분석결과 및 분석 방법이라 사료된다. 본 실험의 결과를 분석 하면 다음과 같다. MHC 아형분석은 크게 Slow isoform과 Fast isoform으로 구분된다. 통상적으로 구분 조건은 근섬유를 자극 하였을 때 근섬유가 자극을 받아 반응(수축)하는 속도의 차이를 이용하는 방법이다. 이러한 MHC isoform의 함량은 근섬유 형태와 강한 상관관계가 있다고 보고되고 있다. 본 연구의 결과는 MHC slow isoform의 경우 근섬유 면적 비율에서 Type I 의 경우 정의 상관관계, Type I Ib의 경우 부의 상관관계를 보였다. 근섬유 개수비율에서도 같은 경향을 보였으며, 생체시료(Biopsy)로 분석한 근섬유 조성과 도축 후 근섬유 조성비율의 상관관계를 분석해 본 결과, 생체시료에서 분석한 근섬유 Type I 면적비율과 개수비율이 도축 후 분석한 근섬유 Type I 의 면적 비율과 개수 비율에서 정의 상관관계를 나타냈으며, 반대로 Type I Ib의 경우 면적과 개수 비율에서 부의 상관관계를 나타냈다. 본 결과의 분석을 통해, 실험돈의 생체상태에서 채취하여 분석한 분석결과(아형 분석 및 근섬유 조직학 분석)와 실험돈의 사후 도체에서 채취하여 분석한 근섬유 분석 결과는 서로 상관관계가 있으며, 특히 Type I 면적 비율과 개수 비율은 매우 밀접한 관련이 있는 것으로 분석되었다.

Table 3-1-7. Correlation coefficients between MHC isoform and meat quality traits.

Measurements	pH45 min	pH24 hr	L*24 <sup>1)</sup> hr	a*24 <sup>2)</sup> hr	b*24 <sup>3)</sup> hr	ffu <sup>4)</sup> (mg)	drip loss 24hr	drip loss 48hr	cooking loss (%)	NPPC color	NPPC marbling
MHC slow isoform	<b>0.42*</b>	0.03	-0.05	0.03	-0.04	-0.10	<b>-0.11*</b>	-0.04	0.05	-0.04	-0.03
MHC fast isoform	<b>-0.23*</b>	-0.02	0.03	0.04	0.00	0.09	<b>0.10*</b>	0.03	0.02	-0.06	0.17*
slow/fast ratio	<b>-0.58*</b>	-0.07	0.09	0.01	0.05	<b>0.11*</b>	<b>0.20*</b>	0.04	-0.06	-0.02	0.09
<b>Biopsy</b> mean area	-0.04	-0.01	-0.01	0.01	-0.04	0.12	-0.03	-0.01	0.02	-0.02	0.13
I	-0.16*	0.10	-0.04	-0.04	-0.07	0.12	0.22*	0.23	0.01	-0.01	0.06
Fiber area (μm <sup>2</sup> ) II a	-0.01	0.01	0.08	0.09	0.08	0.15	-0.03	-0.05	0.01	0.25*	0.08
II b	-0.05	0.00	-0.08	0.00	-0.09	0.08	0.01	0.06	0.03	-0.06	0.11
Fiber area percentage (%) I	-0.02	<b>0.46*</b>	0.03	-0.07	0.01	-0.03	<b>-0.08*</b>	<b>-0.11*</b>	<b>-0.08*</b>	<b>0.10*</b>	-0.05
II a	0.00	0.08	0.02	0.01	0.05	0.01	-0.01	-0.02	-0.01	0.09	-0.06
II b	0.00	<b>-0.37*</b>	-0.03	0.05	-0.04	0.01	0.06	<b>0.09*</b>	0.06	<b>-0.12*</b>	0.09
Fiber number percentage (%) I	-0.03	<b>0.58*</b>	0.04	<b>-0.10*</b>	0.00	-0.05	<b>-0.11*</b>	<b>-0.16*</b>	-0.07	0.10	-0.03
II a	0.00	0.08	0.02	-0.01	0.06	0.00	-0.03	-0.03	0.00	0.08	-0.04
II b	0.00	<b>-0.46*</b>	-0.05	0.08	-0.05	0.03	0.09	<b>0.13*</b>	0.05	<b>-0.12*</b>	0.04

<sup>1)-3)</sup>Lightness(L\*), Redness(a\*) and Yellowness measured at 24 hour postmortem.

<sup>4)</sup>ffu: Filter Paper Fluid uptake.

<sup>5)</sup>NPPC: National Pork Producers Council color.

significance: \*P < 0.05

Table 3-1-7은 생체육질진단 항목과 육질간의 연관성 분석에 관한 내용이다. 육질과 관련된 항목들은 도체의 품질과 상품성과 연결된 매우 중요한 부분이다. 생체상태에서의 진단항목과 육질간의 상관관계를 분석하면, 차후 도체의 품질과 상품성을 높이는데 매우 중요한 역할을 할 것이라 사료된다. 분석결과 중 MHC 아형분석을 살펴보면, MHC Slow isoform은 사후 대사의 지표인 사후 45분 pH 와는 정의 상관관계를 보였으며, 도축 완료 후 유리육즙량(drip loss)측정 결과도 유의적으로 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 생체시료 근섬유 Type I 면적비율과 보수력항목(drip loss, cooking loss)와 밀접한 관계가 있으며, 이러한 경향은 개수 비율에서도 똑같이 나타났으며, MHC아형 분석 결과와 근섬유 육질과 몇몇 항목에서 연관성을 찾아 볼 수 있다

Table 3-1-8은 MHC slow isoform과 근섬유 Type I 면적비율 결과를 각각 low, middle, high 3 그룹으로 나눠 군집 분석한 결과이다. MHC slow isoform의 각 그룹간 결과를 살펴보면, 전체 근섬유 개수는 차이가 나타나지 않았으며, middle 그룹에서 평균 크기, 각각의 근섬유 크기가 가장 큰 것으로 나타났다. 근섬유 면적비율에서는 high 그룹이 Type I 비율 가장 높은 분포를 보였으며, 이와 반대로 II b는 가장 낮은 분포를 보였다. 개수 비율에서도 같은 결과가 나타났다.

근섬유 Type I 의 분포 면적의 각 그룹간 결과를 살펴보면, low그룹이 가장 많은 근섬유 개수를 타나냈으며( $1,198 \times 10^3$ ) 근섬유 크기도 가장 큰 것으로 나타났다. 근섬유의 평균 크기는 high 그룹이 가장 컸으며, 각각의 근섬유 크기도 high 그룹이 가장 큰 것으로 나타났다.

Table 3-1-8. Effects of the myosin heavy chain(MHC)isoforms or Type I fiber number percentage clusters in biopsy on muscle fiber characteristics in the porcine *longissimus dorsi* muscle tissue in postmortem.

	MHC Slow isoform (%)				Type I number percentage (%)			
	Low (n=195)	Middle (n=185)	High (n=180)	Sig. <sup>1</sup>	Low (n=124)	Middle (n=188)	High (n=156)	Sig. <sup>1</sup>
Total muscle fiber number ( $\times 10^3$ )	1,028 $\pm 19.9$	1,036 $\pm 24.2$	1,022 $\pm 31.2$	NS	1,198 $\pm 52.7$	1,026 $\pm 27.8$	1,022 $\pm 17.5$	**
The density of muscle fibers (/mm <sup>2</sup> )	253.9 $\pm 3.42$	242.5 $\pm 4.21$	258.0 $\pm 4.80$	**	277.4 $\pm 5.73$	256.6 $\pm 4.33$	243.6 $\pm 3.10$	***
Cross sectional area of muscle fiber (mm <sup>2</sup> )								
Mean area	4,105 $\pm 55.5$	4,286 $\pm 68.4$	4,046 $\pm 78.0$	**	3,763 $\pm 93.6$	4,077 $\pm 70.6$	4,257 $\pm 50.5$	***
Type I area	3,405 $\pm 52.7$	3,426 $\pm 64.9$	3,164 $\pm 74.1$	**	3,082 $\pm 89.3$	3,223 $\pm 67.4$	3,478 $\pm 48.2$	***
Type II a area	2,624 $\pm 49.8$	2,708 61.3	2,583 $\pm 70.0$	NS	2,335 $\pm 84.2$	2,656 $\pm 63.6$	2,697 $\pm 45.5$	***
Type II b area	4,362 $\pm 63.3$	4,581 $\pm 77.9$	4,367 $\pm 88.9$	*	4,066 $\pm 107.4$	4,393 $\pm 81.1$	4,520 $\pm 58.0$	***
Proportion of muscle fiber area (%)								
Type I	8.48 $\pm 0.20$	10.15 $\pm 0.24$	11.44 $\pm 0.27$	***	10.88 $\pm 0.33$	11.29 $\pm 0.25$	8.60 $\pm 0.18$	***
Type II a	4.98 $\pm 0.13$	4.61 $\pm 0.17$	4.85 $\pm 0.19$	NS	4.78 $\pm 0.23$	5.02 $\pm 0.17$	4.77 $\pm 0.12$	NS
Type II b	86.54 $\pm 0.24$	85.24 $\pm 0.29$	83.71 $\pm 0.33$	***	84.35 $\pm 0.40$	83.69 $\pm 0.30$	86.62 $\pm 0.22$	***
Proportion of muscle fiber number (%)								
Type I	10.35 $\pm 0.23$	12.66 $\pm 0.28$	14.59 $\pm 0.32$	***	13.57 $\pm 0.39$	14.24 $\pm 0.30$	10.59 $\pm 0.21$	***
Type II a	7.89 $\pm 0.19$	7.33 $\pm 0.24$	7.62 $\pm 0.27$	NS	7.72 $\pm 0.33$	7.78 0.25	7.60 $\pm 0.18$	NS
Type II b	81.75 $\pm 0.28$	80.01 $\pm 0.35$	77.79 $\pm 0.39$	***	78.71 $\pm 0.47$	77.98 $\pm 0.36$	81.81 $\pm 0.26$	***

<sup>1</sup>Levels of significance: † P<0.1, \* P<0.05, \*\* P<0.01, \*\*\* P<0.001.

아래 Table 3-1-9는 MHC slow isoform과 Type I 개수 비율에 대해서 각각 3그룹으로 나눠 군집분석한 결과이다. MHC slow isoform의 low이 도축 후 측정된 pH가 가장 낮았으며, 보수력 항목인 FFU, drip loss 24, 48 모두 높은 값을 보였다.

Table 3-1-9. Effects of the myosin heavy chain(MHC) isoforms or Type I fiber number percentage clusters in biopsy on meat quality traits in the porcine *longissimus dorsi* muscle tissue in postmortem

	MHC Slow isoform (%)			Sig. <sup>1</sup>	Type I number percentage (%)			Sig. <sup>1</sup>
	Low (n=295)	Middle (n=189)	High (n=184)		Low (n=124)	Middle (n=188)	High (n=356)	
pH <sub>45min</sub>	6.25 ±0.02	6.47 ±0.02	6.56 ±0.02	***	6.45 ±0.03	6.58 ±0.02	6.28 ±0.02	***
L <sup>*2</sup>	46.2 ±0.21	46.09 ±0.24	45.82 ±0.28	NS	46.23 ±0.36	45.48 ±0.24	46.37 ±0.19	**
a <sup>*3</sup>	6.62 ±0.08	6.60 ±0.09	6.78 ±0.11	NS	6.54 ±0.14	6.65 ±0.10	6.66 ±0.07	NS
b <sup>*4</sup>	2.04 ±0.06	1.96 ±0.07	1.98 ±0.08	NS	2.03 ±0.10	1.86 ±0.07	2.06 ±0.05	*
FFU <sup>5</sup>	30.56 ±1.97	21.3 ±2.27	21.24 ±2.68	**	21.68 ±3.49	20.16 ±2.38	28.88 ±1.79	**
Driploss <sub>24h</sub>	1.22 ±0.06	0.86 ±0.07	0.91 ±0.08	***	0.97 ±0.11	0.81 ±0.07	1.16 ±0.06	***
Driploss <sub>48h</sub>	2.5 ±0.11	1.96 ±0.13	2.01 ±0.15	**	2.01 ±0.20	1.88 ±0.14	2.43 ±0.10	**
Cooking loss	20.19 ±0.31	20 ±0.36	19.3 ±0.43	NS	20.05 ±0.55	19.1 ±0.38	20.34 ±0.28	*
NPPC <sup>6</sup> color	2.49 ±0.04	2.52 ±0.05	2.55 ±0.06	NS	2.52 ±0.08	2.53 ±0.05	2.5 ±0.04	NS
NPPC <sup>6</sup> marbling	1.56 ±0.04	1.53 ±0.05	1.49 ±0.06	NS	1.65 ±0.07	1.5 ±0.05	1.53 ±0.04	NS

<sup>1</sup>Levels of significance: † P<0.1, \* P<0.05, \*\* P<0.01, \*\*\* P<0.001.

<sup>2-4</sup>Lightness(L\*), Redness(a\*) and Yellowness measured at 24 hour postmortem.

<sup>5</sup>ffu: Filter Paper Fluid uptake.

<sup>6</sup>NPPC: National Pork Producers Council color.

Table 3-1-10. Correlation coefficients between MHC isoform and Textural traits.

Measurements		Hardness	cohesiveness	springiness	adhesiveness	gumminess	chewiness	Resilience
MHC slow isoform		-0.03	0.20	0.32	0.30	0.16*	0.28	-0.17*
MHC fast isoform		-0.13	-0.18*	-0.44	-0.45	-0.25*	-0.43	0.29
slow/fast ratio		-0.02	-0.30	-0.56	-0.52	-0.28	-0.52	0.33
mean area		-0.05	0.03	0.01	-0.03	-0.04	-0.01	0.04
Fiber area (µm <sup>2</sup> )	I	-0.02	-0.06	-0.05	-0.07	-0.01	-0.05	-0.03
	II a	-0.07	0.01	-0.10	-0.10	0.00	-0.05	0.04
	II b	-0.04	0.02	-0.01	-0.02	-0.04	-0.02	0.03
Fiber area percentage (%)	I	-0.07	-0.05	-0.05	-0.07	0.06	-0.02	-0.04
	II a	-0.05	-0.06	-0.07	-0.04	0.05	0.00	-0.04
	II b	0.01	0.04	-0.10	-0.10	-0.12	-0.14	0.03
Fiber number percentage (%)	I	-0.07	-0.06	-0.15	-0.14	-0.02	-0.06	-0.05
	II a	-0.04	-0.08	-0.09	-0.06	0.03	-0.01	-0.06
	II b	0.07	0.08	0.13	0.12	0.00	0.03	0.06

significance: \*P < 0.05

Table 3-1-10 생체육질진단 항목과 조직감의 연관성을 분석한 결과표이다. 분석결과는 생체 시 분석하였던 결과와 MHC 아형분석결과와는 상관관계를 보였으나, 근섬유의 분석결과와의 상관관계는 매우 미비하다고 판단된다. MHC 아형분석결과 MHC Slow isoform의 경우 식육의 씹힘성을 나타내는 gumminess와 정의 상관관계( $r=0.16$ ,  $P<0.05$ ), 식육의 복원력을 나타내는 Resilience와 부의 상관관계를 나타냈다( $r=-0.17$ ,  $P<0.05$ ). MHC Fast isoform 분석결과는 식육의 응집성을 나타내는 cohesiveness, gumminess와 부의 상관관계를 나타냈다( $r=-0.18$ ,  $-0.25$ ,  $P<0.05$ ).

다. DNA마커 유전자형에 따른 근섬유특성 분석

적육생산능력 및 근섬유와 관련된 마커인 MG3, MYH3와 근섬유 및 육질과 관련된 마커인 MYH5에 따른 도체 근섬유수와 면적을 나타낸 표이다(Table 3-1-11). 근섬유특성 및 적육생산 능력과 관련된 마커인 MG3의 유전자형 GG type에서 총근섬유수가  $1035 \pm 246 (\times 1,000)$ 으로 GA type  $948 \pm 171 (\times 1,000)$ 보다 높게 나타났고( $P < 0.05$ ), Type II a면적이 GG type에서  $2665 \pm 780 \mu\text{m}^2$ 으로 GA type  $2322 \pm 592 \mu\text{m}^2$ 보다 높게 나타났다( $P < 0.05$ ). 근섬유특성과 육질관련 마커인 MYH5의 CC type에서 근섬유 면적과 Type I 면적, Type II b면적이 가장 높게 나타났지만( $P < 0.05$ ; 각각  $5455 \pm 3987$ ,  $4368 \pm 898$ ,  $5760 \pm 381$ ), 분석에 쓰인 CC type의 개체수가 적어(2두) 차이를 받아들이기에는 어려움이 있을 것으로 판단된다. TC type 과 TT type 사이에서는 유의적 차이가 나타나지 않았다. MYH3의 유전자형 사이에 근섬유수와 면적사이에는 유의적 차이가 나타나지 않았다.

Table 3-1-11. Muscle fiber analysis of MG3, MYH5, HYH3 gene maker.

		Total Fiber Number (x1000)	Fiber Density (No/mm <sup>2</sup> )	Fiber area ( $\mu\text{m}^2$ )	Type I mean area ( $\mu\text{m}^2$ )	Type II a mean area ( $\mu\text{m}^2$ )	Type II b mean area ( $\mu\text{m}^2$ )
MG3	GA (n=32)	$948^b \pm 171$	$255 \pm 42$	$4018 \pm 636$	$3245 \pm 651$	$2322^b \pm 592$	$4298 \pm 720$
	GG (n=583)	$1035^a \pm 246$	$252 \pm 53$	$4143 \pm 883$	$3350 \pm 827$	$2665^a \pm 780$	$4424 \pm 1012$
significance		*	NS	NS	NS	*	NS
MYH5	CC (n=2)	$717 \pm 74$	$184 \pm 16$	$5455^a \pm 460$	$4368 \pm 898$	$2606 \pm 611$	$5760^a \pm 381$
	TC (n=91)	$1050 \pm 269$	$260 \pm 50$	$3987^b \pm 813$	$3224 \pm 699$	$2487 \pm 625$	$4260^b \pm 922$
	TT (n=520)	$1032 \pm 240$	$251 \pm 53$	$4154^b \pm 876$	$3364 \pm 835$	$2675 \pm 817$	$4436^b \pm 1007$
significance		NS	NS	*	*	NS	*
MYH3	AA (n=17)	$1064 \pm 238$	$249 \pm 48$	$4198 \pm 1115$	$3460 \pm 836$	$2750 \pm 881$	$4432 \pm 1240$
	CA (n=153)	$1018 \pm 205$	$249 \pm 48$	$4163 \pm 809$	$3333 \pm 750$	$2643 \pm 688$	$4452 \pm 933$
	CC (n=445)	$1035 \pm 257$	$253 \pm 54$	$4125 \pm 884$	$3345 \pm 841$	$2645 \pm 825$	$4405 \pm 1013$
significance		NS	NS	NS	NS	NS	NS

significance: NS: not significance, \* $P < 0.05$ .

<sup>a-b</sup>mean with different superscript are significantly different in the same column.

적육생산능력 및 근섬유특성과 관련된 마커인 MG3, MYH3와 근섬유 및 육질과 관련된 마커인 MYH5에 따른 근섬유 조성을 Table 3-1-12에 나타내었다. 선행연구 결과 MG3의 GG type에서 Type I 비율이 높게 나타날 것으로 예측되었으나 Type I 면적과 개수비율에서는 유의적 차이가 나타나지 않았다. MG3의 GG type에서는 Type II a면적비율이  $4.86 \pm 2.04$ 로 GA( $3.71 \pm 1.71$ )보다 높게 나타났고( $P < 0.01$ ), Type II a개수비율에서도  $7.59 \pm 2.88$ 로 GA( $6.54 \pm 2.97$ )보다 높게 나타났다. 근섬유 특성 및 육질과 관련이 있는 마커인 MYH5에 선행연구 결과 TT type에서 Type I 비율이 높을 것이라고 예측되었지만, 본 연구결과 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 하지만 TT type에서 Type I 면적비율과 개수비율에서 가장 높은 경향을 보였다. 근섬유 특성 및 적육생산능력과 관련하여 기존 보고된 마커인 MYH3에서 CC type에서 높은 Type I 비율이 나타날 것이라고 예측되었지만, 본 연구결과 유의적 차이를 나타나지 않았다.

Table 3-1-12. Muscle fiber ratio analysis of MG3, MYH5, HYH3 gene maker.

		type I area percentage (%)	Type II a area percentage (%)	Type II b area percentage (%)	type I number percentage (%)	Type II a number percentage (%)	Type II b number percentage (%)
MG3	GA (n=32)	$10.53 \pm 3.15$	$3.71^b \pm 1.71$	$85.76 \pm 3.39$	$13.11 \pm 3.80$	$6.54^b \pm 2.97$	$80.34 \pm 4.12$
	GG (n=583)	$9.88 \pm 3.34$	$4.86^a \pm 2.04$	$85.26 \pm 3.93$	$12.28 \pm 4.09$	$7.59^a \pm 2.88$	$80.13 \pm 4.82$
significance		NS	**	NS	NS	*	NS
MYH5	CC (n=2)	$7.13 \pm 4.74$	$2.81 \pm 0.89$	$90.06 \pm 3.85$	$8.65 \pm 4.89$	$6.14 \pm 2.81$	$85.22 \pm 2.09$
	TC (n=91)	$9.44 \pm 3.32$	$4.85 \pm 2.01$	$85.71 \pm 3.64$	$11.74 \pm 4.04$	$7.75 \pm 2.93$	$80.52 \pm 4.61$
	TT (n=520)	$10.02 \pm 3.32$	$4.81 \pm 2.04$	$85.17 \pm 3.93$	$12.45 \pm 4.08$	$7.51 \pm 2.88$	$80.04 \pm 4.81$
significance		NS	NS	NS	NS	NS	NS
MYH3	AA (n=17)	$9.16 \pm 3.09$	$4.67 \pm 1.32$	$86.17 \pm 3.28$	$11.03 \pm 3.52$	$7.12 \pm 1.87$	$81.85 \pm 3.37$
	CA (n=153)	$9.55 \pm 3.21$	$4.84 \pm 1.92$	$85.61 \pm 3.74$	$11.97 \pm 4.07$	$7.60 \pm 2.82$	$80.43 \pm 5.00$
	CC (n=445)	$10.06 \pm 3.37$	$4.79 \pm 2.10$	$85.14 \pm 3.97$	$12.49 \pm 4.09$	$7.53 \pm 2.95$	$79.98 \pm 4.74$
significance		NS	NS	NS	NS	NS	NS

significance: NS: not significance, \* $P < 0.05$ ; \*\* $P < 0.01$ .

<sup>a-b</sup>mean with different superscript are significantly different in the same column.



근섬유 특성과 육질관련 마커인 PGC1, PGC2, MyoD1 의 유전자형에 따른 근섬유의 수와 면적은 아래 Table 3-1-13과 같다. PGC1, PGC2 에서는 총 근섬유수, 단위면적당 근섬유수, 근섬유 면적, Type 별 근섬유면적에서 유전자형 간에 유의적 차이가 나타내지 않았지만, MyoD1에서 Type I 면적이 AA type이  $3431 \pm 880 \mu\text{m}^2$ 로 CC type  $3221 \pm 953 \mu\text{m}^2$ 보다 크게 나타났다( $P < 0.05$ ).

Table 3-1-13. Muscle fiber ratio analysis of PGC1, PGC2, MyoD1 gene maker.

	Total Fiber Number (x1000)	Fiber Density (No/mm <sup>2</sup> )	Fiber area ( $\mu\text{m}^2$ )	Type I mean area ( $\mu\text{m}^2$ )	Type II a mean area ( $\mu\text{m}^2$ )	Type II b mean area ( $\mu\text{m}^2$ )	
PGC1	CC (n=2)		$257 \pm 40$	$3946 \pm 614$	$2617 \pm 349$	$2596 \pm 361$	$4419 \pm 713$
	CT (n=81)	$1038 \pm 278$	$256 \pm 58$	$4120 \pm 959$	$3379 \pm 851$	$2725 \pm 834$	$4386 \pm 1089$
	TT (n=531)	$1032 \pm 239$	$252 \pm 52$	$4137 \pm 858$	$3343 \pm 815$	$2633 \pm 788$	$4419 \pm 985$
significance	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
PGC2	CC (n=171)	$1037 \pm 215$	$251 \pm 47$	$4136 \pm 805$	$3334 \pm 838$	$2640 \pm 844$	$4427 \pm 906$
	CT (n=321)	$1029 \pm 231$	$251 \pm 55$	$4165 \pm 898$	$3348 \pm 796$	$2635 \pm 739$	$4446 \pm 1032$
	TT (n=123)	$1033 \pm 319$	$257 \pm 54$	$4063 \pm 893$	$3351 \pm 853$	$2690 \pm 863$	$4331 \pm 1036$
significance	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
MyoD 1	AA (n=275)	$1015 \pm 254$	$248 \pm 53$	$4208 \pm 916$	$3431^a \pm 880$	$2704 \pm 856$	$4498 \pm 1045$
	AC (n=258)	$1041 \pm 218$	$254 \pm 50$	$4080 \pm 784$	$3281^{ab} \pm 67$ 1	$2604 \pm 682$	$4361 \pm 914$
	CC (n=80)	$1083 \pm 277$	$261 \pm 57$	$4025 \pm 931$	$3221^b \pm 953$	$2557 \pm 877$	$4278 \pm 1050$
significance	NS	NS	NS	*	NS	NS	

significance: NS: not significance. \* $P < 0.05$ ;

<sup>a-b</sup>mean with different superscript are significantly different in the same column.

근섬유 특성과 육질관련 마커인 PGC1, PGC2, MyoD1 의 유전자형에 따른 근섬유조성은 Table 3-1-14와 같다. 기존 연구결과에서 PGC1 에서는 CC type이 우량유전자로 알려져 있지만, 본 연구에서는 유의적 차이가 나타나지 않았다. 하지만 이는 CC type에 개체수가 적기 때문에(2두) 정확한 비교를 위해서는 더 많은 데이터가 필요할 것으로 판단된다. PGC2에서는 선행연구결과 T allele 이 우량유전자로 TT type에서 Type I 비율이 높게 나타날 것이라고 예측되었지만, TT type과 CC type사이에는 유의적 차이를 보이지 않았다. heterotype인 CT type 에서 Type I 의 면적 비율과 개수비율이 각각  $9.45 \pm 3.03$ ,  $11.81 \pm 3.84$ 로 가장 낮은 값이 나타났고 ( $P < 0.01$ ), Type II b면적비율이  $85.70 \pm 3.59$ 로 가장 높은 비율을 보였다( $P < 0.05$ ). MyoD1의 유전자형 간 근섬유 비율에서는 유의적 차이가 나타나지 않았다.

Table 3-1-14. Muscle fiber ratio analysis of PGC1, PGC2, MyoD1 gene maker.

	N	type I area percentage (%)	Type II a area percentage (%)	type II b area percentage (%)	type I number percentage (%)	Type II a number percentage (%)	Type II b number percentage (%)
PGC1	CC (n=2)	$11.28 \pm 2.31$	$6.02 \pm 2.44$	$82.71 \pm 0.13$	$17.02 \pm 3.86$	$9.10 \pm 3.56$	$73.89 \pm 0.31$
	CT (n=81)	$10.03 \pm 2.94$	$4.91 \pm 1.85$	$85.06 \pm 3.71$	$12.35 \pm 3.84$	$7.49 \pm 2.49$	$80.16 \pm 4.59$
	TT (n=531)	$9.89 \pm 3.39$	$4.79 \pm 2.06$	$85.32 \pm 3.93$	$12.30 \pm 4.11$	$7.55 \pm 2.94$	$80.15 \pm 4.80$
significance		NS	NS	NS	NS	NS	NS
PGC2	CC (n=171)	$10.33^a \pm 3.53$	$4.68 \pm 2.08$	$84.99^{ab} \pm 3.95$	$12.89^a \pm 4.19$	$7.40 \pm 2.96$	$79.70 \pm 4.80$
	CT (n=321)	$9.45^b \pm 3.03$	$4.85 \pm 2.00$	$85.70^a \pm 3.59$	$11.81^b \pm 3.84$	$7.68 \pm 2.88$	$80.52 \pm 4.55$
	TT (n=123)	$10.54^a \pm 3.64$	$4.85 \pm 2.08$	$84.61^b \pm 4.47$	$12.88^a \pm 4.37$	$7.35 \pm 2.84$	$79.77 \pm 5.28$
significance		**	NS	*	**	NS	NS
MyoD1	AA (n=275)	$10.04 \pm 3.51$	$4.96 \pm 2.12$	$85.00 \pm 4.15$	$12.37 \pm 4.32$	$7.75 \pm 3.03$	$79.88 \pm 5.20$
	AC (n=258)	$9.76 \pm 3.17$	$4.65 \pm 1.95$	$85.59 \pm 3.61$	$12.19 \pm 3.86$	$7.33 \pm 2.73$	$80.49 \pm 4.32$
	CC (n=80)	$10.06 \pm 3.17$	$4.80 \pm 1.99$	$85.14 \pm 3.86$	$12.69 \pm 3.90$	$7.55 \pm 2.85$	$79.76 \pm 4.62$
significance		NS	NS	NS	NS	NS	NS

significance: NS: not significance, \* $P < 0.05$ ; \*\* $P < 0.01$ .

<sup>a-b</sup>mean with different superscript are significantly different in the same column.

성장능력과 관련된 마커인 MC4R과 번식능력과 관련된 마커 PRLR, ESR에 근섬유 개수와 면적은 유의적 차이를 나타내지 않았다(Table 3-1-15). 이 결과로 보아 개체 성장과 번식능력에 관련된 유전자를 선발 육종하여도 근섬유 면적과 개수에는 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다.

Table 3-1-15. Muscle fiber analysis of MC4R, PRLR, ESR gene maker.

	Total Fiber Number (x1000)	Fiber Density (No/mm <sup>2</sup> )	Fiber area (μm <sup>2</sup> )	Type I mean area (μm <sup>2</sup> )	Type II a mean area (μm <sup>2</sup> )	Type II b mean area (μm <sup>2</sup> )
MC4R	AA (n=144)	1022 ± 247	257 ± 55	4055 ± 840	3348 ± 798	4344 ± 986
	GA (n=336)	1029 ± 251	251 ± 52	4161 ± 879	3337 ± 812	4451 ± 1014
	GG (n=135)	1048 ± 227	251 ± 51	4162 ± 887	3361 ± 861	4414 ± 978
significance	NS	NS	NS	NS	NS	NS
PRLR	AA (N=239)	1046 ± 256	255 ± 55	4094 ± 854	3300 ± 825	4376 ± 950
	GA (N=282)	1014 ± 237	250 ± 50	4178 ± 899	3391 ± 838	4459 ± 1047
	GG (N=94)	1050 ± 238	253 ± 54	4119 ± 838	3322 ± 739	4401 ± 977
significance	NS	NS	NS	NS	NS	NS
ESR	AA (n=459)	1043 ± 246	252 ± 53	4149 ± 886	3327 ± 829	4441 ± 1010
	AB (n=148)	1002 ± 236	254 ± 50	4101 ± 837	3388 ± 791	4355 ± 972
	BB (n=8)	883 ± 231	257 ± 66	4066 ± 756	3592 ± 730	4227 ± 884
significance	NS	NS	NS	NS	NS	NS

significance: NS: not significance, \*P<0.05.

<sup>a-b</sup>mean with different superscript are significantly different in the same column.

기존 성장능력과 관련하여 보고된바 있는 MC4R과 번식능력과 관련된 마커 PRLR, ESR에 근섬유조성은 Table 3-1-16에 나타냈다. MC4R에서 기존 보고된 바로 성장능력이 우수하다고 알려진 AA type이 Type I 면적비율이 10.64 ± 3.16으로 가장 높은 비율을 나타냈고(P<0.05), Type II b면적비율이 84.31 ± 3.58로 가장 낮은 비율을 보였다(P<0.01). 또한, AA type에서 Type I 개수 비율이 13 ± 3.89로 GG type 11.98 ± 3.70보다 높은 비율을 보였고(P<0.05), Type II b개수비율도 79.11 ± 4.38로 비율이 가장 낮았다(P<0.01). 이 결과로 보아 MC4R의 AA type을 선발하는 것은 성장능력과 Type I 근섬유비율을 높이는 좋은 전략이 될 것으로 판단된다. 번식능력과 관련된 마커인 PRLR은 근섬유 비율에서 유전자형 간 유의적 차이를 보이지 않았다. 따라서 번식능력

이 좋은 AA type을 선발하여 육종을 하여도 근섬유조성에는 영향을 주지 않을 것으로 판단된다. ESR의 BB type은 번식능력이 우수한 유전자로 기존 연구를 통해 알려져 있는데, 근섬유 비율에서 Type I 면적비율이 AA type, AB type과 비교하여  $12.46 \pm 5.34$ 로 높은 비율을 보였다 ( $P < 0.05$ ). 개수비율에서는 Type I 개수비율에서는 유의적 차이가 나타나지 않았지만, Type II a개수비율이  $5.45 \pm 2.28$ 로 가장 낮은 비율을 보였고( $P < 0.05$ ), Type II b개수비율이  $81.02 \pm 4.12$ 로 높은 비율을 나타냈다( $P < 0.05$ ). 이 결과로 ESR마커의 BB type 개체를 선발하는 것은 번식능력이 있는 개체선발과 Type I 면적비율이 높은 돈군을 형성하는데 좋은 방법으로 판단되어진다.

Table 3-1-16. Muscle fiber ratio analysis of MC4R, PRLR, ESR gene maker.

		type I area percentage (%)	Type II a area percentage (%)	Type II b area percentage (%)	type I number percentage (%)	Type II a number percentage (%)	Type II b number percentage (%)
MC4R	AA (n=144)	$10.64^a \pm 3.16$	$5.06 \pm 2.37$	$84.31^b \pm 3.58$	$13.00^a \pm 3.89$	$7.89 \pm 3.34$	$79.11^b \pm 4.38$
	GA (n=336)	$9.70^b \pm 3.39$	$4.80 \pm 1.89$	$85.50^a \pm 3.91$	$12.17^{ab} \pm 4.28$	$7.63 \pm 2.81$	$80.20^a \pm 5.12$
	GG (n=135)	$9.66^b \pm 3.27$	$4.53 \pm 1.99$	$85.81^a \pm 4.05$	$11.98^b \pm 3.70$	$6.92 \pm 2.47$	$81.10^a \pm 4.08$
significance	*	NS	**	*	NS	**	
PRLR	AA (N=239)	$9.98 \pm 3.35$	$4.70 \pm 2.03$	$85.32 \pm 3.94$	$12.41 \pm 3.88$	$7.50 \pm 2.91$	$80.09 \pm 4.45$
	GA (N=282)	$9.78 \pm 3.34$	$4.96 \pm 2.08$	$85.26 \pm 3.98$	$12.14 \pm 4.17$	$7.70 \pm 2.92$	$80.16 \pm 5.02$
	GG (N=94)	$10.12 \pm 3.28$	$4.59 \pm 1.89$	$85.29 \pm 3.59$	$12.65 \pm 4.32$	$7.14 \pm 2.73$	$80.21 \pm 4.90$
significance	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
ESR	AA (n=459)	$9.83^b \pm 3.28$	$4.76 \pm 2.05$	$85.42 \pm 3.91$	$12.33 \pm 4.09$	$7.51^a \pm 2.92$	$80.16 \pm 4.87$
	AB (n=148)	$10.03^b \pm 3.32$	$5.00 \pm 2.02$	$84.97 \pm 3.80$	$12.25 \pm 4.05$	$7.71^a \pm 2.82$	$80.04 \pm 4.55$
	BB (n=8)	$12.46^a \pm 5.34$	$3.68 \pm 1.28$	$83.86 \pm 4.95$	$13.54 \pm 4.14$	$5.45^b \pm 2.28$	$81.02 \pm 4.12$
significance	*	NS	NS	NS	*	*	

significance: NS: not significance, \* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ .

<sup>a-b</sup>mean with different superscript are significantly different in the same column.

## 2. 세대별 근섬유특성 및 육질분석을 통한 계통돈 조기선발매뉴얼 확립

### 가. 생산자돈에 대한 육질 분석 및 이상육 발생빈도 확인

우수한 흑돼지 계통 조성을 위해서 3세대에 걸쳐 웅돈과 모돈을 선발, 교배하여 태어난 자돈에 대해서 도축 후 품질 검사를 실시하였다. 품질 검사에 이용된 개체는 1차년도에 126두, 2차년도에 388두가 이루어진 상태이며, 3차년도 현재 138두(2016년 1월 10일 진행중)에 대해 품질 검사가 완료되었다. 품질 검사에 이용된 개체들은 각 세대별로 웅돈 및 모돈으로 이용할 후보돈을 제외한 탈락돈(선발 제외)을 대상으로 진행 하였다.

Table 3-2-1. Meat quality analysis between experiment generation.

	1세대(n=126)	2세대(n=388)	3세대(n=138)	significance <sup>1</sup>
pH <sub>45min</sub>	6.37 <sup>b</sup> ±0.33	6.38 <sup>b</sup> ±0.27	6.53 <sup>a</sup> ±0.32	***
L <sup>*2</sup> <sub>45min</sub>	37.29 <sup>b</sup> ±1.96	37.95 <sup>a</sup> ±2.13	37.04 <sup>b</sup> ±2.19	***
a <sup>*3</sup> <sub>45min</sub>	5.23 <sup>b</sup> ±0.87	5.38 <sup>b</sup> ±0.84	6.05 <sup>a</sup> ±1.08	***
b <sup>*4</sup> <sub>45min</sub>	0.70±0.52	0.72±0.56	0.69±0.57	N.S
pH <sub>24hour</sub>	5.75 <sup>a</sup> ±0.20	5.63 <sup>b</sup> ±0.21	5.72 <sup>a</sup> ±0.23	***
L <sup>*2</sup> <sub>24hour</sub>	45.54 <sup>b</sup> ±3.10	46.40 <sup>a</sup> ±2.91	45.51 <sup>b</sup> ±2.98	**
a <sup>*3</sup> <sub>24hour</sub>	6.24 <sup>b</sup> ±1.26	6.47 <sup>b</sup> ±0.95	7.38 <sup>a</sup> ±1.32	***
b <sup>*4</sup> <sub>24hour</sub>	2.20 <sup>a</sup> ±0.90	1.93 <sup>b</sup> ±0.76	1.99 <sup>b</sup> ±0.93	**
FFU <sup>5</sup> (mg)	44.85 <sup>a</sup> ±61.60	22.81 <sup>b</sup> ±12.35	23.44 <sup>b</sup> ±18.09	***
drip loss <sub>24hour</sub> (%)	1.46 <sup>a</sup> ±1.61	0.91 <sup>b</sup> ±0.57	0.98 <sup>b</sup> ±0.77	***
drip loss <sub>48hour</sub> (%)	2.69 <sup>a</sup> ±2.95	2.11 <sup>b</sup> ±1.12	2.06 <sup>b</sup> ±1.38	**
cooking loss(%)	21.50 <sup>a</sup> ±5.56	19.76 <sup>b</sup> ±3.97	19.54 <sup>b</sup> ±5.35	***

<sup>1</sup>Levels of significance: † P<0.1, \* P<0.05, \*\* P<0.01, \*\*\* P<0.001.

<sup>2-4</sup>Lightness(L\*), Redness(a\*) and Yellowness measured at 45 minute or 24 hour postmortem.

<sup>5</sup>ffu: Filter Paper Fluid uptake.

Table 3-2-1 은 세대별 생산 자돈의 도축 후 육질측정 검사 결과이다. 측정 항목은 사후 pH(pH45), 최종 pH(pH24), 육색 측정 항목인 사후 45분 육색(L\*45, a\*45, b\*45), 최종 육색(L\*24, a\*24, b\*24)를 측정하였다. FFU, Drip loss 24, 48, Cooking loss는 보수성(water holding capacity)과 관련된 실험 항목이다.

도축 후 도체의 pH와 온도는 사후대사의 지표로 이용되는 중요한 부분이다. 사후 근육 pH, 온도변화에 따라 정상육이 아닌 이상육 출현의 가장 큰 원인이 되기 때문이다. 세대별 사후 pH를 살펴보면 1세대 6.37, 2세대 6.38, 3세대 6.53으로 3세대가 낮게 측정되었으며, 유의적 차이가 나타나는 것으로 분석되었으나 이는 세대별로 모두 정상적인 범위에 속하는 것이며 사후 최종 pH도 정상범위에서 측정되었다.

소비자는 식육의 선택에 있어서, 육색을 매우 중요하게 생각한다. 이는 식육의 신선도 및 품질과 관련된 매우 중요한 부분이라 판단하기 때문이다. 이와 관련하여 식육의 육색과 품질간의 연관성을 분석하기 위하여 육색을 사후 45분과 24시간째에 나누어 기계적으로 측정하였다. 명도 L\*(Lightness), 적색도 a\*(redness), 황색도 b\*(yellowness)의 항목으로 나누어 분석하였다. 도축 후 측정된 명도값과 사후대사가 끝난 24시간째 측정된 결과 2세대가 1세대와 3세대 비해 높게 측정되었다. 적색도의 경우 3세대가 도축 직후와 대사완료 후 가장 높은 값을 나타냈다.

식육이 물리적인 외부 힘을 받을 때 수분을 잃지 않는 능력을 나타내는 보수성의 측정항목 중 FFU 경우 1세대 44.85mg, 2세대 22.81mg, 3세대 23.44mg로 유의적으로 감소하였다. Drip loss 24, 48 역시 유의적으로 세대가 증가할수록 감소하였다. 조리 시 빠져나오는 수분의 손실을 측정하기 위해 측정한 Cooking loss의 측정 결과 1세대 21.5%에서 3세대 19.5%로 감소하였음을 확인할 수 있다.

세대가 증가할수록 명도의 값이 낮아지고, 적색도가 높아져 외관으로 보이는 고기의 표면색이 선명(붉은색)해 졌음을 알 수 있다. 보수력의 경우 모든 항목에서 세대가 증가 할수록 보수력이 좋아지는 것으로 나타났다. 이는 계통돈 조성을 위해서 선발 교배된 자돈이 세대가 지날수록 육질이 우수해지는 것으로 판단된다.

Table 3-2-2. 이상육 발생빈도

		정상육	물태지육	육색불량	보수력불량
		(RFN)	(PSE)	(PFN)	(RSE)
연구	2010	74.3	25.7	-	-
개시전	2012	66.1	7.7	12.4	13.8
1차년	2013	84.6	1.6	-	13.8
2차년	2014	94.1	-	5.9	-
3차년	2015	96.7	0.8	1.5	0.8



Figure 3-2-1. 품질별 등심근 사진

앞에서 육질관련 항목을 살펴본 결과 세대가 증가함에 따라서 육질이 개선되고 있는 것을 확인할 수 있었다. 이와 함께 위 표는 이상육 분포를 나타낸 표이다. 실험농가의 2010년부터 3세대 실험 종료 시점인 2015년까지 결과를 살펴보면, 2010년에는 정상육 비율이 74.3% PSE육이 비율이 25.7%로 나타났다. 2012년에는 정상육 비율이 66.1%로 더 떨어진 것으로 나타났다. 2013년부터 2015년까지 정상육 비율이 84.6%에서 96.7%로 세대가 증가함에 따라 약 13%가 증가하였고, 기존의 농장 성적과 비교해 보면 약 22%가량 증가하였다. PSE육의 발생 비율은 거의 “0%” 를 나타내고 있다.

## 나. 세대별 근섬유특성 및 육질균일성 변화 확인

세대 간 도체형질 및 근섬유개수 및 면적은 Table 3-2-3에 나타내었다. 도체중량 항목에서 2세대가  $70.29 \pm 5.52$ 로 1세대( $73.02 \pm 8.62$ )와 3세대( $72.25 \pm 5.75$ )간에 유의적 차이를 나타냈다( $P < 0.001$ ). 등지방 항목에서 1세대( $21.33 \pm 4.95$ )와 2세대( $20.46 \pm 4.88$ )사이에서는 유의적 차이가 나타나지 않았지만, 3세대에서  $18.85 \pm 5.02$ 로 등지방이 가장 얇게 나타났으며( $P < 0.001$ ), 등심근 단면적에서 1세대( $41.95 \pm 5.23$ )와 3세대( $41.83 \pm 6.32$ ) 간에는 유의적 차이가 나타나지 않았지만 2세대( $45.70 \pm 6.67$ )에서 가장 높은 값이 나타났다( $P < 0.001$ ). 총 근섬유수에서 2세대( $1089 \pm 294 \times 1,000$ )가 1세대( $993 \pm 193 \times 1,000$ )와 3세대( $976 \pm 163 \times 1,000$ )와 비교하여 근섬유수가 많게 나타났다( $P < 0.001$ ). 2세대에서 단위면적에 따른 근섬유수 항목에서 2세대( $262 \pm 58$ )가 1세대( $237 \pm 40$ )와 3세대( $235 \pm 29$ )와 비교하여 높은 값을 나타냈다( $P < 0.001$ ). 근섬유면적은 단위면적당 근섬유수와 반대로 2세대( $4016 \pm 964$ )에서 가장 낮은 값을 보였다. 근섬유형태별 단면적에서 Type I 면적이 1세대( $3480 \pm 772$ )와 2세대( $3207 \pm 852$ )와 비교하여 3세대( $3672 \pm 662$ )에서 가장 크게 나타났다( $P < 0.001$ ). Type II a면적에서는 1세대( $2833 \pm 764$ )와 3세대( $2886 \pm 624$ )사이에서 유의적 차이를 나타내지 않았다. Type II b면적에서는 2세대( $4312 \pm 1117$ )에서 가장 낮은 값을 나타냈지만( $P < 0.01$ ), 1세대( $4607 \pm 850$ )와 3세대( $4568 \pm 620$ )사이에서는 유의적 차이가 나타나지 않았다. 위 결과로 보아 1세대에서 3세대로 선발 육종되면서 총 근섬유수에는 변화가 없지만 Type I 면적이 넓어졌다. 기존 연구된 결과에 의하면 Type I 면적이 커질수록 보수력이 개선된다고 보고되었다.



Table 3-2-3. Comparison of carcass traits, and muscle fiber characteristics of *longissimus dorsi* muscle of generation.

	1세대(n=126)	2세대(n=388)	3세대(n=138)	significance
Carcass Weight(kg)	73.02 <sup>a</sup> ±8.62	70.29 <sup>b</sup> ±5.52	72.25 <sup>a</sup> ±5.75	***
Back fat thickness(mm)	21.33 <sup>a</sup> ±4.95	20.46 <sup>a</sup> ±4.88	18.85 <sup>b</sup> ±5.02	***
Loin Area(cm <sup>2</sup> )	41.95 <sup>b</sup> ±5.23	45.70 <sup>a</sup> ±6.67	41.83 <sup>b</sup> ±6.32	***
Total fiber No (×1,000)	993 <sup>b</sup> ±193	1089 <sup>a</sup> ±294	976 <sup>b</sup> ±163	***
Fiber density (Number/mm <sup>2</sup> )	237 <sup>b</sup> ±40	262 <sup>a</sup> ±58	235 <sup>b</sup> ±29	***
Mean area(μm <sup>2</sup> )	4349 <sup>a</sup> ±764	4016 <sup>b</sup> ±964	4318 <sup>a</sup> ±548	***
Type I area(μm <sup>2</sup> )	3480 <sup>b</sup> ±772	3207 <sup>c</sup> ±852	3672 <sup>a</sup> ±661	***
Type II a area(μm <sup>2</sup> )	2833 <sup>a</sup> ±764	2510 <sup>b</sup> ±818	2886 <sup>a</sup> ±624	***
Type II b area(μm <sup>2</sup> )	4607 <sup>a</sup> ±850	4312 <sup>b</sup> ±1117	4568 <sup>a</sup> ±620	**

significance: \*\*P<0.01, \*\*\*P<0.001.

<sup>a)-c)</sup>Mean with different superscript are significantly different in the same row.

세대 간 근섬유 비율은 Table 3-2-4와 같다. 기존 연구자들에 의하면 Type I 면적비율이 높아질수록 명도가 낮아지고, 보수력과 경도가 개선되고 Type II b면적비율이 높아질수록 보수력이 불량해지고 명도가 높아진다는 연구결과가 있다. 본 연구에서 2세대(10.18±3.33)와 3세대(10.05±3.31)가 1세대(8.77±3.03)보다 Type I 면적비율이 높아졌고(P<0.001), 그 반면 Type II b면적비율이 낮아져(P<0.001) 근섬유면적비율이 개선되었다고 판단된다. 근섬유개수비율에서도 1세대에 비해 3세대에서 Type I 개수비율이 11.91±3.74로 1세대(10.93±3.33)보다 높아졌고(P<0.001), 반대로 Type II b개수비율은 3세대(80.54±4.19)가 1세대(82.16±4.07)보다 낮아졌다(P<0.001). 위 결과로 보아 1세대에서 3세대로 선발 육종되면서 Type I 비율이 높아지고 Type II b비율은 낮아져 근섬유조성이 개선되었다고 판단된다.

Table 3-2-4. Muscle fiber characteristics ratio of longissimus dorsi muscle of generation.

	1세대(n=126)	2세대(n=388)	3세대(n=138)	significance
Type I area percentage (%)	8.77 <sup>b</sup> ±3.03	10.18 <sup>a</sup> ±3.33	10.05 <sup>a</sup> ±3.31	***
Type II a area percentage (%)	4.45 <sup>b</sup> ±1.90	4.81 <sup>b</sup> ±2.03	5.07 <sup>a</sup> ±2.14	+
Type II b area percentage (%)	86.78±3.83	85.01±3.90	84.88±3.65	***
Type I Number percentage (%)	10.93 <sup>c</sup> ±3.33	12.83 <sup>a</sup> ±4.26	11.91 <sup>b</sup> ±3.74	***
Type II a Number percentage (%)	6.91 <sup>b</sup> ±2.60	7.71 <sup>a</sup> ±2.97	7.55 <sup>a</sup> ±2.89	*
Type II b Number percentage (%)	82.16 <sup>a</sup> ±4.07	79.46 <sup>c</sup> ±5.01	80.54 <sup>b</sup> ±4.19	***

significance: \*P<0.05, \*\*\*P<0.001.

<sup>a)-c)</sup>Mean with different superscript are significantly different in the same row.

각 세대별로 교배 조합을 통하여 태어난 자돈들 중에서 외모심사 및 이유 성적으로 1차 선발하고, 선발된 자돈을 15주령에 biopsy 샘플링 방법으로 등심근을 채취하여 실험실에서 분석하였다. 세대별 생체 조직학 검사 결과는 아래 Table 3-2-5에 나타났다. 근섬유 크기를 나타내는 Mean area는 세대 간 크기의 변화 차이가 나타나지 않았다. Type I (적색 근섬유)의 크기는 1세대와 3세대를 비교해 보면, 크기가 커진 것으로 나타났다. 중간근(Type II a)섬유도 세대가 증가하면서 크기가 커진 것으로 나타났다.( $P<0.001$ ) 근섬유의 면적 비율을 나타낸 area %는 백색근섬유(Type II b)가 세대가 증가함에 따라 비율이 감소하는 것으로 나타났다( $P<0.001$ ). 이러한 결과는 세대 간에 교배를 통한 계량의 결과로 볼 수 있다. 앞에 나온 도축 후 실시한 조직학 검사에서도 적색근섬유 비율이 증가하고 백색근섬유 비율이 줄어드는 경향으로 결과가 측정되었는데, 이러한 결과는 전체적으로 세대가 증가하면서 육질에도 영향을 주어 육색과 보수력에 향상에 큰 영향을 준 것으로 판단된다.

Table 3-2-5. Muscle fiber characteristics of longissimus dorsi of generation.

	1세대(n=160)	2세대(n=224)	3세대(n=458)	significance
Mean area( $\mu\text{m}^2$ )	-	3617 $\pm$ 698	3590 $\pm$ 660	N.S
Type I area ( $\mu\text{m}^2$ )	3087 <sup>b</sup> $\pm$ 1273	2915 <sup>c</sup> $\pm$ 635	3260 <sup>a</sup> $\pm$ 736	***
Type II a area ( $\mu\text{m}^2$ )	2458 <sup>b</sup> $\pm$ 741	2256 <sup>c</sup> $\pm$ 582	2660 <sup>a</sup> $\pm$ 625	***
Type II b area ( $\mu\text{m}^2$ )	3834 $\pm$ 1123	3900 $\pm$ 841	3768 $\pm$ 800	N.S
Type I area percentage (%)	12.02 $\pm$ 12.26	11.30 $\pm$ 3.01	12.14 $\pm$ 6.92	N.S
Type II a area percentage (%)	8.14 <sup>a</sup> $\pm$ 3.76	4.85 <sup>b</sup> $\pm$ 2.10	7.62 <sup>a</sup> $\pm$ 4.32	***
Type II b area percentage (%)	84.29 <sup>a</sup> $\pm$ 12.98	83.85 <sup>a</sup> $\pm$ 3.53	80.30 <sup>b</sup> $\pm$ 9.51	***

significance: N.S: not significance, \*\*\* $P<0.001$ .

<sup>a)-c)</sup>Mean with different superscript are significantly different in the same row.

다음은 세대 간 조직감을 비교 측정된 결과이다.(Table 3-2-6) 조직감이란 사람이 음식을 섭취할 때 느껴지는 고체 식품의 느낌을 수치화 하여 나타내는 것이다. 생산 자돈의 등심근을 이용하여 조직감을 측정된 결과 세대가 지나면서 경도(hardness), 식품내부의 결합에 관여하는 응집성(Cohesiveness)은 증가하는 것으로 나타났다.(P < 0.001) 식품에 힘을 가하여 변형 후 원래의 상태로 돌아가려는 성질을 나타내는 탄력성(springiness)는 2세대가 8.3으로 가장 높은 값을 보였고 3세대 7.8, 1세대 0.67순으로 나타났다.(P < 0.001) 1세대와 3세대만 비교하여 보면 탄력성도 증가한 것으로 볼 수 있다. 질깃질깃한 정도를 나타내는 검성(gumminess)의 측정결과 2세대 3세대가 1세대에 비해 높은 값을 나타냈다(P < 0.001). 세대가 증가함에 따라서 조직감 항목들의 수치가 상승하였음을 알 수 있다. 조직감(TPA)곡선에서 경도의 증가는 나머지 항목들의 증가로 이어지는 결과와 일치하였으며, 이러한 경도의 증가 원인은 근육 내 근섬유 조성과의 관련이 있는 것으로 판단된다. 앞서 말한 생체 근섬유와 도축 후 조직감 검사를 통하여 근섬유 조성을 비교한 결과, 적색근섬유 비율이 증가하는 것을 확인하였다. 적색근의 비율 증가는 도축 후 품질이 향상되었고, 식육 내 보수력이 강화되고 단백질의 변성을 경도가 높아진 것으로 판단된다.

Table 3-2-6. Texture comparison of *longissimus dorsi* of generation.

	1세대(n=126)	2세대(n=388)	3세대(n=138)	significance
Hardness	40.67 <sup>b</sup> ±9.97	45.17 <sup>a</sup> ±5.01	44.59 <sup>a</sup> ±6.45	***
Cohesiveness	0.40 <sup>b</sup> ±0.16	0.47 <sup>b</sup> ±0.05	0.85 <sup>a</sup> ±1.88	***
Springiness	0.67 <sup>c</sup> ±0.24	8.30 <sup>a</sup> ±0.94	7.81 <sup>b</sup> ±1.77	***
Adhesiveness	-5.67 <sup>c</sup> ±6.43	12.52 <sup>a</sup> ±4.04	10.69 <sup>b</sup> ±4.20	***
Gumminess	15.66 <sup>b</sup> ±7.23	21.34 <sup>a</sup> ±3.35	21.16 <sup>a</sup> ±4.77	***
Chewiness	120.82 <sup>b</sup> ±6.03	177.98 <sup>a</sup> ±35.96	171.70 <sup>a</sup> ±50.09	***
Resilience	0.15 <sup>b</sup> ±0.06	0.07 <sup>b</sup> ±0.01	6.32 <sup>a</sup> ±31.86	***

significance: \*\*\*P<0.001.

<sup>a)-c)</sup>Mean with different superscript are significantly different in the same row.

다. Biopsy이용 육질진단기법을 통한 계통돈 조기선발매뉴얼 확립

근섬유관련 생체육질분석을 위해서 생후 15주령에 있는 실험돈의 등심근 샘플을 Biopsy를 이용하여 채취한다. 등심근 채취 부위는 아래의 그림과 같다(Figure3-2).채취부위는 앞다리 뒤쪽 부위를 직선으로 올린선(①)과 척추의 직선(②)이 만나는 지점에서 앞다리방향으로 3cm 부위에 강옥도를 이용하여 샘플 채취 위치를 소독하고 Coaxial needle(Max core C1210B, BARD, USA)을 삽입한다. 그 후 needle부분을 분리한 후 신속하게 Core needle(Max core MC1410, BARD, USA)을 삽입하여 샘플을 3-5회 정도 채취하며 한번 채취 시 약 10-20mg을 채취하여 30~60mg 정도의 시료를 채취하였다. 채취한 샘플은 신속히 액체질소에 냉각시킨 후 티슈케이스에 샘플을 넣어 질소에 보관한다. Coaxial needle을 삽입한 부분은 강옥도를 이용하여 소독을 실시한다



Figure 3-2-2. 생체검사(biopsy)샘플 채취 방법

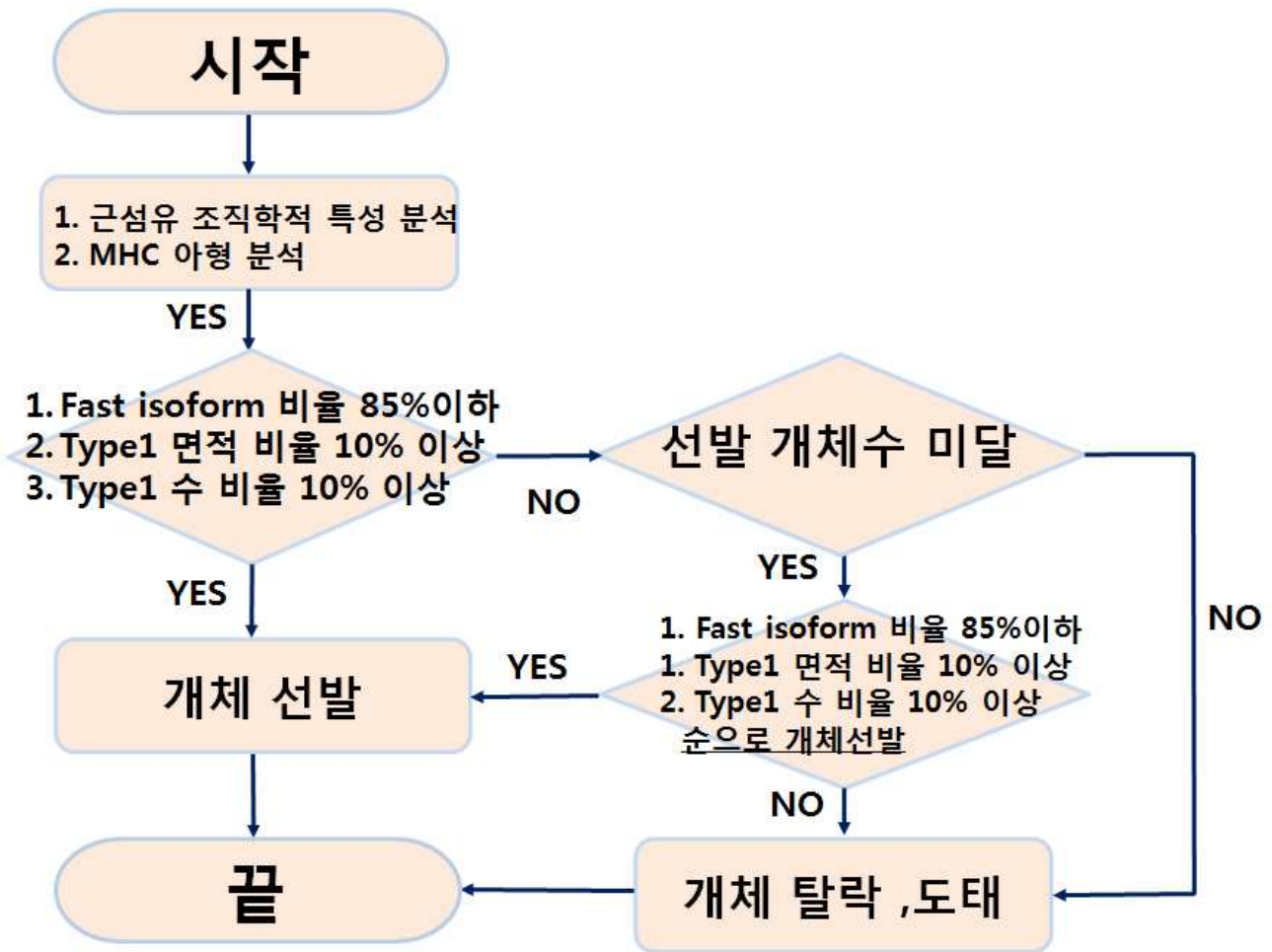


Figure 3-2-3. 생검법(biopsy)을 이용한 선발 개요도

105일령(15주)의 자돈에서 생검법(biopsy)을 통하여 생체시료를 채취한 후 근섬유 조직학적 분석한다. 만일 샘플이 상태가 불량하여 근섬유를 측정할 수 없을 경우 MHC 아형 분석을 추가 적으로 실시한다. 분석 결과에서 type I 면적 비율, type I 개수 비율, 및 추가적으로 아형분석(MHC Fast isoform) 선발기준을 설정 한다. 근섬유 조직학적 특성과 MHC 아형 분석을 통한 조기선발기준은 type I 면적 비율 10%이상, type I 개수 비율 10%이상, MHC Fast isoform 비율 85%이하로 통해 개체 선발을 하며 선발 조건에 해당하는 개체수가 적어 선발이 더 필요한 상황에서는 Fast isoform 비율 85%이하, type I 면적 비율 10%이상, type I 개수 비율 10%이상 순으로 순차적으로 개체선발을 한다.

### 3. 국내 유통 돈육과의 비교를 통한 계통돈 실용화 검증

#### 가. 계통돈과 일반상용돈의 근섬유특성 및 도체특성 비교분석

근섬유 조성은 육색, 보수력, 연도, 다즙성, 풍미 등을 포함한 여러 측면에서 육질에 영향을 미친다. 계통돈과 상용되고 있는 다른 돈육의 근섬유를 조직학적 방법에 의해 분석한 결과는 Table 3-3-1과 같다. 실험돈그룹은 3세대간 선발육종한 실험돈 전체집단과 계통돈의 능력을 볼 수 있는 계통돈의 Fullsib집단을 선별했고, 비교용 일반상업돈은 제주 상용흑돼지, 제주도내 합성돈, 육지의 합성돈, 대표적 흑돼지인 버크셔를 분석에 사용하였다.

Type I 면적비율은 3세대 실험돈( $10.10 \pm 3.29$ )에서 가장 높은 비율을 보였고( $P < 0.001$ ), 제주 LYD의 Type II b면적비율  $84.77 \pm 3.47$ 과 비교하여 계통돈( $84.85 \pm 3.68$ )이 낮은 값을 나타냈다( $P < 0.05$ ). 근섬유개수비율은 3세대 실험돈의 Type I 개수비율이  $11.98 \pm 3.72$ 로 일반 LYD( $10.19 \pm 3.94$ ), Berkshire ( $7.23 \pm 2.99$ )와 비교하여 높은 값을 보였다( $P < 0.001$ ) 위 결과로 보아 계통돈이 Type I 비율이 우수한 것으로 판단되어 진다. 기존 연구자들에 의해 Type I 비율이 높을수록 육질이 개선된다는 연구들이 보고된 바 있다.

Table 3-3-1. Comparison of Muscle fiber characteristics of domesticated pig species

	실험돈			일반상업돈			significance	
	계통돈의 Fullsib (n=16)	3세대 실험돈 (n=138)	제주 상용흑돼지 (n=121)	제주 LYD <sup>1</sup> (n=60)	일반 LYD <sup>1</sup> (n=347)	버크셔 (n=203)		
Fiber area percentage (%)	I	<b><math>9.81^{ab} \pm 2.78</math></b>	$10.10^a \pm 3.29$	$8.59^b \pm 2.13$	$8.12^{bc} \pm 2.25$	$7.33^{cd} \pm 2.81$	$6.05^e \pm 2.56$	***
	II a	$4.58^b \pm 1.36$	$5.06^b \pm 2.13$	$5.76^b \pm 1.75$	$5.11^b \pm 1.78$	$8.71^a \pm 2.91$	$8.69^a \pm 2.64$	***
	II b	$85.61^{ab} \pm 3.47$	$84.85^b \pm 3.68$	$85.65^{ab} \pm 2.65$	$86.77^a \pm 3.47$	$83.96^b \pm 4.15$	$85.26^{ab} \pm 3.76$	*
Fiber number percentage (%)	I	<b><math>11.61^{ab} \pm 3.72</math></b>	$11.98^a \pm 3.81$	$13.06^a \pm 3.70$	$12.57^a \pm 3.99$	$10.19^b \pm 3.94$	$7.23^c \pm 2.99$	***
	II a	$6.81^c \pm 1.79$	$7.54^{cd} \pm 2.90$	$9.78^b \pm 2.67$	$9.21^b \pm 3.08$	$13.60^a \pm 4.37$	$12.79^a \pm 3.70$	***
	II b	$81.58^a \pm 4.79$	$80.48^a \pm 4.22$	$77.16^c \pm 3.97$	$78.22^{bc} \pm 5.77$	$76.22^c \pm 5.64$	$79.97^{ab} \pm 4.46$	***

<sup>1</sup>LYD: Landrace × Yorkshire × Duroc.

significance: \* $P < 0.05$ , \*\*\* $P < 0.001$ .

<sup>a)-e)</sup>Mean with different superscript are significantly different in the same row.

육질 특성 항목으로는 사후대사 속도를 확인 할 수 있는 사후 45분 pH 와 등심근 단면의 육색을 측정하여 명도(L\*24hour), 적색도(a\*24hour), 황색도(b\*24hour)을 측정하였다. 보수력 측정 항목은 FFU, Drip loss, cooking loss를 측정하여 품종별로 육질분석 결과를 Table 3-3-2에 나타내었다. 사후 45분 pH는 계통돈의 Fullsib이 다른 품종들에 비해 가장 높은 값 6.59로 나타났으며, 3세대 실험돈집단도 타 상용돈에 비해 높은 pH를 갖고 있었다( $P<0.001$ ). 도축 후 도체의 pH는 사후대사의 지표로 이용되는 중요한 부분이다. 제주상용흑돼지와, 제주 LYD의 경우 사후 45분째 pH가 다른 품종에 비해 낮게 측정되었으며, 이러한 측정 결과는 육색 및 보수력에도 영향을 주워 품질 저하 요인이 된다. 육질 특성 항목 중 하나인 육색 측정 결과 계통돈의 Fullsib과 3세대 실험돈 두 집단이 다른 품종들에 비해 명도가 낮게 측정되었다. 명도 값이 높으면 식육의 표면색이 창백하게 보여 소비자가 고기 선택에 있어서 안좋은 평가를 받게 된다. 계통돈의 경우 명도가 낮고 적색도는 높게 측정되어 다른 품종 보다는 선명하고 진한 육색이 나타는 것으로 판단된다. 앞서 말한 사후대사의 속도가 빨리 이루어져 pH가 빨리 떨어진 상용흑돼지와 제주 LYD의 경우 단백질의 변성 되어 명도 값이 높게 측정된 것으로 판단된다. 다음은 보수력 측정 항목인 ffu, Drip loss, Cooking loss 측정 결과이다. ffu 경우 계통돈의 Fullsib이 18.5mg 으로 가장 낮은 수치를 보였으며, 그 뒤를 3세대 실험돈이 23.3mg으로 따르고 있었다. 상용흑돼지의 경우 70.1mg으로 가장 높은 값을 보였다. 보수력 측정항목 중 중요한 Drip loss 측정 결과 모든 품종이 정상 범위인 6% 이내로 측정이 되었다. 하지만 계통돈의 Fullsib이 가장 낮은 1.42%를, 3세대 실험돈의 경우 두번째로 우수한 2.1%로 나타났으며 제주 LYD 4.9%, 상용흑돼지 5.5%로 나타났다. 조리 시 빠져나오는 수분의 양을 측정한 cooking loss의 경우 앞선 결과와 같은 경향을 보였다. 계통돈이 가장 우수한 18.3%를 보였으며 그 뒤를 3세대 실험돈이(19.45%), 제주 LYD, 상용흑돼지가 각각 26.0%, 26.2%로 나타났다.



Table 3-3-2. Comparison of meat quality of domesticated pig species

	실험돈		일반상업돈				significance <sup>1</sup>
	계통돈의 Fullsib (n=16)	3세대 실험돈 (n=138)	제주 상용 흑돼지 (n=121)	제주 LYD (n=60)	일반 LYD (n=347)	버크셔 (n=203)	
pH45min	<b>6.59<sup>a</sup>±0.20</b>	6.53 <sup>a</sup> ±0.32	5.96 <sup>c</sup> ±0.29	5.99 <sup>c</sup> ±0.29	6.07 <sup>b</sup> ±0.33	6.11 <sup>b</sup> ±0.33	***
L* <sup>2</sup>	<b>44.82<sup>d</sup>±3.36</b>	45.51 <sup>d</sup> ±2.98	51.09 <sup>a</sup> ±3.37	50.66 <sup>a</sup> ±3.12	46.70 <sup>c</sup> ±3.24	44.35 <sup>e</sup> ±3.36	***
a* <sup>3</sup>	<b>7.39<sup>ab</sup>±1.46</b>	7.38 <sup>a</sup> ±1.32	6.93 <sup>b</sup> ±1.28	5.82 <sup>c</sup> ±1.49	7.67 <sup>a</sup> ±1.76	6.93 <sup>b</sup> ±1.09	***
b* <sup>4</sup>	2.06 <sup>d</sup> ±0.87	1.99 <sup>d</sup> ±0.93	5.13 <sup>a</sup> ±1.10	4.47 <sup>b</sup> ±1.12	3.05 <sup>c</sup> ±1.15	2.10 <sup>d</sup> ±0.70	***
FFU <sup>5</sup> (mg)	<b>18.50<sup>d</sup>±6.60</b>	23.33 <sup>d</sup> ±18.25	70.15 <sup>a</sup> ±44.26	61.68 <sup>b</sup> ±34.74	25.91 <sup>d</sup> ±17.31	24.49 <sup>d</sup> ±19.09	***
drip loss (%)	<b>1.42<sup>d</sup>±1.11</b>	2.06 <sup>e</sup> ±1.38	5.54 <sup>b</sup> ±1.40	4.94 <sup>c</sup> ±1.54	3.62 <sup>d</sup> ±2.52	2.15 <sup>e</sup> ±1.38	***
cooking loss (%)	<b>18.31<sup>c</sup>±5.54</b>	19.45 <sup>c</sup> ±5.00	26.21 <sup>a</sup> ±4.02	26.04 <sup>a</sup> ±3.66	24.01 <sup>b</sup> ±5.34	25.89 <sup>a</sup> ±4.87	***

<sup>1</sup>Levels of significance: <sup>†</sup>P<0.1, \*P<0.05, \*\*P<0.01, \*\*\*P<0.001.

<sup>2-4</sup>Lightness(L\*), Redness(a\*) and Yellowness measured at 24 hour postmortem.

<sup>5</sup>ffu: Filter Paper Fluid uptake.

<sup>a)-e)</sup>Mean with different superscript are significantly different in the same row.

나. 계통돈과 일반백색돈의 관능적 특성분석

조직감은 소비자가 식육을 섭취하였을 때 직접적으로 느껴지는 감각으로 식육품질에 있어서 중요한 품질요인중 하나이다. 계통돈과 상용되고 있는 다른 돈육의 조직감을 분석한 결과는 Table 3-3-3과 같다.

경도는 계통돈( $44.59 \pm 6.46$ ), 계통돈의 Fullsib( $44.05 \pm 5.06$ ), 제주상용흑돼지( $41.86 \pm 5.58$ ), 제주 LYD( $37.63 \pm 4.10$ ), 일반LYD( $34.96 \pm 4.89$ ) 그리고 버크셔( $25.83 \pm 3.81$ ) 순으로 나타났다( $P < 0.001$ ). 응집성에서 계통돈의 Fullsib이 1.51로 가장 높은 값을 보였고, 3세대 실험돈( $0.61 \pm 1.02$ )집단도 일반LYD( $0.35 \pm 0.17$ )보다 높은 값을 나타냈다( $P < 0.05$ ). 검성은 3세대 실험돈이 가장 높은 값( $7.99 \pm 1.34$ )을 보였고( $P < 0.001$ ), 계통돈의 Fullsib이 그 뒤를 이었다( $19.41 \pm 5.42$ ). 위 결과로 보아 경도, 응집성, 탄력성 그리고 검성이 높은 계통돈은 상용되고 있는 다른 돈육에 비해 좋것할 것으로 판단된다.

Table 3-3-3. Comparison of texture of domesticated pig species

	실험돈		일반상업돈				signifi cance
	계통돈의 Fullsib (n=16)	3세대 실험돈 (n=138)	제주 상용 흑돼지 (n=121)	제주 LYD (n=60)	일반 LYD (n=347)	버크셔 (n=203)	
Hardness (경도)	<u>44.05<sup>ab</sup> ± 5.06</u>	<u>44.59<sup>a</sup> ± 6.46</u>	41.86 <sup>b</sup> ± 5.58	37.63 <sup>c</sup> ± 4.10	34.96 <sup>d</sup> ± 4.89	26.83 <sup>e</sup> ± 3.81	***
Cohesiveness (응집성)	<u>1.51<sup>a</sup> ± 0.82</u>	<u>0.61<sup>a</sup> ± 1.02</u>	0.42 <sup>ab</sup> ± 0.12	0.43 <sup>ab</sup> ± 0.11	0.35 <sup>b</sup> ± 0.17	0.45 <sup>ab</sup> ± 0.04	*
Gumminess (검성)	<u>19.41<sup>b</sup> ± 5.42</u>	<u>21.49<sup>a</sup> ± 4.31</u>	17.68 <sup>b</sup> ± 5.24	15.99 <sup>c</sup> ± 4.61	12.13 <sup>d</sup> ± 6.03	12.01 <sup>d</sup> ± 2.28	***

significance: \* $P < 0.05$ ; \*\*\* $P < 0.001$ .

<sup>a)-e)</sup>Mean with different superscript are significantly different in the same row.

식육의 외관은 판매대에 진열되어 소비자들에게 처음으로 고려되어지는 중요품질로 식육의 구매의사결정에 중요한 영향을 미치는 요인이다. NPPC(미국돈육생산자협회) Score를 이용하여 세대 간 식육의 외관을 평가한 결과는 Table 3-3-4에 나타내었다. NPPC Color는 육색을 나타낸 것으로 3-6사이가 우수한 육색으로 평가되어진다. 본 연구결과 1세대( $2.75 \pm 0.38$ )보다 3세대( $2.98 \pm 0.71$ )에서 높은 값을 보였는데, 이는 선발을 통한 Type I 근섬유비율의 증가에 의한 것으로 판단되어진다. NPPC Marbling Score 항목에서 1세대( $1.83 \pm 0.42$ )에서 가장 높은 값이 나타났

Table 3-3-4. NPPC Score of generation.

	1세대	2세대	3세대	significance
NPPC Color	$2.75^b \pm 0.38$	$2.31^c \pm 0.59$	$2.98^a \pm 0.71$	***
NPPC Marbling	$1.83^a \pm 0.42$	$1.50^b \pm 0.56$	$1.52^b \pm 0.75$	***

significance: \*\*\* $P < 0.001$ .

<sup>a)-c)</sup>Mean with different superscript are significantly different in the same row.

다. 계통돈에서 특화된 육질항목탐색을 통한 차별화 전략 수립

계통돈의 육질항목 중에서 가장 차별화 할 수 있는 부분이 첫 번째 조직감 부분이다. 우리가 실질적으로 고기를 섭취했을 때 느껴지는 식감을 분석하는 항목인 견고성, 검성, 복원성, 응집성 등의 조직감적 특성을 차별화 전략으로 내세울 수 있다. 앞의 결과에서 계통돈의 경우 우리가 씹었을 경우 느껴지는 식육의 경도가 높아, 일반 돼지와 비교하여 돼지고기 특유의 흐물한 느낌이 줄어들었고, 검성이 우수하여 고기를 섭취했을 때 쫄득한 장점이 나타났다. 다시 원래의 형태로 돌아가려고 하는 복원성 및 서로 걸착하고 있는 힘이 정도를 나타내는 응집성 역시 계통돈과 제주 상용 흑돼지, 제주 LYD, 일반 LYD, 버크셔를 비교하였을 때 월등히 높은 것으로 나타났다.

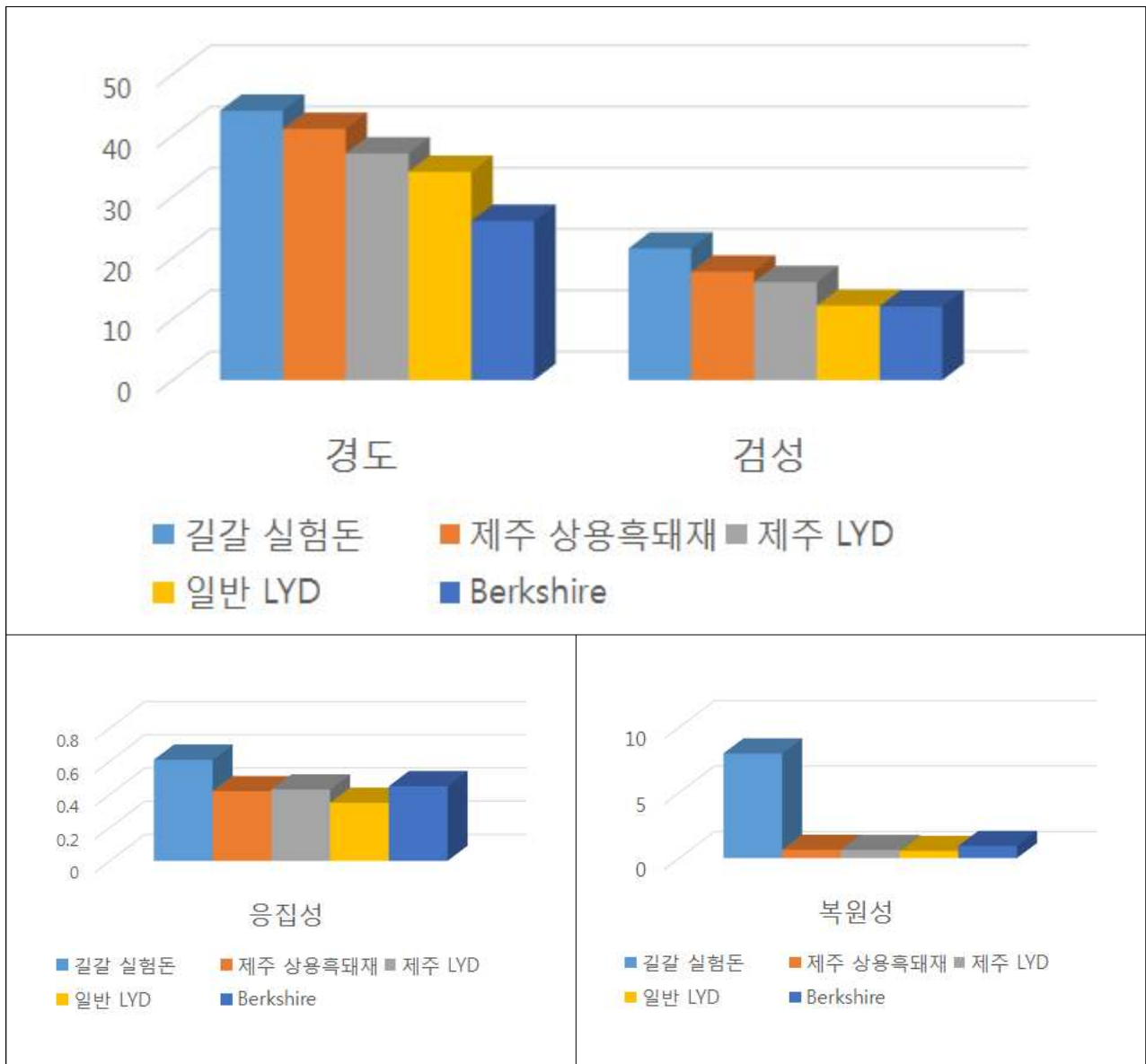


Figure 3-3-1. 품종별 조직감 비교

두 번째로 차별화 할 수 있는 항목은, 상용흑돼지나 LYD에 비해서 가장 낮은 명도 값을 나타내 육색이 진하고, 적색도 항목도 높아 외관으로 평가하는 육색은 붉은 빛이 강한 것으로 측정되었다. 이는 소비자가 돈육을 선택하는 기준 중에 하나이며 외관육색이 우수한 것으로 평가되어 좋은 장점으로 작용할 수 있다.

세 번째 차별화 전략으로는 적색근섬유의 분포 비율이 높고 백색근섬유의 분포비율이 낮다는 점을 꼽을 수 있다. 이러한 분포 비율은 사후대사가 끝난 후에 육질에 영향을 주며, 육색과 보수력에 영향을 준다. 계통돈의 경우 실제 분석 결과 가장 낮은 드립율을 보였으며, 가열시 나오는 유리육즙량도 가장 낮은 값을 나타냈다.

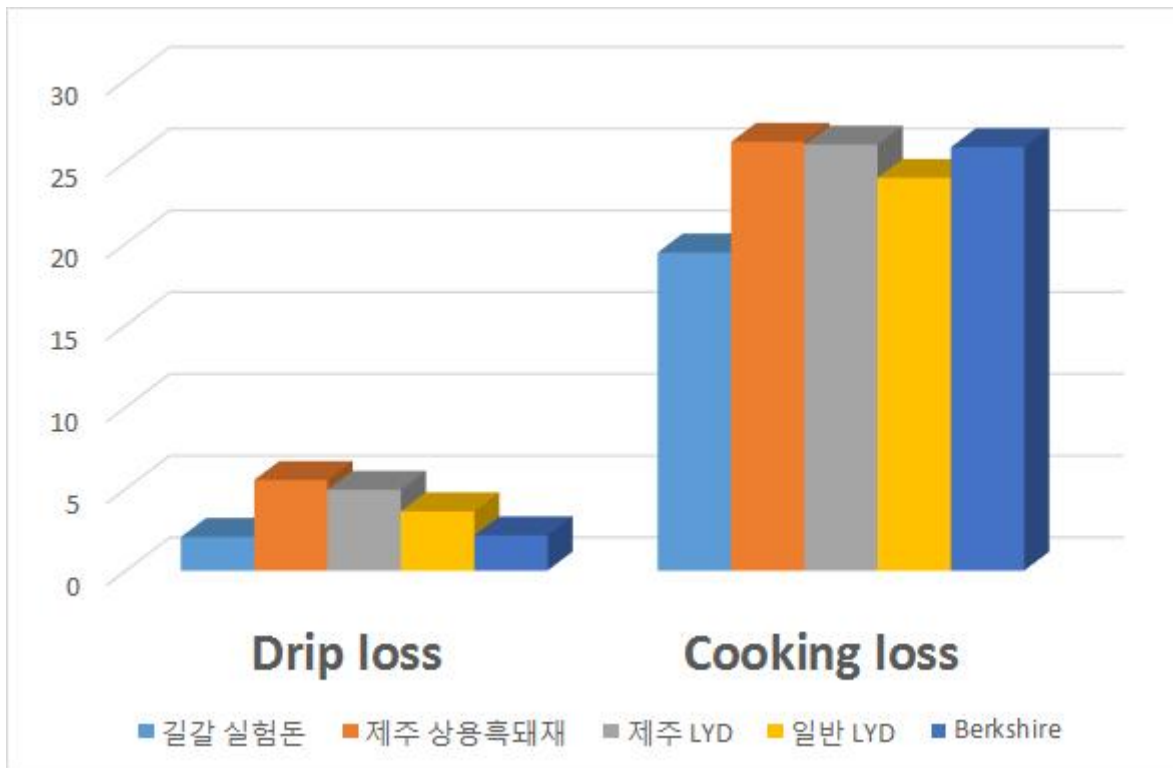


Figure 3-3-2. 품종별 보수력 측정

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

## 제 1 절 연구개발목표의 달성도

### 1. 근섬유특성관련 DNA마커도움 조기선발시스템 구축

구분	연구개발목표 및 평가착안점	연구목표 달성도	기술발전 기여도
최종 목표	DNA마커를 실제 돼지 육종현장에 적용하고 세대별로 유전적특성 변화양상을 분석함으로써 최첨단 분자유전학적 기법을 이용한 돼지육종기법을 확립하고, 계통돈의 유전적특성을 검증하여 조기선발시스템을 구축한다.	100	매우크다
1 차년도	<p>◎ 연구목표 기초축군 세대별 유전자형 분석 및 유전자형 고정화 전략 수립</p> <p>◎ 평가 착안점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Multiplex PCR 방법 개발을 통한 기 개발된 DNA마커들의 대량분석 최적화 (한번에 2개이상 분석가능한 multiplex PCR방법 개발)</li> <li>- 기초돈군 개체별 유전자형조합 분석 및 교배조합 설정 (sire 20두, dam 100두로 교배조합 설정)</li> <li>- 생산자돈 대상 DNA마커와 근섬유특성간 연관성 분석</li> <li>- 최적 DNA마커조합 선정 및 유전자형 고정화 교배전략 수립</li> </ul>	100	매우크다
2 차년도	<p>◎ 연구목표 세대별 유전적특성 변화양상 분석 및 유전적균일성 검증</p> <p>◎ 평가 착안점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대량분석기법을 이용한 생산자돈에 대한 유전자형 분석</li> <li>- 세대별 대립유전자빈도 비교를 통한 유전특성 변화 확인 (3세대간의 변화 확인)</li> <li>- 동일유전자형 보유여부 분석을 통한 계통돈의 유전적균일성 검증 (마커 5종에 대한 분석)</li> <li>- 선발된 개체들에 대한 마커, 근친도 및 기타 개체정보 DB 구축</li> </ul>	100	매우크다
3 차년도	<p>◎ 연구목표 계통돈의 유전적특성 검증을 통한 조기선발시스템 구축</p> <p>◎ 평가 착안점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 마커도움선발(MAS) 모형의 타당성 및 실용성 확인</li> <li>- 계통돈의 유전적 동일성 유지를 위한 교배조합설정 매뉴얼 확립</li> <li>- 계통돈 특이 염기다형성을 이용한 판별시스템 마련 (비계통돈과의 비교)</li> <li>- 유전자분석을 통한 흑모색 고정 여부 확인 (흑모색특이 유전자마커를 통한 고정확인)</li> </ul>	100	매우크다

## 2. MAS를 통한 선발계통 조성 및 우수 흑돼지 계통돈 생산

구분	연구개발목표 및 평가착안점	연구목표 달성도	기술발전 기여도
최종 목표	기 개발하여 보유하고 있는 근섬유특성관련 DNA마커를 이용하여 적육생산 능력과 육질이 동시에 개량된 소비자의 기호에 적합한 계통을 조성한다.	100	매우크다
1 차 년도	<p>◎ 연구목표 흑돼지 계통조성을 위한 기초축군 조성</p> <p>◎ 평가 착안점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개체 ID 및 혈통정보 데이터베이스 구축을 통한 농장내 흑돼지 전수에 대한 원종돈 등록</li> <li>- 유전자형 기반으로 기초축군 조성 및 자돈생산</li> <li>- 흑모색 여부를 포함한 외모심사 및 능력검정</li> <li>- 신기술 적용을 위한 타협동과제로의 생체시료 제공</li> </ul>	100	매우크다
2 차 년도	<p>◎ 연구목표 최적교배체계의 확립을 통한 근섬유특화 선발계통 조성</p> <p>◎ 평가 착안점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최적교배조합에 따른 자돈생산 및 자돈등기</li> <li>- 세대별 생산자돈의 성장형질 및 번식능력 변화 확인</li> <li>- DNA마커와 생체육질분석기법을 이용한 근섬유특화 선발계통 조성</li> <li>- 교배조합별 번식능력 및 성장능력을 포함한 최적 교배체계 확립</li> </ul>	100	매우크다
3 차 년도	<p>◎ 연구목표 개발한 제주흑돼지 계통돈의 생산 및 확대보급체계 구축</p> <p>◎ 평가 착안점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 종돈개량협회에 번식용씨돼지(계통돈) 등록</li> <li>- 씨돼지 및 비육돈 생산 체계 구축</li> <li>- 계통돈 확대보급을 위한 정액생산체계 구축</li> </ul>	100	매우크다



### 3. 생체육질예측기법 도입을 통한 계통돈 조기선발매뉴얼 확립 및 실용화 검증

구분	연구개발목표 및 평가착안점	연구목표 달성도	기술발전 기여도
최종 목표	생체육질예측기법을 이용하여 새로 개발될 계통돈의 돈육질의 특성을 규명하고, 계통돈의 조기선발매뉴얼을 확립하며, 국내 유통 돈육과의 비교를 통해 계통돈의 실용화를 검증한다.	100	매우크다
1 차 년도	<p>◎ 연구목표 생체육질예측기법을 이용한 기초돈군 근섬유특성 및 육질능력 분석</p> <p>◎ 평가 착안점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biopsy를 이용한 생체시료채취 및 근단백질특성 분석</li> <li>- 개체별 생체육질진단 결과를 바탕으로한 생체육질 평가</li> <li>- DNA마커 유전자형에 따른 근섬유특성 분석</li> </ul>	100	매우크다
2 차 년도	<p>◎ 연구목표 세대별 근섬유특성 및 육질분석을 통한 계통돈 조기선발매뉴얼 확립</p> <p>◎ 평가 착안점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 생산자돈에 대한 육질 분석 및 이상육 발생빈도 확인</li> <li>- 세대별 근섬유특성 및 육질균일성 변화 확인</li> <li>- Biopsy이용 육질진단기법을 통한 계통돈 조기선발매뉴얼 확립</li> </ul>	100	매우크다
3 차 년도	<p>◎ 연구목표 국내 유통 돈육과의 비교를 통한 계통돈 실용화 검증</p> <p>◎ 평가 착안점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 계통돈과 일반백색돈의 근섬유특성 및 도체특성 비교분석</li> <li>- 계통돈과 일반백색돈의 관능적 특성분석</li> <li>- 계통돈에서 특화된 육질항목탐색을 통한 차별화 전략 수립</li> </ul>	100	매우크다

## 제 2 절 관련분야 기술발전예의 기여도

### 1. 기술적 측면

- 새로운 DNA마커 적용을 통한 분자유종기법의 실용화
- 객관적이고 과학적인 돈육질 예측 시스템 구축
- 현장보급을 위한 대량분석체계의 확립
- 기초연구결과의 현장적용을 통한 성과활용 극대화
- 학문적·기술적 국제경쟁력의 우위 선점
- 한우 및 기타 축종에의 고품질 식육생산 응용방안 제시

### 2. 경제적·산업적 측면

- 적육생산능력과 육질이 특화된 고품질 흑돼지 생산 및 보급
- 흑돼지 계통 등록을 통한 국내 고유유전자원 확보
- 산육량 증대에 따른 양돈산업의 생산비 절감 및 수익성 증대
- 고급육 생산을 통한 양돈농가 수익증대
- 고능력 신품종개발 기반마련을 통한 양돈산업의 국제경쟁력 강화
- 양돈산업의 국제경쟁력 확보에 의한 시장의 다양화
- 독점지식 및 기술력 확보에 의한 국내 양돈산업의 부가가치 제고
- 자유무역협정 시대에 국내 양돈 시장의 활성화 방안 제시
- 수입종돈 대체를 통한 질병유입차단 및 방역비용 절감

## 제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

# 제 1 절 연구개발 성과

## 1. 정성적 성과

- DNA마커 및 마커도움선발(MAS) 모델 제공을 통해  
종돈개량을 위한 조기선발시스템 구축함
- 적육생산능력과 육질이 특화된 고품질 흑돼지 생산 및 보급의 기반을 확보함
- 생체육질진단기법의 적용을 통한 적육생산량 및 육질에 대한 명확한 접근방법 제시함

## 2. 정량적 성과

### 가. 계통등록

- 적육생산능력과 육질, 성장능력이 우수한 제주흑돼지 계통돈 24두 등록  
(한국종축개량협회, 2016)

### 나. 학술적 성과(논문)

#### (1) SCI 2편 발표

J.M. Kim, K.S. Lim, J.S. Hong, J.H. Kang, Y.S. Lee and K.C. Hong. Animal genetics (2014) 46, 73-77

Kyu-Sang Lima, Sang-Hoon Lee b, Eun-A Lee a, Jun-Mo Kim and Ki-Chang Hong. Meat Science (2015) 110, 224-229

#### (2) 비SCI 1편 발표

Kyung Bo KO., Gap-Don KIM., Dong-Geun KANG, Yeong-Hwa KIM, Ik-Dong YANG and Youn-Chul RYU. Animal Science Journal (2015) 86, 428-434

### 다. 학술적 성과(학술대회)

#### (1) 국제학술대회 1편 발표

- Ko, Kyoung Bo, Kim, Gap-Don, Kang, Dong-Geun, Kim, Yeong-Hwa, Yang, Ik-Dong, Ryu, Youn-Chul. 2013. Comparison of Pork quality and muscle histochemical characteristics in different lines of JEJU BLACK PIG, International Congress of Meat Science and Technology 59<sup>th</sup>. İzmir, Turkey

**(2) 국내학술대회 1편 발표**

- Dong-Hyun Joo, Ji-Hoon Kang, Youn-Chul Ryu, Young-Ik Oh and Ki-Chang Hong. 2014. Proceedings of 2014 Annual Congress of Korean Society of Animal Sciences and Technology. Hongcheon, Korea

**라. 우수인력 양성**

- 석사 3명, 학사 4명
- 취업성과 2명

**마. 기술이전 2건**

- DNA마커를 이용한 적육생산능력과 육질이 모두 우수한 제주흑돼지 계통돈의 조기선발기법 및 교배매뉴얼 (2016)
- 생검법을 이용한 제주흑돼지 계통돈의 조기선발기법 (2016)

**바. 교육지도 2건**

- 생검법을 활용한 생체육질예측 조기선발매뉴얼 (2016)
- Jeju Black계통돈 DNA 선발 및 교배 매뉴얼 (2016)

**사. 언론홍보 3건**

- 제주 축산진흥원 · 길갈축산 이력관리 종돈장 선정 (2014, 뉴시스)
- 철저한 생산 이력에 반하고 졸깃한 고기맛에 두 번 감동[길갈영농조합법인] (2015, 제주신보)
- 제주산 돼지고기, 5년만에 홍콩수출 재개 (2015, 제이누리)

## **제 2 절 성과 활용계획**

**1. SCI 국외학술지에 2편의 논문 투고**

- Effects of sow parity stages on progeny pork quality traits. Meat science, In press.
- Effects of DNA marker-assisted-selection(MAS) for 3 generation.

**2. 언론홍보 2건**

- 계통돈에 대한 홍보자료 2건

## 제 6 장   참고문헌

- Brooke M.H. & Kaiser K.K. (1970) Three myosin adenosine triphosphatase system: the nature of their pH liability and sulphhydryl dependence. *J. Histochem. Cytochem.* **18**, 670-2.
- Cameron N.D. (1990) Genetic and phenotypic parameters for carcass traits, meat and eating quality traits in pigs. *Livestock Production Science* **26**, 119-35.
- Chang K.C., da Costa N., Blackley R., Southwood O., Evans G., Plastow G., Wood J.D. & Richardson R.I. (2003) Relationships of myosin heavy chain fibre types to meat quality traits in traditional and modern pigs. *Meat Science* **64**, 93-103.
- Choi Y.M., Ryu Y.C. & Kim B.C. (2007) Influence of myosin heavy- and light chain isoforms on early postmortem glycolytic rate and pork quality. *Meat Science* **76**, 281-8.
- Hammelman J., Bowker B., Grant A., Forrest J., Schinckel A. & Gerrard D. (2003) Early postmortem electrical stimulation simulates PSE pork development. *Meat Science* **63**, 69-77.
- Handel S. & Stickland N. (1987) Muscle cellularity and birth weight. *Anim. Prod* **44**, 311-7.
- Karlsson A.H., Klont R.E. & Fernandez X. (1999) Skeletal muscle fibres as factors for pork quality. *Livestock Production Science* **60**, 255-69.
- Kim J.M., Lee Y.J., Choi Y.M., Kim B.C., Yoo B.H. & Hong K.C. (2008) Possible Muscle Fiber Characteristics in the Selection for Improvement in Porcine Lean Meat Production and Quality. (2008) *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* **21**, 1529-34.
- Kim J.M., Choi B.D., Kim B.C., Park S.S. & Hong K.C. (2009) Associations of the variation in the porcine *myogenin* gene with muscle fibre characteristics, lean meat production and meat quality traits. *Journal of Animal Breeding and Genetics* **126**, 134-41.
- Klont R.E., Brocks L. & Eikelenboom G. (1998) Muscle fibre type and meat quality. *Meat Science* **49**, S219-S29.
- Larzul C., Lefaucheur L., Ecolan P., Gogue J., Talmant A., Sellier P., Le Roy P. & Monin G. (1997) Phenotypic and genetic parameters for *longissimus* muscle fiber characteristics in relation to growth, carcass, and meat quality traits in large white pigs. *J. Anim Sci.* **75**, 3126-37.
- Melody J.L., Lonergan S.M., Rowe L.J., Huiatt T.W., Mayes M.S. & Huff-Lonergan E. (2004) Early

- postmortem biochemical factors influence tenderness and water-holding capacity of three porcine muscles. *J. Anim Sci.* **82**, 1195-205.
- Rehfeldt C., Stickland N.C., Fiedler I. & Wegner J. (1999) Environmental and Genetic Factors as Sources of Variation in Skeletal Muscle Fibre Number. *Basic Appl. Myol.* **9**, 235-53.
- Ryu Y.C., Choi Y.M., Lee S.H., Shin H.G., Choe J.H., Kim J.M., Hong K.C. & Kim B.C. (2008) Comparing the histochemical characteristics and meat quality traits of different pig breeds. *Meat Science* **80**, 363-9.
- Ryu Y.C. & Kim B.C. (2005) The relationship between muscle fiber characteristics, postmortem metabolic rate, and meat quality of pig longissimus dorsi muscle. *Meat Science* **71**, 351-7.
- Ryu Y.C. & Kim B.C. (2006) Comparison of histochemical characteristics in various pork groups categorized by postmortem metabolic rate and pork quality. *J. Anim Sci.* **84**, 894-901.
- Ryu Y.C., Rhee M.S. & Kim B.C. (2004) Estimation of Correlation Coefficients between Histological Parameters and Carcass Traits of Pig Longissimus Dorsi Muscle. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* **17**, 428-33.
- Van Wijk H., Dibbits B., Baron E., Brings A., Harlizius B., Groenen M., Knol E. & Bovenhuis H. (2006) Identification of quantitative trait loci for carcass composition and pork quality traits in a commercial finishing cross. *Journal of animal science* **84**, 789.
- Verrier E. (2001) Marker assisted selection for the improvement of two antagonistic traits under mixed inheritance. *Genetics Selection Evolution* **33**, 1-22.
- Wang L., Mo X., Xu Y., Zuo B., Lei M., Li F. & Jiang S. (2008) Molecular characterization and expression patterns of *AMP deaminase1 (AMPD1)* in porcine skeletal muscle. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology* **151**, 159-66.
- XUE H.L. & ZHOU Z.X. (2006) Effects of the *MyoG* gene on the partial growth traits in pigs. *Acta Genetica Sinica* **33**, 992-7.



[첨부]

< 특허, 논문 및 시장분석 >

1. 본 연구와 관련된 기술의 국내외 수준 비교

기술명	관련기술 최고보유국	현재 기술수준		기술개발 목표수준	비고
		우리나라 관련기술수준	연구사업단 보유기술수준		
MAS를 통한 선발계통 조성	미국, 영국	40 %	40 %	70 %	
근섬유특성관련 DNA마커의 실용화	미국, 영국	60 %	60 %	90 %	
생체육질예측기법 적용	미국	60 %	60 %	90 %	

- 1) 기술명은 본 연구사업단과 관련(기보유기술 또는 향후 개발예정기술)된 기술을 기재
- 2) 현재 기술수준은 세계최고수준을 100%으로 할 때 우리나라 및 신청한 연구사업단의 기술수준 표시
- 3) 기술개발 목표수준은 연구사업단 종료시의 기술수준을 세계최고수준(100%) 대비 목표로 제시
- 4) 부가설명이 필요한 경우 비고란에 작성

2. 특허조사분석

가. 특허조사분석 범위

대상국가	전세계(World wide)
특허DB	국외특허검색(유럽특허검색 <a href="http://ep.espacenet.com">http://ep.espacenet.com</a> ) 국내특허검색(특허정보원 <a href="http://www.kipris.or.kr">www.kipris.or.kr</a> )
검색기간	19960101 ~ 20160101 (최근 20년간)
검색범위	제목 및 초록

※ 특허조사·분석시 활용하였던 특허정보이용과 관련된 내용을 기재

나. 특허 조사·분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

기술명	근섬유특성관련 DNA마커의 실용화	MAS를 통한 선발계통 조성	생체육질예측기법 적용
Keyword	Marker, Pig, DNA	pig, marker, breed (국내, 국외)	Muscle fiber, Meat quality, myosin isoform
검색건수	42 (국외) 48 (국내)	5 (국내) 2 (일본) 779 (유럽)	10 (국내) 10 (국외)
유효특허건수	15 (국외) 14 (국내)	2 (국내) 1 (일본) 80 (유럽)	3 (국내) 5 (국외)

기술명		근섬유특성관련 DNA마커의 실용화	MAS를 통한 선발계통 조성	생체육질예측기법 적용
핵심특허 및 관련성	특허명	돼지 근세포수 증가 확인용 DNA 표지인자	Marker assisted selection of bovine for improved milk composition	근섬유 조직학적 특성을 이용한 육질 및 육량의 예측방법
	보유국	한국	미국	한국
	등록년도	2007	1997	2008
	관련성(%)	100%	70%	100 %
	유사점	○ 본 연구팀이 가지고 있는 기술로 2007년 특허 등록 완료	○ 돼지의 경제 형질 개량에 있어서 DNA마커를 이용한 접근(MAS)	○ 본 연구팀이 가지고 있는 기술로 2008년 특허 등록 완료
	차이점	○ 본 연구팀 보유 특허	○ 목표로 하고 있는 경제형질에 있어 이 특허는 산자수에 중점을 두고있지만 본 연구진은 성장형질뿐 아니라 적응생산능력,육질개량까지 목표로하고있음	○ 본 연구팀 보유 특허
핵심특허 및 관련성	특허명	돼지 육질 형질 평가 유전자 마커 및 상기 마커를 이용한 육질 형질 평가기법	New QTL's on chromosomes X, 2, 6 and 7 of pigs	미오신 아형을 이용한 돼지의 육질 예측 방법
	보유국	한국	독일	한국
	등록년도	2011	2001	2008
	관련성(%)	50 %	40%	100%
	유사점	○ 육질향상 관련 마커 ○ multiple PCR을 이용한 분석	○ 돼지의 양적형질개량에 있어서 분자유전학적방법을 통한 접근	○ 본 연구팀이 가지고 있는 기술로 2008년 특허 등록 완료
	차이점	○ 본 연구가 근섬유특성과 관련하여 적응생산능력과 육질과의 연관성을 탐구하고자하는 반면, 이 특허의 마커는 단순히 육질관련 DNA마커임	○ 등지방 두께와 근육의 깊이에 영향을 주는 QTL영역을 찾은 특허임, 목표로 하는 형질에 있어서 차이가 있음	○ 본 연구팀 보유 특허

기술명		근섬유특성관련 DNA마커의 실용화	MAS를 통한 선발계통 조성	생체육질예측기법 적용
핵심특허 및 관련성	특허명	GENETIC MARKER BASED PIG SELECTION	Genomic marker for tenderness meat	Rapid quantitative analysis method for animals skeletal muscle fiber
	보유국	영국	모로코	중국
	등록년도	1998	2006	2008
	관련성(%)	80%	40%	50 %
	유사점	○ 육질관련 마커	○ 양적형질인 meat의 tenderness에 관련된 genetic marker	○ 근섬유 수를 측정하는 방법
차이점	○ 본 연구가 근섬유특성과 관련하여 적육생산능력과 육질과의 연관성을 탐구하고자하는 반면, 이 특허의 마커는 단순히 육질관련 DNA마커임	○ 육질관련 유전자 마커에 관련되어 있지만 축종도 다르고(소), tenderness, juiciness, Flavor에만 관심형질이 치우쳐져있음	○ 근섬유조성은 측정할 수 없으며, 생체에서가 아닌 도체에서 근섬유 수를 측정하는 방법	

- 1) 기술명은 본 연구사업단과 관련(기보유기술 또는 향후 개발예정기술)된 기술을 기재
- 2) keyword는 검색어를 의미하며, 검색건수는 keyword에 의한 총검색건수를, 유효특허건수는 검색한 특허 중 연구사업단 관련기술과 관련성이 높은 특허를 의미
- 3) 기존특허는 검색된 특허중 연구사업단 관련기술과의 관련성이 높고 인용도가 높은 상위 3개 특허를 기준으로 작성

### 3. 논문분석

#### 가. 논문분석 범위

대상국가	미국, 일본, 유럽
논문 DB	Pubmed database ( <a href="http://www.ncbi.nlm.nih.gov">www.ncbi.nlm.nih.gov</a> )
검색기간	19960101 ~ 20160101 (최근 20년간)
검색범위	제목, 초록 및 키워드

#### 나. 논문분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

기술명	근섬유특성관련 DNA마커의 실용화	MAS를 통한 우수 흑돼지 선발계통 조성	생체육질예측기법 도입	
Keyword	myogenin, polymorphism, pig	Marker assisted selection, Pig	Muscle fiber, Meat quality	
검색건수	22 (Entrez PubMed)	94 (Entrez PubMed)	101 (Science direct) 50 (Entrez PubMed)	
유효논문건수	8 (Entrez PubMed)	14 (Entrez PubMed)	28 (Science direct) 29 (Entrez PubMed)	
핵심논문 및 관련성	논문명	Associations of the variation in the porcine myogenin gene with muscle fibre characteristics, lean meat production and meat quality traits.	Marker assisted selection for the improvement of two antagonistic traits under mixed inheritance	The relationship between muscle fiber characteristics, postmortem metabolic rate, and meat quality of pig longissimus dorsi muscle
	학술지명	J Anim Breed Genet	Genetics Selection Evolution	Meat Science
	저 자	Kim JM, Choi BD, Kim BC, Park SS, Hong KC	Etienne Verrier	Y. C. Ryu & B. C. Kim
	게재년도	2009	2001	2005
	관련성(%)	100%	50%	50 %
	유사점	○ 근섬유특성관련 MYOG유전자내의 DNA마커개발에 관련된 본 연구진의 논문	○ 서로 부의 상관 관계를 갖는 형질의 개량을 위한 MAS의 이용가치 제고	○ 근섬유 특성과 사후 근육의 대사변이와의 관계를 분석, 나아가 근섬유 특성과 최종 육질과의 관계를 구명
차이점	○ 연구진은 본 논문과 관련된 선행기술을 토대로 더욱 발전된 연구성과를 도출해 내어 의미있는 연구논문을 투고하겠음	○ 실제로 목적 유전자를 이용한 특정형질의 개량 성과가 아닌 BLUP 등 기존 육종방법과 비교하여 MAS의 특징과 가능성에 대한 고찰	○ 근섬유분화관련 표지 유전자의 부재 및 적육생산량에 대한 근섬유 특성의 영향 미비	

핵심논문 및 관련성	논문명	A retrospective analysis of allele frequency changes of major genes during 20 years of selection in the Italian Large White pig breed	Identification of quantitative trait loci for carcass composition and pork quality traits in a commercial finishing cross	Effects of muscle mass and fiber type composition of longissimus dorsi muscle on postmortem metabolic rate and meat quality in pigs
	학술지명	Journal of Animal Breeding and Genetics	American Society of Animal Science.	Journal of Muscle Foods
	저자	L. Fontanesi et al.	H. J. van Wijk et al	Y. C. Ryu et al.
	게재년도	2015	2006	2006
	관련성(%)	80%	50%	60 %
	유사점	○ 선발을 통해 경제형질에 관련된 마커의 우량유전자 빈도가 변화함에 대한 연구	○ MAS를 이용하기 위한 유전자의 positional candidate gene approach를 위한 QTL 연구	○ 근섬유 특성, 특히 muscle mass와 근섬유 유형 IIB의 구성에 따른 적육량과 육질 차이를 분석
차이점	○ DNA선발이 아닌 일반 개량의 결과로서 유전자빈도가 변했다는 것을 역으로 조사한 연구결과임	○ 실제 상업 비육돈의 도체 혈질과 관련한 QTL에 대한 고찰	○ 근섬유분화관련 표지유전자 부재	
핵심논문 및 관련성	논문명	Molecular characterization and expression patterns of AMP deaminase 1 (AMPD1) in porcine skeletal muscle	The effect of adipocyte and heart fatty acid-binding protein genes on intramuscular fat and backfat content in Meishan crossbred pigs	Myogenesis and postnatal skeletal muscle cell growth as influenced by selection
	학술지명	Biochemistry and Physiology Part B : Biochemistry and Molecular Biol	American Society of Animal Science.	Livestock Production Science
	저자	Linjie Wang et al.	F. Gerbens et al.	C. Rehfeldt, et al.
	게재년도	2008	2000	2000
	관련성(%)	40%	20%	60 %
	유사점	○ 산육능력과 관련된 후보 유전자 AMPD1 gene내의 SNP 발견에 대한 논문임	○ 보유돈군인 메산종에 대한 유전자형분석 및 형질과의 연관성 분석	○ 적육량을 늘리기 위한 육종방법을 적용했을 때 근섬유특성의 변화에 따른 육량, 육질의 변화를 연구
차이점	○ 육질과 산육능력의 동시 개량가능성의 부재	○ 이 논문은 지방산관련되어 있는 H-FABP, A-FABP 유전자에 대한 분석으로 지방산 관련 형질에만 국한되어 분석이 실시되었다	○ 실험군의 유전형질에 대한 선행연구 및 근섬유특성 표지유전자에 대한 연구 부재	

- 1) 기술명은 본 연구사업단과 관련(기보유기술 또는 향후 개발예정기술)된 기술을 기재
- 2) keyword는 검색어를 의미하며, 검색건수는 keyword에 의한 총검색건수를, 유효논문건수는 검색한 논문 중 연구사업단 관련기술과 관련성이 높은 논문을 의미
- 3) 기존논문은 검색된 논문 중 연구사업단 관련기술과의 관련성이 높고 인용도가 높은 상위 3개 논문을 기준으로 작성

#### 4. 제품 및 시장 분석

##### 가. 생산 및 시장현황

###### 1) 국내 관련(유사)제품의 생산 및 시장 현황

1-1 국내 주요 축산물 수급현황

(단위: 톤)

구 분	년도	공급			수요			수 출	수요계
		수입육	국내산	공급계	국내소비				
					수입산	국내산	소 계		
	2011	289,444	216,403	505,847	289,444	216,403	505,847	-	505,847
쇠고기	2012	253,522	234,499	488,021	251,522	234,499	486,021	-	486,021
	2013	259,107	259,895	519,002	259,107	259,895	519,002	-	519,002
	2011	382,963	610,446	993,409	356,077	581,566	937,643	547	938,047
돼지고기	2012	302,051	777,984	1,080,035	220,000	740,000	960,000	1,275	961,275
	2013	267,018	891,796	1,158,814	196,412	852,888	1,049,300	1,800	1,051,100
	2011	9,086	465,553	596,502	130,949	435,236	566,185	15,346	581,531
닭고기	2012	14,971	478,679	609,068	130,389	448,982	579,371	20,866	600,237
	2013	8,831	482,276	608,969	126,693	453,251	579,944	26,117	606,061

(출처: 식육편람, 2014)

1-2 국내 주요 축산물 소비량

구 분	총소비량(톤)				1인당 소비량(kg)			
	쇠고기	돼지고기	닭고기	계	쇠고기	돼지고기	닭고기	계
2004	327,776	856,682	318,849	1,503,307	6.8	17.9	6.6	31.3
2005	316,853	838,479	356,743	1,512,075	6.5	17.3	7.6	31.3
2006	330,554	874,704	416,849	1,622,107	6.8	18.1	8.6	33.6
2007	368,749	931,339	433,787	1,733,875	7.6	19.2	9.0	35.8
2008	365,116	926,853	435,991	1,727,960	7.5	19.1	9.0	35.6
2009	395,536	915,534	469,128	1,780,198	8.1	19.1	9.6	36.8
2010	431,286	943,492	534,912	1,909,690	8.8	19.3	10.7	38.8
2011	505,847	937,643	566,185	2,009,675	10.2	18.8	11.4	40.4
2012	486,021	960,000	579,371	2,025,392	9.7	19.2	11.6	40.5
2013	519,002	1,049,300	579,944	2,148,246	10.33	20.89	11.55	42.77

(출처: 식육편람, 2014)

1-3 국내 주요 축산물 가격 동향

- 산지가격

구 분	한우(천 원/600kg)	돼지(천 원/110kg)	닭(원/kg)
2007	4,965	221	1,118
2008	4,506	276	1,560
2009	5,036	332	1,939
2010	5,248	320	1,912
2011	3,785	465	1,860
2012	3,610	335	1,698
2013	3,487	301	1,837

(출처: 식육편람, 2014)

- 도매가격

구 분	쇠고기(원/kg)	돼지고기(원/kg)	닭고기(원/kg)
2007	11,509	3,247	2,030
2008	11,035	4,046	2,739
2009	13,388	4,449	3,431
2010	16,036	4,232	3,527
2011	12,782	6,149	3,461
2012	13,121	4,135	3,260
2013	12,814	3,570	3,409

(출처: 식육편람, 2014)

- 소매가격

구 분	쇠고기(원/500g)	돼지고기(원/500g)	닭고기(원/kg)
2007	20,623	7,128	3,621
2008	20,109	8,410	4,259
2009	17,349	9,118	5,335
2010	22,857	8,315	5,707
2011	18,198	10,105	6,048
2012	10,630	8,390	5,761
2013	10,770	8,045	5,976

(출처: 식육편람, 2014)

2-1 주요 국가 축산물 수급현황

- 축산물 생산량

구 분		2010	2011	2012	2013	2014
쇠고기 (천톤, 지육)	한국	-	-	-	-	-
	미국	12,046	11,983	11,849	11,757	11,018
	일본	-	-	-	-	-
	유럽	8,101	8,114	7,708	7,470	7,760
	합계	20,147	20,107	19,557	19,227	18,778
돼지고기 (천톤, 지육)	한국	1,110	837	1,086	1,252	1,160
	미국	10,186	10,331	10,555	10,530	10,785
	일본	1,282	1,267	1,297	1,309	1,305
	유럽	22,627	22,953	22,526	22,390	22,450
	합계	35,805	35,388	35,464	35,481	35,700
닭고기 (천톤)	한국	-	-	-	-	-
	미국	16,563	16,694	16,621	16,976	17,456
	일본	-	-	-	-	-
	유럽	9,202	9,320	9,565	9,800	9,900
	합계	25,765	26,014	26,186	26,776	27,356

(출처: 식육편람, 2014)

- 1인당 축산물 소비량

구 분		2008	2009	2010	2011
쇠고기 (kg)	한국	11.1	11.3	12.9	12.9
	미국	41.0	39.8	38.5	37.4
	일본	9.2	9.5	9.5	9.6
	유럽	17.0	16.8	16.7	16.6
	합계	24.6	23.8	23.6	23.5
돼지고기 (kg)	한국	31.4	30.5	31.3	31.8
	미국	29.0	29.3	27.2	27.1
	일본	19.5	19.4	19.2	19.3
	유럽	42.8	42.3	41.8	41.7
	합계	30.7	30.3	29.6	29.7
닭고기 (kg)	한국	12.7	14.0	15.0	15.1
	미국	44.2	42.1	43.3	43.6
	일본	15.1	15.6	15.9	16.1
	유럽	17.4	17.7	17.8	18.0
	합계	27.2	29.4	30.0	30.9

(출처: 식육편람, 2014)



### 3-1 제주흑돼지 시장분석

- 한미FTA발효 시 15년간 제주지역의 1차산업분야 생산감소액

(단위 : 억원)

품목	감귤	돼지	쇠고기	넙치	두류	채소특작
생산감소액	9,589	1,231	330	308	233	162

- 제주도내 흑돼지 사육 현황(2010~2013)

	2010	2011	2013
흑돼지	65,850	68,932	80,319
비흑돼지	436,150	439,046	472,832
계	502,000	507,978	553,151
흑돼지 비율	13.1%	13.6%	14.5%

(출처: 농업인신문,2011; 농업인신문,2013)

- 제주 흑돼지 도축량(2011)

1년간 약146,000두 추정(산출근거 : 일 도축량×365)



(출처: MBC 불만제로, 2012.01.25.방영분)

- 제주흑돼지시장 현황

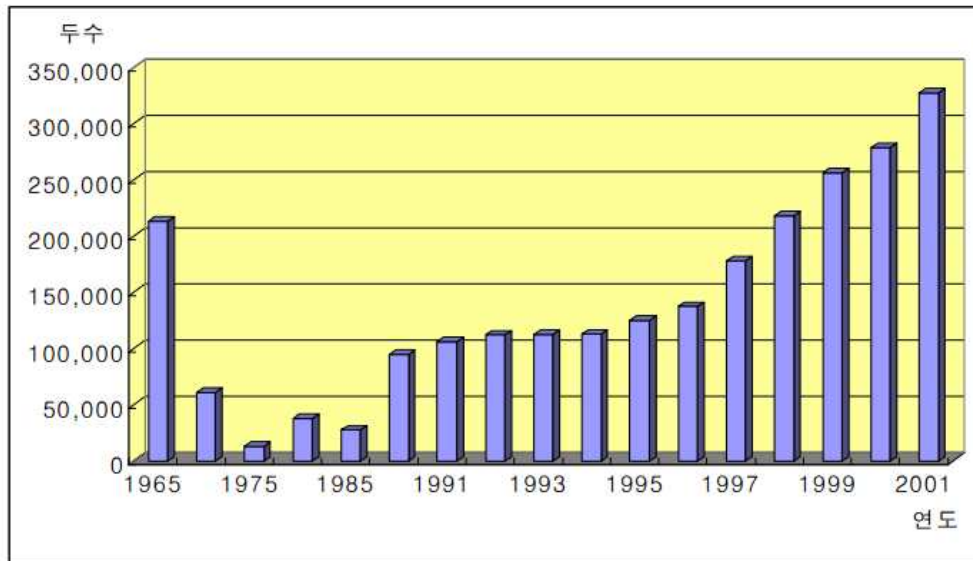
구분	흑돼지(원/kg)	일반돼지(원/kg)
경매가 (2010년기준)	5,102	4,007
오겹살 소비자 (2011년기준)	25,000	16,900

(출처: 제주축협육가공공장,대형마트,제주도민일보)

## 2) 국외 관련(유사)제품의 생산 및 시장 현황

- 일본에서 2000년이후 브랜드화된 가고시마흑돈은 생산성이 떨어지는 흑돈의 단점에도 불구하고 농장에서 보통 돼지에 비해 약1.4배 이익(일반돈390엔/kg,560엔/kg기준;농촌경제연구원,2009)을 창출해 내고 있다.
- 1965년, 21만 3천두에 달했던 가고시마 흑돈의 출하두수는 질보다 양을 중시하던 고도성장기에 낮은 경제성으로 백돼지에 밀려 1만 3천두까지 줄어들어 절멸 직전까지 이르렀다. 그러나 1990년 일본의 버블경제시절 양보다 질이 우선되던 소비풍조에 힘입어 부활하게 되고, 1990년 흑돼지생산자협회를 발족하게 된다. 이를 통해 확고한 로컬브랜드로 자리잡게 되었다(아래그림 참조).

가고시마 흑돈의 출하두수 추이



(출처: 가고시마 흑돈 생산자협의회 내부자료; 2002년 5월 기준)

- 가고시마흑돈은 지속적인 계통조성사업을 통해 유지,발전되고 있으며, 계통돈이 종돈개발협회에 유지,증식되어 현대의 증식센터에 공급되고, 계통돈간 교잡종돈을 생산해내는 방식으로 관리되고 있다. 또한 현의유출을 계통돈협의회 및 종돈등록협회에 의해 엄격히 감시, 제한받고 있다(출처: 가고시마흑돈의 브랜드 확립과 마케팅, 2003).

## 나. 연구사업단 보유(활용)기술의 산업화 계획 및 기대효과

### 1) 산업화·제품화 계획(제품의 특징, 대상 등)

- 근섬유 증대 및 우수조성 유전자를 보유한 종돈으로서 적육생산량과 육질이 우수한 계통돈 (대상)
- 근섬유 형질관련 유전자원의 확보 가능 (특징)
- 능력이 우수한 이형접합체 유전자형 보유 비육돈 생산 가능 (특징)
- 계통돈 도입 농가의 모계라인 종돈에 대한 최적 유전자형 제시 (대상)
- MAS를 이용한 육종으로 돼지의 개량 효과의 극대화 (방향)

### 2) 산업화를 통한 기대효과

(단위 : 백만원)

산업화 기준 항 목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계
직접 경제효과	6,700	7,370	8,107	8,918	9,809	40,904
경제적 파급효과	3,650	4,015	4,417	4,858	5,344	22,284
부가가치 창출액	4,160	4,576	5,034	5,537	6,091	25,398
합 계	14,510	15,961	17,558	19,313	21,244	88,586

※ 직접 경제효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 제품의 매출액 추정치

※ 경제적 파급효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통한 농가소득효과, 비용절감효과 등 추정치

※ 부가가치 창출액 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 수출효과, 브랜드가치 등 추정치

### ○ 산출근거

2015년 국내 양돈산업분야에서는 4,973 농가에서 상시 10,332,448두를 사육하고 있으며(통계청 2015), 연간 총 14,018,093 여두가 도축된다(축산물품질평가원, 2014). 본 연구를 통해 개발된 계통돈은 제주흑돼지로 국내 전체의 규모로 기대효과를 산정하는 것에는 무리가 있다는 판단 하에 제주도 내 흑돼지 시장을 대상으로 그 효과를 추정해보았다. 현재 제주도 내 돼지 도축량은 약 70만 두로 흑돼지는 9만 1천여두를 차지하고 있으며 전체 도축량의 15%밖에 차지하고 있지 않다. 그러나 제주특별자치도 내에서 흑돼지 사육을 장려함으로써 2017년까지 제주도 내 생산 돼지 중 50% 이상을 흑돼지로 교체하겠다는 정책을 내놓았으며, 사육두수의 증가에 따라 2017년에 약 39만 5천 여두의 흑돼지가 사육될 것이라고 예상된다. 따라서 39만 5천여두의 흑돼지의 수요를 맞추기 위해서는 상시모돈이 2만 1천여두정도가 구비되어야 하고, 연간 모돈교체율이 40%라고 생각했을 때, 계통돈의 보급화를 통해 80%의 시장을 점유한다고 가정하여 직접 경제효과, 경제적 파급효과, 부가가치 창출액의 측면에서 분석을 실시하였다. 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 제품의 매출액 추정치로서 다음과 같이 산출되었다. 예상되는 상시모돈수 증가에 따른 모돈판매 증가효과는 국내 평균 모돈가 100만원을 기준으로 직접경제효과를 추정하였다. 또한 흑돼지의 평균 지육가격은 kg당 5,782원이며, 본 연구를 통해 두당 약 2kg의 지육생산량이 늘어날 것으로 예상하여 경제적 파급효과를 추정했다. 부가가치 창출액의 경우 국내 생산 돈육의 수출이 어렵기 때문에 품질개선에 따른 브랜드가치에 대한 효과로 산출했다. 본 연구를 통해 기존 돈가보다 약 3%의 판매가향상을 가져올 것으로 예측하여, 흑돼지의 지육의 시세가 kg당 5,782원이었던 점을 감안하여 최종 산출했다. 그리고 연차별 기대효과는 전년대비 10% 향상되는 것으로 추정하였다.

## 5. 3P(특허,논문,제품)분석결과 및 연구사업단 사업내에서의 활용

### 가. 특허분석 및 향후 활용(연계 및 추가연구 등)

- 국내특허는 DNA표지 인자와 관련하여 특허 자체가 국외와 비교하여 미비한 상태이다. 또한 종돈의 능력을 개량하는 측면에서 돼지와 관련된 마커가 필수적인데, 현재 공개되거나 등록되어있는 특허는 주로 소 연구에 분야에 치중되어있다. 본 연구팀은 돼지와 관련하여 산자수 및 근섬유형질에 대한 DNA 표지인자를 개발하였으며, 본 연구에 반드시 필요한 근섬유특성관련 DNA마커기술을 보유하고 있으므로 선진양돈국의 기술개발에 발맞추어 연구해 나갈 역량이 충분하다고 본다. 본 연구 과제를 통해 위 특허의 현장적용을 통한 종돈의 능력을 개량을 하여 우수한 제주흑돼지 종돈계통을 조성시키는 방향으로 추진하고자 계획하고 있다.
- 축산 분야에서의 육질과 관련한 기존의 특허들은 특정 형질에 제한된 표지유전자를 이용하여 육질을 예측, 평가하는 방법이거나, 육질이 향상된 축종을 육종하기 위해 이용하는 것이었다. 그러나 본 연구과제에서는 광범위하고 복잡한 육질에 영향을 주는 주요 요인인 근섬유의 특성을 분석함으로써 사후대사 변이와 최종 육질의 변이를 설명하고, 예측을 가능하게 할 것이다. 또한 근섬유 특성은 육량에도 영향을 주기 때문에, 근섬유 특성의 육질뿐만 아니라 육량과의 연관성도 구명함으로써 서로 상충되는 육질과 육량을 모두 향상시킬 수 있을 것이며 실제로 관련특허들을 본 연구팀은 보유하고 있는 상황이다. 나아가 근섬유 특성에 근거하여 규격화되고 안정적인 생산품질생산 기반을 마련, 우수한 품질의 돈육생산에 기여할 수 있는 특허 등을 출원할 계획이다.

### 나. 논문분석 및 향후 활용(연계 및 추가연구 등)

- 기존 논문은 myogenine 유전자의 영향과 변이를 탐색 및 하는 것에 치중되어 있다. 몇몇 논문들이 경제형질등과의 연관성분석을 실시하고 있는데, 본 연구과제에서는 기존 경제형질을 비롯한 근섬유 형질과의 연관성 분석을 통한 기존 특허 기술의 유용성을 활용하는 방향으로 연구를 추진할 것이며, 추가적인 연구를 통해 새로운 논문을 게재할 계획이다. 나아가 마커도움선발을 실제로 도입해 선발계통조성을 함으로써, 첨단분자유종기법의 선두연구주자로서의 입지를 굳힘을 목표로 하고 있다.
- 본 연구과제에서는 사후대사 및 최종 육질에 영향을 주는 근섬유 특성을 분석하고, 이와 더불어 근섬유 특성이 육량과의 연관성을 구명한다. 이러한 연구 결과를 토대로 근섬유 개량을 통한 분화의 개량을 통해 적육생산량과 육질이 모두 향상된 우수한 제주흑돼지의 선발계통의 조성을 꾀한다. 또한 생체육질기법을 도입함은 물론, 근섬유 특성을 기초로 기존의 연구와 차별화한 논문을 게재할 계획이다.

### 다. 제품·시장분석 및 향후 활용(연계 및 추가연구 등)

- 국내 및 국외시장 분석결과 특정 유전자를 보유한 돼지의 생산 및 판매가 이루어지고 있으나, 여러 유전자의 영향을 받는 경제형질의 특성상 보다 더 중요하고 다양한 유전자와의 연구가 필요하다. 따라서 본 연구과제에서는 기존에 행하지 않았던 근섬유형질의 개량을 통한 육질 및 적육생산량의 향상을 목표로 연구를 추진하여 기존 특정 유전자 보유 돼지를 보완하고 향상시켜서 국내 종돈 능력 향상을 꾀할 것이다.

- 국내 및 국외시장 분석결과 축산식품의 육질이 향상된 제품의 생산량 증가를 위한 노력이 이어지고 있다. 그러나 육질 향상을 위한 방법으로 첨가제를 사용하거나, 특히 국내의 경우 사료에 의한 육질 변화가 주를 이루고 있는 상황이다. 이러한 방법들은 그 효과가 뚜렷이 검증되지 않았고, 객관적인 평가기준이 마련되어 있지 않다. 본 연구과제에서는 사후대사와 최종 육질에 영향을 주는 근섬유 특성과 관련된 표지유전자를 이용, 적육생산능력과 육질이 모두 우수한 계통돈을 개발함으로써 소비자의 만족감을 높이고, 제품의 공급을 원활하게 할 수 있을 것이다. 또한 객관적 육질측정을 통한 정확하고 객관적인 육질평가와 예측을 가능하게 하여, 소비자의 신뢰도를 증진시킬 수 있으며, 축산농가의 경제 활성화에 도움을 줄 것으로 기대된다.
  
- 국내 제주흑돼지시장현황을 분석한 결과 차별화된 맛과 안전성으로 높은 가격, 좋은 인지도를 가지고 있는 반면 실제 제주도내 흑돼지는 전체사육두수의 1/5, 흑돼지사육농가는 전체농가의 1/3 수준에 그치고 있었다. 일본에서 2000년 이후 브랜드화된 가고시마흑돈 역시 생산성이 떨어지는 흑돈의 단점에도 불구하고 농장에서 보통 돼지에 비해 약 1.4배 이익(일반돈390엔/kg,560엔/kg기준;농촌경제연구원,2009)을 창출해 내고 있는데, 제주흑돼지도 이와 같은 고급화, 명품화의 길을 걷기 위해서는 제주흑돼지의 품질적 우수성을 객관적이고 과학적으로 검증하고, 확실한 계통체계를 갖추기 위한 차별화된 육종 전략이 필요하다. 본 연구를 통해 검증화된 품질을 갖는 계통돈 육성을 통해 안정적인 흑돈육성시스템을 구축하게 된다면 고수의 흑돼지시장에 활력을 불어넣을 수 있는 원동력이 될 수 있을 것으로 기대된다.

## 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농생명산업기술개발사업(기초연구 후속지원사업)의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농생명산업기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.