

213010-05
-5-CG700

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)
Golden Seed 프로젝트 사업 2단계 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003982-01

참여종돈장 참조돈군 검정체계 확립 및 차별화 종돈 개발

2022. 03. 25

프로젝트연구기관 / (주)정피엔씨연구소
세부프로젝트연구기관 / (주)정피엔씨연구소
세부프로젝트연구기관 / 국립축산과학원

2022

농림축산식품부
농촌진흥청
농림축산식품기술기획평가원

농림축산식품부, 농촌진흥청
(전문기관)농림식품기술기획평가원

<제출문>

제 출 문

농림축산식품부 장관·농촌진흥청장 귀하

본 보고서를 “Golden Seed 프로젝트 사업”(기간 : 2017.01.01. ~ 2021.12.31.) ‘참여중돈
장 참조돈군 검정체계 확립 및 차별화 중돈 개발’ 프로젝트의 최종보고서로 제출합니다.

2022. 3. 25.

프로젝트연구기관명 : (주)정피엔씨연구소 (정종현)



세부프로젝트연구기관명 : (주)정피엔씨연구소 (정종현)



세부프로젝트연구기관명 : 국립축산과학원 (김영신)



프로젝트연구책임자 : 정 종 현
세부프로젝트연구책임자 : 정 종 현
세부프로젝트연구책임자 : 김 영 신

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의
합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	213010-05 -5-CG700	해당단계 연구기간	2017.01.01. ~2021.12.31	단계구분	(2단계)/ (2단계)
연구사업명	단위사업	Golden Seed 프로젝트사업			
	사업명	GSP중축사업단			
프로젝트명	프로젝트명	참여중돈장 참조돈군 검정체계 확립 및 차별화 중돈 개발			
	세부프로젝트명	저용취 국산중돈 개발 및 실용화 두록 참조돈군을 통한 GSP 씨돼지 개량 효율 제고			
프로젝트책임자	정종현	해당단계 참여연구원 수	총:145명 내부: 85명 외부: 64명	해당단계 연구개발비	정부: 1,410,000천원 민간: 317,500천원 계:1,727,500천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총:145명 내부: 85명 외부: 64명	총 연구개발비	정부: 1,410,000천원 민간: 317,500천원 계:1,727,500천원
연구기관명 및 소속부서명	(주)정피엔씨연구소 국립축산과학원 양돈과			참여기업명(해당사항없음)	
국제공동연구	상대국명(해당사항없음)			상대국 연구기관명(해당사항없음)	
위탁연구	연구기관명(해당사항없음)			연구책임자(해당사항없음)	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반
-------------------------	----

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설·장 비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호
-	-	-	-	-	-	-	-	-

요약	보고서 면수
<p>저용취용돈 3품종을 개발은 검정성적과 응취의 주요 요인 호르몬인 안드로스테논, 스케톨, 인들의 화학적 농도가 낮은 개체를 선발하여 계통조성하였고, 참조돈군을 조성(모돈군 70두)하여 두록계통의 검정 다양화 및 검종종료된 우수종모돈에 대해 분양을 실시하였음</p> <p>(1) 지방내 호르몬 분석법 표준화 및 매뉴얼 작성 완료 (2) 품종별 응취호르몬의 데이터베이스 구축 완료 (3) 응취호르몬 농도에 따른 국내 소비자 반응도 조사 완료 (4) 응취호르몬과 산육 및 번식형질과의 유전상관 분석 완료 (5) 전장유전체 분석을 통한 응취호르몬관련 유전자마커 발굴 완료 (6) 저용취용돈 계통조성을 위한 선발기준 설정 및 교배체계 구축 완료 (7) 국내소비자 반응도 조사결과를 반영한 저용취 용돈 3품종 개발(안드로스테논 : 1.0μg/g이하, 스케이톨 : 0.02μg/g이하) (8) 모돈군 70두 규모의 핵돈군(참조돈군) 조성 완료 (9) 참조돈군 조성 및 검정 다양화 - 생체 초음파 B-mode를 이용한 근내지방도 검정시스템 구축 완료 - 사료섭취량 측정기를 활용한 사료효율 검정시스템 구축 완료 (10) 참조돈군 유전능력평가에 따른 우수 종돈 선발 : 용돈12두, 모돈72두 선발 (11) 검정종료된 종돈장 분양 : 4개 종돈장, 28두, 30백만원</p>	137

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p><input type="checkbox"/> 연구개발 목적</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 저응취응돈 3종 개발 ○ 부계(두록) 통합 검정·평가·선발 및 보급 <p><input type="checkbox"/> 연구개발 내용</p> <p>(1) 저응취 국산종돈 개발 및 실용화</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 저응취 기초 돈군 조성 ○ 생체지방채취 및 호르몬 분석법 표준화 ○ 국내 소비자 기호도 조사 ○ 응취 호르몬의 유전특성 조사 ○ 비육돈의 호르몬농도에 따른 관능평가 ○ 저응취 응돈의 실용화 및 경제성 분석 ○ 저응취 응돈 3종개발 <p>(2) 두록 참조돈군을 통한 GSP 씨돼지 개량 효율 제고</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 두록종 기초 모돈군(참조돈군) 조성(모돈 60두) ○ 산육 및 육질형질 검정 ○ 두록돈군 통합능력평가 및 개량도분석 ○ 우수종돈 선발 및 공유 ○ GSP 부계종돈 우수성 매체 홍보 																																																			
<p>연구개발성과</p>	<p><input type="checkbox"/> 정량적 성과 실적</p> <table border="1" data-bbox="437 1128 1433 1341"> <thead> <tr> <th>성과 목표</th> <th>브랜드 및 품종개발 출원 등록</th> <th>홍보 성과</th> <th>자료 발간</th> <th>논문(비SCI)</th> <th>유전자원 등록</th> <th>농가 컨설팅</th> <th>국내 매출액 (억원)</th> <th>보급 두수</th> <th>보급업 체수</th> <th>기술 이전</th> <th>DB 구축</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>최종목표</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>10</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>5</td> <td>25</td> <td>25</td> <td>15</td> <td>2</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>실적</td> <td>5</td> <td>2</td> <td>10</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>-</td> <td>5</td> <td>98.78</td> <td>67</td> <td>9</td> <td>2</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>달성율(%)</td> <td>100</td> <td>50</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>66</td> <td>추진중</td> <td>100</td> <td>383</td> <td>268</td> <td>60</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> 정성적 성과</p> <p>(1) 저응취 국산종돈 개발 및 실용화</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 지방내 호르몬 분석법 표준화 및 매뉴얼 작성 완료 ○ 품종별 응취호르몬의 데이터베이스 구축 완료 ○ 응취호르몬 농도에 따른 국내 소비자 반응도 조사 완료 ○ 응취호르몬과 산육 및 번식형질과의 유전상관 분석 완료 ○ 전장유전체 분석을 통한 응취호르몬관련 유전자마커 발굴 완료 ○ 저응취응돈 계통조성을 위한 선발기준 설정 및 교배체계 구축 완료 ○ 국내소비자 반응도 조사결과를 반영한 저응취 응돈 3품종 개발 <p>(2) 두록 참조돈군을 통한 GSP 씨돼지 개량 효율 제고</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 모돈군 70두 규모의 핵돈군(참조돈군) 조성 완료 ○ 생체 초음파 B-mode를 이용한 근내지방도 검정시스템 구축 완료 ○ 사료섭취량 측정기를 활용한 사료효율 검정시스템 구축 완료 ○ 참조돈군 유전능력평가에 따른 우수 종돈 선발 : 응돈12두, 모돈72두 선발 ○ 검정종료돈 종돈장 분양 : 4개 종돈장, 28두, 30백만원 	성과 목표	브랜드 및 품종개발 출원 등록	홍보 성과	자료 발간	논문(비SCI)	유전자원 등록	농가 컨설팅	국내 매출액 (억원)	보급 두수	보급업 체수	기술 이전	DB 구축	최종목표	5	4	10	2	5	3	5	25	25	15	2	5	실적	5	2	10	2	4	-	5	98.78	67	9	2	5	달성율(%)	100	50	100	100	66	추진중	100	383	268	60	100	100
성과 목표	브랜드 및 품종개발 출원 등록	홍보 성과	자료 발간	논문(비SCI)	유전자원 등록	농가 컨설팅	국내 매출액 (억원)	보급 두수	보급업 체수	기술 이전	DB 구축																																									
최종목표	5	4	10	2	5	3	5	25	25	15	2	5																																								
실적	5	2	10	2	4	-	5	98.78	67	9	2	5																																								
달성율(%)	100	50	100	100	66	추진중	100	383	268	60	100	100																																								

<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> □ 정책적 기대성과 <ul style="list-style-type: none"> ○ 저응취 응돈을 활용한 비육돈의 등급판정체계 변환 ○ B-mode 초음파기기를 활용한 종돈 검정체계 제안 ○ 동물복지형 돼지고기 생산체계 확립을 통한 국내 양돈농가의 국제 경쟁력 확보 □ 기술적 기대성과 <ul style="list-style-type: none"> ○ 저응취 응돈 생산을 통한 동물복지형 양돈사양체계 구축 ○ 저응취 육종기술을 일반 민간 종돈장으로의 적용 확대 ○ 다양한 능력검정 기술 확립 및 표준화를 통하여 종돈개량 가속화 ○ 종돈장 비거세를 통한 응돈 검정두수 확보 및 선발강도 강화 □ 경제·산업적 기대성과 <ul style="list-style-type: none"> ○ GSP 종돈개량목표 달성에 따른 직접적 개량효과 : 총 249억원 (부계 종돈 700두 개량시) ○ GSP종돈 개량을 통한 수입대체효과 : 14억원 ○ 비거세를 통한 비육돈 응돈 면역력 향상 ○ GSP 참여 종돈장 개발 종돈의 브랜드화 : 상표, 특허 등록 및 FAO 등재 ○ 사료효율의 유전적 개량을 통한 양돈산업의 생산비 절감 ○ 한국형 종돈개량 시스템 구축을 통한 종돈 수입 대체 및 종돈수출 기반조성 가능 □ 사회적 기대성과 <ul style="list-style-type: none"> ○ 비거세 비육돈 생산을 통한 국내 소비자 인식 제고 ○ 한국형 부계 종돈 개발로 우리나라 양돈산업의 FTA 대응력 강화 □ 활용계획 <ul style="list-style-type: none"> ○ 저응취응돈을 활용한 비육돈 생산(비거세 비육돈)은 동물복지 효과와 함께 거세돈보다 성장속도와 사료효율이 좋고, 거세 시 발생하는 위축 돼지 및 세균에 의한 돼지 감염을 예방할 수 있음 ○ 참여종돈장의 우수종모돈과 참조돈군을 활용한 두록종의 검정 및 개량 체계는 근내지방도가 우수하고 사료효율이 우수한 종모돈을 종돈장에 분양하여 향후 육질이 우수한 국내산 돈육 생산 및 생산비 절감 기여 				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>동물복지</p>	<p>응취</p>	<p>참조돈군</p>	<p>사료효율</p>	<p>근내지방도</p>
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>animal welfare</p>	<p>boar taint,</p>	<p>Reference population</p>	<p>feed efficiency</p>	<p>Intramuscular fat</p>

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

SUMMARY

□ Development and practical of low boar-taint by korean swine

The purpose of this study was to estimate genetic parameters, to find possibility to breed low boar taint boars to replace castration procedure which currently performed at the swine farm. The fat tissues from neck of the live boars were sampled by biopsy process. Three breeds of boar were tested, they are Yorkshire, Landrace, and Duroc. Three boar hormones, androstenone, skatole and indole of each pig were analyzed.

The heritabilities of androstenone, skatole and indole were 0.35, 0.27 and 0.13, respectively. Androstenone showed the highest heritability among boar hormones. The genetic correlations between boar taint compounds and economic traits (growth and reproductive traits) were very low. It is considered that low boar taint boar could be possibly produced through breeding, since heritabilities of boar taint causing hormones are relatively high, and genetic correlations between the hormones and economic traits are very low. And the GWAS(genome-wide association study) was performed to identify SNP markers association for boar taint hormones(androstenone, skatole, and indole) causing unpleasant flavor from pork of uncastrated boars. Genomic data were collected from a reference group that constitutes three breeds(Yorkshire, Landrace, and Duroc). As candidate genes expected to affect boar taint hormones, a total of six were discovered: *LMAN2L*, *ABLI*, *NRG3*, *CDH12*, *TRAPPC9*, and *MANIA2*. The androstenone, skatole and indole were 0.96 $\mu\text{g/g}$, 0.12 $\mu\text{g/g}$ and 0.03 $\mu\text{g/g}$ in Duroc boar, respectively. The androstenone, skatole and indole were 0.96 $\mu\text{g/g}$, 0.12 $\mu\text{g/g}$ and 0.03 $\mu\text{g/g}$ in Landrace boar, respectively. The androstenone, skatole and indole were 1.09 $\mu\text{g/g}$, 0.20 $\mu\text{g/g}$ and 0.05 $\mu\text{g/g}$ in Duroc boar, respectively. The androstenone, skatole and indole were 0.97 $\mu\text{g/g}$, 0.09 $\mu\text{g/g}$ and 0.02 $\mu\text{g/g}$ in Yorkshire boar, respectively.

□ Improving GSP(Golden seed project) breeding pig improvement efficiency through Duroc reference pigs

The objectives of this study is to create a GSP reference pig group and to select and distribute excellent breeding pigs. The size of the GSP reference pig group is 70 sows, which belongs to a small farm, but the amount of genetic improvement and the degree of connectivity have been advanced through annual breeding of generations and periodic semen exchange with participating sows. The breeding value days at 90kg was improved slightly every year to -2.85 in 2016, -3.17 in 2017, -5.01 in 2018, -6.53 in 2020, and -7.92 in 2021. The genetic connectedness between the GSP reference pig group and the 4 participating sows was an average of 79%, indicating a high level of genetic connectivity. From 2017 to 2021, the

number of excellent breeding pigs distributed was 63 heads, which was 252% of the target, and domestic sales were KRW 89 million, which was 359% of the target.

The use of ultrasound B-mode IMF is an important means of improving meat quality, and it can be used as basic data for high-quality meat production by improving the intramuscular fat of live breeders. The heritability of intramuscular fat in the GSP reference pig group was evaluated as 0.30. The genetic correlation between intramuscular fat and days at 90kg was estimated to be -0.39 and 0.61 with backfat thickness. The correlation between the ultrasound B-mode IMF measurement value and intramuscular fat was estimated to be 58%.

< 목 차 >

제 1 장 프로젝트의 개요 및 성과 목표	1
제 1 절 연구개발 목적	1
1. 최종목표	1
2. 연차별 세부목표	2
제 2 절 연구개발 필요성	3
1. 동물복지 측면	3
2. 산업적 측면	4
3. 기술적 측면	6
제 3 절 연구개발의 범위	9
1. 저응취 국산종돈 개발 및 실용화	9
2. 두록 참조돈군을 통한 GSP 씨돼지 개량 효율 제고	10
제 4 절 연구 성과 목표대비 실적	11
1. 정량적인 성과	11
2. 정성적인 성과	11
제 2 장 국내외 기술개발 현황	13
제 1 절 유럽 주요국의 응돈 거세 현황 및 동향	13
제 2 절 세계 육종회사 부계라인 종돈개량 현황	18
1. PIC사	18
2. Hypor사	18
3. Danbred사	19
4. Danish Genetics사	19
5. Nucleus사	21
6. Axiom사	22

7. Topigs사	23
8. Genesis사	23
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	24
제 1 절 저응취 국산종돈 개발 및 실용화	24
1. 샘플채취 및 응취호르몬 분석	26
2. 기초통계량 조사	34
3. 모돈 선발을 위한 응취호르몬관련 유전자마커 분석	35
4. 기초돈군(Base population) 조성	38
5. 저응취 옹돈개발을 위한 선발 기준	42
6. 응취호르몬에 대한 유전능력 평가	44
7. 응취호르몬의 연도별 개량 추세	47
8. 최근 3년간(2019~2021) 평균 개량추세에 따른 응취호르몬 예측	58
9. 저응취 계통조성돈 보유현황('21년 10월)	60
10. 전장유전체 연관 분석	64
11. 대사체 분석	71
12. 소비자 관능평가 및 육질검사	72
13. 저응취 종돈의 가치 추정	84
14. 저응취 옹돈 활용에 대한 양돈 농가 의견 조사	95
제 2 절 GSP 참조돈군 조성 및 우수씨돼지 선발 및 보급	102
1. GSP 참조돈군 조성	102
2. 계획교배를 통한 자돈 생산	105
3. 산육능력 검정	107
4. 유전능력평가	110
5. 우수씨돼지 선발 및 보급	111
6. 육질검사	112
7. 다른 품종과 육질 및 육량 비교	116
8. 초음파 B-mode 육질검정	119
9. 초음파 B-mode 육질 유전능력 평가	121

10.GSP 참조돈군 유전적 개량량	122
11.GSP 참여종돈장 간 유전연결도 분석	125
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	129
제 1 절 목표	129
1. 정량적 목표	129
2. 정성적인 목표	129
제 2 절 목표 달성 여부	130
1. 정량적 목표 달성도	130
2. 정성적 목표 달성도	130
3. 연구개발 성과	132
제 5 장 연구결과의 활용 계획 등	133
1. 연구결과의 기술이전	133
2. 연구개발 활용계획	133
3. 추가 연구 계획	133
참고 문헌	134
<별첨 1> 연구개발보고서 초록	
<별첨 2> 연구성과 활용계획서	

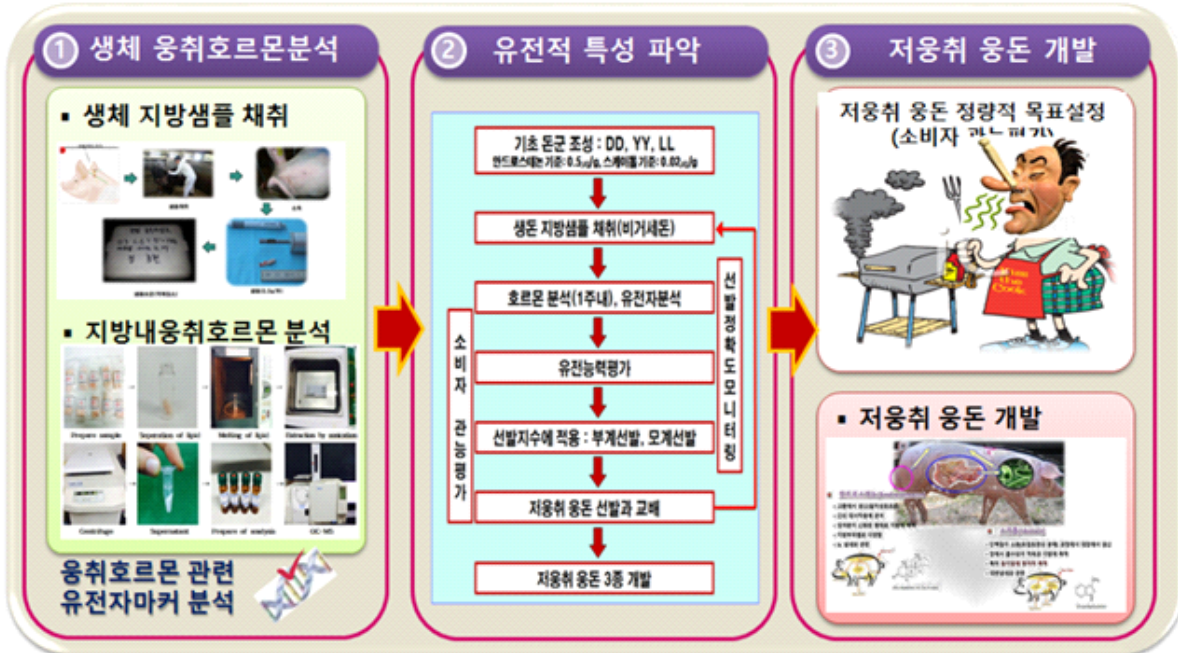
제 1 장 프로젝트의 개요 및 성과 목표

제 1절 연구개발 목적

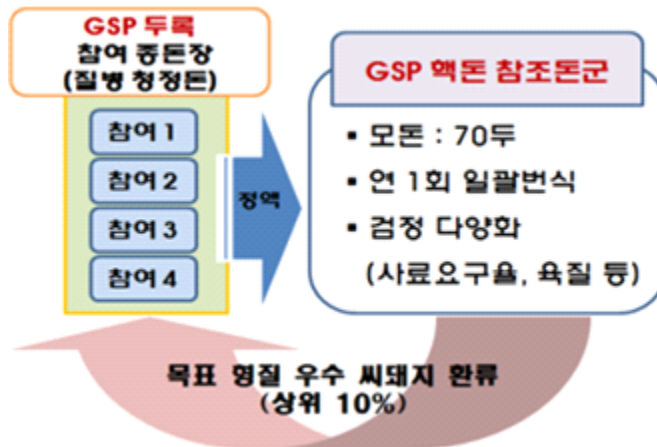
1. 최종목표

- 저용취 국산종돈 품종개발 및 실용화

품종	웅취호르몬	농도(μg/g)
두록, 랜드레이스 및 요크셔	Androstenone	1
	Skatole	0.5
	Indole	0.15



- GSP참여종돈장 부계 두록종돈 검정용 통합돈군 검정·평가·선발 및 보급



2. 연차별 세부목표

구분 (연도)	세부프로젝트명	세부연구목표
1차년도 (2017)	저용취 국산종돈 개발 및 실용화 [정피앤씨연구소]	○ 저용취 웅돈개발을 위한 육종 전략 수립 ○ 저용취 육종을 위한 선발지수개발 및 적용 ○ 저용취육종을 위한 교배계획수립 ○ 국내 소비자 응취호르몬 감지도 평가
	두록 참조돈군을 통한 GSP 씨돼지 개량 효율 제고 [국립축산과학원]	○ 초음파기기 활용 육질 평가 체계 확립
2차년도 (2018)	저용취 국산종돈 개발 및 실용화 [정피앤씨연구소]	○ 육종 전략 적용 - 생체 지방 샘플채취 및 분석 - 저용취 웅돈개발을 위한 선발 및 교배계획 수립 ○ 응취호르몬의 유전적 특성 분석 및 적용 - 웅돈과 암퇘지의 품종별 호르몬 농도 분석 - 저용취웅돈 유전모수 추정, 웅돈 및 암퇘지의 유전자 분석 - 현장적용 선발지수 적용 및 모니터링 - 유전체 선발 적용 방안 고려
	두록 참조돈군을 통한 GSP 씨돼지 개량 효율 제고 [국립축산과학원]	○ 초음파기기 활용 육질 평가 체계 확립
3차년도 (2019)	저용취 국산종돈 개발 및 실용화 [정피앤씨연구소]	○ 육종 전략 적용 - 생체 지방 샘플채취 및 분석 - 저용취 웅돈개발을 위한 선발 및 교배 ○ 응취호르몬의 유전적 특성 분석 및 적용 - 웅돈과 암퇘지의 품종별 호르몬 농도 분석 - 현장적용 선발지수 적용 및 모니터링 - 유전체 선발 적용 방안 적용
	두록 참조돈군을 통한 GSP 씨돼지 개량 효율 제고 [국립축산과학원]	○ 소비자 관능평가 - 저용취 육종으로 생산된 순종돈 관능평가 ○ 사료효율 우수 씨돼지 종돈장 환류
4차년도 (2020)	저용취 국산종돈 개발 및 실용화 [정피앤씨연구소]	○ 육종 전략 적용 - 생체 지방 샘플채취 및 분석 - 저용취 웅돈개발을 위한 선발 및 교배 ○ 응취호르몬의 유전적 특성 분석 및 적용 - 웅돈과 암퇘지의 품종별 호르몬 농도 분석 - 현장적용 선발지수 적용 및 모니터링 - 유전체 선발 적용 방안 적용
	두록 참조돈군을 통한 GSP 씨돼지 개량 효율 제고 [국립축산과학원]	○ 소비자 관능평가 - 품종별 웅돈 현장적용 시험연구 - 저용취 육종으로 생산된 순종돈 관능평가 ○ 상호작용 성장 우수 씨돼지 종돈장 환류

구분 (연도)	세부프로젝트명	세부연구목표
5 년도 (2021)	저용취 국산종돈 개발 및 실용화 [정피엔씨연구소]	○ 육종 전략 적용 - 생체 지방 샘플채취 및 분석 ○ 웅취호르몬의 유전적 특성 분석 및 적용 - 웅돈과 암퇘지의 품종별 호르몬 농도 분석 - 저용취웅돈 유전모수 추정, 웅돈 및 암퇘지의 유전자 분석 - 현장적용 선발지수 적용 및 모니터링 - 유전체 선발 적용 방안 적용 - 저용취 웅돈개발을 위한 선발 및 계획교배 ○ 비육돈 교배시험
	두록 참조돈군을 통한 GSP 씨폐지 개량 효율 제고 [국립축산과학원]	○ 소비자 관능평가 - 품종별 웅돈 현장적용 시험연구 - 저용취 육종으로 생산된 순종돈 관능평가 ○ GSP 고유 차별화 유전특성 확립 및 홍보

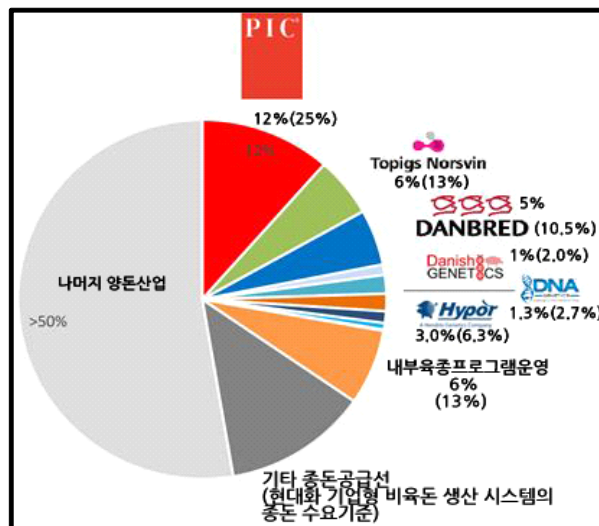
제 2 절 연구개발 필요성

1. 동물복지 측면

- 국제적으로 유럽연합 및 영국, 호주 등 선진농업국가 중심으로 축산업에 대한 동물 복지 적용이 활발하게 이루어지고 있음. 세계동물보건기구(World Organisation for Animal Health. OIE)와 국제연합(United Nations, UN), 국제연합식량농업기구(Food and Agricultural Organization, FAO) 등도 동물복지 향상을 위해 노력하고 있음
- OIE(세계동물보건기구)에서는 농장동물복지 가이드라인을 제정하여 회원국에게 시행하도록 권고하고 있으며,EU에서도 농장동물복지의 향상을 위하여 사육에서부터 운송,도축 등의 관련한 다양한 법률을 도입하는 등 동물복지형 축산에 강력한 동물복지 정책을 추진·시행하고 있음
- 국내에서는 동물복지형 축산 제도가 아직 시행 초기단계이고 생산자들에게 생소한 개념으로 인식되고 있어 동물복지 축산농장 인증을 받은 농가는 365농가(산란계 189개소(51.8%), 육계 131개소(35.9%), 돼지 16개소(4.4%) 등; '21년 12월기준)로 정부의 동물복지 정책 시행과 안전한 축산물을 선호하는 소비자들이 증대되고 있는 만큼 향후 동물복지 농장도 증가될 것으로 판단됨
- EU위원회는 2018년부터 EU회원국은 자발적으로 거세하지 않는 비육돈 생산을 실현하기로 2008년에 결정함으로써 회원국들은 공동으로 무거세로 웅취냄새가 나지 않는 비육돈 생산 연구를 진행하고 있음

2. 산업적 측면

- 최근의 세계 종돈산업은 2000년 들어서면서 글로벌 다국적 기업이 각국의 소규모 종돈기업을 흡수 합병하면서 시장규모를 확대해 가고 있음. 세계에서 가장 종돈시장 점유율이 높은 영국의 PIC는 영국의 NPD사(2000년), Cotswold사(2003년), 캐나다의 Genetiporc(2013년)사, 2017년에는 아일랜드의 Hermitage를 합병하였고, 2019년에는 덴마크의 DanAvl에서 독립한 Mollevang사와 유전자 공유 계약을 체결하였음
- Topigs사는 노르웨이의 Norsvin사(2016년)를 인수했다. 네덜란드 Hendrix 그룹의 Hybrids사는 네덜란드의 Euribrid사(2007년), 캐나다의 Designed Genetics사(2010년), 프랑스의 France Hybrids사(2008년)를 합병하였음 . 프랑스의 뉴클레어스와 함께 3대 육종회사였던 Gene+사와 ADN사는 2016년에 AXIOM사명으로 통합되었음. 덴마크 생산자 소유 국가 단일 육종 기관인 DanAvl사는 2019년에 기존의 조직을 유지하는 DanBred사, 독자 노선을 선언한 Danish Genetics사, PIC와 전략적 제휴를 위한 Mollevang사로 3개의 조직으로 쪼개지면서 PIC 다음의 글로벌 2위 자리를 Topigs Norsvin사로 넘겨졌음
- 세계의 돼지 사육 두수는 약 10억두, 연간 돼지 도축 두수는 연간 14억두(2018년) 수준임. 글로벌 다국적 종돈 업체의 시장 점유율은 각사의 발표 자료를 따르다면 자사 유전자로 생산된 비육돈 생산 규모로는 PIC는 1억 5천 만두로 시장 점유율이 12%, 2위인 Topigs사는 1억두로 7%로 볼 수 임. 그러나 종돈 업계가 분석하는 종돈 기업이 판매 할 수 있는 종돈 시장의 비육돈 비율은 48-49%로 추산하고 있음. 따라서 다국적 기업 종돈회사의 종돈시장 점유율은 PIC가 25%이고, 2위는 Topigs사로 13%, 3위는 DanBred사로 10.5%, 4위는 Hypor사의 6.3%, 순으로 추정하고 있음
- 다국적기업 종돈회사의 시장을 기준으로 한다면 2018년 기준, 연간 종돈 판매두수는 약 1,600만두로 추정되고 금액으로는 약 64억 달러 규모이다. PIC가 연간 약 400만두, Topigs사가 약 160만두 판매함



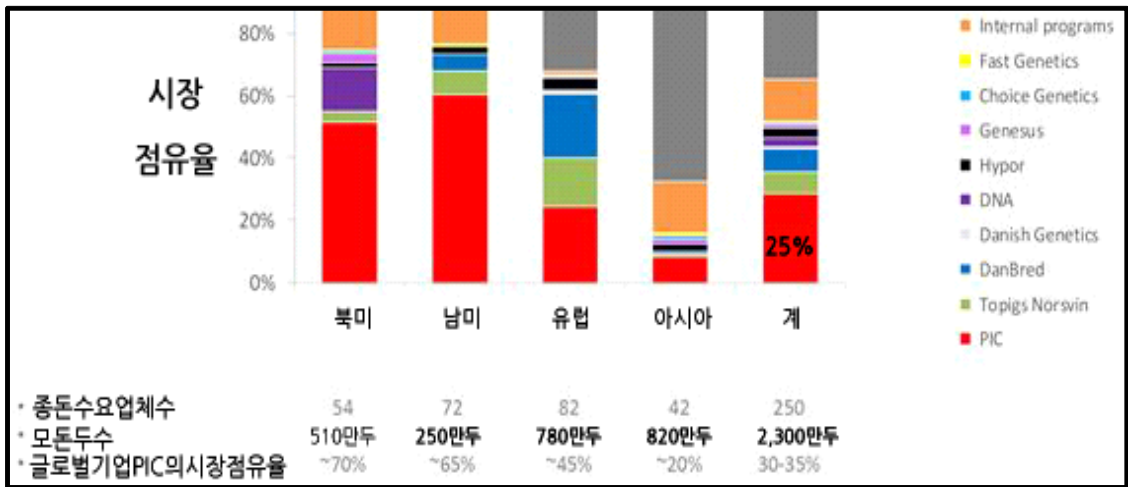
[그림 1-1] 글로벌 종돈기업의 세계시장 점유율

[자료; PIC Roadshow, Feb. 2019]

- PIC는 대륙별, 종돈을 구입할 수 있는 모든 두수 1만두 이상 계열화 중심의 양돈생산 업체수와 사육 모든

사육규모를 추산하고 PIC와 다른 글로벌 종돈기업의 시장점유율을 추정하였음. 북미대륙의 계열화 생산업체는 54개, 모든 사육규모는 510만두로 추산하고 글로벌 종돈기업의 시장점유율을 70%로 추정하고 PIC는 50%를 차지해 나머지 기업체가 20%를 차지하는 것으로 보았음. 북미시장에 PIC 다음으로 DNA사가 약 10% 시장을 점유하고 있음. DNA사는 네브라스카주에 소재하는 종돈업체로 Danbred USA사를 인수했었음. 그 외 Topigs사, Hypor사가 종돈을 공급하고 있음

- 유럽시장의 종돈 시장규모는 모든 780만두로 글로벌 종돈기업의 시장점유율은 약 70%이고 그 중 PIC는 약 45%로 추산하였음. 남미시장 규모는 72개 대형 생산자의 모든 규모는 250만두로 PIC가 65%의 시장점유율, 아시아는 42개 생산자 모든 820만두 규모 중 PIC는 20% 시장 점유율을 차지하고 있음. PIC의 남미 시장 점유율이 높은 것은 칠레를 제외하고는 브라질 등의 국가에서 조인트벤처로 종돈을 공급하고 있기 때문임



[그림1-2] 글로벌 대륙별·종돈기업별 시장 점유율

- 글로벌 종돈기업의 시장 확장 전략은 ① 대규모 GGP의 우수한 유전능력을 빠르게 GP, PS 농장으로 확산시키는 방법, ② 글로벌 어디에서나 종돈을 공급 할 수 있는 전략적 GGP와 GP 종돈장 설립, ③ 비육돈 생산자들의 여건에 맞추어 경제적으로 종돈을 공급받을 수 있게 외부로부터의 F1 종돈을 공급받는 방식 외에 순종돈을 구입해서 자체 F1을 생산하거나 In house 육종시스템을 도하였음. ④ 다양한 모계 및 부계라인을 공급 할 수 있어야함
- PIC의 경우 5개의 부계라인과 4개의 모계라인으로 비육돈 생산자의 수요를 만족시키고 있고, Topigs Norsvin 역시 4개의 부계라인과 2개의 모계라인을 유지하고 있음. DNA사는 1개의 부계라인과 2개의 모계라인으로 폐쇄육종 프로그램을 운영하고 있음
- 글로벌 종돈산업의 경쟁력은 ①기초 순종돈군의 크기, ②새로운 유전평가 기술의 적용, ③새로운 양돈산업 환경에 빠르게 대처할 수 있는 능력 등임. 더구나 번식 및 산육능력 검정 두수, 비육돈 능력을 포함한 순종돈의 개량 기술, 유전체 정보를 이용한 개량 기술을 적용하기 위해서는 막대한 투자가 필요함. 예를 들어서

PIC, TOPIGS, HYPOR사 모두 GGP 종돈의 생시 체중을 매년 수백만두씩 측정하고 있음. 또한 수백만두의 유전체 정보를 분석하고 활용하고 있음

	PIC	DANBRED	Topigs Norsvin	Hypor	DNA	
Sirelines	합성돈(순종)	337		Tempo		
	Duroc(순종)	800	등록	Norsvin 등록	Kamto	DNA 600
	Pietrain(순종)	408		피에트렌	Maxter	
	Hampshire(순종)	327				
	교잡종	359, 410		Talent, Traxx	Magmus	
Damlines	Landrace(순종)	L02 / L04	Landrace	Landrace	Landrace	Landrace
	Large white(순종)	L03 / L05	Large white	Large white	Large white	Large white
	PS후보돈	L18 / L19		Norsvin LR		
	F1(비육농장용)	캠보로외 4개라인	1개라인	3개라인	1개라인	1개라인

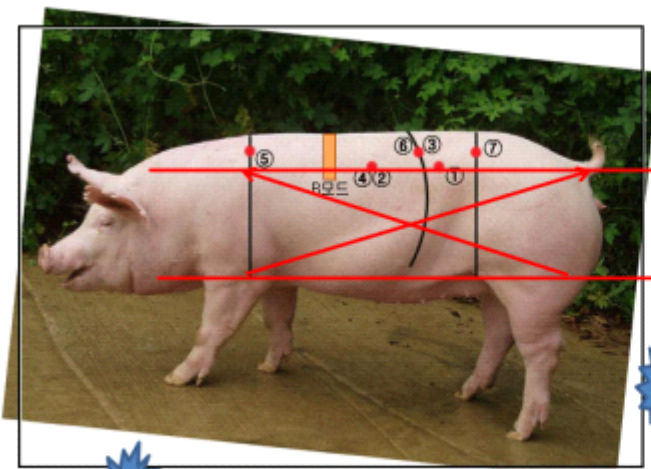
[그림1-3] 글로벌 대형 종돈기업의 모계 및 부계라인 내역

3. 기술적 측면

- 국내 종돈 개량을 위한 검정 방법은 검정소 검정과 농장 검정(입회검정 및 자가검정)이 병행하여 사용되고 있으며 검정형질은 일당증체량, 90kg 도달일령, 등비장두께 및 산자 능력 등임. 덴마크의 경우 중앙검정소에 출품하는 농가는 특정 수준의 위생수준을 준수하는 인증을 받은 종돈장에 국한되고, MEW를 운영하여 격리 및 질병 검사를 통하여 질병 통제를 실시하고 있음. 공인능력검정소의 운영에 있어 표준화 및 매뉴얼을 갖추고 있지 못하고 있기 때문에 순종 300두 미만의 중소규모 농장만 참여하며 참여 농장의 수도 감소하고 있음. 종돈장에서 검정소에 종돈을 입식할 당위성이나 필요성을 느끼지 못함. 미국의 경우 NBS 출품이라는 목표를 부여하고, 덴마크의 경우 사료효율 측정과 농가 수익 창출이라는 목표를 갖추고 있음
- 양돈 선진국의 종돈 중앙검정소(독일 국립 양돈검종서, 덴마크검정소, 프랑스 중앙검정소, 캐나다 퀘벡주 국립 양돈검정소)를 갖추어 검정소 검정을 통하여 사료효율 및 육질검정을 실시하고 개량에 활용하고 있음. 또한 스페인, 네델란드, 독일등은 국립연구기관에서 자동화된 사료효율 측정기기를 갖추어 사료효율을 측정하고 아울러 육종의 지표로 활용하고 있음
- 국내에서 등지방두께 및 정육률을 측정하는데 A mode(PIGLOG 105) 초음파기기를 활용하여 측정하고 있음. A-mode(PIGLOG 105) 초음파기기를 활용한 등지방두께는 검정돈의 정중선을 따라 5cm 되는 지점을 5번째 늑골, 최후 늑골 및 최후 요추등 세 부위에서 측정하여 평균을 구하고 측정 개체별 체중에 대해 보정식에 삽입하여 검정형질로 활용하고 있음



- ❖ 등지방, 등심의 상태를 영상(2차원) 확인가능
- ❖ 영상자료를 메모리로 저장가능
- ❖ 배터리의 사용시간이 Amode에 비해 짧음
- ❖ 겔 사용 측정이 용이함(식용유도 활용)



정중선에서 7cm : ①, ②, ④

- ❖ 돼지의 늑골 14~16개
- ❖ 최후늑골을 찾은 후 머리방향 4~5번째 늑골을 찾는 방법

2 어깨와 엉덩이를 대각선으로 줄을 그어 생기는 교차점으로 부터 머리방향으로 10cm부위위치에 정중선으로부터 5cm부위를 찾는 방법

[자료: (사)한국종축개량협회]

[그림 1-4] Exago(B-mode)와 생체 측정부위

- 전세계적으로 종돈개량을 위한 사용하는 초음파기기는 A-mode에서 B-mode로 전환되고 있음. 그 이유는 정확도면에서 B-mode초음파기기가 매우 우수함.
- 웅취 호르몬은 많은 유전자에 의해 형성되는 유전적으로 수태율, 성장률, 육질 등에 영향을 주고 있음. 돼지고기의 웅취(boar taint) 요인은 화학적 물질인 안드로스테논(androstenone)과 스테이톨(skatole) 및 인돌(indole)의 3종류이다. 그 중에서 주로 안드로스테논과 스키테롤이 웅취의 주요 요인임. 스키테롤은 아미노산의 하나인 트립토판의 대사 작용 결과 생성됨. 안드로스테논은 성적호르몬(페르몬)으로 수태지 교환에서 생성되고 이것은 혈관을 통해 혈중 테스토스테론(testosterone)을 생산됨. 또한 안드로스테논은 지방에 축적되면서 돼지고기에서 웅취냄새 주요인이 되고 있음



생산적 측면

- ✓ 동물 복지(animal welfare)
- ✓ 사료효율이 증가
- ✓ 적육율이 높아짐
- ✓ 지방함량이 낮아짐
- ✓ 불포화지방산함량이 많아짐

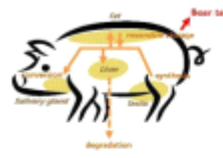
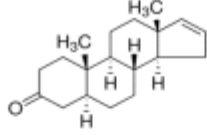
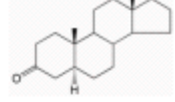
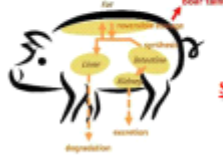
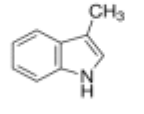
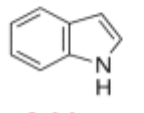
✗



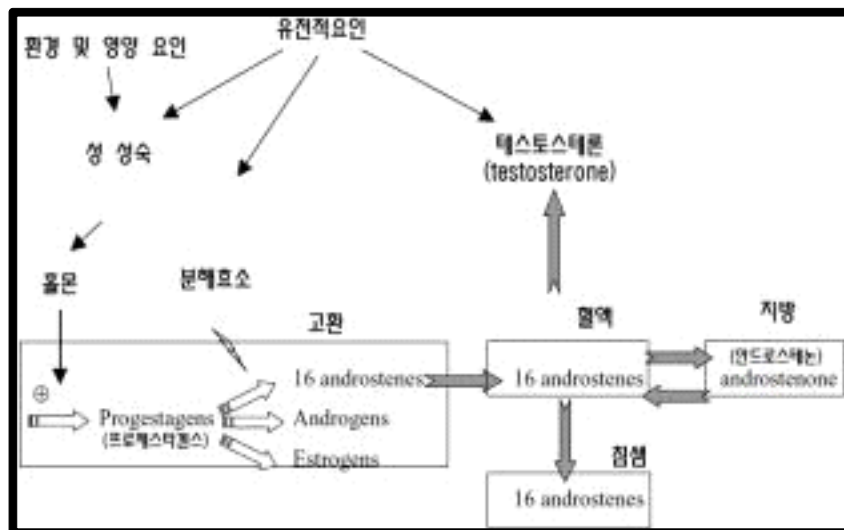
소비적 측면

- ✓ 응취(boar taint) 발생
- ✓ 지방함량이 낮아짐
- ✓ 지방품질 - 연지
- ✓ 체조성
- ✓ skin damage - aggression

[그림 1-5] 비거세로 인한 생산적 소비적 측면의 효과

	 <p>Androstenone (5α-Androst-16-2n-3-one)</p>	<p>Androstenone M.F. C₁₉H₂₈O M.W. 272.43 CAS NO. 18339-16-7</p>	 <p>5α-Androstan-3-one M.F. C₁₉H₃₀ M.W. 274.44 CAS NO. 1224-95-9</p>
		 <p>Skatole(3-methylindole)</p>	<p>Skatole(3-methylindole) M.F. C₉H₉N M.W. 131.17 g/mol CAS NO. 83-34-1</p>
	 <p>Indole</p>	<p>Indole M.F. C₈H₇N M.W. 117.15 g/mol CAS NO. 120-72-9</p>	

[그림 1-6] 응취 호르몬의 화학적 특성



[그림 1-7] 안드로스테논(androstenone)의 형성요인

제 3 절 연구개발의 범위

1. 저응취 국산종돈 개발 및 실용화

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
○ 응취호르몬 분석 시스템화	<ul style="list-style-type: none"> - Biopsy기계를 활용하여 생체지방 샘플 채취 시스템화 - 2주간단위로 GGP농장(도태돈)과 AI센터(선발돈)의 샘플 채취 - 샘플채취한 개체의 혈통기록 확인 - 샘플채취 당일 분석기관으로 발송 	<ul style="list-style-type: none"> - 샘플채취 : 전남 영광, 경남 산청소재 2개 GGP농장을 대상으로 샘플채취, 2주간단위로 Biopsy기계를 활용하여 GGP농장의 선발돈과 도태돈의 생체지방샘플을 채취하고 급냉 - 샘플채취부위 : 목살부위의 정중선을 따라 10cm부위에서 45℃각도로 샘플을 채취하고 소독 - 샘플발송 : 샘플채취 당일 전처리를 위하여 응취호르몬 분석기관으로 발송 - 샘플채취한 개체의 혈통, 검정기록을 확보하여 응취 데이터베이스에 저장
○ 저응취응돈개발을 위한 육종전략 수립	<ul style="list-style-type: none"> - 응취호르몬 분석 - androstenone, skatole, indole분석을 위한 샘플 전처리 및 GC-MS조건 설정 	<ul style="list-style-type: none"> - Sampling : 분석기관에 도착한 지방샘플은 표피와 근육을 제거 - Extraction:용매를 통해 순수 지방을 분리 - Separation : 원신분리를 이용한 층분리 - GC-MS 조건: auto sampler 조건설정, GC조건설정, 조건설정 - 개체별 androstenone, skatole, indole 농도분석
○ 응취호르몬의 유전모수 추정	<ul style="list-style-type: none"> - 응취호르몬의 유전모수 추정 - 경제형질과 상관도 분석 	<ul style="list-style-type: none"> - 개체모형(animal model)을 활용하여 응취호르몬의 유전력, 유전상관 추정 - Asreml ver 4.0프로그램 이용 - 성장 번식형질(개체의 어미)형질과 표현형 및 유전상관도를 추정
○ 육종가 및 유전자마커를 활용한 기초돈군 조성	<ul style="list-style-type: none"> - 육종가 및 유전자마커를 활용한 기초돈군 조성 	<ul style="list-style-type: none"> - 육종가와 유전자마커(FMO 1,FMO 5유전자 효과를 적용한 품종별 (수4, 암 20)두의 돈군 조성 및 계통유지 - 응돈선발: 응취호르몬 농도에 대한 육종가를 기반으로 하여 선발 - 후보돈(암돼지) : 선발된 응돈의 동복 암돼지를 후보돈으로 선발
○ 선발 및 교배계획 수립	<ul style="list-style-type: none"> - 선발 및 교배계획 수립 	<ul style="list-style-type: none"> - 선발 : 선발지수식에 응취호르몬의 육종가 및 유전자마커효과에 가중치를 부여하여 선발 - 교배 : 5계통(암돼지 4두, 응돈 2두씩)으로 분류하여 계통교배 실시

연구범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
○ 소비자 관능평가	<ul style="list-style-type: none"> - 품종별 옹돈 현장적용 시험연구 - 국내 소비자의 호르몬 농도에 따른 관능도 조사 	<ul style="list-style-type: none"> - 시료확보 : 비거세 옹돈의 샘플을 확보하기 위해 전남나주공판장으로 출하되는 비거세옹돈(순종)의 등심샘플확보 - 패널설정 : 돼지고기와 지방내 3가지 옹취호르몬을 관정할 수 있는 패널후보자들을 선정(옹취호르몬 유무감지테스트, 옹취호르몬 농도감지테스트 실시) - 시료준비 : 비거돈 등심앞 1/3부위의 지방 부착된 등심을 두께 1.5cm로 잘라 4℃에서 24시간보관후 180℃에서 10분간 오븐에서 가열 - 관능평가 : 관능적특성을 7단계로 구분하여 평가 - 관능검사결과 분석 : '옹취냄새가 거의없음', '옹취냄새가 있음', '옹취냄새가 매우강함'으로 구분하여 국내 소비자들의 옹취호르몬에 대한 민감도 조사

2. 두록 참조돈군을 통한 GSP 씨돼지 개량 효율 제고

연구범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
○ 기초모돈군 구성 및 생산체계 구축	○ 참조돈군 구축을 위한 교배계획 프로그램 작성	○ 부모 능력에 따른 지손 능력 및 기상 혈통생성을 통한 지손 근친도를 이용한 R 프로그램 작성 - 옹돈 8두, 모돈 49두에 대한 392개 교배조합 탐색 및 최적 교배조합 작성(능력, 근친고려)
○ 산육형질 능력검정 실시	○ 산육형질 능력검정 실시 : 30kg ~ 90kg시까지 암·수 능력검정	○ 계획교배에 따른 자돈능력검정 실시 - 검정두수 : 226n(수 111두, 암 115두) - 검정혈질 : 검정개사·종료 체중, 등지방두께(초음파A-mode), 체척(흉심, 흉폭, 체장, 체고)
○ 두록돈군 능력평가 및 개량도 분석 비교	○ 단형질 개체모형을 이용한 개체별 유전능력평가 실시 및 유전능력에 따른 우수 종돈 선발	○ 개체모형을 이용한 유전능력평가 실시 - 평가형질: 90g 도달일령 등지방두께 - 선발방법: 90g 도달일령 유전능력 순위를 따져 근친방지를 위해 동부자손 배제 - 선발두수 : 수컷 15두, 암컷 60두
○ 사료효율측정기 자료 수집	○ 개체별 사료효율 측정기 자료 사전 자료 분석 실시	○ 사료효율 측정기 자료 분석 - 잔차사료섭취량(RFI) 분석을 위한 이상치 제거 기준 설정 - Imputation 방법을 이용한 사료섭취량 잔차섭취량(RFI) 결측치 추정 분석 실시

제 4 절 연구 성과 목표대비 실적

1. 정량적인 성과

성과 목표	브랜드 및 품종개발		홍보 성과	자료 발간	논문 (비SCI)	유전자원 등록	농가 컨설팅	국내 매출액 (억원)	보급 두수	보급업체수	기술 이전	DB 구축
	출원	등록										
최종 목표	5	4	10	2	5	3	5	25	25	15	2	5
실적	5	2	10	2	4	-	5	98.78	67	9	2	5
달성율 (%)	100	50	100	100	80	추진중	100	383	268	60	100	100

2. 정성적인 성과

가. 저용취 국산종돈 개발 및 실용화

- 지방내 호르몬 분석법 표준화 및 매뉴얼 작성 완료
- 품종별 옹취호르몬의 데이터베이스 구축 완료
- 옹취호르몬 농도에 따른 국내 소비자 반응도 조사 완료
- 옹취호르몬과 산육 및 번식형질과의 유전상관 분석 완료
- 전장유전체 분석을 통한 옹취호르몬관련 유전자마커 발굴 완료
- 저용취종돈 계통조성을 위한 선발기준 설정 및 교배체계 구축 완료
- 국내소비자 반응도 조사결과를 반영한 저용취 종돈 3품종 개발

[품종별 옹취호르몬의 목표대비 실적]

품종	옹취호르몬	농도($\mu\text{g/g}$)	
		목표	'21년 실적
두록	Androstenone	1	0.96
	Skatole	0.5	0.12
	Indole	0.15	0.03
랜드레이스	Androstenone	1	1.09
	Skatole	0.5	0.20
	Indole	0.15	0.05
요크셔	Androstenone	1	0.98
	Skatole	0.5	0.09
	Indole	0.15	0.02

(2) 두록 참조돈군을 통한 GSP 씨돼지 개량 효율 제고

- 모돈군 70두 규모의 핵돈군(참조돈군) 조성 완료
- 생체 초음파 B-mode를 이용한 근내지방도 검정시스템 구축 완료
- 사료섭취량 측정기를 활용한 사료효율 검정시스템 구축 완료
- 참조돈군 유전능력평가에 따른 우수 종돈 선발 : 웅돈12두, 모돈72두 선발
- 검정종료돈 종돈장 분양 : 4개 종돈장, 28두, 30백만원



[그림 1-8] 우수종모돈 선발 및 보급

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 유럽 주요국의 옹돈 거세 현황 및 동향

- 유럽연합의 동물복지는 EU의 축산에서 중요한 비중을 차지하고 있으며 30년전에 관련 법규가 정비되어 현재에 이르기까지 지속적으로 추가되고 강화되어 시행되고 있음. 양돈에 관한 동물 복지규정(EU 지침)은 1991년에 처음으로 제정되어, 2008년에 개정되었음. 이 개정에 따라 꼬리 절단 및 절치에 대해서도 원칙적으로 금지시키는 방침이 결정되었으며 실제 임신 모돈의 스톨 사육 금지는 2013년 1월부터 전 회원국에 전면적으로 적용되었음. 옹돈 거세는 돼지고기의 수컷 냄새를 피하기 위해 미국 등 주요 양돈 국가에서는 거의 100% 실시되고 있지만 EU에서는 동물 복지의 관점에서 1970년대부터 영국, 스페인, 포르투갈처럼 전통적으로 거세를 하지 않는 국가가 있음.

[표 1-1] 유럽연합 동물복지(animal welfare)와 옹돈 거세관련 추진 내역

연도	주요 법·제도변화
1974년	가공시설내 동물 보호 관련 규정 최초 도입
1977년	수송 중 동물 보호 규정 도입
1978년	동물복지 컨벤션 개최
1986년	돼지, 송아지, 산란계 보호 규정 도입
1999년	암스테르담 협약에서 동물복지관련 의정서 발표
2003년	칠레와 수의관련 협약(동물 복지내용 포함) 체결
2004년	세계수역사무국(OIE)와 동물복지 국제 컨퍼런스 최초 개최
2005년	세계수역사무국에서 동물복지 10개 국제기준 최초 설정
2007년	개와 고양이 털가죽 판매 및 수입 금지
2009년	화장품용 동물실험 금지: 리스본 협약 제 13조
2010년	EU위원회는 외과적 거세 대안을 위한 Working group 결성
2011년	양돈생산자, 도축가공업자, 유통업자, 과학자 그룹 거세 종결협의
2012년	국가별 거세를 위해서 진통제/마취제 사용을 실시, 2018년부터 비거세 시행 결의
2013년	모돈 스톨과 분만틀 사용금지: 브라질과 양해각서 체결

[자료: 유럽연합 집행위원회(2014)]

- 유럽위원회는 2010년 양돈농가, 가공·유통업체, 생물학자, 수의사, 동물 복지단체에 의한 옹돈 거세를 대체할 수 있는 방안을 강구하기 위한 검토회를 3회 개최하였음. 그 결과, 거세에 대해서는 법적 구속력이 없는 자발적인 규제를 추진하기로 하였으나 2012년 이후 외과적 거세법은 필수적으로 마취를 하게되어 2019년 이후에는 외과적 거세가 금지될 가능성이 높아졌음. 현재 EU의 지침은 생후 7일령 이상 자돈의 거세는 마취한 후 수의사가 수술하는 것으로 의무화 되어있지만 7일 이내 자돈은 마취 없이 거세가 가능함.
- 최근에 주요 유럽연합의 주요 양돈선진국의 외과적 거세 비율은 61%임. 그러나 저용취 옹돈의 개발, 도축장에서 옹취감지(Human nose score)를 통한 지육분리등에 의해 거세를 하지 않는 비율이 증가하고 있음. 유럽연합의 경우 어디까지나 현재는 비거세가 자율규제 이기는 하지만 동물복지단체와 소비자들의 압력으로 대형 마트의 납품 조건이 비거세 또

는 마취거세돈이 될 가능성이 높아 실질적으로 규정을 지키지 않을 수 없는 실정임.

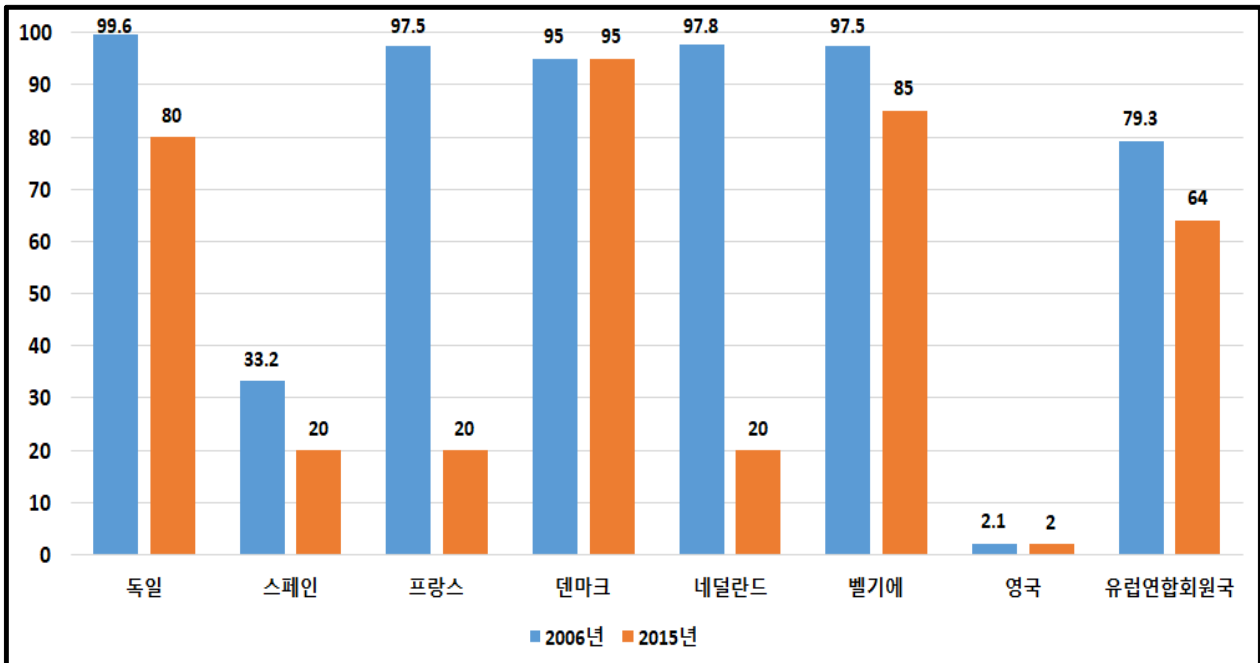
- 유럽의 수의사연합회(FVE:The Federation of Veterinarian of Europe)는 2015년 9월에 회원국 28개국의 전문가와 담당 행정기관을 대상으로 자돈 거세 여부, 거세시 거세하는 방법 등을 온라인을 통해 조사하였음(유럽연합 위원회 2016). 그 결과 주요양돈생산 회원국의 웅돈 거세대 비거세 비율이 64% : 36%였음. 거세돈중 전체의 3%는 면역적 거세였고 전통적인 외과적 거세는 61%였음. 비거세비율이 가장 높은 국가는 영국으로 98%였고 포르투갈이 85%, 스페인이 80%, 네덜란드 80%였다. 면역적 거세는 출하 8주전부터 수차례 백신을 통해 웅취를 억제하는 방법이지만 비용 등의 문제로 보급률이 낮음.

[표 1-2] 유럽연합 회원국의 비육돈 도축두수와 자돈 거세율

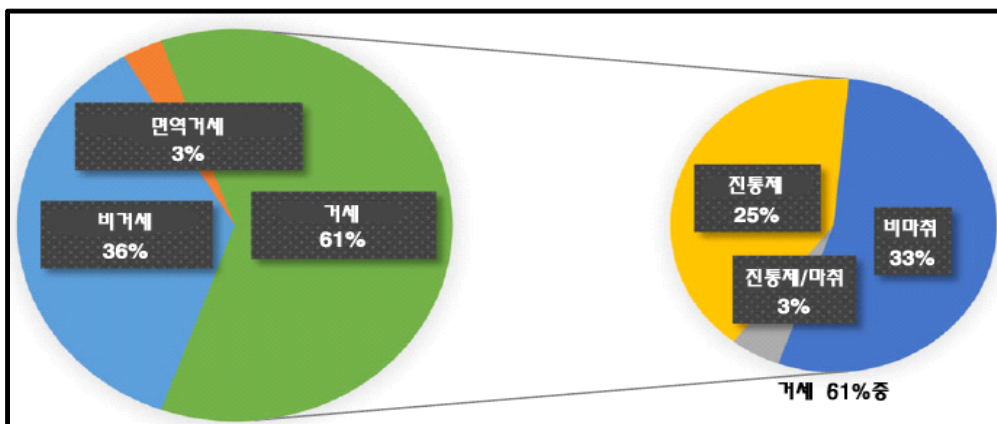
국가	비거세 (%)	면역 거세 (%)	수술 거세 (%)	외과적 거세(100% 중)			사육두수 (천두)
				진통제/마취제 사용(%)	진통제 사용(%)	비진통제/비마취 (%)	
오스트리아	5	0	95	1	72	27	2,869
벨기에	15	18	67	3	6	91	6,351
체코	5	5	90	6	31	63	1,548
덴마크	5	0	95	0	95	5	12,402
에스토니아	0	0	100	0	10	90	359
핀란드	4	0	96	0.5	99	0.5	1,258
프랑스	20	0	80	0	50	50	13,428
독일	20	<1	80	<1	99	0	28,046
헝가리	1	0	99	0	0	100	2,935
아이슬란드	5	0	95	0	95	5	36
이탈리아	2	5	93	0.5	2.5	97	8,561
아일랜드	100	0	0	0	0	0	1,468
라트비아	0	0	100	0	0	100	368
룩셈부르크	1	0	99	0	99	1	90
네덜란드	80	0	20	30	0	70	12,013
노르웨이	1	<1	99	99	0	1	1,644
포르투갈	85	2.5	12.5	0	0	100	2,014
루마니아	0	5	95	2	4	94	5,180
슬로바키아	0	10	90	0	12	88	637
슬로베니아	1	0	99	1	9	90	288
스페인	80	5	15	1	7	92	25,495
스웨덴	0	6	94	24	76	0	1,478
스위스	5	2.5	92.5	97	0	3	1,573
영국	98	<1	2	45	45	91	4,383
유럽 24개국		27	78	11	32		
평균(중앙값)		(0.2)	(95)	(0.5)	(7.5)	50(65)	132,920
유럽24개국 (돼지두수기준)	36%	3%	61%	외과적으로 거세된 돼지의 5%	외과적으로 거세된 돼지의 41%	수술로 거세된 돼지의 54%	

[자료: 유럽연합 집행위원회(2016')]

○ Fredriksen 등(2009)이 발표한 2006년기준 유럽연합 회원국의 비육돈 수태지 거세비율은 평균 79.3%였으나 유럽연합 집행위원회(2016)가 발표한 2015년기준 평균 64%였음. 특히 양돈 선진국인 독일은 2006년에 비율이 99.6%였으나 2015년에는 80%로, 스페인은 33.2%에서 20%로, 프랑스는 97.5%에서 20%로, 네덜란드는 97.8%에서 20%로 점차 거세비율을 감소하고 있음. 이들 4개국의 사육두수는 유럽연합 전체 돼지 사육두수의 52% 이상을 차지하고 있음.



[그림 1-9] 유럽 주요 양돈생산국의 거세비율(%) 추세 변화



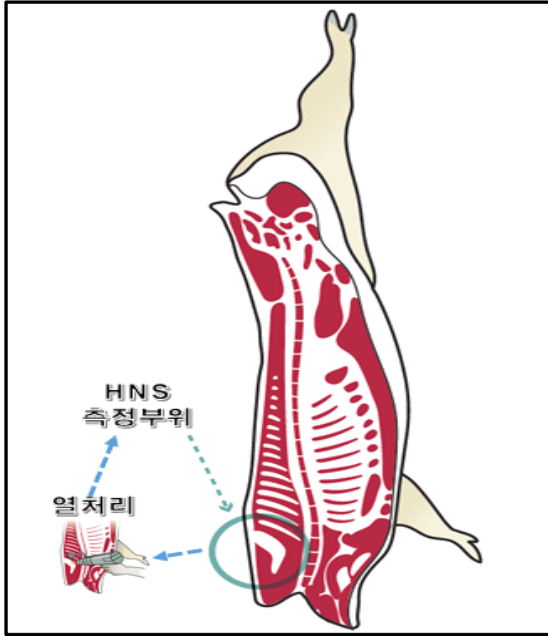
[그림 1-10] 유럽연합 회원국의 거세비율 및 방법

※ 수태지 거세에 대한 동물복지측면 권장사항

- ① 성성숙일령은 옹취가 발생하는 시기이므로 도축연령의 지표로 사용해서는 안됨
- ② 수태지 거세 비율에 대한 정보는 유럽연합 집행위원회에 영향을 미칠 수 있음
- ③ 돼지의 외과적 거세를 실시할 직원에 대해 교육(지침 : 2001/93/EC)
- ④ 거세의 위험효과를 정량화하기 위한 성장, 면역체계 및 돼지의 건강에 해로운 영향에 대해 수집
- ⑤ 자돈 7일령이전에 마취없는 외과적인 거세하는 모든 연령에 고통을 부여하므로 개정할 필요가 있음
- ⑥ 외과적인 거세 절차에 동물복지의 의미를 결합시키는 것이 권장사항
- ⑦ 양돈장에서 국소마취법을 실시하고 외과적 거세를 실시하고 시술후 진통제 사용
- ⑧ 진단이나 치료목적으로 암태지를 거세할 경우 마취제와 진통제를 사용
- ⑨ 거세돈대비 비거세돈은 공격적이고 서로 싸우기 때문에 전체 비거세돈 합사는 피해야 함
- ⑩ 다른 그룹(돈방)의 돼지는 이동과 휴식기간에 합사 금지
- ⑪ 연지방은 사료내 지방산조성을 변화시켜 방지할 수 있음. 그러나 불포화지방산은 영양적인 이점이 있음
- ⑫ 옹취 검사에 관능평가법과 화학적 검사법을 병행할 필요가 있음
- ⑬ 도축장에서 옹취 검사법은 신기술이 개발되면 개정되어야 함
- ⑭ 다른 주차별 돼지는 합사 금지
- ⑮ 옹취를 피하기 위해 체중을 고려하여 도축연령을 단축하는 것은 적절하지 않음
- ⑯ 돈사나 도축장의 청결 유지
- ⑰ 옹취 원인 유전자의 유전자 빈도를 감소시킬 필요가 있음
- ⑱ 옹취를 감소시킬 목적으로 수행되는 화학적 거세법은 권장할 수 없음
- ⑲ 면역학적 거세법은 권장할 수 없음
- ⑳ 정자의 성감별법을 권장할 수 없음
- ㉑ 도축장에서 옹취 자동검사법이 개발되기 전에는 전체 수태지 도체 지방에서 검사하는 것은 계속적으로 수행되어야 함
- ㉒ 옹취호르몬 분석기준에 도체중 80kg로 제한되서는 안됨
- ㉓ 수태지의 옹취 또는 이취등을 제거하기 위해 옹취호르몬이 적은 도체를 처리하는 것은 권장할 수 있음

[자료 : 유럽식품안전청, 2004]


○ 옹취요인이 되는 옹취호르몬의 안드로스테논(androstenone), 스키톨(skatole) 및 인돌(indole)은 유전력과 유전적 상관도가 중도이상으로 높기 때문에 옹취호르몬 농도가 낮은 개체를 선발한다면 저옹취 옹돈 생산이 가능함. 저옹취 옹돈 생산 방법은 크게 3가지로 분류할 수 있는데 첫째는 생체에서 지방샘플을 채취(biopsy)해서 화학적인 분석으로 저옹취 옹돈을 선발하는 방법, 둘째는 옹취호르몬 농도와 관계가 있는 유전자 마커를 이용한 유전체선발(Genomic selection) 방법, 셋째는 사람이 지육의 지방의 옹취냄새 정도를 판정하는 HNS(Human Nose Score) 이용방법임.



[그림 1-11] HNS 측정부위- 목지방

※ HNS(Human Nose Score) 검사 원칙- 네델란드 도축장에서 HNS시스템을 활용

- 모든 도체의 지방샘플은 훈련받은 검사자에 의해 열처리후 냄새 측정
- 목부위 지방 측정 - 목부위는 도체에 손상없이 검사자가 쉽게 접근하여 평가할 수 있음. 또한 지방주위의 근육도 열처리를 하여 검사를 할 수 있음
- 냄새 측정 부위로 복부지방사용 금지 - 복부지방 검사는 응취를 측정하는데 에러가 발생
- HNS 측정 검사자는 충분한 훈련과 테스트 과정후에 현장에 투입- 도축장에서 도축라인의 속도와 검사 수돼지 두수를 고려하여 투입.
- HNS의 역할이 불쾌할 수 있으므로 작업자와 충분히 소통을 해야함. 검사자는 정기적으로 휴식이 필요함
- 응취 냄새 측정하는데 직원들의 작업시간을 더 많이 소요하지 않음, 한 도축장에서 다른 도축장으로 직원 파견(검사자) - 시간당 65유로, 검사도체당 2.10유로 지불

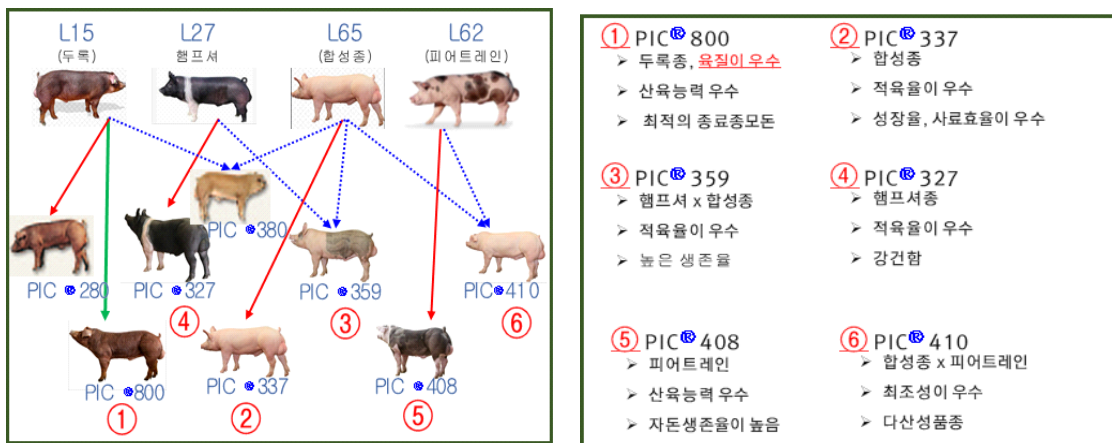
	HNS	측정기준
	4	강한 응취
3	응취	
2	약한 응취	
1	응취는 없지만 이취	
0	정상돈육	

[표 1-12] Human Nose Score(HNS) 측정치

제 2 절 세계 육종회사 부계라인 종돈개량 현황

1. PIC사

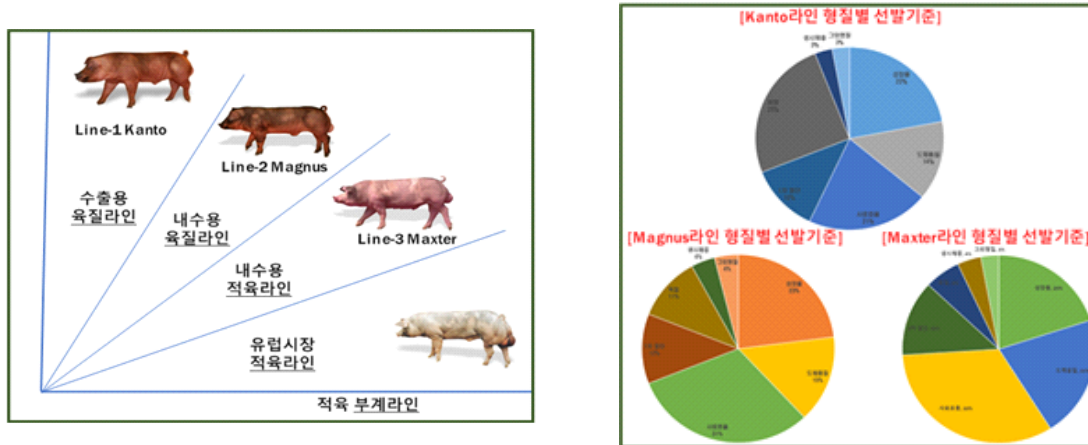
○ PIC 부계라인의 기초돈군은 두록(L15), 햄프셔(L27), 합성종(L65), 피어트레인(L62)를 활용하여 다양한 부계라인을 개발하여 공급하고 있음. PIC365(부계)는 육질의 향상을 실현해 경제성을 개선하기 위해서 개발된 웅돈임. 통상 지방이 부착되어 요구율, 증체스피드 등의 경제성을 중시하면서 마블링이 좋은 육질과 더불어 추구한 밸런스 좋은 종돈임. PIC324(부계)는 높은 붉은육의 생산능력과 증체 스피드를 겸비한 경제성이 좋은 웅돈이다. 사료나 원료가격 상승에 따라 생산가격이 증가하는 상황에서 사료 요구율, 출하일령의 개선에 절대적인 효과를 발휘함. PIC는 새로운 부계 웅돈 라인으로 PIC 800은 강건성, 고성장 및 돼지고기 맛의 품질을 향상시켰음. 새로운 부계 PIC800은 돼지고기의 pH, 등심 깊이 및 등지방 지표 외에도 부드러움 등의 고기 맛의 만족도를 높였음



[표 1-13] 부계종돈 생산방식(합성돈) 및 특징

2. Hypor사

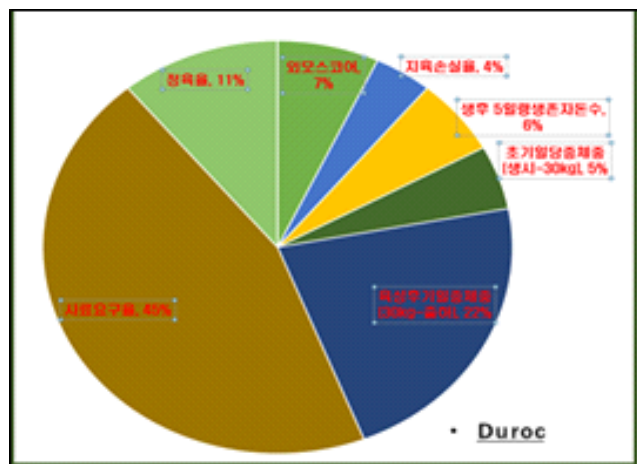
○ Hypor사의 부계라인은 육질라인과 정육생산라인으로 구분하여 판매하고 있음. 육질라인으로는 두록품종으로 수출용과 내수용으로 구분하여 Kanto 계통과 Magnus 계통으로 구분할 수 있음. 특히 국내에서는 Hypor사와 W사가 독직계약을 체결하여 Kanto라인을 도입하여 부계라인으로 활용하고 있음. 정육라인으로는 피어트레인 품종으로 내수용과 유럽시장용으로 구분하여 각각 Maxter 계통과 Myrus계통을 공급하고 있음



[표 1-14] Hypor사 부계라인 및 선발 기준

3. Danbred사

- 부계 및 모계라인 선발기준 : 덴마크는 전통적으로 매 3년마다 선발지수의 형질별 가중치를 바꾸고 있음. 지난 2015년에 이어 2018년에 적용된 형질별 가중치는 요크셔와 랜드레이스의 경우 여전히 사료 요구율이 40%로 가장 높고 육성후기 일당증체중이 25%로 두 번째 높았음. 그러나 5일령 산자수는 9%로 가중치가 현저히 낮았음. 듀록의 경우 사료 요구율이 45%로 가장 높았고 육성후기 일당증체중이 22%, 정육율 11% 순이었음. 주목할 만한 것은 듀록의 선발지수에도 번식성적과 자돈사고율 형질, 현실적으로 LP5가 6% 적용되었음

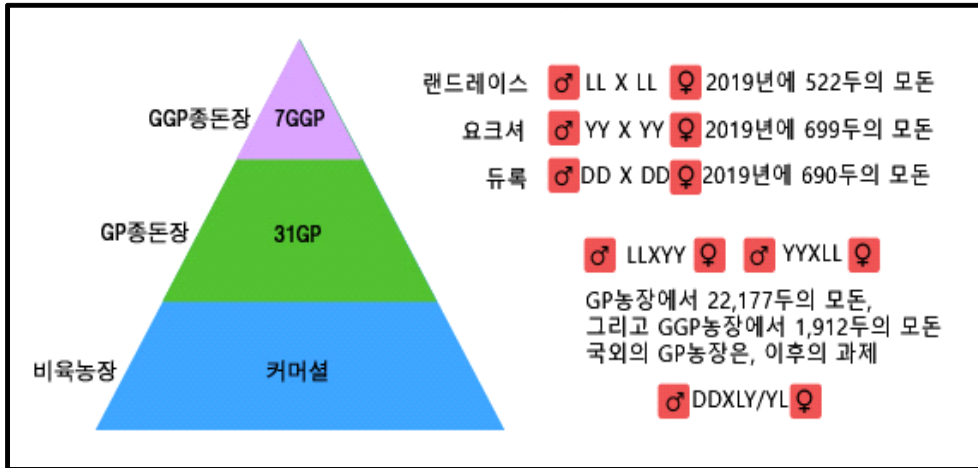


[표 1-14] Danbred사 부계라인별 선발기준

4. Danish Genetics사

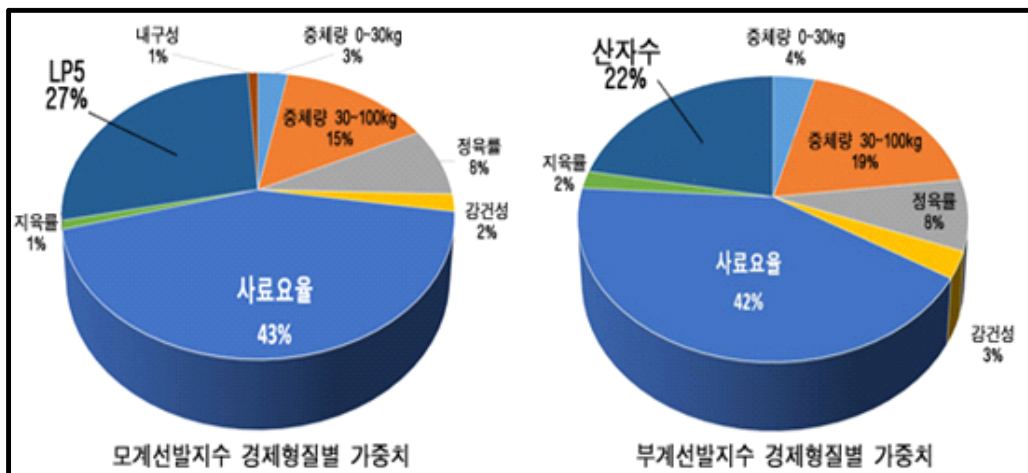
- Danish Genetics사를 구성하는 사람들은 7개의 GGP농장, 31명의 GP농장, 그리고 2개사의 종돈판매회사임. 판매와 수출은 브리더즈오프 덴마크를 통해 이루어짐. 사육 품종은 3개 품종으로, 약 모든 2,000두 정도임. 이 두수는 분리전 GGP 순종돈의 약 30% 수준임. Danish Genetics는 덴마크 외에 독일, 벨기에, 프랑스 그리고 러시아 각국에서 함께 6개소의 계약 GP를 가지고 있으며 독일, 벨기에, 네덜란드, 체코 그리고 프랑스로 함께 8개소의 인공수정소를 보유하고 있음.

- 지금까지 덴마크에서 육종개선의 중요점이 된 것은 인공수정소에 맡겨져 있던 웅돈이었음. 웅돈은 브리더(종돈장)의 소유물이고 인공수정소는 사육관리비를 받으면서 그 종돈을 보살펴온 것임. 독립한 종돈장의 웅돈은 인공수정소에서 회수되어 Danish Genetics사의 새롭게 설립된 인공수정소에 집결되었음. 이들 웅돈의 육종지수는 상당히 높은 것이었기 때문에 기존 인공수정소에 남은 수컷의 전체적 선발지수는 예전보다 낮아졌음



[표 1-15] Danish Genetics사의 육종피라미드

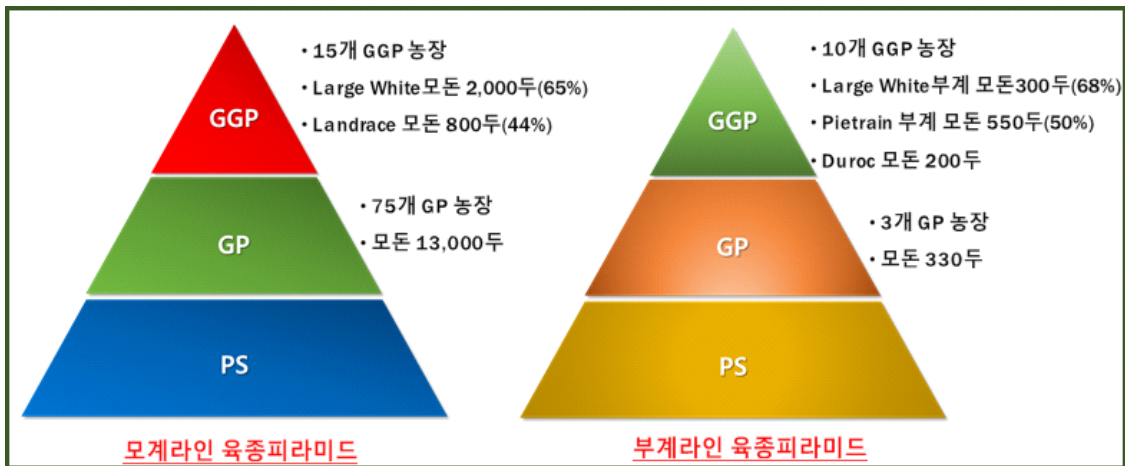
- Danish Genetics사의 부계라인의 개량형질로서 산자수 형질이 포함되었음. 예를 들면 지금까지 덴마크의 종돈의 유두는 7-7(총 14개)가 최소조건으로, 이것 이상에 관해서는 특별한 노력을 하지 않았음. 그러나 지금 덴마크의 웅돈은 산자수형질이 22%로 높은 가중치를 주고 있기 때문에, 8-8(16개)의 유두로 바뀌어 갈 것으로 보임. 육질에 영향을 주는 부계 듀록에 관해서 지방교잡이 들어간 듀록 수컷을 만드는 것에 대해 논의되고 있음



[표 1-16] Danish Genetics사의 선발기준

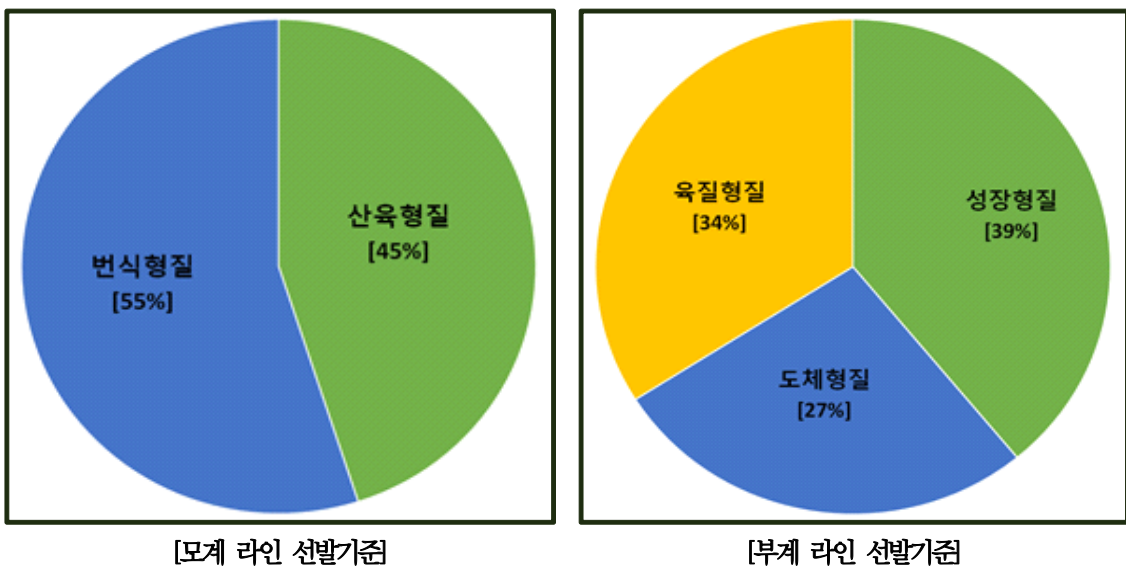
5. Nucleus사

- 프랑스내 8개 양돈조합이 주주인 Nucleus사는 GGP농장에서 5개 품종(GGP농장:Large White 모돈 2,000두, Landrace 모돈 800두, Large White 부계라인 모돈 300두, Pietrain 모돈 550두, Duroc 모돈 200두 규모)에 대해 선발을 하고 있고, 연간 14만두의 후보돈 양돈장에 분양하고 있고, 1,100두의 웅돈을 AI센터로 판매되고 있음



[표1-17] Nucleus사의 모계 및 부계 육종피라미드

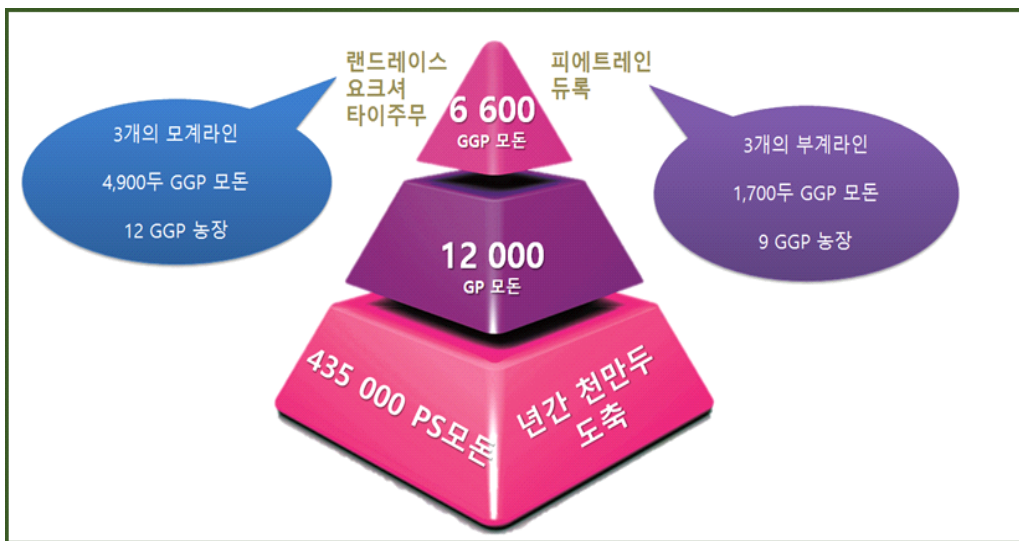
- Nucleus사의 모계품종으로는 랜드레이스종과 라지화이트종이 활용되고 있고, GGP농장 모돈돈군규모는 2,800두, GP농장의 모돈규모는 12,000두로 매년 14만두의 후보돈을 공급하고 있음. Nucleus사의 다산성모돈인 Nucleus Landrace종의 평균 번식성적은 생존자돈수 15.4두, 이유두수 13.5두, 생시체중 1.4kg이었고, Nucleus Large White종은 의 평균 번식성적은 생존자돈수 17.5두, 이유두수 14.8두, 생시체중 1.4kg였음 덴브레드 다산성모돈과는 다르게 평균 이유두수가 16두였음



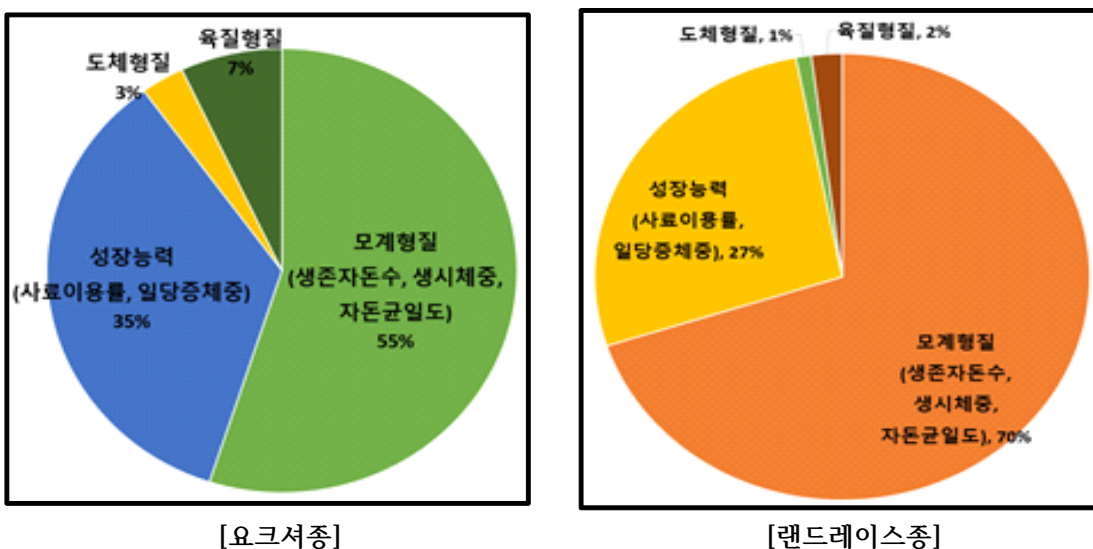
[표1-18] Nucleus사의 부계 및 모계라인별 선발기준

6. Axiom사

- Axiom사는 프랑스 육종회사인 Gene+, ADN가 2016년 10월에 통합한 회사임. Agrial, La Coop, TERRENA 등 8개의 조합이 주주임. 종돈 판매두수는 200천두/년(프랑스 내 103천두), 정액매출량은 연간 2,500천 도스, 종돈 및 정액은 40개 나라에 수출되고 있음. 2개의 검정소 운영, 연간 9,000두의 수태지를 검정하고 네답시스템을 사용하고 있음
- Axiom사의 육종 피라미드 구조는 GGP모돈 6,600두 규모로, 모계라인은 GGP(랜드레이스, 요크셔, 타이주무), GP(이품종교배 : LL×YY, 울리 : 타이주무×LL), PS <아데니아 : F1(LL×YY)×TS(피어트레인, 두록 등), 유나(울리:타이주무×LL×요크셔)로 운영되고 있음. 타이주무는 매산종 수컷과 랜드레이스종의 합성종임. 부계라인 : 순종라인(피어트레인, 두록), 하이브리드(Rekor, Sabel48, stargen)



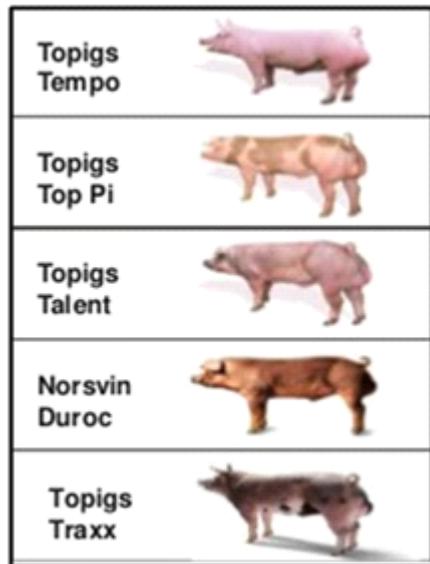
[표1-19] Axiom사의 육종피라미드



[표1-20] Axiom사의 선발기준

7. Topigs사

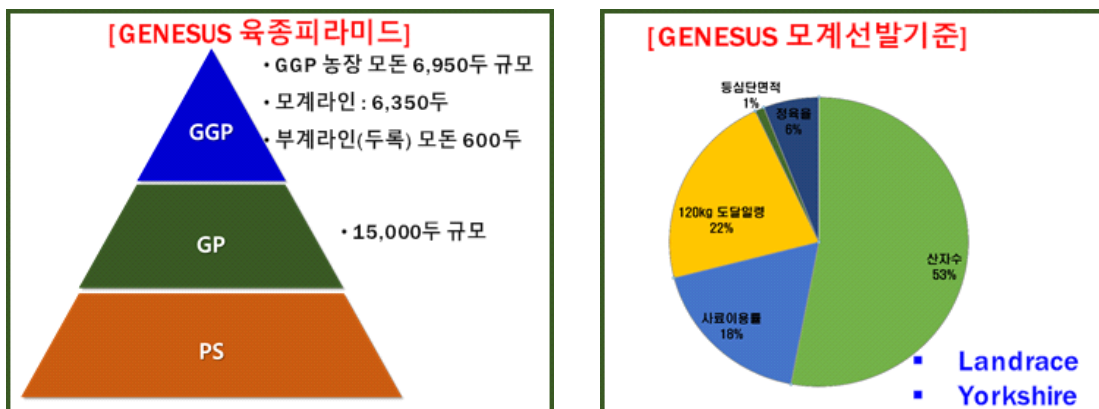
- Topigs는 35개국, 950개 육종농장에서 모돈 45만두의 자료를 「PIGBASE」라는 데이터베이스로 주간단위로 수집하여 육종가를 추정하여 각 국가로 피드백하고 있음. Topigs는 세계 각국의 110개 종돈장과 프랜차이즈 협약을 하여 원종라인으로써 모계의 랜드레이스가 3만6,000두, 대요크셔가 7만7,000두, 부계 대요크셔(TEMPO)가 2,300두, 피에트렌이 1,000두, 듀록이 1,600두, 유지하고 있음. 이들 육종돈 중에서 가장 우수한 종돈을 지역에 상관없이 유전능력을 함께 평가해 우수종돈을 선발하고 있음. 또한 국가를 넘는 종돈장간에 동결정액을 이용해 우수유전자를 공급하고 있음



[표1-21] Topigs사의 부계계통

8. Genesis사

- 캐나다에서 최대 규모의 육종회사인 Genesis사는 GGP 돈군으로 구성된 순종 모돈 6,950두(두록 600두, 백색계, 6,350두) 규모임. 육종방향을 전세계적으로 설정하여 북미, 남미, 동유럽, 아시아에 수출되고 있고, 연산성, 등지방두께, 산자수, 이유두수, 증체량, 육질, 위생등 캐나다 최상위 종돈장이며, PRRS 음성 및 위해 질병 음성임



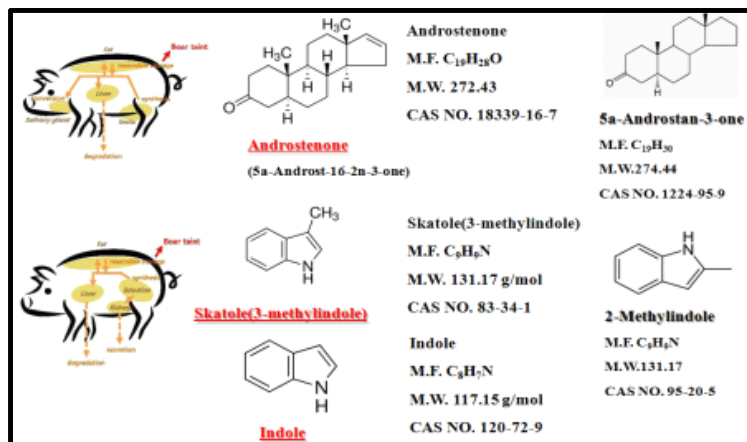
[표1-21] Genesis사의 육종피라미드 및 선발기준

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1절 저용취 국산종돈 개발 및 실용화

갓 태어난 웅돈의 외과적 거세는 육질개선과 사양관리의 편의성 때문에 널리 사용된다. 특히, 돼지고기 품질에서 웅취가 없고 근섬유를 얇게 하여 연도가 좋은 돼지고기를 생산하여 소비자가 육구를 충족시키게 한다(Barton-Gade, 1987). 그러나, 자돈단계에서 외과적인 거세는 동물복지측면을 고려한 사양관리 방법에서 크게 논란이 되고 있다. 외과적인 거세방법은 마취를 하지 않아 통증이 발생하기 때문에 자돈에게 많은 스트레스와 고통을 주기 때문이다(Prunier et al., 2005). 유럽연합에서 2010년에 발표한 협정문에 따르면 동물복지측면에서 2012년 1월부터 외과적 거세를 수행할 때 마취 또는 진통제를 투여해야 하며, 2018년부터는 단계적으로 외과적 거세를 폐지해야 한다고 규정하고 있다(De Briyne et al., 2016). 또한, 돼지고기의 소비 추세가 살코기에 초점을 두고 있기 때문에, 지방의 축적이 적고 살코기의 양이 많으면서 사료효율이 좋은 비거세 수퇘지를 생산하기 위한 연구가 수행되고 있다. Aluwé et al.(2011) 등의 연구에 따르면, 도축체중이 90kg(또는 150일령)이내에 도축할 경우에 소비자들이 돼지고기의 이취를 거의 맡지 못한다는 연구결과를 발표하였다.

웅취의 주요 요인이 되는 호르몬은 안드로스테논, 스카톨 및 인돌 등으로 웅돈의 호르몬이다. 세 호르몬은 지방과 친유성의 특징으로 인해 지방에 쉽게 축적될 수 있으며 돼지고기를 열처리할 경우 냄새의 주요 요인이 된다. 안드로스테논은 웅돈의 고환에서 생산되는 스테로이드 화학 물질이며, 항상 정소호르몬과 동시에 분비된다(Claus et al., 1994). 고환에서 생성되어 혈관을 따라 이동하여 간에서 분해되어 방출되거나, 타액선에서 성페로몬으로 전환된다(Zamaratskaia and Squires, 2009). 스카톨과 인돌은 트립토판 대사 과정에서 특이적인 박테리아에 의해 장에서 합성된다. 두 호르몬은 생산량이 배출량보다 많아질 때 지방에 축적된다(Zamaratskaia and Squires, 2009). 스카톨과 인돌도 간에서 분해되고 분변을 통해 배출되지만, 테스토스테론이 간에서 스카톨 분해를 억제하여 지방에 축적되도록 한다(Wesoly and Weiler, 2012). 본 연구는 전남영광에 위치한 N종돈장을 대상으로 품종별 비거세 웅돈의 웅취요인 호르몬농도를 분석하고, 웅취호르몬과 성장 및 번식형질간의 유전적상관도를 분석하여 저용취 웅돈을 개발할 목적으로 수행하였다.

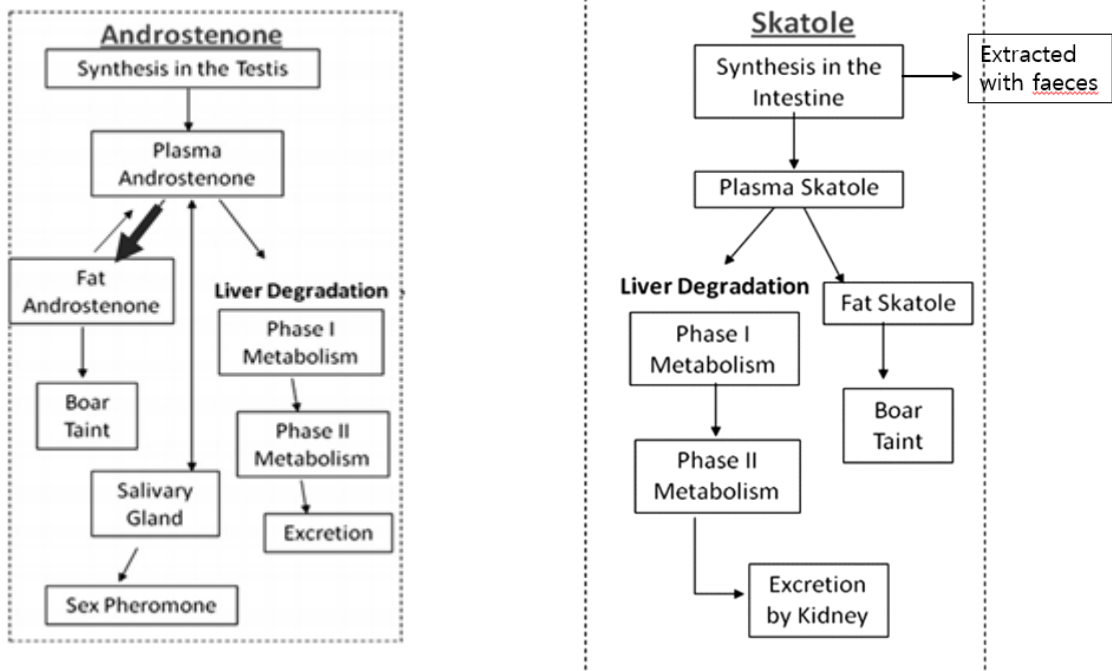


[그림 2-1] 웅취 호르몬의 화학적 특성

돈육내 “웅취”의 주요 원인 물질은 주로 ① 안드로스테논(Androstenone) ② 스캐톨(Skatole)의 2개이며 이외로 인돌(Indole) 호르몬의 영향도 적지 않다. 그 발생 프로세스는 (그림 2)와 같이 안드로스테논은 웅돈의 타액 등에 포함된 페로몬 물질로 주로 성숙한 고환의 정소에서 분비되는 테스토스테론에 의해 생산되어 지방에 축적된다. 한편 돈분 냄새 물질이라고 불리는 스캐톨은 단백질의 대사 과정에서 장내세균에 의해 생산되는 물질로 테스토스테론의 영향으로 간의대사(분해)가 억제되어 그결과 지방내에 축적된다. 이렇게 양쪽의 웅취 물질 모두 지방의 축적에 직접, 간접적으로 테스토스테론이 영향을 미치고 있다.이 테스토스테론은 수컷에 있어서 약 95%가 고환의 정소로부터 나머지 약 5%가는 콩팥 부신으로부터 분비된다.

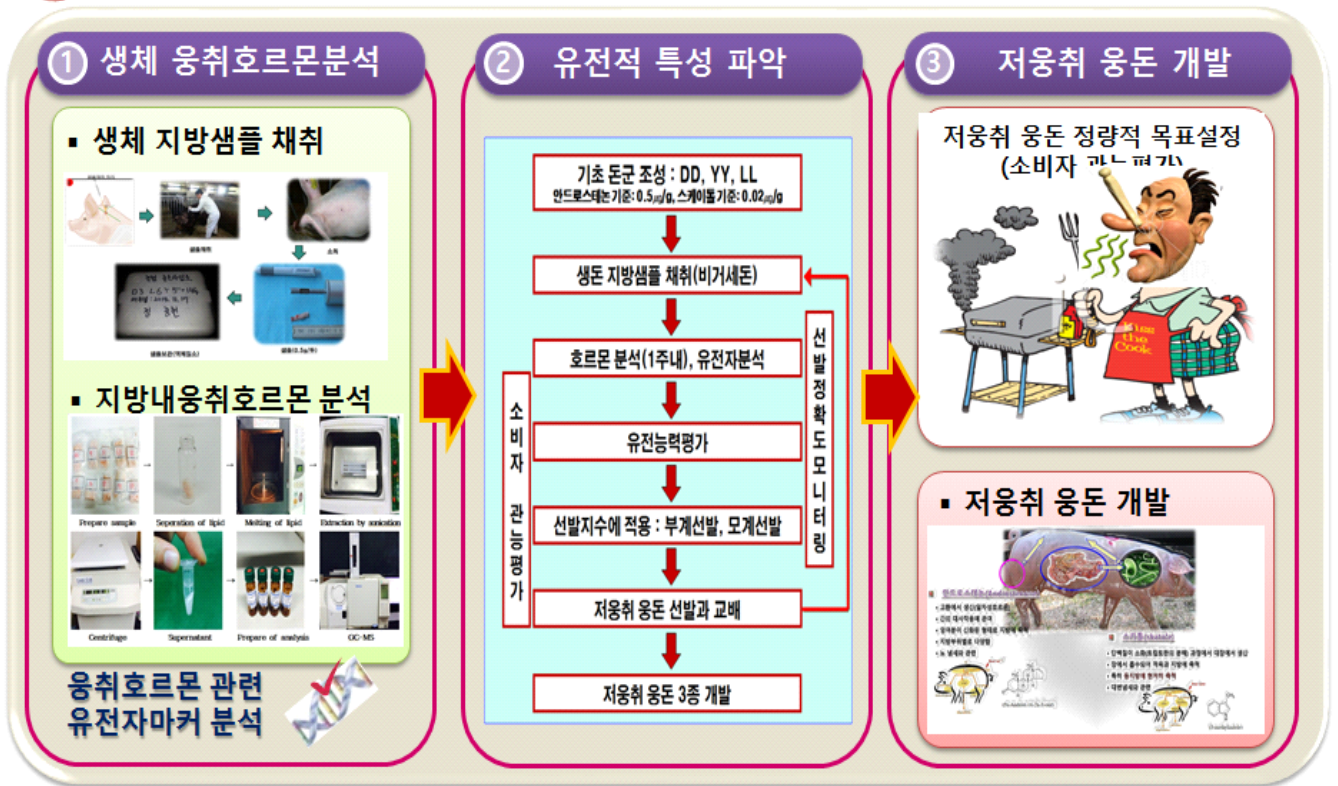


[그림 2-2] 웅취 호르몬의 생성과정



[그림 2-3] 웅취호르몬 대사과정

저응취 응돈 개발



[그림 2-4] 저응취 응돈 개발 개요

1. 샘플채취 및 응취호르몬 분석

저응취 응돈개발을 위해서는 생체에서 지방샘플을 채취하기 위하여 스위스의 SUISAG사에 방문하여 Biopsy기계를 구매하여 생체에서 지방샘플을 채취하는 방법과 부위를 습득하였고, 지방샘플을 활용하여 LC-MS-MS 및 GC-MS기자를 활용하여 응취호르몬인 안드로스테논(androstenone), 스캐톨(skatole) 및 인돌의 함량을 분석하기 위한 표준화작업을 실시하였다. GSP 부계참여중돈장인 N중돈장(듀록, 랜드 레이스 및 요크셔)에서 보유 중인 중돈의 지방샘플을 채취하여 참여중돈장별 응취호르몬 특성을 분석하였다. 응취호르몬의 유전적 특성을 파악하기 위하여 검정종료후 선발과 도태된 비거세응돈에 대하여 생체 지방샘플을 채취하여 GC-MS를 활용하여 응취호르몬함량을 분석하였고, Asreml ver4.0프로그램을 활용하여 응취호르몬에 대한 유전력과 유전상관을 추정하였다. 또한 응취호르몬과 성장형질과의 표현형 및 유전상관을 분석하였고, 번식형질과의 상관도를 분석하기 위하여 분석한 개체들의 어미와 응취호르몬간의 유전상관을 분석하였다. 소비자관능평가를 실시하기 위하여 참여할 수 있는 패널에 대한 감지도 검사를 실시하여 패널을 설정하고 응취호르몬 함량에 대한 관능평가를 실시하였다.

가. Biopsy를 활용한 생체지방 샘플채취

- 참여중돈장 : 전남영광소재 N중돈장
- 채취장소 : GGP중돈장(도태 응돈) 및 인공수정센터(선발돈)
- 채취기기 : Biosy기기 4개



[그림 2-5] 생체 지방샘플 채취기구(Biopsy)

- 생체 지방 채취 : 살아있는 돼지의 지방 내 응취 호르몬의 수준을 측정하기 위한 지방 샘플 기구는 원래 토끼를 도축하는 기구(rabbit stunning device)를 개조한 것임. 이 기구는 원통형 실린더와 압축용 스프링, 돼지 체내에 삽입된 후 실린더 내로 다시 들어오게 하는 스텐파이프로 구성되어 있음. 돼지용 기구는 토끼용 보다 강한 스프링으로 보강하고 돼지 체내에 들어가는 직경 6mm×길이 65mm의 스텐 쇠파이프 끝을 칼끝처럼 날카롭게 만들었고 추가로 파이프 끝에서 7mm위치에 타원형 창구(20×6mm)를 만들고 그곳에 강력한 0.4mm직경의 철사 스텐 낚시고리를 만들어 샘플용 파이프를 회수할 때 체내지방을 낚시고리에 걸어서 채취하도록 만들었음.



[그림 2-6] 생체 지방샘플 채취 과정

- 생체에서 지방 샘플 채취하는 방법 : 샘플채취장소를 사전에 소독실시후에 코걸이를 활용하여 돼지를 보정한 뒤, 돼지의 귀 뒤 뼈를 피한 지방이 가장 두꺼운 목부위에 샘플용 기구를 수직으로 고정한 뒤 가운데 버튼을 눌러 샘플 채취(정중선을 따라 90℃되게 biopsy 기계로 측정). 지극히 짧은 시간에 채취용 파이프가 샘플을 채취함으로써 돼지에게 최소한 고통을 주도록 하고 채취 후 상처부위를 알코올로 소독을 해주면 2~3일 후 회복함. 파이프 창구로부터 핀셋으로 지방샘플을 꺼낸다(이때 반드시 측면 창구에서 핀셋으로 채취해야하며 파이프 입구에서 채취 시에는 낚시모양 스텐철사를 손상시킬 우려가 있음).
- 샘플채취시 기록 : ① 농장이름, ②품종, ③개체번호(이각번호), ④성별 ⑤ 채취일자
- 샘플 채취후 조치 : 핀셋으로 지퍼팩 또는 위생용기에 넣고 아이스박스에 보관해서 24시간내에 분석하거나 -20℃ 질소탱크에 보관한다.



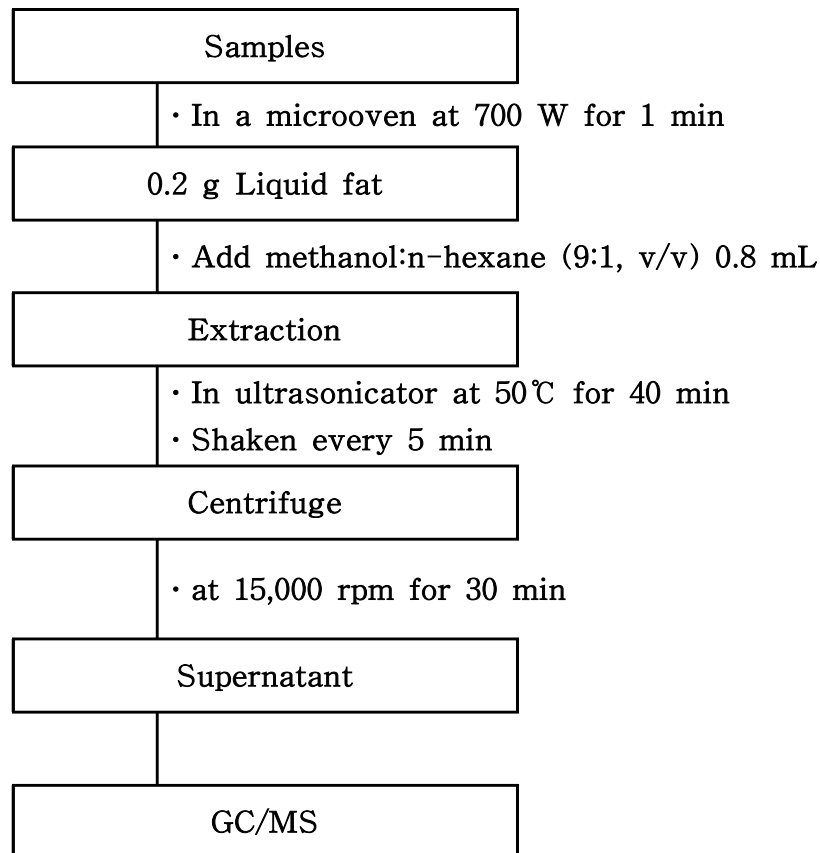
[그림 2-7] 생체 지방샘플 채취 메뉴얼

나. 웅취호르몬 분석: androstenone, skatole, indole

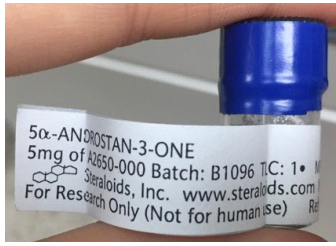
웅취호르몬의 분석법은 두 가지 방법으로 측정을 할 수 있다. 즉 사람이 직접 측정하는 직접 측정법과 기자재를 활용하여 측정하는 간접적인 측정방법(크로마토그래피법, 면역학적 방법, colorimetry 및 mass-spectrometry)등이 활용된다.

본 연구에서는 GC-MS(gas chromatograph-mass spectrometer)를 이용하여 생체에서 채취한

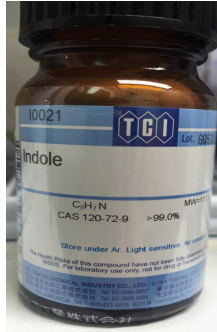
지방샘플을 이용하여 응취 호르몬인 안드로스테논, 스카톨 및 인돌의 농도를 분석하였다. 생체에서 채취한 샘플에서 근육등 불순물을 제거한 순수 지방을 유리 vial에 담아 700W microwave oven에서 1 min 동안 가열하여 얻어진 액체 지질을 사용하였다. 0.2g의 액체 지질을 원심분리 튜브(2ml)에 옮기고, 0.8ml의 혼합 용매(methanol : n-hexane, 9:1, v/v)를 첨가하였다. 1 분간 혼합한 후, 초음파 추출 장치(Powersonic 420, Hwashin tech, Korea)를 이용하여 50 °C에서 40분간 추출하였으며, 5 분마다 한 번씩 혼합하였다. 샘플을 상온에서 식히고 저온 원심분리기(Large Fefri Centrifuge Combi_514R, Hanil science Industrial, Korea)를 이용하여 15,000rpm 에서 30분간 원심분리 하여 상등 액을 injection vial에 옮겨 시험용액으로 사용하였다. 응취 호르몬의 질량분석을 위하여 gas chromatograph-mass spectrometer(GC-MS, QP02010, Shimadzu, Kyoto, Japan)을 사용하였고, column은 Rtc-5Sil MS column (30 m x 0.25 mm, 0.25 μ , film thickness, Restex, USA)을 사용하였다. 전체 분석시간 동안, injection은 split mode (split ratio, 10:1)로 300°C에서 1 μ l씩 주입하였다. 오븐 온도는 40°C에서 1 min 후 250°C까지 10°C/min의 속도로 증가시켰고(5 min hold at 250°C), 300°C까지 15°C/min으로 증가시켰으며 300°C에서 10 min 유지하였다. 이온화는 70 eV 전압에서 electron impact ionization (EI) 방법을 사용하였고, ion source의 온도는 260°C 였다. 스캔 범위는 m/z 40-550으로 설정하였고, MS spectrum은 Wiley library를 참고하였다. 응취 호르몬의 정확한 분석을 위해, selective ion monitoring(SIM) mode로 m/z 257(안드로스테논), 130(스카톨) 및 117(인돌)를 선택하여 정성분석을 실시하였다. 응취 호르몬 분석에 대한 정밀성(precision), 직선성(linearity), 검출한계(LOD) 및 정량한계(LOQ)를 [표 2-1]에 나타내었다.



[그림 2-8] 응취성분 분석 모식도



Androstenone

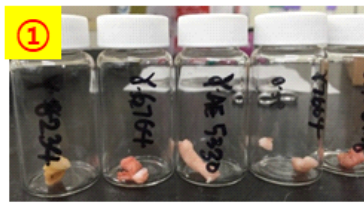


Indole



Skatole

[그림 2-9] 옹취호르몬 표준시약



Sampling

돼지고기 중 순수 지방조직(adipose tissue)을 분리한 후 700W 마이크로웨이브 넣고 1 min 동안 액체 지질(liquid fat)를 취함.



Extraction



Separation

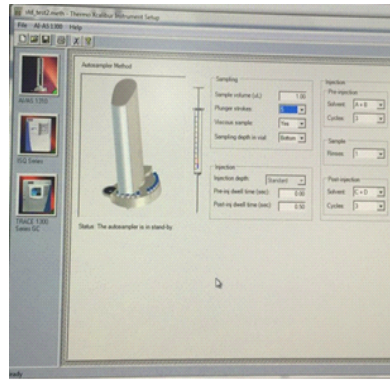


Analysis

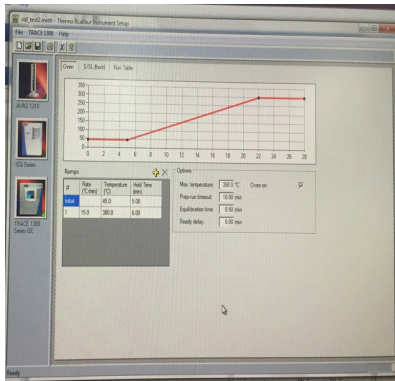
[그림 2-10] 옹취성분 분석 과정

[표 2-1] 옹취성분 분석을 위한 GC-MS 분석 조건

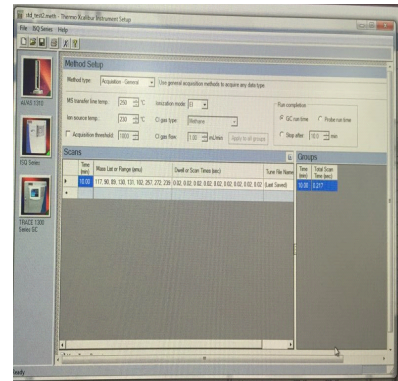
GC-MS Model	TRACE 1300 series GC, Thermo
Column	TG-5MS, 30m x 0.25mm x 0.25um, thermo
Carrier gas	Helium 1.0 mL/min
Injector temp.	300°C
Temperature program	45.0°C (5min) - 15°C/min - 300°C (6min)
Injection volume	1 uL
Split ratio	Split 10:1
Auto sampler model	40-550 m/z
MS Model	70 eV
Acquisition	SIM mode (m/z)
Indole	117
Skatole	130
Androstenone	257



Auto sampler조건 설정

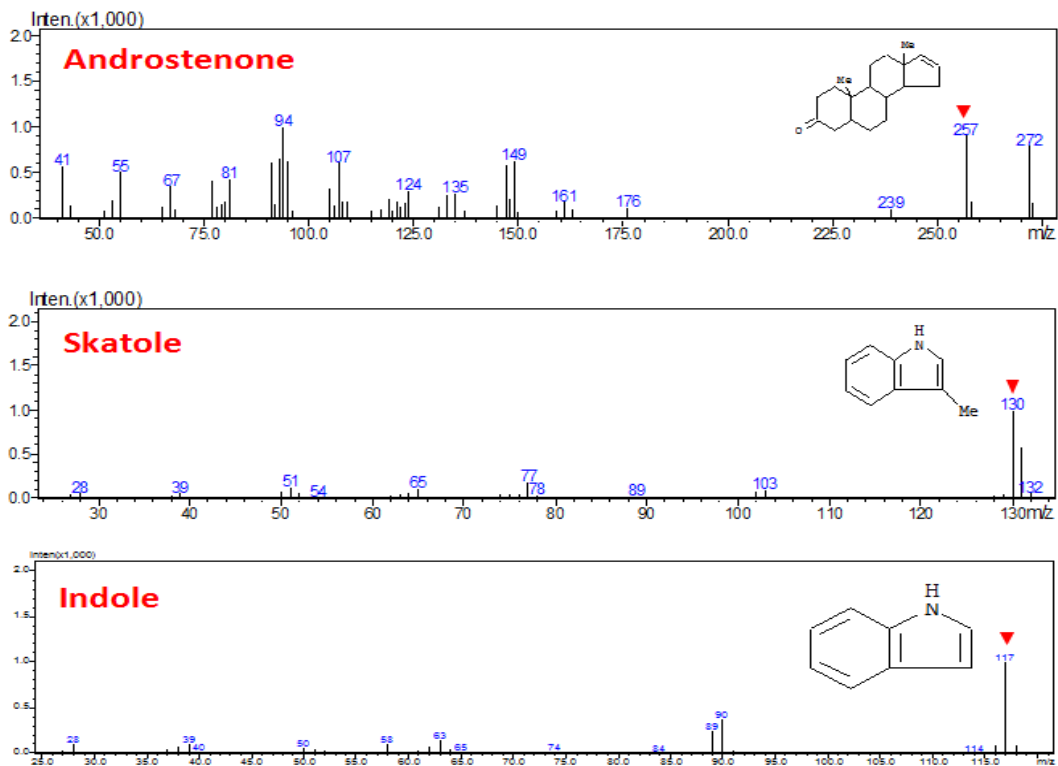


GC 조건 설정



MS 조건 설정

[그림 2-11] 응취호르몬 분석을 위한 GC-MS 조건설정



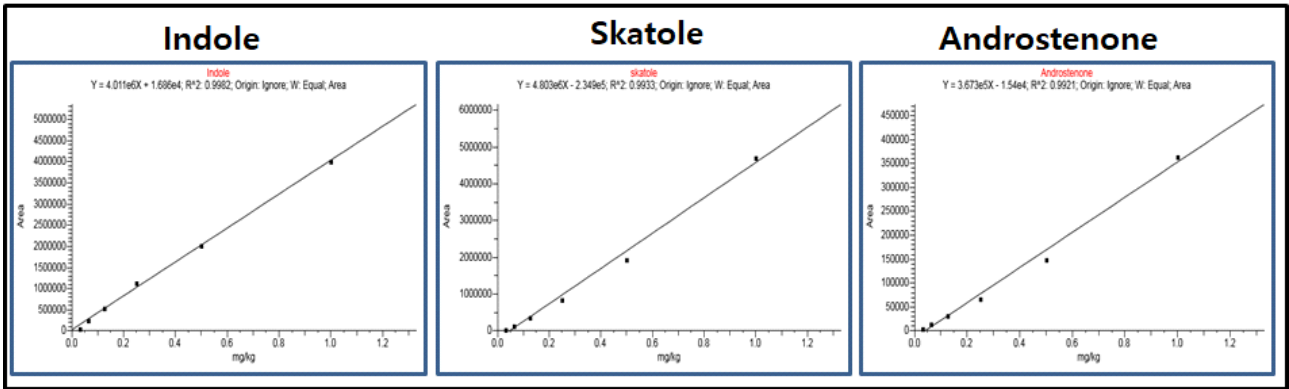
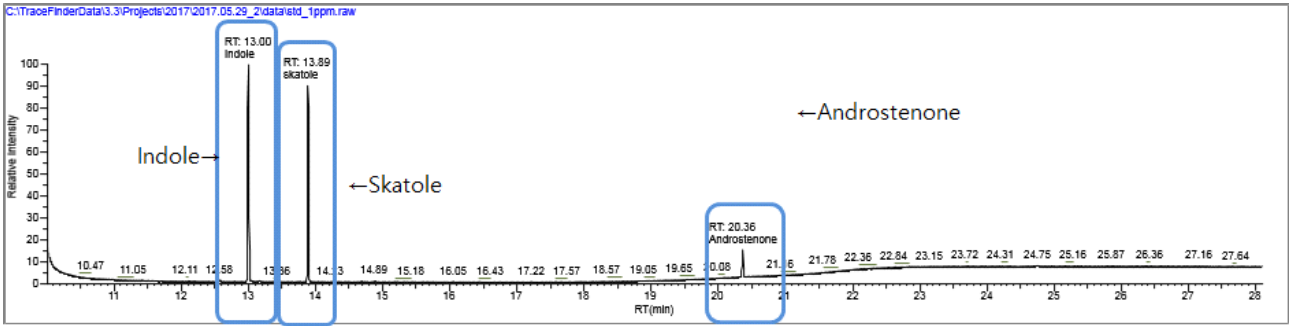
[그림 2-12] 표준물질의 MS spectrum (Wiley library)

- 정성 및 정량분석 : 각 성분들의 정성은 indole, skatole 및 androstenone의 표준물질의 머무름 시간 및 MS spectrum을 비교하여 확인하였음. MS spectrum은 Wiley library를 참고하였고, 응취성분의 정확한 분석을 위하여 selective ion monitoring (SIM) mode로 m/z를 선택하여 정성하였음. 정량분석을 위하여 외부표준물질법을 사용하였으며, indole, skatole 및 androstenone을 methanol과 n-hexane의 9:1 (v/v) 혼합액을 base 용매로 사용하여 50 mg/kg stock solution을 제조하였음. Stock solution을 0.25~ 2.0 mg/kg의 농도로 희석하여 표준물질을 제조한 후 각 성분들의 peak area로 검량선을 작성하였음. 정량은 독립적으로 3번 반복측정하여 각 성분들의 평균값과 표준편차를 구하였고, 이를 standard와 대비하여 정량하였음.
- 분석방법 검증 : 확립된 분석방법의 신뢰성 검증하기 위해 KORAS (The Korean Reliability Society)에서 제시한 방법에 따라 직선성 (linearity), 정밀도 (precision), 검출한계 (LOD), 정량한계 (LOQ) 등을 확인하여 분석할 각 표준물질에 대하여 GC-MS 분석방법의 최적화를 확립하고자 하였음
- 실험결과 및 검증 : 본 실험에서 응취 분석에 대한 GC-MS 분석법의 validation을 실시한 결과를 [표 2-2]에 나타내었음. 정밀성을 검증하기 위해 동일한 추출액을 일내 3번 및 일간 3일 연속 반복 측정하여 정밀도를 확인하였음. 그 결과, indole, skatole 및 androstenone의 일내 정밀성은 각각 2.63, 1.38 및 2.22, 일간 정밀성은 2.81, 2.37 및 2.89였다. 그리고 Indole, skatole 및 androstenone의 검출한계 (LOD)를 측정한 결과 각각 0.0062, 0.0052 및 0.0539 mg/kg으로 확인되었으며, 정량한계 (LOQ)는 0.0182, 0.0158 그리고 0.1632 mg/kg이었음.

[표 2-2] GC-MS를 이용한 응취성분 분석법의 유효성 검증

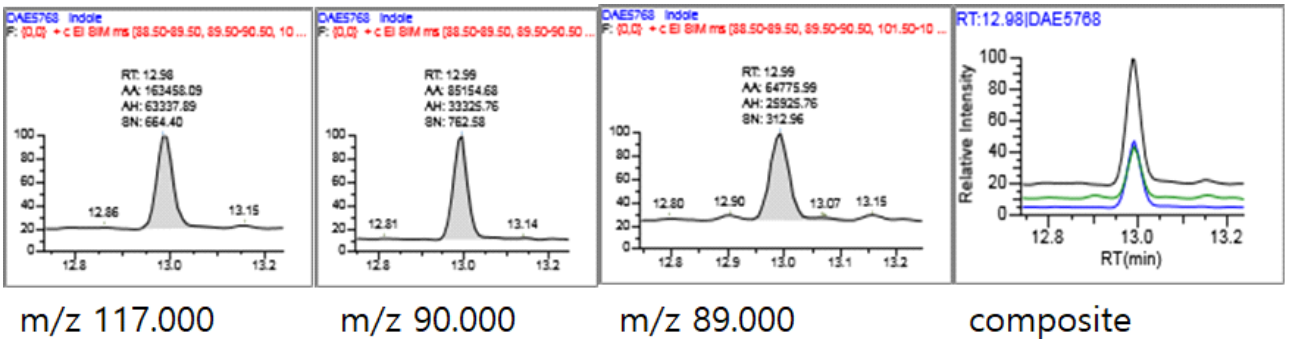
Characteristics	Androstenone	Skatole	Indole
Correlation coefficient(R ²)	0.9997	0.9997	0.9997
Interday precision (CV%)	2.22	1.38	2.63
Intraday precision (CV%)	2.89	2.37	2.81
LOD (mg/kg)	0.0539	0.0052	0.0062
LOQ (mg/kg)	0.1632	0.0158	0.0182

- 표준물질 검량선 작성 : 외부표준물질 검량선은 표준물질인 indole, skatole 그리고 androstenone의 50 mg/kg stock solution을 희석하여 0.25, 0.5, 1.0 및 2.0 mg/kg의 표준검량선을 사용하여 작성하였다. 표준품의 직선성은 0.9997이었다. 표준품의 MS spectrum을 확인하여 GC-MS를 통하여 확립한 응취성분 분석이 적절함을 재확인 하였다. 표준물질의 머무름 시간 (Retention time, RT)은 indole, skatole 및 androstenone은 각각 13, 13.89, 그리고 20.36 분대에서 확인되었다.

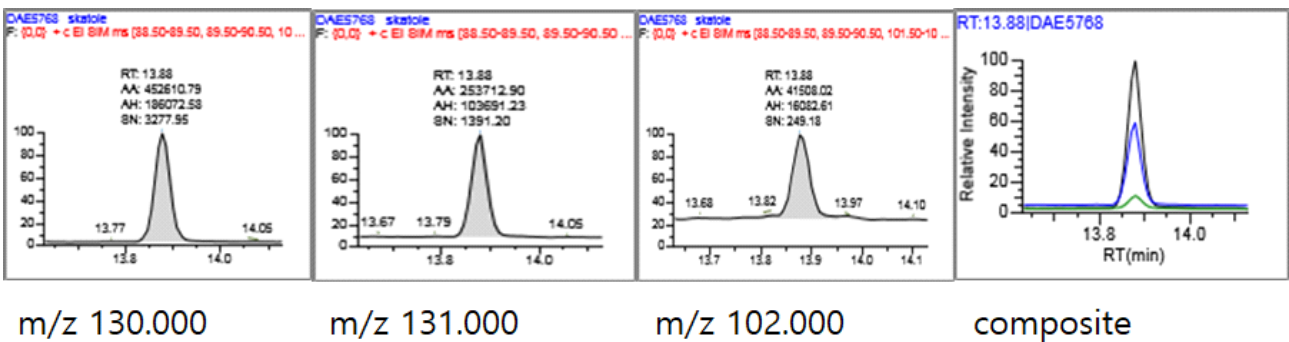


[그림 2-13] 표준물질의 chromatogram 및 검량선

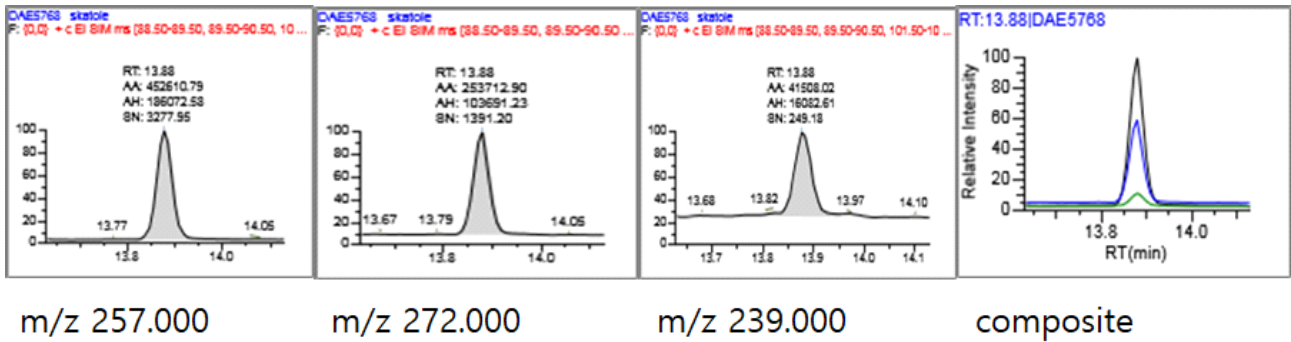
○ 돈육 중 응취성분 정성 및 정량분석결과 : 응취성분의 정성은 표준물질의 머무름시간과 MS spectrum을 이용하여 확인하였으며, 정량분석은 외부표준물질법을 이용하여 결과를 도출하였음



[그림 2-14] 돈육 중 indole의 GC-MS spectrum(SIM mode)



[그림 2-15] 돈육 중 skatole의 GC-MS spectrum (SIM mode)



[그림 2-16] 돈육 중 androstenedione의 GC-MS spectrum (SIM mode)

2. 기초통계량 조사

저우취돈군으로 계통조성된 돈군들의 자손을 대상으로 생돈에서 Biopsy(생돈 지방측정기)기계를 활용하여 지방샘플을 채취하여 웅취호르몬을 분석하였다. 5차년도까지 채취한 비거세돈 지방샘플 682두에 대한 웅취호르몬을 분석하여 [표 2-3]에 나타내었다. 검정종료체중은 105.37 ± 10.98 kg이었고 웅취호르몬 농도에 대한 범위를 조사한 결과 안드로스테논 농도의 범위는 $1.213 \sim 1.503$ ug/g, 스카톨은 $0.177 \sim 0.192$ ug/g, 인돌은 $0.061 \sim 0.064$ ug/g로 조사되었다.

[표 2-3] 품종별 웅취호르몬 농도에 대한 기초통계량(평균과 표준오차)

품종	두수 (두)	검정종료체중 (kg)	웅취호르몬 $\mu\text{g/g}$		
			Androstenedione	Skatole	Indole
두록	331	106.88 ± 10.39	1.503 ± 1.610	0.177 ± 0.212	0.062 ± 0.092
랜드레이스	165	105.23 ± 11.55	1.213 ± 1.182	0.192 ± 0.179	0.064 ± 0.069
요크셔	186	102.97 ± 11.14	1.234 ± 1.296	0.190 ± 0.209	0.061 ± 0.091
Total	682	105.37 ± 10.98	1.360 ± 1.440	0.184 ± 0.204	0.062 ± 0.087

품종간 웅취 호르몬 농도를 비교한 결과 안드로스테논은 Duroc종이 가장 높게 나타났으며, Yorkshire종과 Landrace종순으로 조사되었다. 스카톨은 Landrace종이 가장 높았고, 다음으로 Yorkshire종과 Duroc종 순으로 조사되었다. 각 웅취 호르몬 농도의 표준편차가 커서 품종간의 차이 뿐만 아니라 개체간의 차이도 커서 본 연구조사의 결과로 소비자 감지 호르몬 농도를 초과하는지 여부를 단정 할 수는 없었다. 웅취의 지표인 안드로스테논과 스카톨에 대해 사람이 감지할 수 있는 최소농도에 대해 다양한 연구가 진행되었다. Bonneau and Chevillon (2012)은 사람이 감지할 수 있는

안드로스테논 농도는 지방내의 2~3 ug/g이라고 발표하였고, Xue et al.(1996)는 안드로스테논과 스카톨의 농도가 최소 1.5 ug/g과 0.25ug/g이상이 되어야 감지할 수 있다고 보고하였고, Bañón et al.(2003)은 열처리한 등심에서 안드로스테논과 스카톨의 농도가 각각 0.5 ug/g과 0.1 ug/g이상이 되었을 경우 사람이 감지할 수 있다고 보고하였다. 옹취호르몬에 대한 민감도는 돼지고기를 섭취하는 소비자마다 민감도가 다르며, 이 민감도는 소비자의 성별과 나이, 돼지고기의 조리과 섭취빈도와 밀접한 관련이 되어있다고 보고하였다.(Lunde et al., 2009). Meinert et al.(2017)은 비거세 수퇘지 15두의 돼지의 목부위 지방에서 샘플을 채취하여 안드로스테논과 스카톨의 농도를 분석한 결과 안드로스테논과 스카톨의 범위를 각각 0.3~3.0 mg/kg과 0.04~0.70 mg/kg이었다고 보고하였다.

3. 모든 선발을 위한 옹취호르몬관련 유전자마커 분석

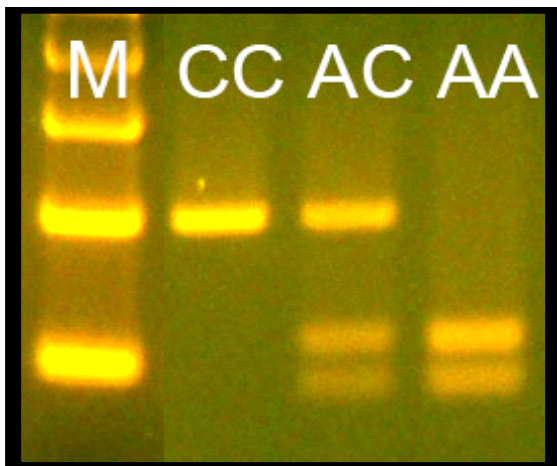
옹취호르몬 관련 유전자는 암돼지의 선발을 위해 문헌을 활용하여 FMO-1과 FMO-5 유전자를 활용하여 분석을 하였다. FMO-1유전자와 FMO-5 유전자 분석을 위해서 다음과 같은 프라이머를 제작하였다(Glenn 등(2007)).

FMO-1유전자 분석 프라이머

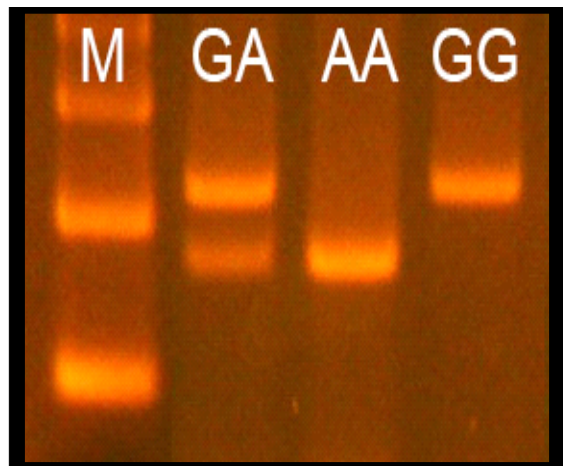
Fw: 5' TTCGGGTCCTGAAAGGTA-3'	효소: BtsCI
Rv: 5' -TGTGCTGGTAATGGCACAAA-3'	

FMO-5유전자 분석 프라이머

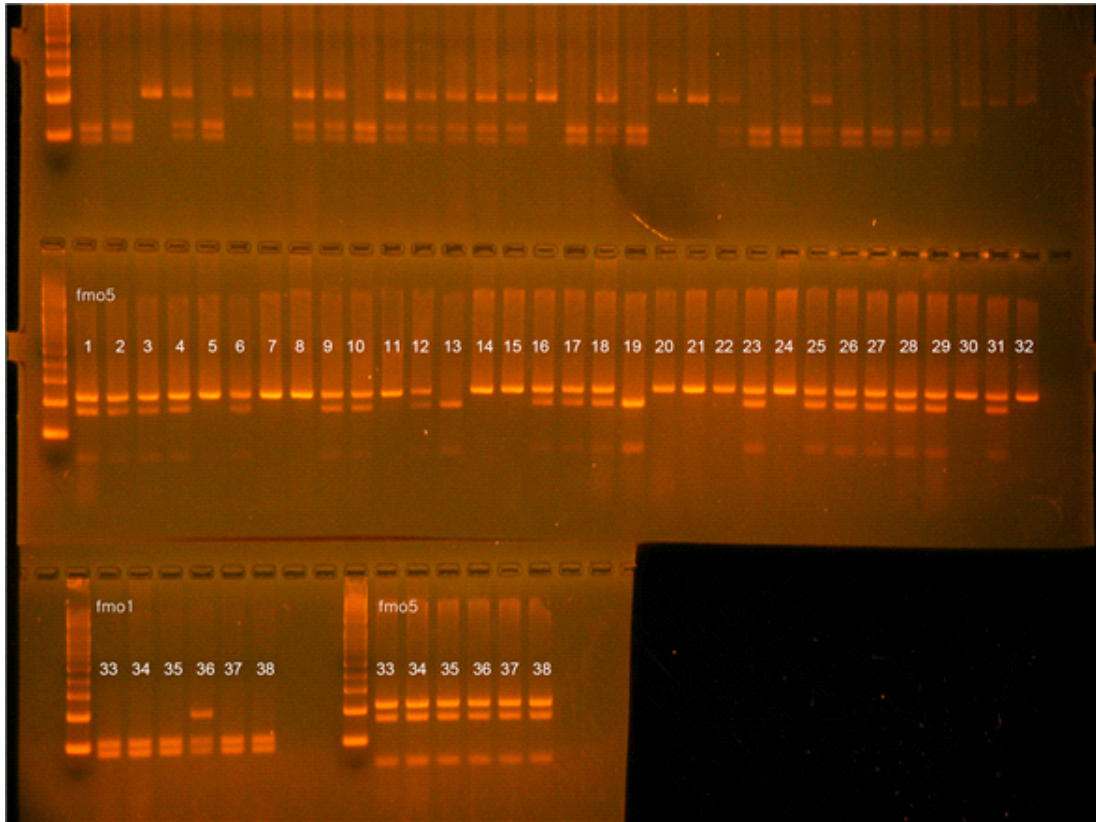
Fw: 5' -AATTCTGCACATTC-3'	효소: BtsCI
Rv: 5' -CCTGTTTGTTCCTTGATTGC-3'	



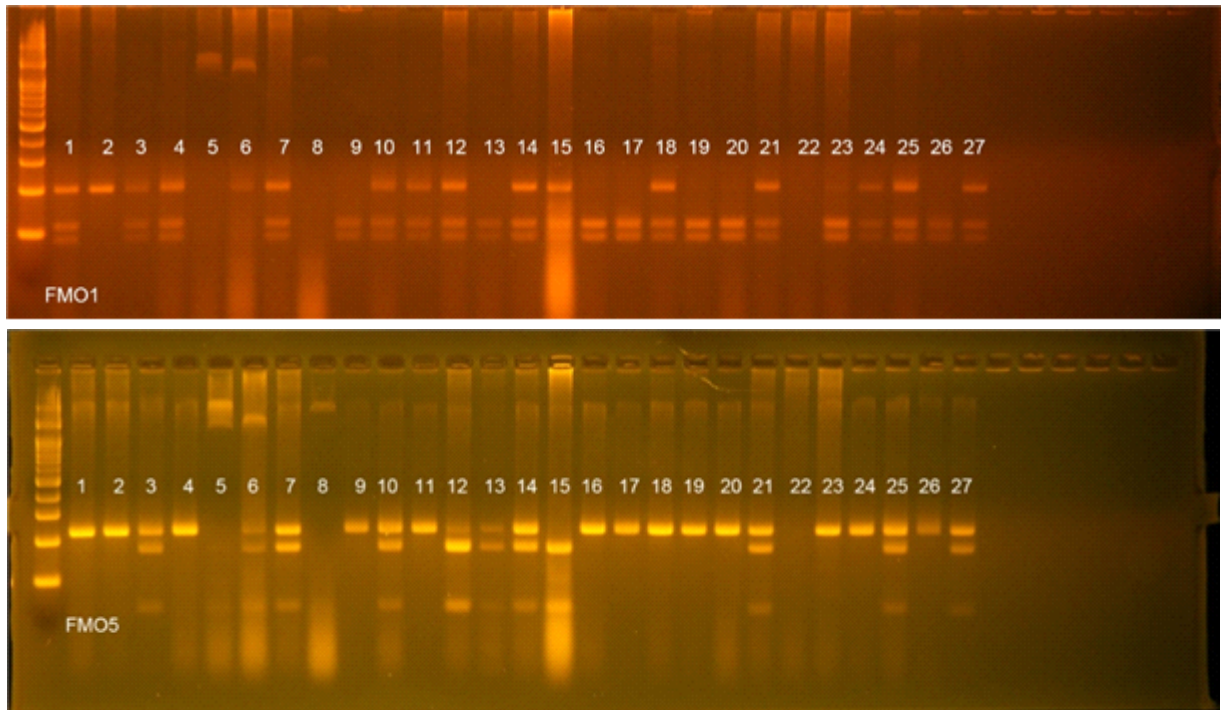
[그림 2-17] FMO-1 유전자 분석 결과



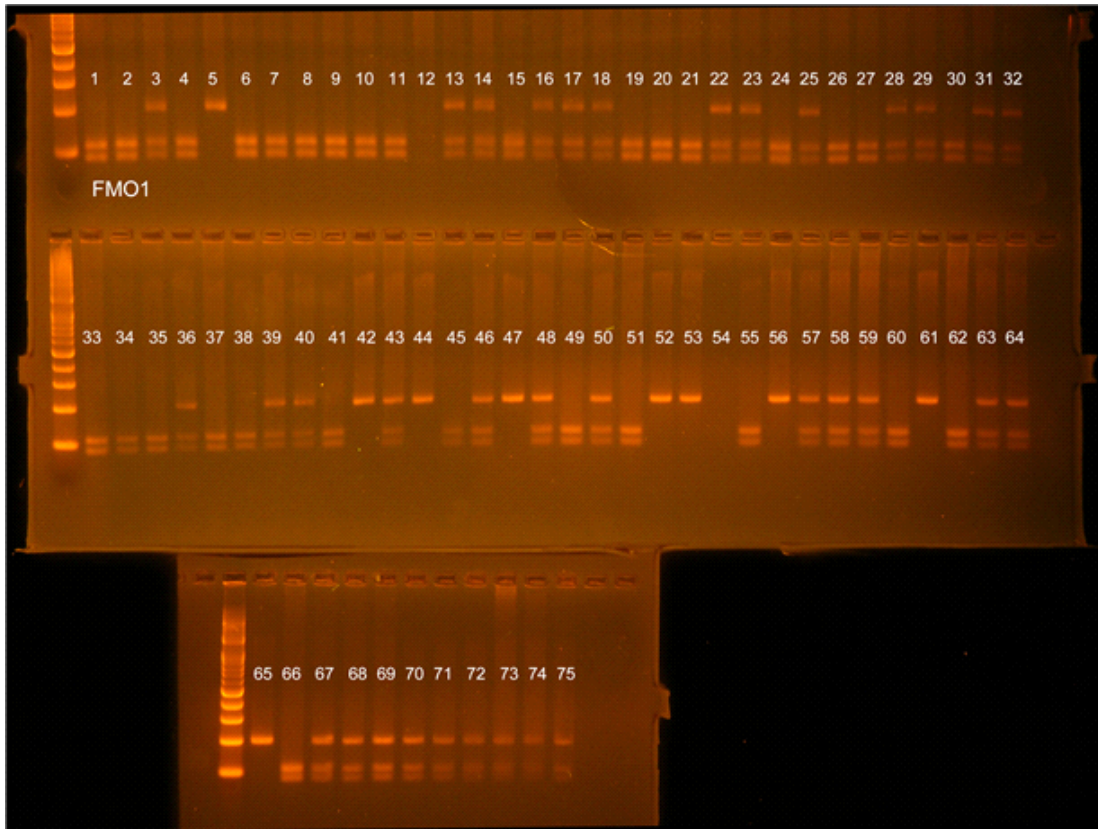
[그림 2-18] FMO-5 유전자 분석 결과



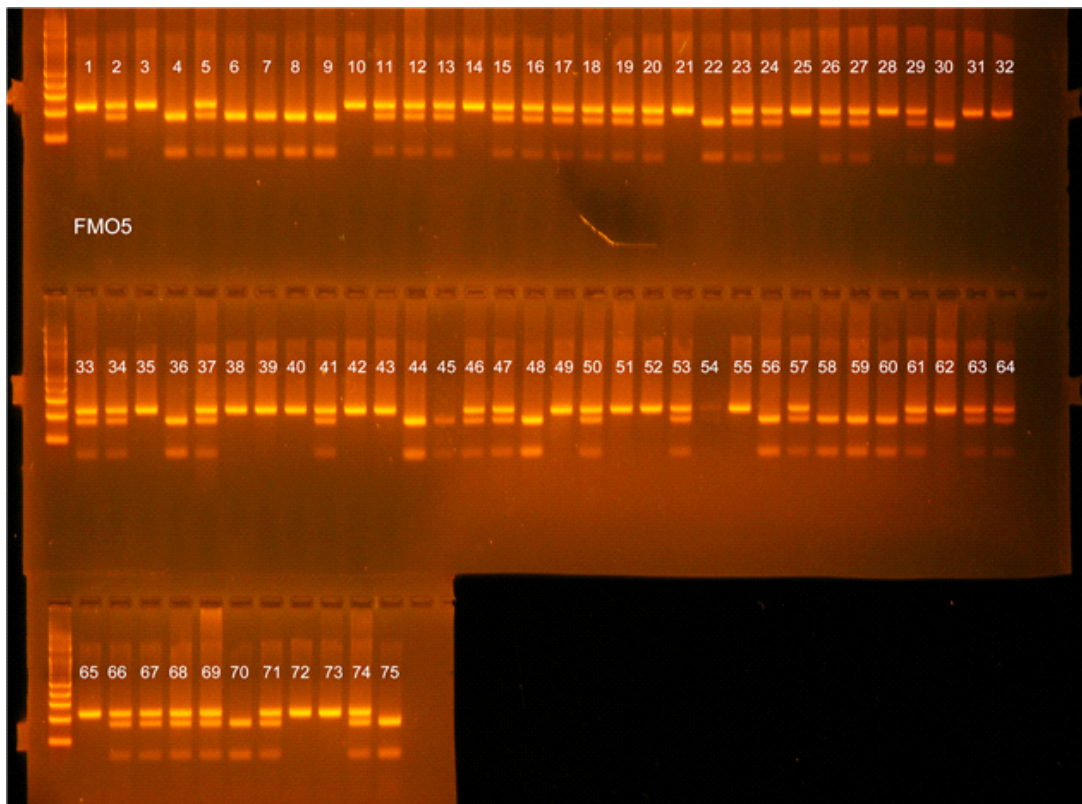
[그림 2-19] 1차분석 : FMO-1 유전자 분석와 FMO-5 유전자분석 결과(38두)



[그림 2-20] 2차분석 : FMO-1 유전자 분석와 FMO-5 유전자분석 결과(27두)



[그림 2-21] 3차분석 FMO-1 유전자 분석 결과(70두)



[그림 2-22] 3차분석 FMO-5 유전자 분석 결과(70두)

[표 2-4]에는 FMO-1 유전자형별 옹취호르몬별 최소자승평균치와 표준오차가 나타나있다. 안드로스테논은 FMO-1유전자형 AC유전자형이 가장높은 것으로 조사되었고, 스케톨과 인돌은 통계적 유의성이 없는 것으로 조사되었다(140두).

[표 2-4] FMO-1유전자형에 따른 옹취호르몬 농도의 최소자승평균치와 표준오차

옹취호르몬	FMO-1 유전자형(단위 : $\mu\text{g/g}$)		
	CC	AC	AA
Androstenone	1.091 ^b ±0.523	1.639 ^a ±0.530	1.260 ^b ±0.651
Skatole	0.062 ^{NS} ±0.031	0.082 ^{NS} ±0.032	0.043 ^{NS} ±0.039
Indole	0.121 ^{NS} ±0.018	0.102 ^{NS} ±0.018	0.095 ^{NS} ±0.022

a,b : 윗첨자가 다른 것은 처리평균간 차이가 있음($p < 0.1$), NS : Not significance($P > 0.1$)

[표 2-5]에는 FMO-5 유전자형별 옹취호르몬별 최소자승평균치와 표준오차가 나타나있다. 안드로스테논은 통계적인 유의성이 없는 것으로 조사되었고,, 스케톨과 인돌도 AA유전자형이 가장 높은 것으로 조사되었다.

[표 2-5] FMO-5유전자형에 따른 옹취호르몬 농도의 최소자승평균치와 표준오차

옹취호르몬	FMO-5 유전자형(단위 : $\mu\text{g/g}$)		
	CC	AC	AA
Androstenone	1.204 ^{NS} ±0.671	1.418 ^{NS} ±0.534	1.369 ^{NS} ±0.486
Skatole	0.066 ^b ±0.040	0.043 ^b ±0.032	0.078 ^a ±0.029
Indole	0.109 ^b ±0.022	0.074 ^c ±0.018	0.134 ^a ±0.016

a,b : 윗첨자가 다른 것은 처리평균간 차이가 있음($p < 0.1$), NS : Not significance($P > 0.1$)

4. 기초돈군(base population) 조성

저옹취용돈 개발을 위한 기초돈군(base population) 조성을 위해 유전능력평가를 실시하여 개체별 육종가를 추정하였다. 추정된 육종가를 기반으로 하여 총 5개계통 용돈 2두씩을 선발하였다. 선발에 활용한 옹취호르몬은 안드로스테논과 스케톨을 활용하였다. 두록종은 종돈개량사업소의 기존 5개계통을 유지하면서 각 계통별 안드로스테논과 스케톨농도가 낮은 개체(육종가 기준)를 기초돈군으로 선발하였다 [표 2-6].

[표 2-6] 저용취 응돈개발을 위한 두룩종 기초돈군(base population) 응돈(5계통-10두)

가 계	개체번호	혈통등록번호	출생일	부돈	모돈	Androstenone 육종가	Skatole 육종가
A	DAE4947	21609017941	2016-08-06	DAD5386	DAD3777	-0.7542	-0.0305
	DAE7478	21702035662	2017-01-07	DAD8891	DAD6134	-0.7449	-0.1245
B	DAE6725	21612013912	2016-11-24	DAD9905	DAD5263	-0.5205	-0.0590
	DAE2048	21603014908	2016-02-13	DD5453	DAD5260	-0.4029	-0.0194
C	DAE8076	21703019053	2017-02-11	DAD4270	DAD6583	-2.0280	-0.1621
	DAE6105	21611020971	2016-10-14	DAD9553	DAD7150	-0.6372	-0.0721
D	DAE7583	21702035708	2017-01-13	DAD5291	DAD8893	-0.8573	-0.1042
	DAE6726	21612013913	2016-11-24	DAD9874	DAD9922	-0.6345	-0.0875
E	DAE8006	21703019022	2017-02-08	DAD5386	DAE1874	-2.0810	-0.0524
	DAE8007	21703019023	2017-02-08	DAD5386	DAE1874	-0.7752	-0.1294

두룩종은 암돼지는 기존 5계통을 유지하면서 각 계통별 안드로스테논과 스키톨농도가 낮은 개체(육종가 기준)를 기초돈군으로 선발하였다[표 2-7].

[표 2-7] 저용취 응돈개발을 위한 두룩종 기초돈군(base population) 응돈(5계통-20두)

가 계	개체 번호	혈통등록 번호	출생일	부돈	모돈	Androstenone 육종가	Skatole 육종가
A	DAE4221	21607024422	2016-06-18	DAD4504	DAD4853	-1.5690	-0.0474
	DAE4657	21608026848	2016-07-19	DAD4504	DAD5135	-0.9893	-0.0567
	DAE5752	21610020873	2016-09-21	DAD4504	DAD9542	-0.9859	-0.0453
	DAE6037	21611020935	2016-10-11	DAD2380	DAD6919	-0.6755	-0.0464
B	DAE6208	21611020874	2016-10-20	DAD8256	DAD4676	-1.2700	-0.0302
	DAE6210	21611020876	2016-10-20	DAD8256	DAD4676	-1.2700	-0.0302
	DAD8806	21509019024	2015-08-17	DAD1747	DAD2391	-0.6597	-0.0715
	DAE3208	21605015974	2016-04-22	DAD4027	DAD4221	-0.6544	-0.0374
C	DAE1821	21602023339	2016-01-30	DAD4504	DAD2898	-0.8997	-0.0299
	DAE1822	21602023340	2016-01-30	DAD4504	DAD2898	-0.8997	-0.0299
	DAE7840	21702035779	2017-01-27	DAD9553	DAE1821	-0.7814	-0.0693
	DAE7843	21702035782	2017-01-27	DAD9553	DAE1821	-0.7814	-0.0693
D	DAE4540	21608026645	2016-07-10	DAD5291	DAD1954	-0.6260	-0.0707
	DAE5386	21609018159	2016-08-28	DAD8739	DAD9025	-0.5012	-0.0685
	DAE6730	21612013917	2016-11-24	DAD9874	DAD9922	-0.3147	-0.0148
	DAE6732	21612013919	2016-11-24	DAD9874	DAD9922	-0.3147	-0.0148
E	DAE1815	21602020336	2016-01-30	DAD3055	DAC9087	-0.9633	-0.0643
	DAE1874	21603014605	2016-02-04	DAD3055	DAD0540	-0.7242	-0.0609
	DAD8735	21509018656	2015-08-14	DAC8143	DAC5308	-0.7174	-0.0692
	DAE0144	21511015980	2015-10-30	DAD3055	DAC9065	-0.6587	-0.0319

랜드레이스종은 중돈개발사업소의 기존 5계통중에서 응취호르몬 육종가가 높은 B계통을 제외하고 4계통에서 안드로스테논과 스키톨농도가 낮은 개체(육종가 기준)를 기초돈군으로 선발하였다[표 2-8].

[표 2-8] 저용취 응돈개발을 위한 랜드레이스종 기초돈군(base population) 응돈(4계통-8두)

가계	개체번호	혈통등록번호	출생일	부돈	모돈	androstenone 육종가	skatole 육종가
A	LJA4157	21611020534	2016-10-16	LJA0048	LJA1540	-1.3450	-0.0319
	LJA4802	21702036261	2017-01-10	LJA0049	LJA2117	-0.0902	-0.0043
C	LAE1831	21603014548	2016-02-03	LC14014	LAC8251	-0.2174	-0.0103
	LJA4075	21611020521	2016-10-14	LJA0344	LJA1522	-0.0841	-0.0020
D	LJA3848	21610021266	2016-09-04	LJA0948	LC14182	-0.3364	-0.0080
	LJA5099	21703019381	2017-02-19	LJA1860	LJA1367	-0.1292	-0.0041
E	LAD7011	21506040356	2015-05-22	LAD0338	LAC3854	-0.3687	-0.0544
	LAD9086	21509019045	2015-08-30	LAD0338	LAD2339	-0.2952	-0.0510

랜드레이스종은 암퇘지는 기존 5계통을 유지하면서 각 계통별 안드로스테논과 스키톨농도가 낮은 개체(육종가 기준)를 기초돈군으로 선발하였다[표 2-9].

[표 2-9] 저용취 응돈개발을 위한 두록종 기초돈군(base population) 응돈(5계통-18두)

가계	개체번호	혈통등록 번호	출생일	부돈	모돈	Androstenone 육종가	Skatole 육종가
A	LAE4759	21608026623	2016-07-24	LAD3859	LAD1074	-0.0994	-0.0053
	LAE5213	21609018024	2016-08-21	LAD2732	LAD5866	-0.0823	-0.0015
	LAE5214	21609018025	2016-08-21	LAD2732	LAD5866	-0.0823	-0.0015
	LAE1713	21602020438	2016-01-25	LAD3859	LAD1998	-0.0806	-0.0167
B	LAD9575	21510007578	2015-09-25	LAD2112	LAC0203	-0.1657	-0.0036
	LAE0650	21512013860	2015-11-29	LC14011	LAC0600	-0.1531	-0.0017
	LAE3799	21606021640	2016-05-23	LAD3007	LAD2099	-0.1020	-0.0214
	LAE3139	21605015608	2016-04-18	LAD3838	LAC1351	-0.0963	-0.0201
C	LAE2388	21604023780	2016-03-03	LAD3859	LAC8443	-0.2450	-0.0023
	LAE2389	21604023781	2016-03-03	LAD3859	LAC8443	-0.2450	-0.0023
	LAE0180	21511035113	2015-10-30	LC14014	LAD1030	-0.2070	-0.0013
	LAE2197	21603014703	2016-02-21	LC14014	LAD3009	-0.1947	-0.0016
D	LAD2615	21409028070	2014-08-29	LAC5199	LAC1165	-0.3679	-0.0411
	LAE1131	21601022115	2015-12-25	LAD3299	LAC7590	-0.2980	-0.0323
	LAE2031	21603014826	2016-02-12	LC14014	LAD5393	-0.2452	-0.0125
	LAE5709	21610020930	2016-09-18	LAD7011	LAD6478	-0.2007	-0.0390
E	LAD7007	21506040352	2015-05-22	LAD0338	LAC3854	-0.3687	-0.0544
	LAE3818	21606021907	2016-05-25	LAD3838	LAD7007	-0.2102	-0.0339

요크셔종은 종돈개발사업소의 기존 5개계통중에서 옹취호르몬 육종가가 높은 D계통을 제외하고 4개계통에서 안드로스테논과 스키톨농도가 낮은 개체(육종가 기준)를 기초돈군으로 선발하였다[표 2-10].

[표 2-10] 저옹취 옹돈개발을 위한 요크셔종 기초돈군(base population) 옹돈(4계통-5두)

가계	개체번호	혈통등록번호	출생일	부돈	모돈	androstenone 육종가	skatole 육종가
A	YAD9399	21510007651	2015-09-18	YAC8376	YAC2517	-0.9225	-0.1300
B	YAE2005	21603014495	2016-02-11	YC14001	YAC3192	-0.1584	-0.0005
C	YAE5330	21609017870	2016-08-26	YAD1617	YAD1800	-2.0200	-0.0309
	YAE3321	21605015841	2016-04-29	YAD1617	YAD1917	-0.5064	-0.0031
E	YAD8732	21509018579	2015-08-14	YAD1617	YAC2108	-0.5273	-0.0040

요크셔종 암퇘지는 기존 5개계통을 유지하면서 각 계통별 안드로스테논과 스키톨농도가 낮은 개체(육종가 기준)를 기초돈군으로 선발하였다[표 2-11].

[표 2-11] 저옹취 옹돈개발을 위한 요크셔종 기초돈군(base population) 옹돈(5계통-20두)

가계	개체번호	혈통등록번호	출생일	부돈	모돈	Androstenone 육종가	Skatole 육종가
A	YAD9141	21510007736	2015-09-05	YAC8376	YAC7727	-0.4351	-0.0288
	YAD7065	21506040402	2015-05-23	YAC8376	YAC6200	-0.3309	-0.0259
	YAD7066	21506040403	2015-05-23	YAC8376	YAC6200	-0.3309	-0.0259
	YAD8709	21509018968	2015-08-13	YAC8376	YAD2368	-0.3118	-0.0315
B	YAD8988	21509018593	2015-08-26	YAC9938	YAC2306	-0.3834	-0.0244
	YAD8362	21508017580	2015-07-29	YAC9938	YAD2308	-0.3246	-0.0188
	YAE1173	21601022231	2015-12-25	YAC9938	YAD1818	-0.3203	-0.0140
	YAD8980	21509018965	2015-08-26	YAC9938	YAD2004	-0.2723	-0.0202
C	YAD1800	21408025303	2014-07-12	YAC2516	YAC0177	-0.7351	-0.0118
	YAE4544	21608026720	2016-07-10	YAD1617	YAD2978	-0.4051	-0.0038
	YAE7606	21702036074	2017-01-14	YAD7744	YAD1800	-0.3732	-0.0015
	YAD8054	21508017405	2015-07-16	YAC9341	YAC9678	-0.1537	-0.0139
D	YAE7323	21702035895	2017-01-01	YAD8732	YAD3532	-0.3028	-0.0197
	YAE7656	21702036102	2017-01-19	YAD8732	YAD5285	-0.2619	-0.0232
	YAE6474	21612014059	2016-11-05	YAD8732	YAD2374	-0.2542	-0.0230
	YAE6475	21612014060	2016-11-05	YAD8732	YAD2374	-0.2542	-0.0230
E	YAE0374	21512014065	2015-11-13	YAC1617	YAC9076	-0.6905	-0.0045
	YAD8990	21509018685	2015-08-26	YAD1617	YAC6623	-0.5282	-0.0042
	YAE0809	21601022049	2015-12-09	YAD1617	YAC6625	-0.5282	-0.0042
	YAE6601	21612014118	2016-11-13	YAD9399	YAD7337	-0.3830	-0.0764

5. 저웅취 웅돈개발을 위한 선발 기준

가. 종모돈 및 후보모돈 종돈개발시스템

저웅취 웅돈개발을 위한 품종별 종돈의 선발은 종돈장의 선발대상 형질에 영향을 주지 않는 방법으로 선발방안을 강구하는 것이 중요하다. 그래서 1차적으로 종돈 검정시 생체지방샘플을 채취하여 당일에 분석기관에 전달하여 웅취호르몬을 분석하는 시스템을 구축하는데 많은 노력을 기울였다. 웅취호르몬 분석과정은 위에서 설명하였듯이 샘플채취-전처리-순수지방분리-지방내 호르몬 농축-지방내 호르몬농도 분석하는 일련의 과정이 1주일 이내에 완료되어야만이 개체별 웅취호르몬 농도에 대해 정확도를 최대한 증가시킬 수 있다. 그래서 분석기관에 웅취호르몬 분석을 위한 전담인력을 배치하여 수행하고 있다. 또한 웅취호르몬 분석과정내에 개체별 혈통자료, 검정자료를 확보하여 최대한 단시간에 농장에 피드백을 할 수 있도록 웅취호르몬 농도에 대해 유전능력평가를 실시할 수 있는 시스템 구축이 중요하다.

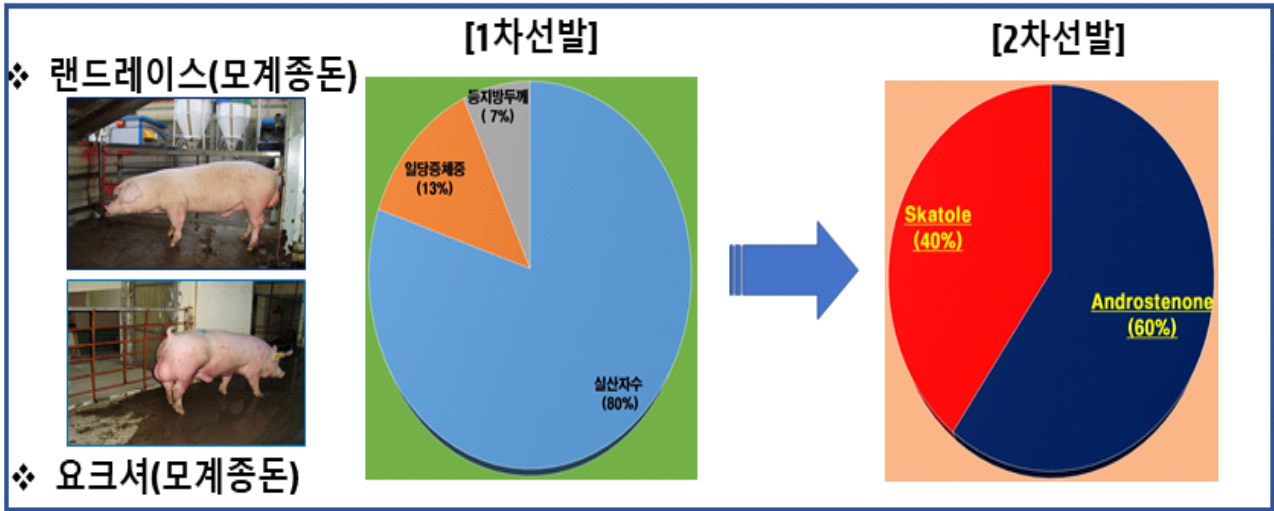


[그림 2-22] 저웅취웅돈 선발 프로세스

웅취호르몬의 경우 수태지에만 해당되지만 모돈의 선발도 아주 중요하다고 할 수 있다. 모돈의 선발은 선발된 웅돈의 동복개체들을 선발한다. 1차선발은 품종별 경제형질을 기준으로 선발을 하고 2차선발은 웅취호르몬 기준 선발된 웅돈의 동복개체를 선발하므로써 최대한의 선발의 효율을 구축하였다. 교배방법은 각 계통별로 선발된 모돈과 웅돈을 계통교배방법으로 교배를 실시하고 또한 그 자손의 웅취호르몬농도를 검증하는 방식으로 육종계획을 수립하였다.

나. 모계품종의 선발기준 : 랜드레이스종과 요크셔종

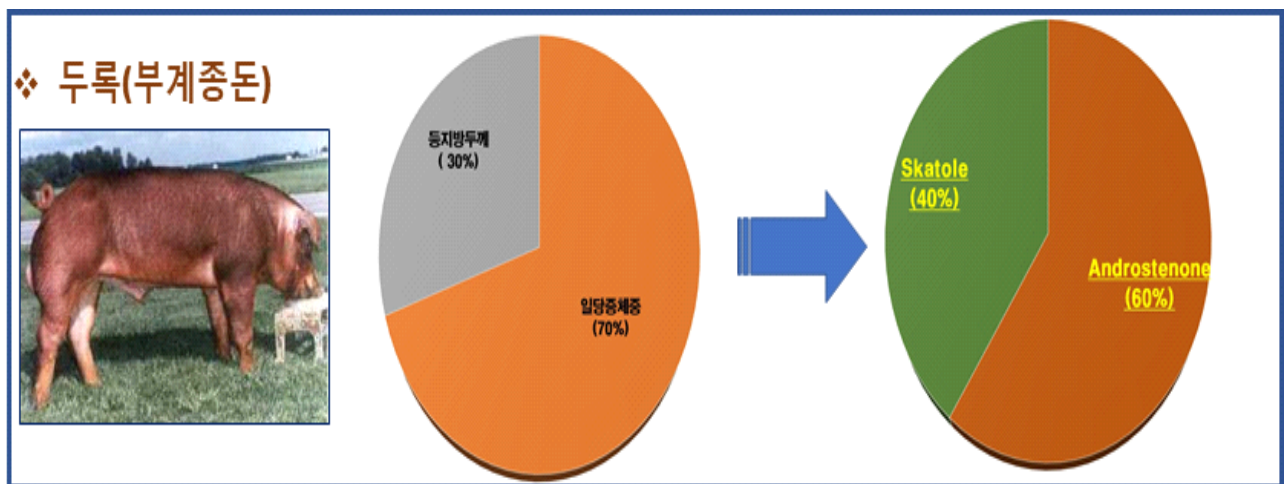
모계로 활용되는 랜드레이스종과 요크셔종 선발은 기존의 실산자수(80%), 일당증체중(13%), 등지방두께(7%)등 형질별 가중치를 부여하여 1차적으로 선발을 하고 2차적으로는 응취호르몬 androstenone(60%)과 skatole(40%)의 육종가에 가중치를 부여하여 선발을 진행하고 있다.



[그림 2-22] 랜드레이스종과 요크셔종 선발기준

다. 두록종의 선발기준

두록종 선발은 기존의 일당증체중(70%), 등지방두께(30%)등 형질별 가중치를 부여하여 1차적으로 선발을 하고 2차적으로는 응취호르몬 androstenone(60%)과 skatole(40%)의 육종가에 가중치를 부여하여 선발을 진행하였다.



[그림 2-23] 두록종 선발기준

<p style="text-align: center;">웅돈기준 (육종가고려)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ Androstenone : 1μg/g , ➢ Skatole : 0.5μg/g , ➢ Indole : 0.15μg/g <p style="text-align: center;">웅돈선발기준</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 농협 중돈개량사업소 GGP선발지수 합격돈 ➢ 아비 or 동복의 호르몬 분석결과 ➢ 아비 and 어미의 유전자마커 분석결과 ➢ 선조의 표현형이 있는 개체 	<p style="text-align: center;">모돈기준 (육종가기준)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ Androstenone : 상위 5% ➢ Skatole : 상위 5% ➢ Indole : 상위 5% <p style="text-align: center;">모돈선발기준</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 농협 중돈개량사업소 GGP선발지수 합격돈 ➢ 아비 or 동복의 호르몬 분석결과 ➢ 아비 and 어미의 유전자마커 분석결과 ➢ 선조의 표현형이 있는 개체
--	---

[그림 2-24] 저웅취 웅돈개발을 위한 웅돈 및 모돈 선발기준

6. 웅취호르몬에 대한 유전능력평가

가. 통계분석방법

웅취호르몬과 산육 및 번식형질에 대한 유전모수를 추정하기 위하여 다음과 같은 Animal model 을 사용하였다.

$$y_{ijkl} = \mu + B_i + YN_j + Wt_k + e_{ijkl}$$

위에서, y_{ijkl} = i번째 품종의 j번째 동기군그룹의 k번째 검정종료체중의 l번째 개체에 대한 관측치, μ =전체평균, B_i =i번째 품종의 고정효과, YN_j =i번째 형질의 k번째 동기군 그룹, Wt_k =k번째 검정종료체중의 효과, e_{ijkl} =임의오차이다.

상기의 모형을 활용하여 분석프로그램은 Asreml ver 4.0프로그램(Butler et al., 2018)을 이용하였고, DF-REML(Derivative Free Restricted Maximum Likelihood) 방법으로 log likelihood값의 차이가 10⁻⁸이하에 도달할 때를 수렴조건으로 하여 반복 추정하였다. 이와 같이 추정된 분산치를 이용한 상가적 유전효과에 대한 유전력은 다음과 같이 구하였다.

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_e^2}$$

여기서 h^2 = 유전력 σ_a^2 = 상가적 유전분산, σ_e^2 = 환경효과 및 비상가적 유전효과에 의한 분산, 그리고, 측정된 형질간의 표현형상관 및 유전상관은 다음과 같이 구하였다.

$$r_P = \frac{\widehat{COV}_{P(ij)}}{\sqrt{\sigma_{P(i)}^2 + \sigma_{P(j)}^2}} \quad \text{및} \quad r_G = \frac{\widehat{COV}_{a(ij)}}{\sqrt{\sigma_{a(i)}^2 + \sigma_{a(j)}^2}}$$

여기서, r_G = 유전상관, $\widehat{cov}_{a(ij)}$ = 두 형질간 유전공분산, $\sigma_{a(i)}^2$ = i번째 형질의 상가적유전분산, $\sigma_{a(j)}^2$ = j번째 형질의 상가적유전분산, r_P = 표현형 상관, $\widehat{cov}_{P(ij)}$ = 두 형질의 표현형공분산, $\sigma_{P(i)}^2$ = i번째 형질의 표현형분산, $\sigma_{P(j)}^2$ = j번째 형질의 표현형분산

나. 응취호르몬의 유전모수 추정

본 연구에서 응취 호르몬인 안드로스테논, 스카톨 및 인돌에 대한 유전모수를 추정하여 [표 2-12]에 나타내었다. 응취호르몬인 안드로스테논, 스카톨 및 인돌의 유전력은 각각 0.35, 0.27 및 0.13으로 추정되어 안드로스테논과 스카톨은 중도의 유전력으로 추정되었고, 인돌은 저도의 유전력으로 추정되었다. 이러한 결과는 Windig et al.(2012)의 연구에서 7,336두의 비거세 수태지의 지방을 채취하여 유전력을 추정한 결과 안드로스테논은 0.53의 고도의 유전력으로 유사하게 추정되었지만, 스카톨 및 인돌의 유전력은 0.41 및 0.33으로 고도의 유전력으로 추정되어 유사한 결과로 나타났다. 또한 Merks et al.(2009)과 Strathe et al.(2013)의 연구에서 안드로스테논은 고도의 유전력으로 추정된 결과와 일치하였다.

[표 2-12] 응취호르몬의 유전력(h^2), 표현형상관도 및 유전상관^{주)}

응취호르몬	안드로스테논	스카톨	인돌
Androstenone	.35	.31	.15
Skatole	.23	.27	.44
Indole	.22	.61	.13

주) 상삼각행렬은 표현형상관, 하삼각행렬은 유전상관

응취호르몬간 상관관계를 조사한 결과 안드로스테논과 스카톨의 표현형 및 유전상관은 중도로 조사되었고, 스카톨과 인돌간에 표현형 및 유전상관 모두 중도 정도의 상관관계로 조사되었다. 본 연구의 결과는 Windig et al. (2012)의 연구에서 안드로스테논과 스카톨, 인돌 사이의 유전상관은 각각 0.37 0.46으로 보고하였고, 스카톨과 인돌사이의 유전상관은 0.78로 보고한 결과와 유사하였다. 표현형 상관의 경우 0.33, 0.36과 0.71로 보고하여 유전 및 표현상관 모두 본 연구결과와 유사

하였다. Walstra et al.(1999)는 지방에 축적되어 있는 안드로스테논과 스카톨간에는 중도의 상관 관계가 있다고 보고하였다. 과거 웅취 호르몬간의 연구에서 상관 관계의 결과를 종합하면 웅취 호르몬은 육종에 목표 형질로서 개량이 가능하다고 보고하였다(Merks et al., 2010; Merks et al., 2012; Strathe et al., 2013; Meinert et al., 2017). 웅돈의 사춘기가 시작되면서 지방내에 스카톨의 축적이 증가하고 또한 안드로스테논도 역시 지방내에 축적이 증가한다고 보고하였다(Zamaratskaia et al., 2004). 웅돈은 사춘기 발동후에 스테로이드 농도가 스카톨의 농도를 조절될 수 있는 것으로 보아 스테로이드 물질이 스카톨의 대사 속도를 조절하기 때문이라고 보고하였다(Babol et al., 2004). 간세포에 안드로스테논을 첨가하는 실험에서, 안드로스테논은 CYP2E1유전자의 전사인자로서 프로모터 부위에 작용하여 이 유전자의 발현을 억제하고, 스카톨 대사를 억제하여 지방내에 스카톨이 축적된다고 보고하였다(Doran et al., 2002; Tambyrajah et al., 2004).

다. 웅취호르몬과 돼지의 경제형질과의 상관도 분석

[표 2-13]에는 돼지의 경제형질과 웅취호르몬간의 유전상관을 분석하여 나타내었다. 웅취호르몬과 일당증체량, 등지방두께, 90kg 도달일령 및 생존자돈수간에는 유전상관이 매우 낮은 것으로 조사되었다. Willeke et al. (1987)의 연구에서 낮은 농도의 안드로스테논이 성장형질에 부정적인 영향을 미친다고 보고하였고, Merks et al.(2009)은 웅취 호르몬과 성장형질간에 유전상관도가 없다고 보고하였고, Merks et al.(2010)는 웅취와 돼지의 경제형질간의 유전상관도 연구에서 저농도 웅취그룹(하위 10% 웅돈)을 선발하여 웅취 호르몬과 일당증체중 및 사료요구율간의 유전상관을 조사한 결과 상관도가 존재하지 않는다고 보고하였다. 또한 웅취 호르몬 농도가 낮은 종돈을 선발한 결과 번식형질에 영향을 미치지 않는다고 보고하였다. 이러한 연구결과로 웅취 호르몬 농도가 낮은 종돈을 선발할 경우 다른 경제형질에 영향을 미치지 않는다는 것을 의미한다.

[표 2-13] 웅취호르몬과 경제형질과의 유전상관

웅취 호르몬	일당증체량	등지방두께	90kg도달일령	생존자돈수
Androstenone	-0.137	0.001	0.119	0.081
Skatole	-0.144	0.001	0.128	0.083
Indole	-0.141	0.005	0.124	0.087

라. 종합정리

본 연구에서는 2014년부터 2021년까지 전남 영광소재 N종돈장에서 검정한 Duroc종, Landrace종, 및 Yorkshire종 비거세 수태지 682두의 평균 검정종료체중 105kg 생체에서 목부위 지방을 채취하여 웅취 호르몬을 분석하여 유전모수를 추정하고 돼지의 주요 경제형질과의 유전상관도를 조사하였다. 웅취 호르몬을 분석한 결과 안드로스테논 농도의 범위는 1.213~1.503ug/g, 스카톨

은 0.177~0.192ug/g, 인돌은 0.061~0.064 ug/g로 조사되었다. 품종간 응취 호르몬 농도를 분석한 결과 안드로스테논은 Duroc종이 가장 높게 조사되었고, 스카톨은 Landrace종이 가장 높게 조사되었다. 응취 호르몬의 유전력을 추정된 결과 안드로스테논, 스카톨 및 인돌의 유전력은 각각 0.35, 0.27 및 0.13로 추정되어 안드로스테논과 스카톨은 중도의 유전력으로 추정되었다. 응취 호르몬간의 상관도를 조사한 결과 안드로스테논과 스카톨 및 인돌이 표현형상관과 유전상관이 높은 상관도로 조사되었다. 응취 호르몬과 성장 및 번식형질간의 유전상관도를 조사한 결과 매우 낮은 것으로 조사되어 응취 호르몬 농도가 낮은 종돈을 유전적 능력을 기반으로 선발할 경우 다른 경제형질에 영향을 미치지 않는다는 것을 의미한다.

7. 응취호르몬의 연도별 개량 추세

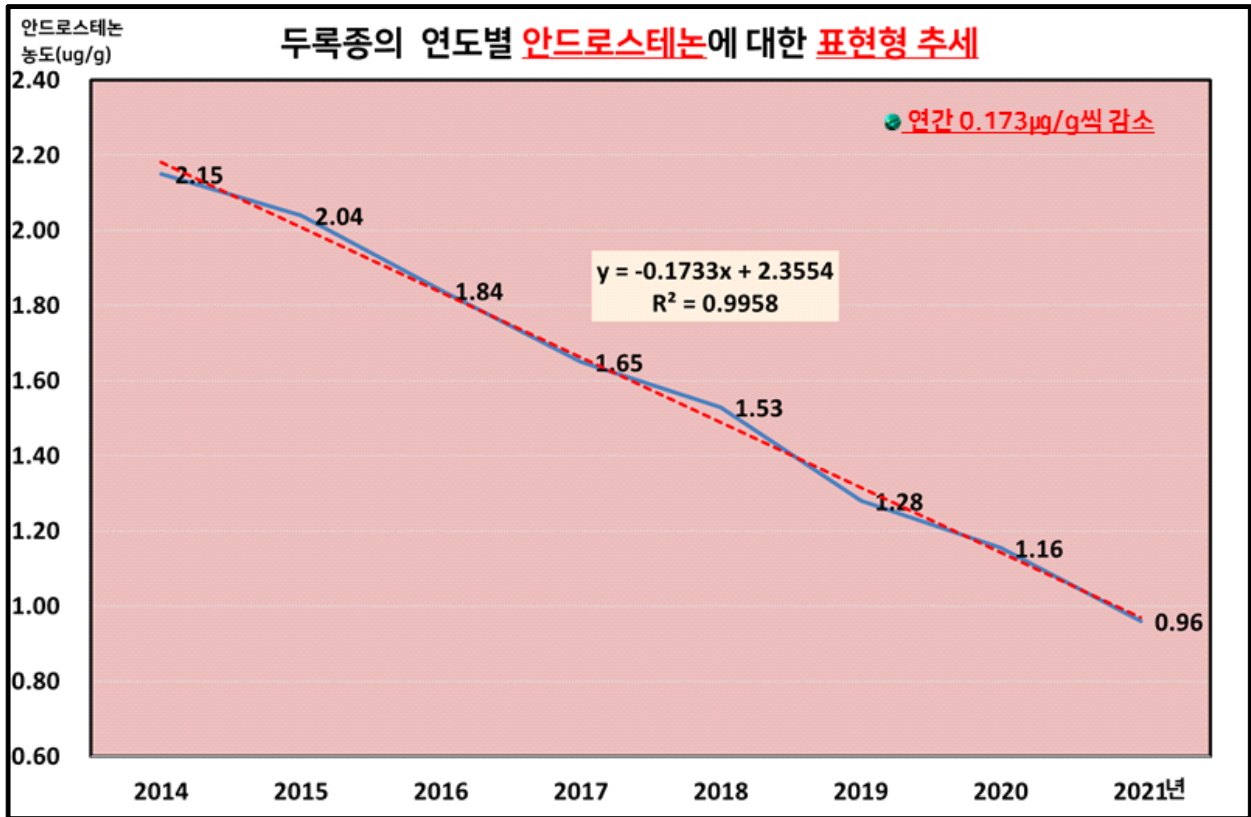
가. 두록종

[표 2-14]에는 두록종의 응취호르몬에 대한 연도별 표현형 및 유전적 추세를 나타내었다. 안드로스테논 농도는 연간 평균 유전적 개량량은 0.01ug/g씩 감소하는 것으로 나타났고, 표현형은 연간 0.06ug/g감소하는 것으로 나타났다. 스카톨 농도는 연간 평균 유전적 개량량은 0.001ug/g씩 감소하는 것으로 나타났고, 표현형은 연간 0.03ug/g감소하는 것으로 나타났다. 인돌 농도는 연간 평균 유전적 개량량은 0.01ug/g씩 감소하는 것으로 나타났고, 표현형은 연간 0.011ug/g씩 감소하는 것으로 나타났다.

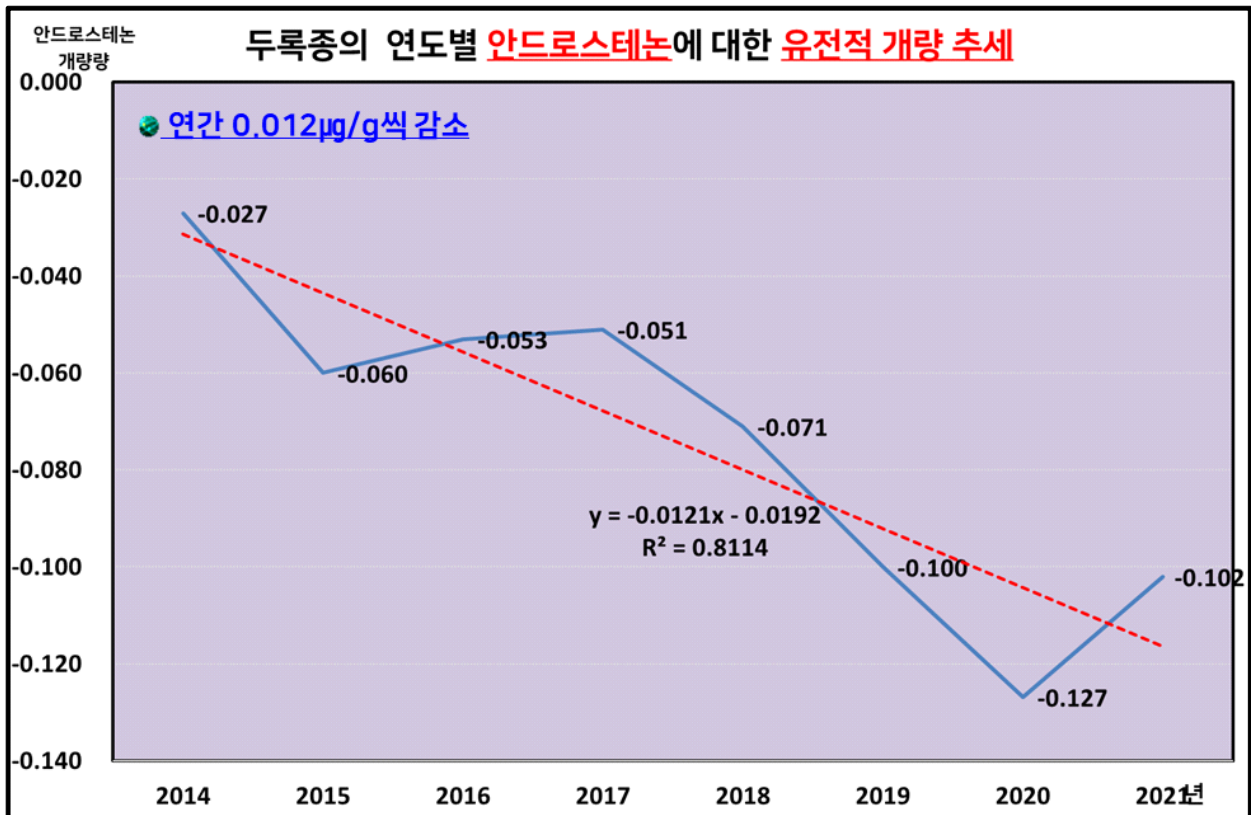
[표 2-14] 두록종의 연도별 응취호르몬의 표현형 및 유전적 개량량 추세

연도	검정종료 체중(kg)	표현형가			표현형가			육종가		
		ADG (kg)	ABF (cm)	DAYS (일)	안드로 스테논	스카톨	인돌	안드로 스테논	스카톨	인돌
2014	95.8	0.657	1.31	137	2.15	0.231	0.128	-0.027	-0.007	-0.001
2015	95.3	0.652	1.2	138	2.04	0.215	0.100	-0.060	-0.007	-0.002
2016	122	0.799	1.2	120	1.84	0.206	0.064	-0.053	-0.007	-0.002
2017	112	0.811	1.21	117	1.65	0.2	0.059	-0.051	-0.006	-0.001
2018	109	0.820	1.14	116	1.53	0.203	0.055	-0.071	-0.009	-0.003
2019	115	0.834	1.11	116	1.45	0.199	0.030	-0.100	-0.012	-0.004
2020	108	0.800	1.20	119	1.16	0.140	0.044	-0.127	-0.013	-0.0037
2021	111	0.810	1.17	118	0.96	0.120	0.048	-0.102	-0.010	-0.002

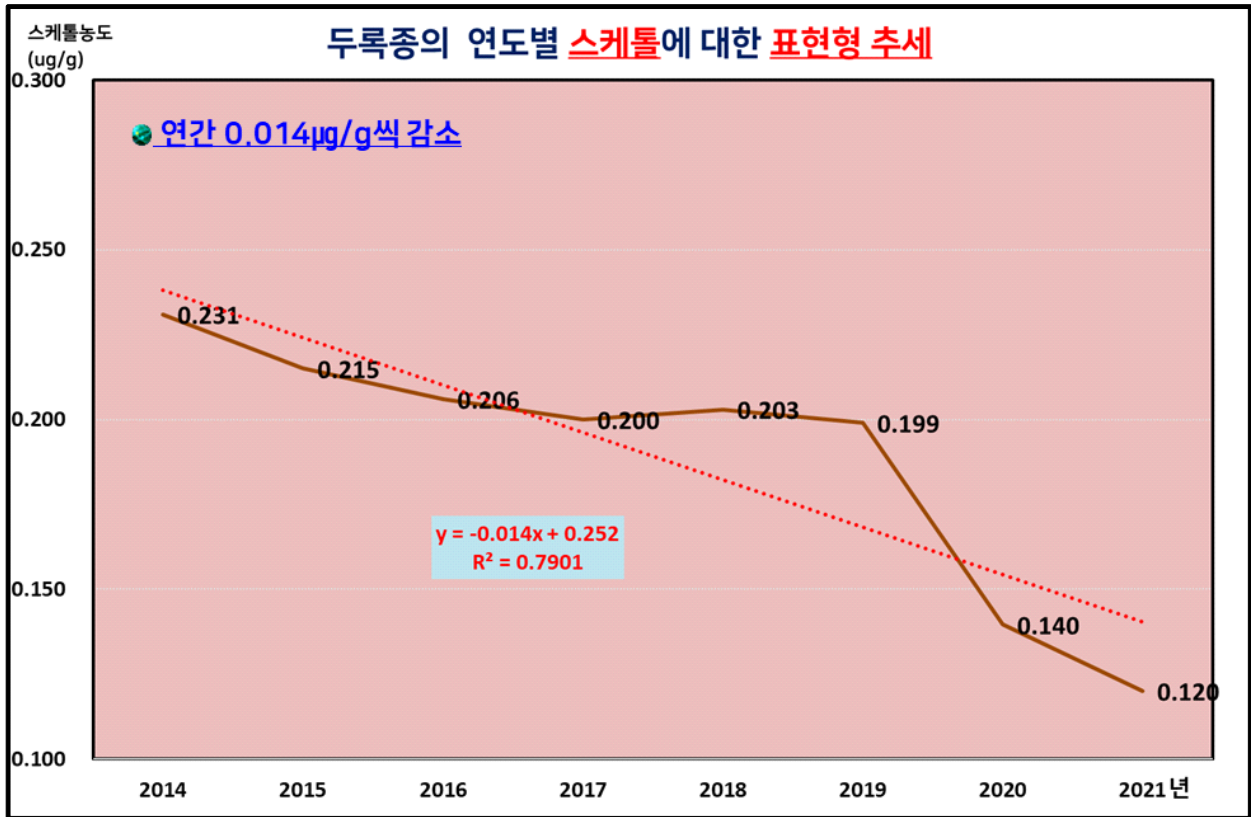
※ ADG: 일당증체중, ABF: 등지방두께, DAYS: 90kg도달일령



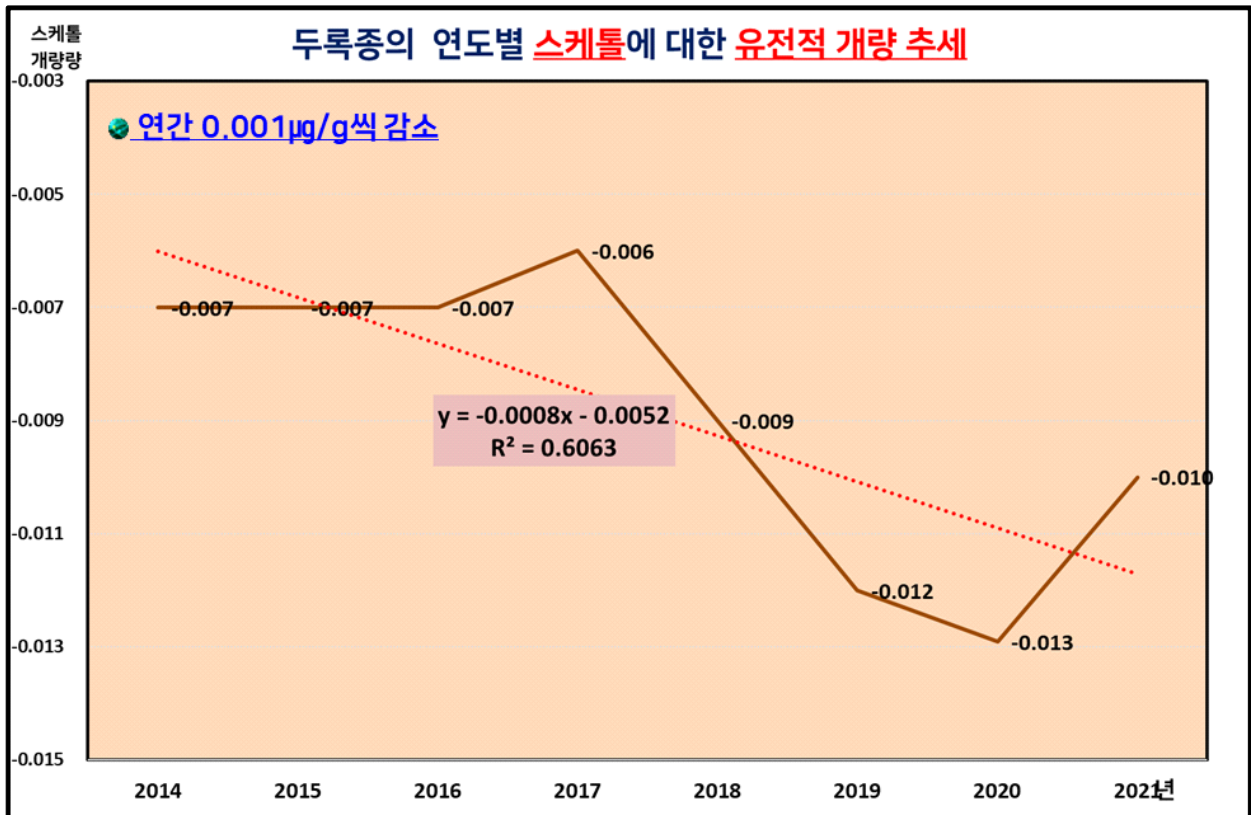
[그림 2-25] 두륙종의 안드로스테논 농도에 대한 표현형 개량추세



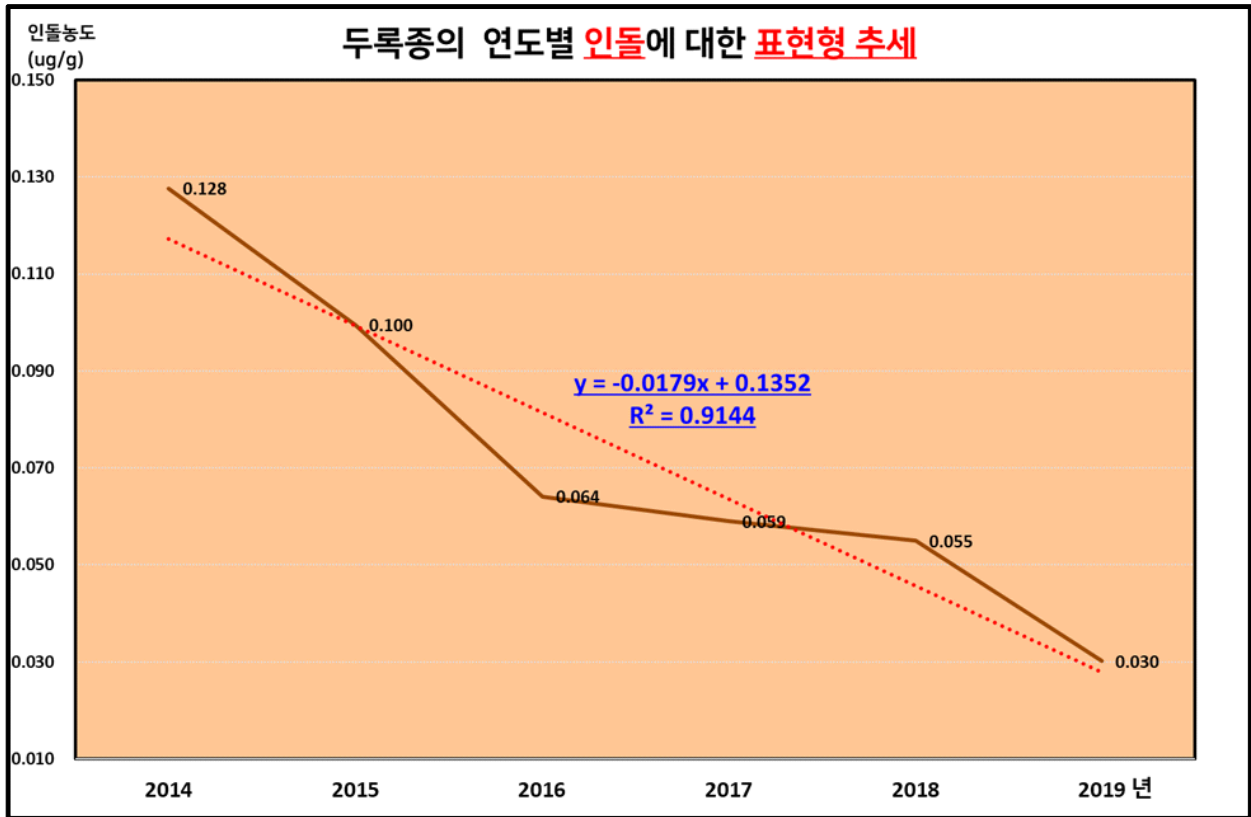
[그림 2-26] 두륙종의 안드로스테논 농도에 대한 유전적 개량추세



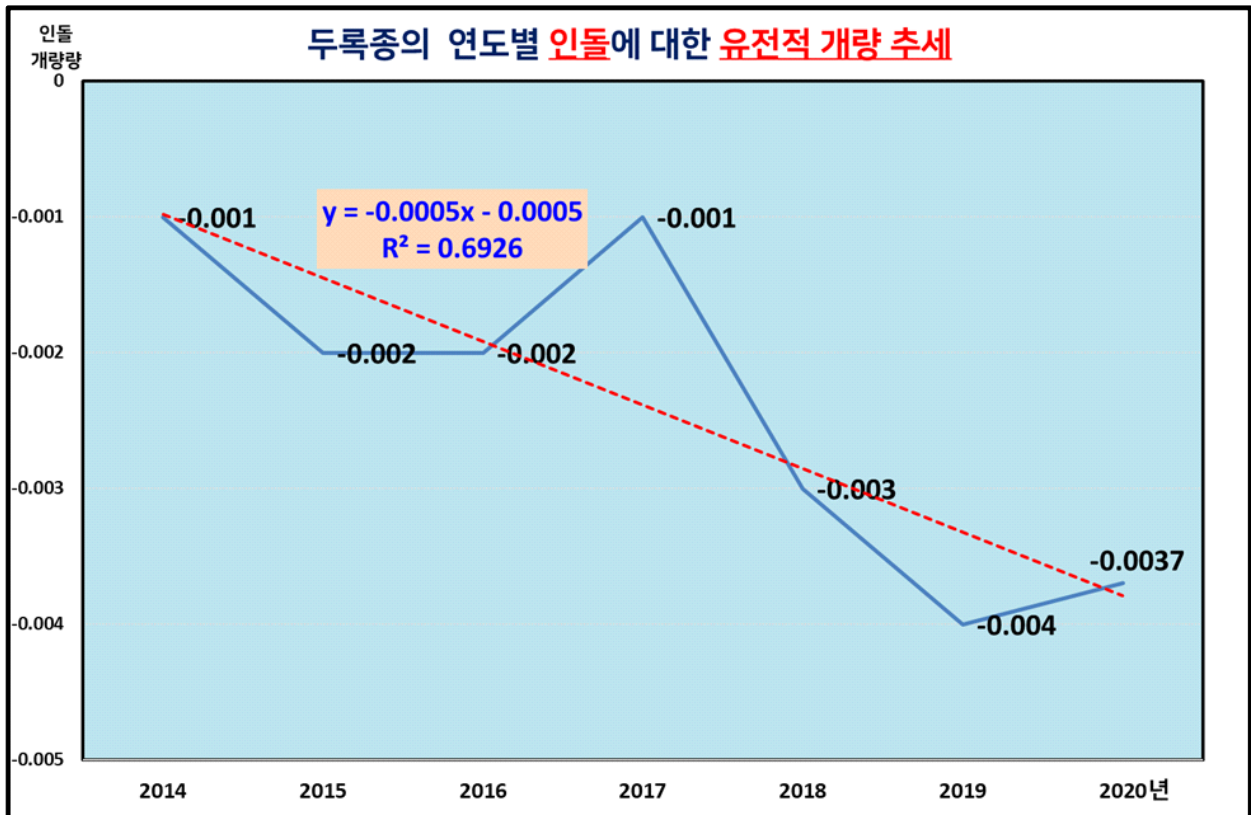
[그림 2-27] 두록종의 스케틀 농도에 대한 표현형 개량추세



[그림 2-28] 두록종의 스케틀 농도에 대한 유전적 개량추세



[그림 2-27] 두록종의 인돌 농도에 대한 표현형 개량추세



[그림 2-28] 두록종의 인돌 농도에 대한 유전적 개량추세

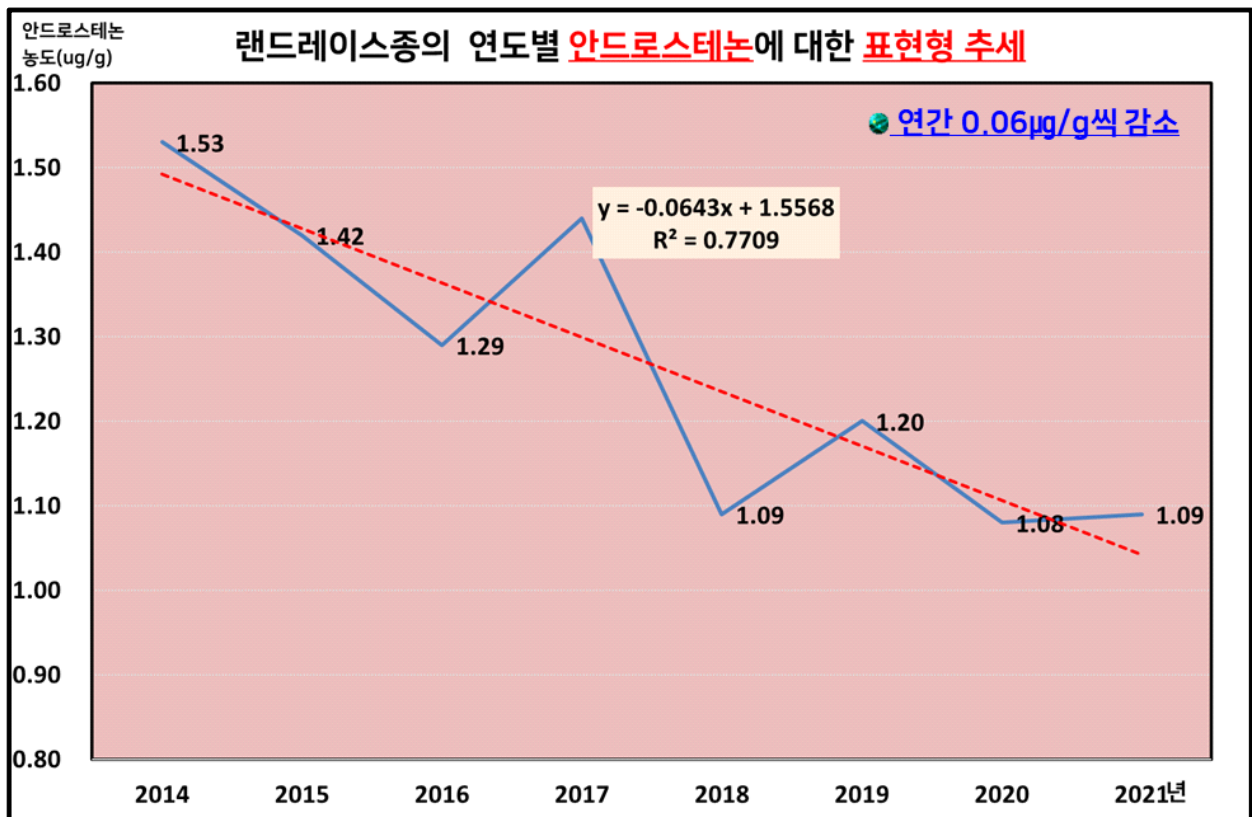
나. 랜드레이스종

[표 2-15]에는 랜드레이스종의 응취호르몬에 대한 연도별 표현형 및 유전적 추세를 나타내었다. 안드로스테논, 스케톨 및 인들의 표현형은 연간 0.11ug/g, 0.03ug/g 및 0.004ug/g 감소하였고, 유전적 개량량은 각각 연평균 0.005ug/g, 0.001ug/g 및 0.0006씩 감소하는 것으로 나타났다.

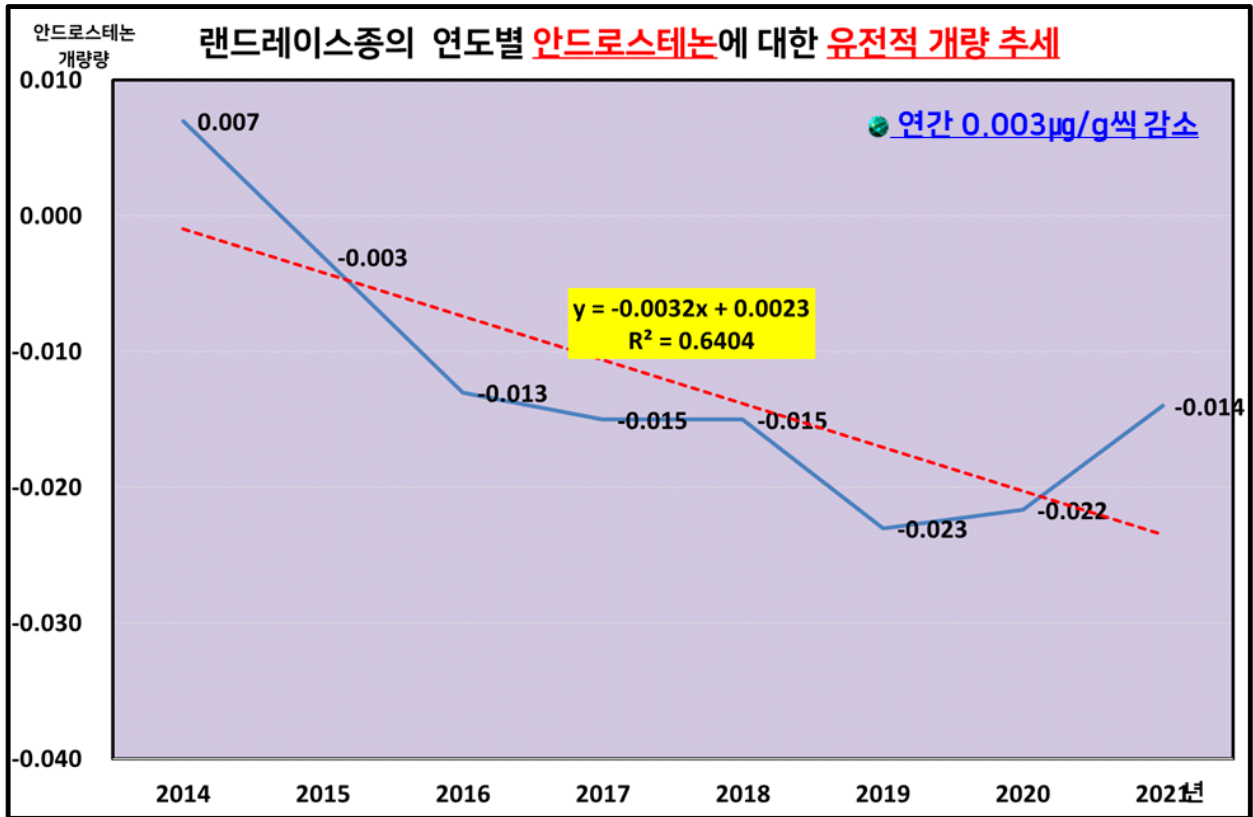
[표 2-15] 랜드레이스종의 연도별 응취호르몬의 표현형 및 유전적 개량량 추세

연도	검정종료 체중(kg)	표현형가			표현형가			육종가		
		ADG (kg)	ABF (cm)	DAYS (일)	안드로 스테논	스케톨	인들	안드로 스테논	스케톨	인들
2014	97	0.661	1.48	136	1.53	0.271	0.098	0.007	-0.003	-0.001
2015	106	0.709	1.21	130	1.42	0.225	0.080	-0.003	-0.004	-0.002
2016	115	0.738	1.12	128	1.29	0.216	0.074	-0.013	-0.004	-0.002
2017	107	0.76	1.22	123	1.44	0.200	0.062	-0.015	-0.006	-0.002
2018	94	0.699	1.2	130	1.09	0.203	0.045	-0.015	-0.005	-0.003
2019	110	0.769	1.17	124	1.20	0.185	0.040	-0.023	-0.008	-0.003
2020	105	0.752	1.13	125	1.08	0.173	0.054	-0.022	-0.009	-0.004
2021	109	0.799	1.25	119	1.09	0.209	0.050	-0.014	-0.006	-0.002

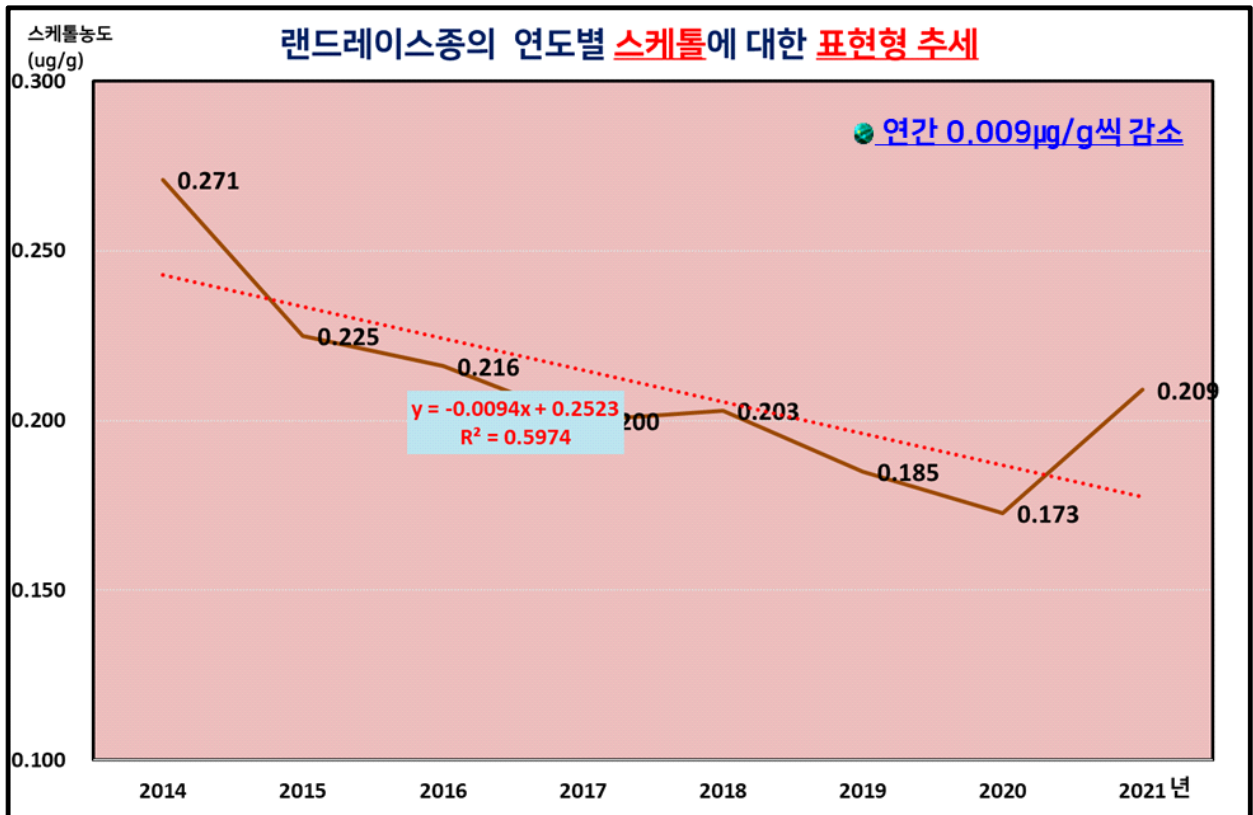
※ ADG: 일당증체중, ABF: 등지방두께, DAYS: 90kg도달일령,



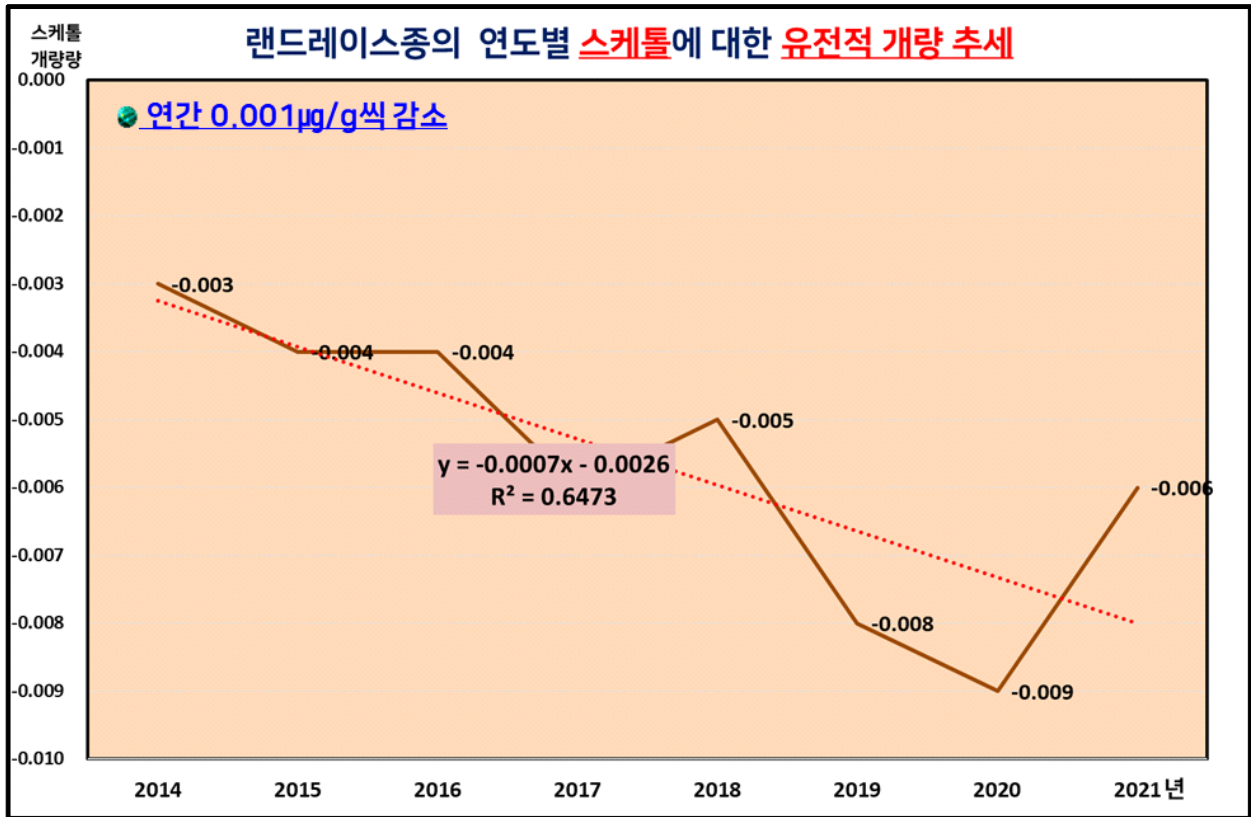
[그림 2-29] 랜드레이스종의 안드로스테논 농도에 대한 표현형 개량추세



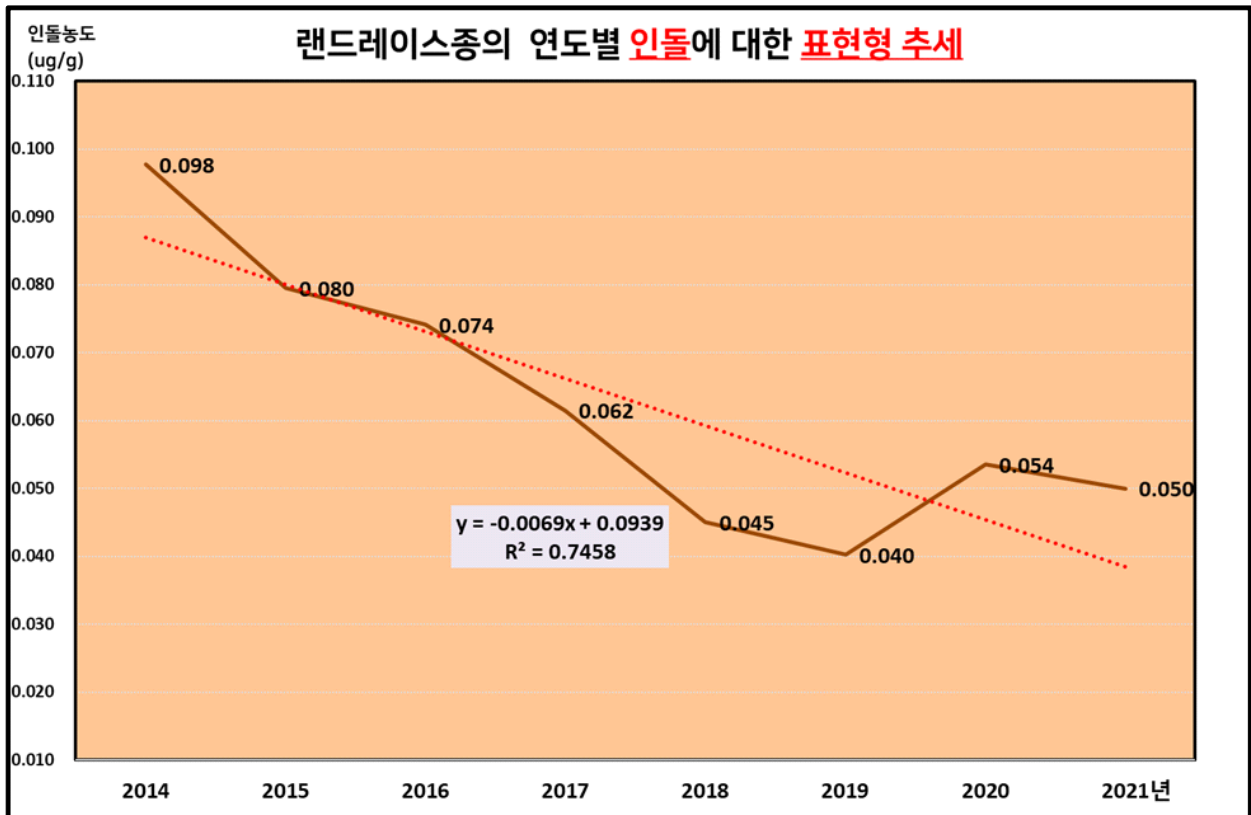
[그림 2-30] 랜드레이스종의 안드로스테논 농도에 대한 유전적 개량추세



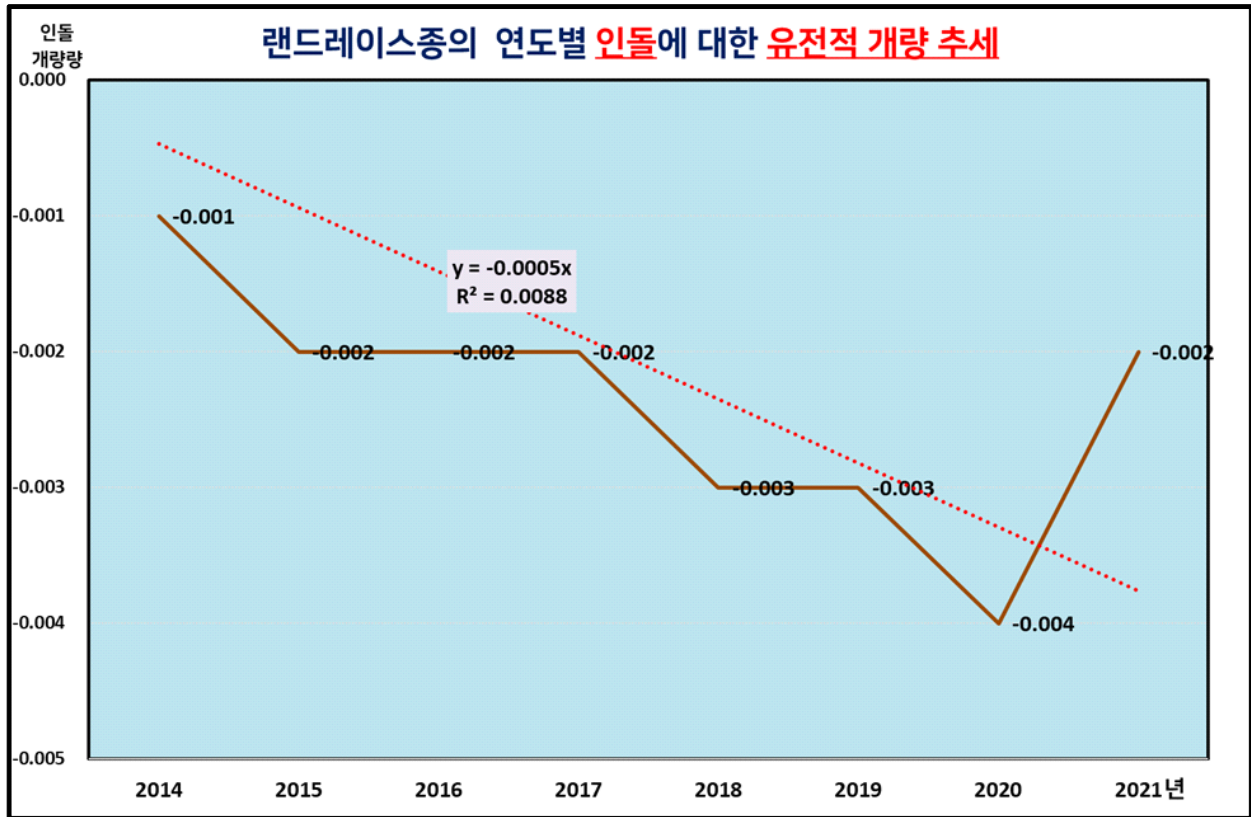
[그림 2-31] 랜드레이스종의 스케톨 농도에 대한 표현형 개량추세



[그림 2-32] 랜드레이스종의 스케틀 농도에 대한 유전적 개량추세



[그림 2-33] 랜드레이스종의 인돌 농도에 대한 표현형 개량추세



[그림 2-34] 랜드레이스종의 인돌 농도에 대한 유전적 개량추세

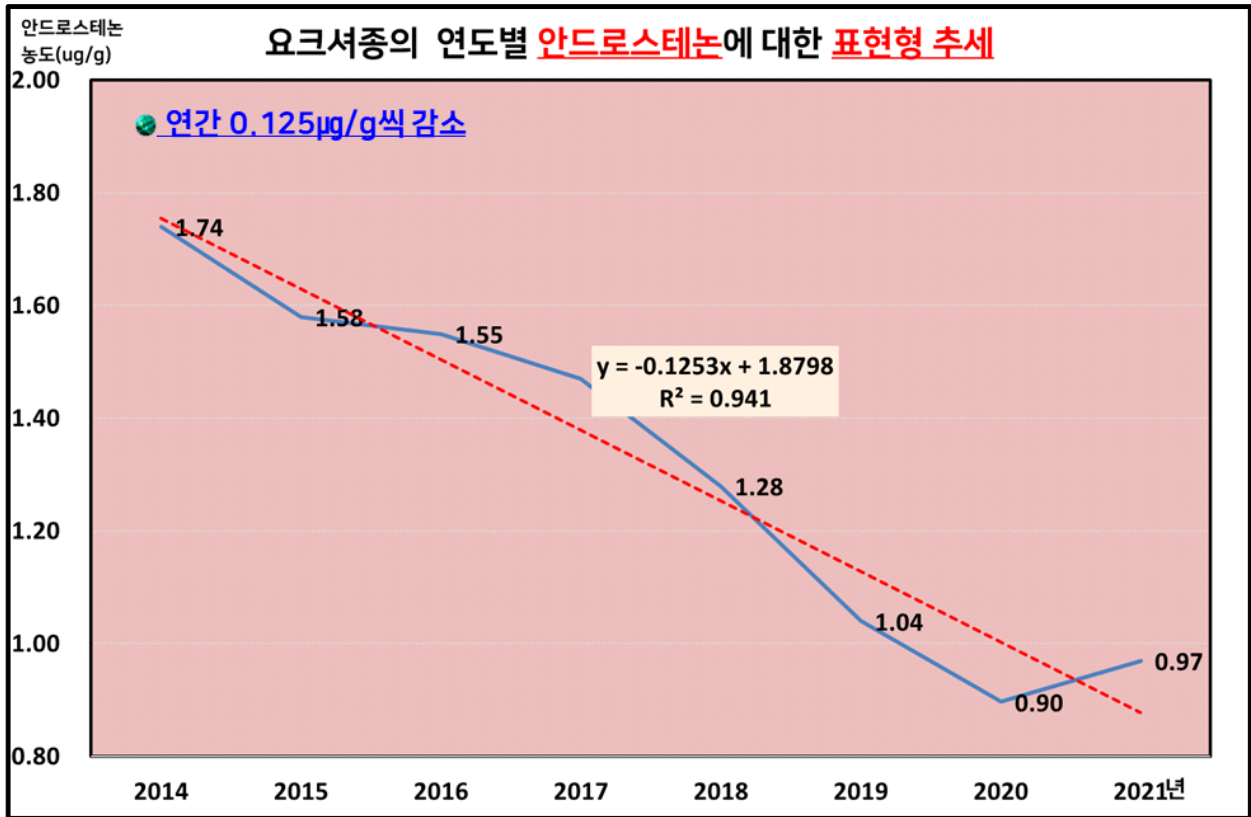
다. 요크셔종

[표 2-16]에는 요크셔종의 응취호르몬에 대한 연도별 표현형 및 유전적 추세를 나타내었다. 안드로스테논, 스케틀 및 인돌의 표현형은 연간 0.016ug/g, 0.097ug/g 및 0.008ug/g 감소하였고, 유전적 개량량은 각각 연평균 0.03ug/g, 0.002ug/g 및 0.0006씩 감소하는 것으로 나타났다.

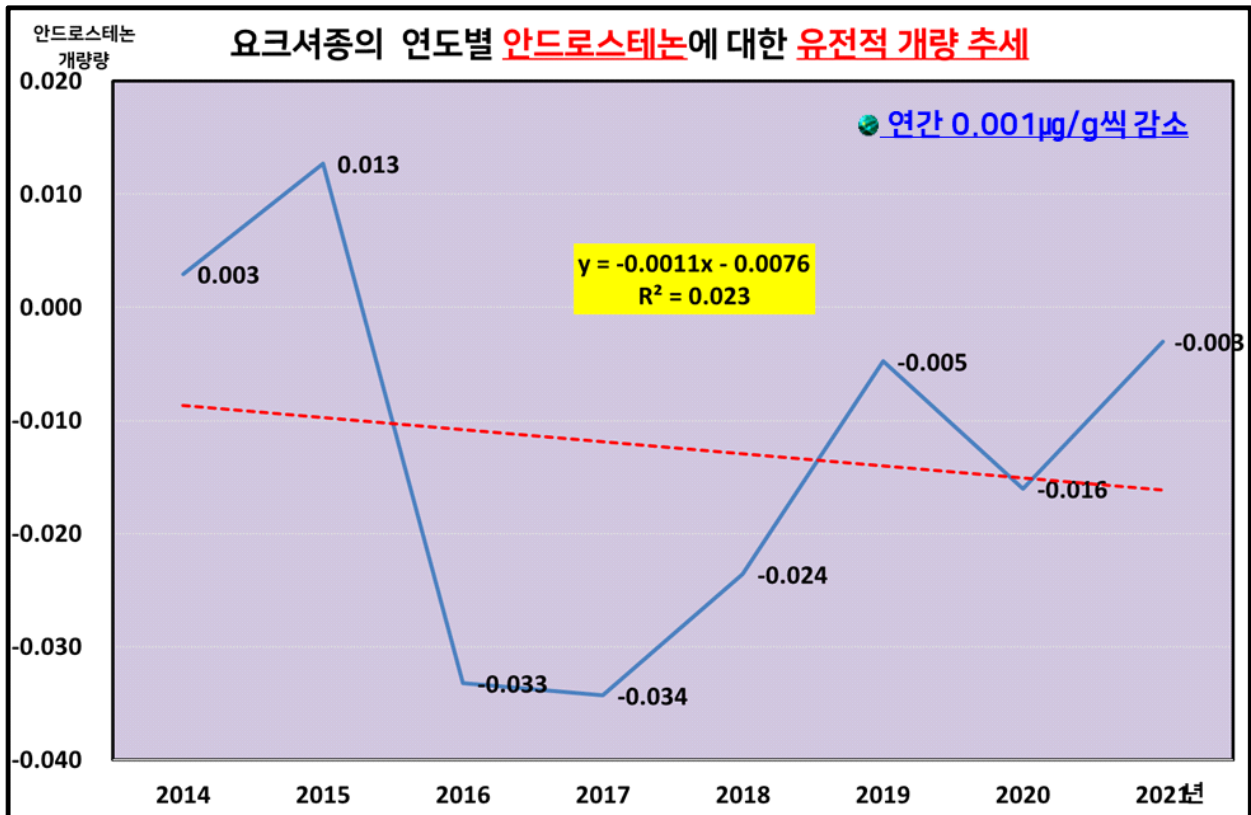
[표 2-16] 요크셔종의 연도별 응취호르몬의 표현형 및 유전적 개량량 추세

연도	검정종료 체중(kg)	표현형가			표현형가			육종가		
		ADG (kg)	ABF (cm)	DAYS (일)	안드로스테논	스케틀	인돌	안드로스테논	스케틀	인돌
2014	94	0.657	1.36	136	1.74	0.291	0.076	0.003	0.001	0.000
2015	95	0.632	1.24	142	1.58	0.270	0.073	0.013	0.017	0.005
2016	108	0.729	1.19	128	1.55	0.208	0.058	-0.033	-0.014	-0.005
2017	108	0.786	1.11	120	1.47	0.232	0.058	-0.034	-0.003	-0.002
2018	102	0.755	1.16	124	1.28	0.212	0.048	-0.024	-0.007	-0.002
2019	111	0.800	1.22	119	1.04	0.164	0.037	-0.005	-0.004	-0.001
2020	104	0.767	1.08	122	0.90	0.138	0.051	-0.016	-0.003	-0.001
2021	111	0.809	1.12	118	0.97	0.090	0.021	-0.003	-0.001	-0.001

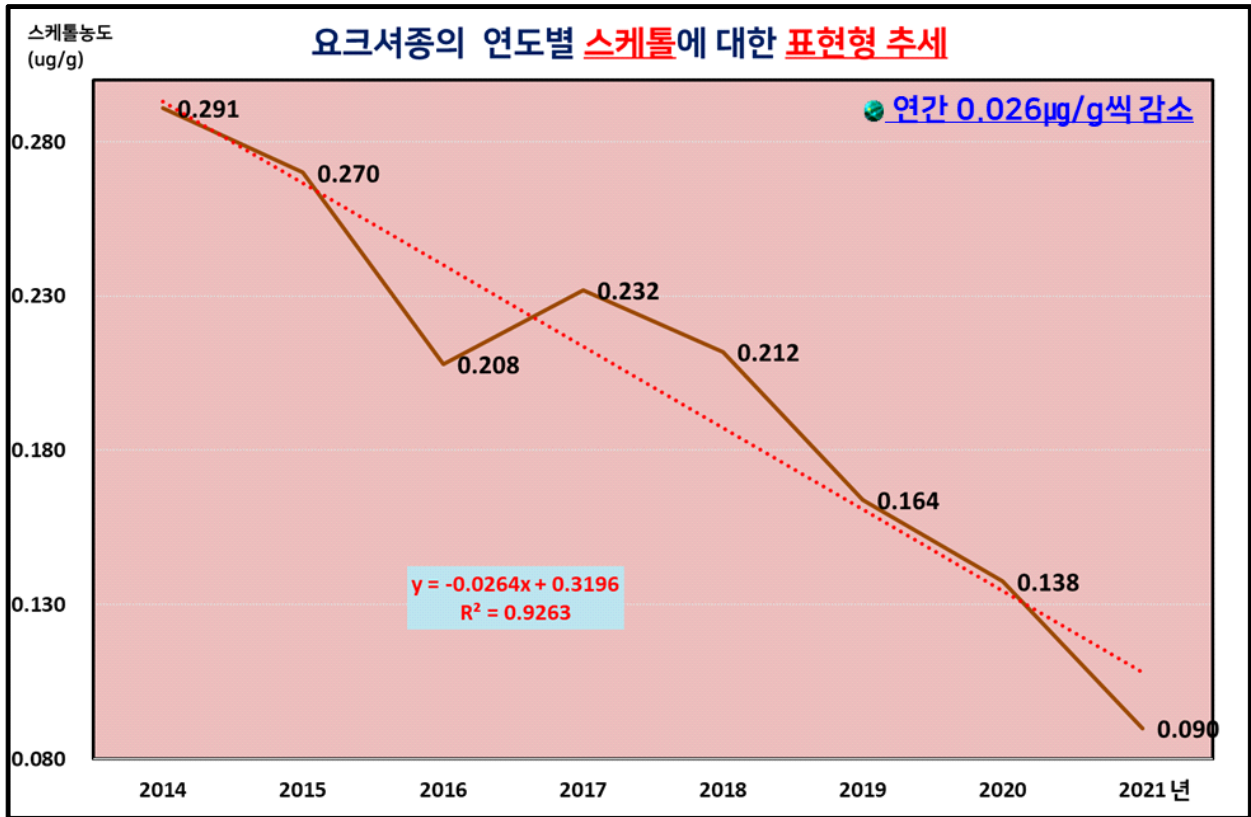
※ ADG: 일당증체중, ABF: 등지방두께, DAYS: 90kg도달일령



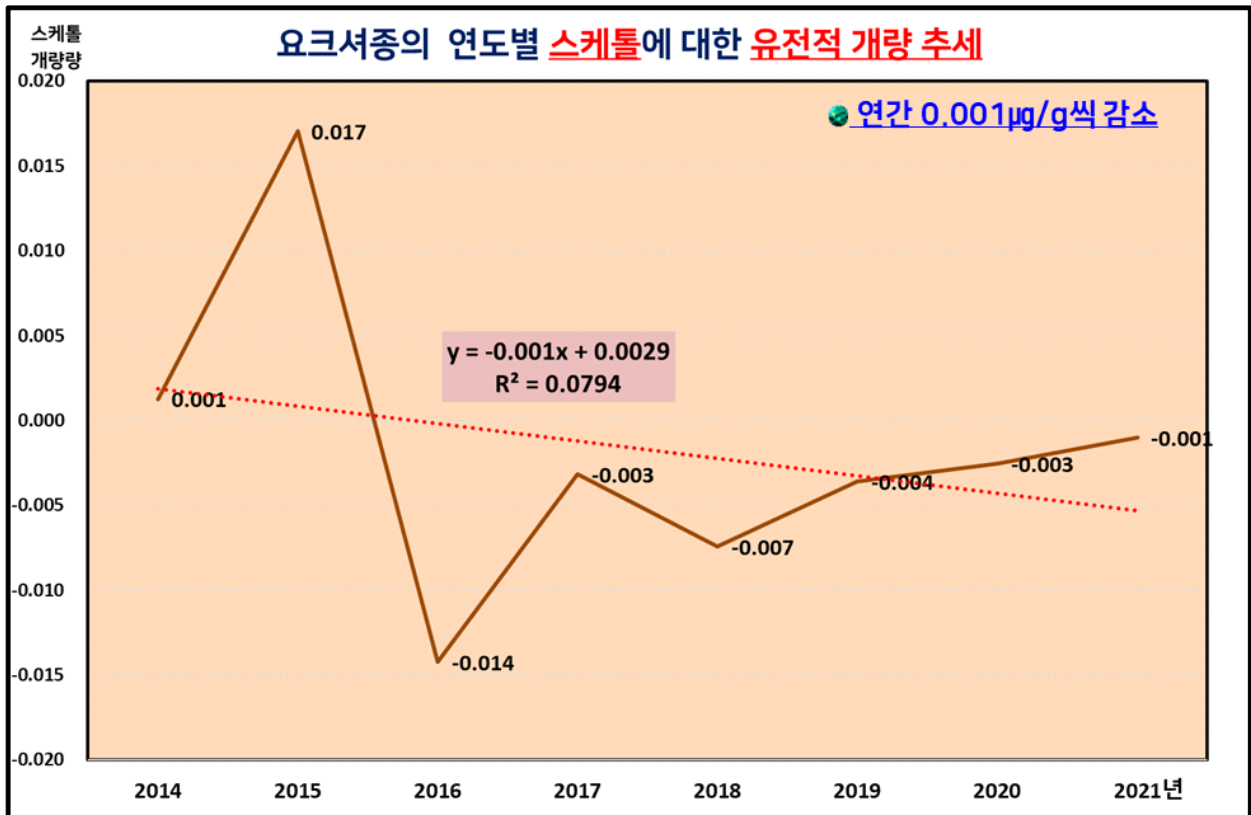
[그림 2-35] 요크셔종의 안드로스테논 농도에 대한 표현형 개량추세



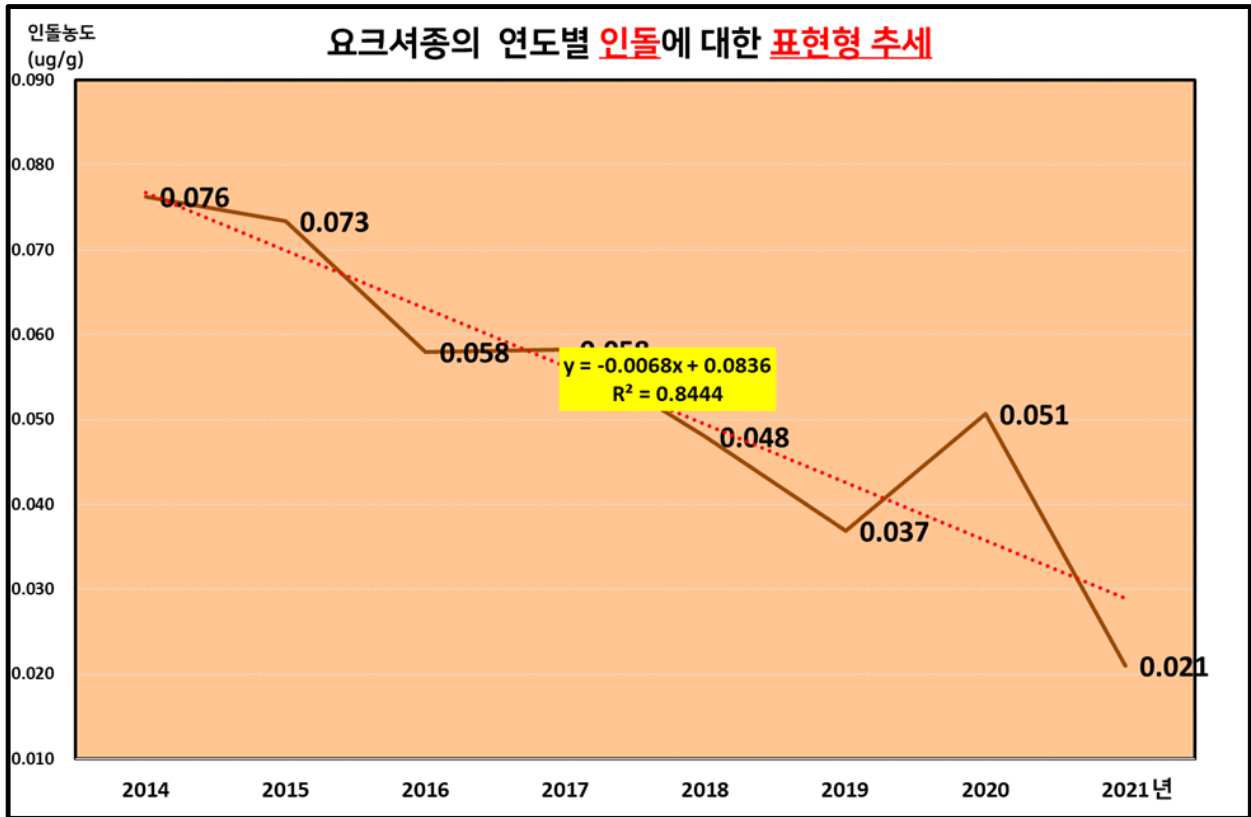
[그림 2-36] 요크셔종의 안드로스테논 농도에 대한 유전적 개량추세



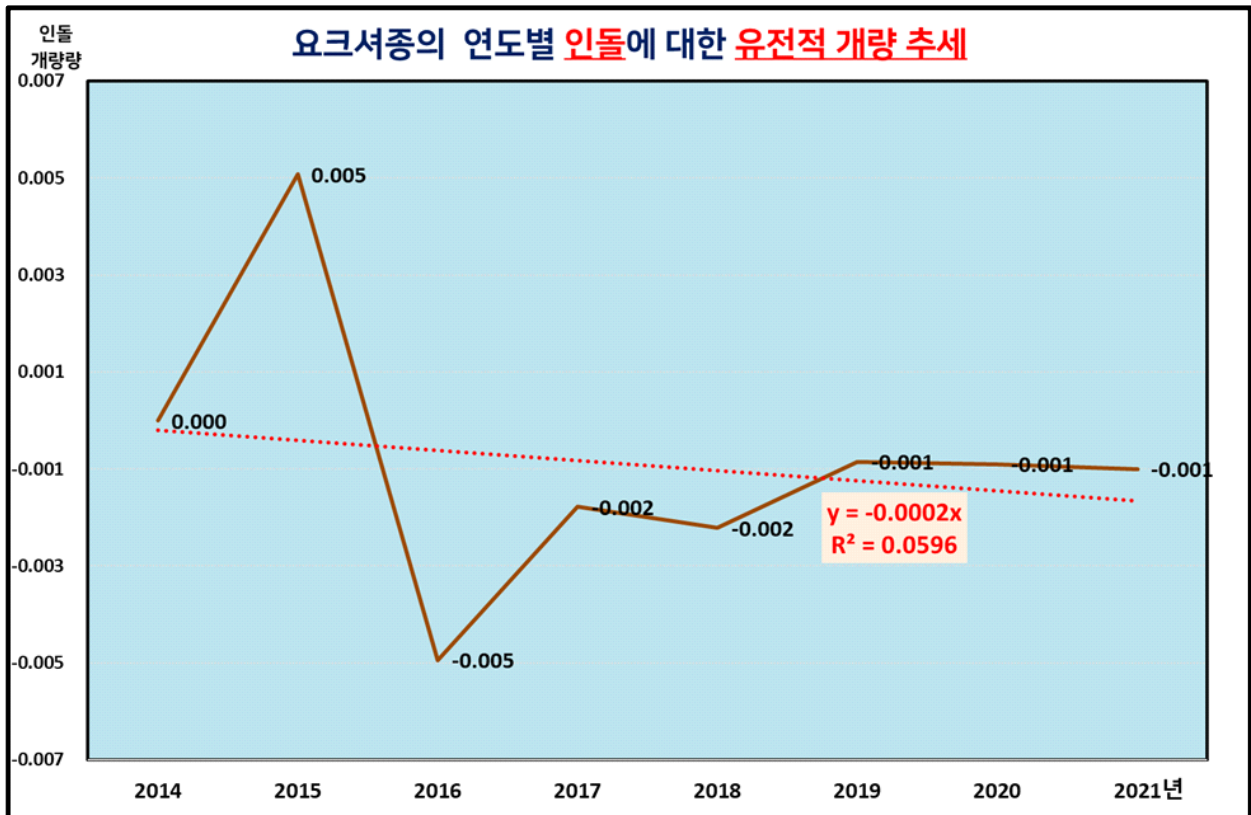
[그림 2-37] 요크셔종의 스케틀 농도에 대한 표현형 개량추세



[그림 2-38] 요크셔종의 스케틀 농도에 대한 유전적 개량추세



[그림 2-39] 요크셔종의 인돌 농도에 대한 표현형 개량추세



[그림 2-40] 요크셔종의 인돌 농도에 대한 유전적 개량추세

8. 최근 3년간(2019~2021) 평균 개량추세에 따른 응취호르몬 예측

가. 안드로스테논(androstenone)

최근 3년간(2019~2021년) 평균 개량량을 반영하여 2022년 두록종의 안드로스테논 농도를 예측한 결과 '21년 0.96 $\mu\text{g/g}$ 에서 '22년 0.79 $\mu\text{g/g}$ 으로 감소하였다. 랜드레이스종의 최근 3년간(2019~2021년) 평균 개량량을 반영하여 2022년 안드로스테논 농도를 예측한 결과 1.026 $\mu\text{g/g}$ 이었다. 요크셔종의 최근 3년간(2019~2021년) 평균 개량량을 반영하여 2022년 안드로스테논 농도를 예측한 결과 0.845 $\mu\text{g/g}$ 이었다.

이 결과를 종합하면 두록종과 랜드레이스종의 안드로스테논 농도는 목표치인 1 $\mu\text{g/g}$ 이하로 도달하였지만, 랜드레이스종의 경우 목표치에 미달하였다. 그러므로 랜드레이스종의 개량량을 높일 수 있는 방안을 강구해야 할 것으로 사료된다.

[표 2-17] 최근 3년간 안드로스테논의 평균 개량량을 활용한 2022년 예측

품종	안드로스테논(Androstenone)			
	2021년 ($\mu\text{g/g}$)	지난 3년간 개량량	2022년 예측	연간 개량량
두록-	0.96	0.16	0.79	0.173
랜드레이스	1.09	0.055	1.026	0.064
요크셔	0.97	0.035	0.845	0.125

나. 스캐톨(skatole)

스캐톨의 최근 3년동안 평균 유전적 개량량을 반영하여 두록종의 2022년 평균 스캐톨 농도를 예측한 결과 2021년 0.12 $\mu\text{g/g}$ 에서 2022년 0.106 $\mu\text{g/g}$ 로 감소하였다. 랜드레이스종의 2021년 평균 스캐톨 농도는 0.21 $\mu\text{g/g}$ 이었고, 과거 3년간의 개량량 추세를 감안한다면 0.201 $\mu\text{g/g}$ 로 예측되었다. 요크셔종의 2021년 평균 스캐톨 농도는 0.09 $\mu\text{g/g}$ 이었고, 과거 3년간의 개량량 추세를 감안한다면 0.064 $\mu\text{g/g}$ 로 예측되었다. 이 결과를 종합하면 두록종과 요크셔종에서 스캐톨 목표치인 0.20 $\mu\text{g/g}$ 이하로 도달하였다.

[표 2-18] 최근 3년간 스캐톨의 평균 개량량을 활용한 2022년 예측

품종	스캐톨(skatole)			
	2021년 ($\mu\text{g/g}$)	지난 3년간 개량량	2022년 예측	연간 개량량
두록	0.12	0.395	0.106	0.014
랜드레이스	0.21	0.012	0.201	0.009
요크셔	0.09	0.037	0.064	0.026

다. 인돌(indole)

인돌의 최근 3년동안 평균 유전적 개량량을 반영하여 두록종의 2022년 평균 인돌의 농도를 예측한 결과 2021년 0.03 $\mu\text{g/g}$ 에서 2022년 0.013 $\mu\text{g/g}$ 로 감소하였다. 랜드레이스종의 2021년 평균 인돌 농도는 0.05 $\mu\text{g/g}$ 이었고, 과거 3년간의 개량량 추세를 감안한다면 0.043 $\mu\text{g/g}$ 로 예측되었다. 요크셔종의 2021년 평균 스케톨 농도는 0.02 $\mu\text{g/g}$ 이었고, 과거 3년간의 개량량 추세를 감안한다면 0.02 $\mu\text{g/g}$ 로 예측되었다. 이 결과를 종합하면 두록종, 랜드레이스종 및 요크셔종에서 인돌 목표치인 0.02 $\mu\text{g/g}$ 이하로 도달하였다.

[표 2-19] 최근 3년간 스케톨의 평균 개량량을 활용한 2022년 예측

품종	스케톨(skatole)			
	2021년 ($\mu\text{g/g}$)	지난 3년간 개량량	2022년 예측	연간 개량량
두록	0.03	0.015	0.013	0.017
랜드레이스	0.05	0.005	0.043	0.007
요크셔	0.02	0.008	0.02	0.001

9. 저응취 계통조성돈 보유현황('21년 10월)

[표 2-20, 21]에는 두록종에서 선발한 종모돈과 모돈이 나타나 있다(2021년 10월 기준).

[표 2-20] 두록종 저응취 종모돈('21년 10월 기준)

순번	개체번호	혈통등록번호	생년월일	응취호르몬 육종가		
				Indole	Skatole	Androstenone
1	DAG9286	92012004394	2020-11-01	-0.001	-0.003	-0.008
2	DAG9721	92101011262	2020-12-04	-0.002	-0.005	-0.005
3	DAH0441	92104013624	2021-01-15	-0.002	-0.004	-0.004
4	DAG3098	91912018427	2019-09-10	-0.002	-0.003	-0.002
5	DAG8109	92009004648	2020-08-21	-0.002	-0.005	-0.006

[표 2-21] 두록종 저응취 모돈('21년 10월 기준)

순번	개체번호	혈통등록번호	산차	생년월일	응취호르몬 육종가		
					Indole	Skatole	Androstenone
1	DAG7307	92008013842	1	2020-06-29	-0.001	-0.002	-0.016
2	DAG1236	91908010706	4	2019-05-16	-0.001	-0.003	-0.014
3	DAG9340	92012004450	0	2020-11-06	-0.001	-0.003	-0.014
4	DAG9888	92101011385	0	2020-12-11	-0.001	-0.003	-0.013
5	DAH0612	92104013792	0	2021-01-27	-0.001	-0.003	-0.012
6	DAH0613	92104013793	0	2021-01-27	0.000	0.000	-0.013
7	DAG2944	91912013810	3	2019-08-30	-0.001	-0.003	-0.010
8	DAG8847	92011001385	1	2020-10-02	-0.001	-0.003	-0.010
9	DAH0368	92104013551	0	2021-01-11	-0.001	-0.003	-0.010
10	DAG9242	92011001775	0	2020-10-29	0.000	-0.001	-0.010
11	DAG7127	92008013675	1	2020-06-15	-0.001	-0.002	-0.009
12	DAG6716	92008012872	1	2020-05-21	-0.001	-0.002	-0.008
13	DAG8314	92010009402	1	2020-09-04	-0.001	-0.002	-0.007
14	DAG8091	92009004630	1	2020-08-20	-0.001	-0.002	-0.007
15	DAG8729	92010009788	1	2020-09-26	-0.001	-0.002	-0.007
16	DAG8731	92010009790	1	2020-09-26	-0.001	-0.002	-0.007
17	DAG9895	92101011392	0	2020-12-12	-0.001	-0.002	-0.007
18	DAG9896	92101011393	0	2020-12-12	-0.001	-0.001	-0.007
19	DAG5021	92003019812	2	2020-01-17	0.000	-0.001	-0.007
20	DAG2983	91912018312	3	2019-09-04	0.000	-0.001	-0.007
21	DAG4466	92002007042	3	2019-12-16	-0.001	-0.002	-0.007
22	DAG8802	92011001340	1	2020-10-01	-0.001	-0.002	-0.007
23	DAH0344	92104013527	0	2021-01-09	0.000	0.000	-0.007
24	DAG6791	92008012950	2	2020-05-25	-0.001	-0.001	-0.006
25	DAH0517	92104013697	0	2021-01-21	-0.001	-0.001	-0.006

[표 2-22, 23]에는 랜드레이스종에서 선발한 종모돈과 모돈이 나타나 있다(2021년 10월 기준).

[표 2-22] 랜드레이스종 저응취 종모돈('21년 10월 기준)

순번	개체번호	혈통등록번호	생년월일	응취호르몬 육종가		
				Indole	Skatole	Androstenone
1	LAG9063	92011001601	2020-10-17	0.000	-0.001	-0.011
2	LAG9014	92011001552	2020-10-15	-0.001	-0.001	-0.009
3	LAG0184	21904043773	2019-03-15	-0.0007	-0.0017	-0.003
4	LAG9645	92012004801	2020-11-28	-0.0006	-0.0012	-0.004
5	LAG7197	92008027812	2020-06-19	-0.0011	-0.0025	-0.005

[표 2-23] 랜드레이스종 저응취 모돈('21년 10월 기준)

순번	개체번호	혈통등록번호	산차	생년월일	응취호르몬 육종가		
					Indole	Skatole	Androstenone
1	LAG9844	92012004732	0	2020-11-26	-0.001	-0.002	-0.014
2	LAG9845	92012004733	0	2020-11-26	-0.001	-0.002	-0.014
3	LAG4682	92002007262	3	2019-12-28	-0.001	-0.002	-0.007
4	LAH0038	92101011533	0	2020-12-24	-0.001	-0.002	-0.005
5	LAG6593	92008012749	2	2020-05-15	-0.001	-0.002	-0.002
6	LAG7490	92008038340	1	2020-07-10	-0.001	-0.002	-0.018
7	LAG9655	92012004811	0	2020-11-28	-0.001	-0.001	-0.006
8	LAG9641	92012004797	0	2020-11-28	-0.001	-0.001	-0.004
9	LAG6459	92008012625	2	2020-05-06	-0.001	-0.002	-0.016
10	LAG8676	92010009746	1	2020-09-24	0.000	-0.001	-0.004
11	LAG7254	92008013789	1	2020-06-25	0.000	-0.001	-0.004
12	LAG9059	92011001597	1	2020-10-17	0.000	-0.001	-0.011
13	LAG8697	92010013980	1	2020-09-25	0.000	-0.001	-0.012
14	LAG8698	92010013981	1	2020-09-25	0.000	-0.001	-0.012
15	LAG9731	92101011272	0	2020-12-04	0.000	-0.001	-0.013
16	LAG3582	92001001533	3	2019-10-12	0.000	-0.001	-0.013
17	LAG0426	21904043819	4	2019-03-29	0.000	-0.001	-0.000
18	LAF9500	21903033911	3	2019-02-08	0.000	-0.001	-0.002
19	LAG0462	21904043825	4	2019-03-29	0.000	-0.001	-0.000
20	LAG8431	92010009519	1	2020-09-11	0.000	-0.001	-0.002
21	LAH0570	92104013750	0	2021-01-21	0.000	-0.001	-0.000
22	LAG6168	92007013314	2	2020-04-11	0.000	0.000	-0.000
23	LAG1405	91908010851	3	2019-05-24	0.000	0.000	-0.013
24	LAF9486	21903033901	5	2019-02-08	0.000	0.000	-0.002
25	LAG7710	92008038560	1	2020-07-24	0.000	-0.001	-0.013

[표 2-24, 25]에는 요크셔종에서 선발한 종모돈과 모돈이 나타나 있다(2021년 10월기준).

[표 2-24] 요크셔종 저응취 종모돈('21년 10월 기준)

순번	개체번호	혈통등록번호	생년월일	응취호르몬 육종가		
				Indole	Skatole	Androstenone
1	YAG2575	91912013441	2019-08-05	-0.004	-0.009	-0.009
2	YAG4598	92002007178	2019-12-26	-0.002	-0.005	-0.008
3	YAG9763	92101011304	2020-12-05	-0.002	-0.004	-0.006
4	YAH0404	92104013587	2021-01-14	-0.002	-0.005	-0.004
5	YAF8747	21901029154	2018-12-26	-0.0027	-0.0058	- 0.028

[표 2-25] 요크셔종 저응취 모돈('21년 10월 기준)

순번	개체번호	혈통등록번호	산차	생년월일	응취호르몬 육종가		
					Indole	Skatole	Androstenone
1	YAG5374	92005013713	2	2020-02-12	-0.002	-0.005	-0.008
2	YAG5840	92006011181	2	2020-03-19	-0.002	-0.005	-0.004
3	YAG2573	91912013439	3	2019-08-05	-0.002	-0.005	-0.006
4	YAG8198	92009004737	1	2020-08-28	-0.002	-0.005	-0.007
5	YAG9762	92101011303	0	2020-12-05	-0.002	-0.004	-0.006
6	YAG8636	92010009706	1	2020-09-23	-0.002	-0.004	-0.013
7	YAG8638	92010009708	1	2020-09-23	-0.002	-0.004	-0.013
8	YAG8900	92011001438	1	2020-10-08	-0.002	-0.004	-0.014
9	YAF8306	21812022086	5	2018-11-29	-0.002	-0.004	-0.002
10	YAF7750	21811030649	5	2018-10-19	-0.002	-0.004	-0.002
11	YAG0509	21905020583	4	2019-04-03	-0.002	-0.003	-0.010
12	YAH0051	92101011546	0	2020-12-24	-0.002	-0.003	-0.014
13	YAG3295	91912018624	3	2019-09-26	-0.001	-0.003	-0.013
14	YAG9565	92012004675	0	2020-11-20	-0.001	-0.003	-0.014
15	YAH0566	92104013746	0	2021-01-21	-0.001	-0.003	-0.014
16	YAF7444	21810039836	6	2018-09-28	-0.001	-0.003	-0.001
17	YAG9403	92012004513	0	2020-11-11	-0.001	-0.003	-0.008
18	YAF5995	21807033128	6	2018-06-24	-0.001	-0.003	-0.002
19	YAF7857	21811030751	5	2018-10-26	-0.001	-0.003	-0.003
20	YAG2634	91912013500	4	2019-08-09	-0.001	-0.003	-0.008
21	YAG3514	92001001465	3	2019-10-09	-0.001	-0.003	0.000
22	YAG3519	92001001470	3	2019-10-09	-0.001	-0.003	0.000
23	YAF8876	21902032081	3	2019-01-04	-0.001	-0.003	0.000
24	YAF9660	21903034199	5	2019-02-15	-0.001	-0.003	0.000
25	YAG7085	92008013638	1	2020-06-12	-0.001	-0.003	-0.001



[그림 2-41] 저응취 두록종 종모돈(이표번호 : DAG9286)



[그림 2-42] 저응취 랜드레이스종 종모돈(이표번호 : LAG9063)



[그림 2-43] 저응취 요크셔종 종모돈(이표번호 : YAG9763)

10. 전장유전체 연관분석

돼지고기의 품질에 영향을 미치는 요인들은 돼지의 품종, 사양방식, 영양 등의 외부적인 요인과 육색, 보수력, pH 등의 내부적인 요인들로 알려져 있으며 이러한 요인들에 대하여 많은 연구가 진행되었다(Choi et al., 2000; Lee et al., 2004; Hah et al., 2007; Park et al., 2010, Park et al., 2021). 돼지고기의 품질은 소비자들의 구매욕구와 직접적인 관련이 있으며 학술적인 연구와 산업적인 연구에서 모두 돼지고기의 품질을 향상시키기 위한 많은 노력이 이루어져 왔다.

가축의 거세는 체내의 생리적인 변화를 야기하여 가축의 성장 및 도체 품질에 영향을 미치게 되는데, 일반적으로 수퇘지를 거세할 경우 근육내의 지방침착량이 증가하여 육질을 향상 및 옹취 발생을 방지하여 돼지고기의 품질이 향상되는 장점이 있다.

돼지에서 옹취(Boar-taint)란 비거세 수퇘지에서 주로 발생하며 이러한 돼지고기를 가열하게 될 경우 특유의 냄새가 풍겨 나오며 심할 경우 식용이 불가능할 정도로 강한 역함을 느낀다. 수퇘지의 옹취는 androstenone, skatole 및 indole의 세 가지 호르몬이 지방 및 살코기에 과도하게 축적된 경우 나타난다(Beery et al., 1971; Thompson et al., 1972; Squires, E. J et al., 2020). 이러한 호르몬들은 모두 친유성 물질이기 때문에 수퇘지가 성장함에 따라 지방조직에 축적되며, 축적된 농도가 높은 개체의 돼지고기를 요리할 경우 옹취가 발생하여 소비자들이 불쾌감을 느낄 수 있다(Bonneau & Weiler, 2019).

대부분의 축산 농가에서는 옹취를 방지하기 위해서 외과적 또는 화학적인 거세 방법을 실시하고 있으며 EU국가에서도 옹취로 인한 소비자들의 불만을 해소하기 위하여 80~100%의 수퇘지에 대하여 거세를 실시한다(Panella-Riera et al., 2016). 그러나 외과적인 거세방법은 마취를 하지 않기 때문에 통증이 발생하며 자돈에게 많은 스트레스와 고통을 주기 때문에 동물복지를 고려한 사양관리 방법에서 지속적으로 논란이 되어왔다(Prunier et al., 2005). EU에서는 2010년에 발표한 협정문에서 2012년 1월부터 외과적인 거세를 수행할 경우 마취 또는 진통제를 투여해야하며, 2018년부터 외과적인 거세를 폐지해야한다고 규정하고 있다.(De Briyne et al., 2016). 따라서 본 연구의 목적은 전장유전체연관분석(Genomoe-Wide Association Study; GWAS)을 통하여 옹취를 유발하는 호르몬(androstenone, indole 및 skatole)과 관련된 유의한 유전자 영역, SNP 마커 및 후보유전자를 발굴하고 저옹취 종돈의 개량을 위한 지표로써 사용하는데 그 목적이 있다.

가. 재료 및 방법

(1) 공시재료

본 연구과제 수행을 위하여 GSP 연구 사업의 일환으로 Yorkshire종, Landrace종 및 Duroc종에 대하여 Affymetrix Axiom Porcine HD 650K and Axiom Porcine 55K(Affymetrix Inc., Santa Clara, CA, USA), 및 Illumina Porcine SNP60k version2(Illumina, Inc., San Diego, CA)

의 세 가지 상용화된 genotyping panel을 이용하여 수집한 Yorkshire종, Landrace종 및 Duroc종의 각각 3,858두, 472두 및 1,029두의 유전체 자료를 분석에 이용하였다(표 2-25).

[표 2-25] 참조돈군

Breed	Commercial Genotyping Platforms			Total
	Axiom53K	Illumina60Kv2	Axiom650K	
Yorkshire	479	2,932	447	3,858
Landrace	-	329	143	472
Duroc	-	818	211	1,029
Total	479	4,079	801	5,359

또한 옹취 호르몬의 표현형 자료 수집을 위해 2014년부터 2020년까지 전남 영광소재의 N종 돈장에서 검정한 Duroc종 257두, Landrace종 149두 및 Yorkshire종 162두의 거세하지 않은 수 돼지 총 568두의 생체에서 Biopsy(생돈 지방측정기)를 이용하여 목 부위 지방을 채취하였으며, 생체에서 채취한 샘플은 GC-MS(gas chromatograph-mass spectrometer)를 이용하여 옹취호르몬의 농도를 분석하였다(표 2-26).

[표 2-26] 품종별 옹취호르몬 농도에 따른 최소자승평균과 표준오차($\mu\text{g/g}$).

Breed	No. of head	overall means		
		androstenone	skatole	indole
Duroc	257	1.664±0.373	0.199±0.029	0.069±0.034
Landrace	149	1.249±0.232	0.210±0.032	0.065±0.020
Yorkshire	162	1.167±0.307	0.194±0.054	0.063±0.014
Total	568	1.426±0.344	0.209±0.039	0.063±0.023

(2) 분석 전처리

세 가지 품종에 대하여 세 가지 다른 genotyping panel을 이용하였기 때문에 분석을 위하여

FImpute software(Sargolzaei et al., 2014)를 이용하여 각각의 품종별(Yorkshire, Landrace 및 Duroc) SNP pnael을 모두 Axiom Porcine650K로 imputation을 수행하였다. 또한 세 가지 품종에 대하여 공통적으로 segregation된 즉, polymorphism이 존재하는 SNP만 선별하여 전장유전체 연관 분석(Genome-Wide Association Study; GWAS)에 이용하였다. 최종적으로 imputation을 마친 모든 개체는 444,755개의 공통된 SNP 마커로 유전체 데이터가 구성되었다.

(3) 반응변수 설정

Androstenone, indole 및 skatole 호르몬에 대한 분산성분(variance component), 유전모수(genetic parameter), 육종가(breeding value) 및 정확도(accuracy)를 추정하기 위하여 다형질 개체모형을 적용하였으며, ASREML4.1(Gilmour et al., 2015)소프트웨어를 이용하여 분석하였고 식은 다음과 같다.

$$y_{ijklm} = \mu + YS_i + S_j + B_k + a_l + e_{ijklm}$$

위에서, y_{ijklm} = observed values of androstenone, indole and skatole, μ = overall mean, $YS_i = i^{th}$ fixed effect of birth year-birth season, $S_j = j^{th}$ fixed effect of sex, $B_k = k^{th}$ fixed effect of breed, $a_l = l^{th}$ additive genetic effects, e_{ijklm} = residual random effects.

추정한 EBV를 deregressing(divinding by the reliability of the EBV)한 이후 다시 부모 육종가평균(parent average)을 더한 DEBVincPA(Deregressed EBV include parents average)를 반응변수(response variable)로써 설정하였고 정확도가 0.01 이하인 개체들을 제거한 후 GWAS 분석에 이용하였다. 새롭게 추정된 반응변수는 각 개체마다 다른 정확도를 가지고 있기 때문에 이러한 이질적 분산(heterogeneous variance)을 설명하기 위하여 가중치(weighting factor)를 계산한 후 최종 모형식에 적용하였다. 가중치를 계산하기 위한 식은 다음과 같다(Garrick et al., 2009).

$$\omega_i = \frac{(1 - h^2)}{[c + (1 - r_i^2) / r_i^2] h^2}$$

위에서, r_i^2 = reliability of the response variable(DEBVs), h^2 = predicted heritability of each traits, c = proportion of genetic variance not explained by markers. 최종적으로 반응 변수를 DEBV로 변환한 후 정확도가 0.01 이하인 개체들을 제거한 후 GWAS분석을 수행하였다.

(4) 통계적 방법

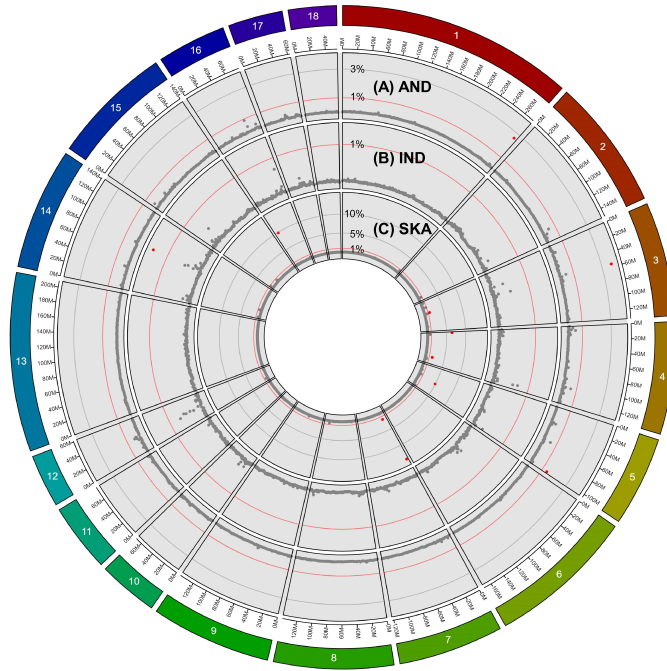
유전체 선별을 위한 통계모형은 일반적으로 사용되어 지고 있는 혼합 선형 모형(Mixed Linear Model)을 이용하였다. SNP 마커 효과들을 추정하기 위해서 앞서 유의적인 영역과 유전자에 다형성이 나타나는 informative한 SNP를 찾기 위해 π 값(pi-value)을 0.9999로 BayesB와 C에서 동일하게 설정하였다. BayesC에서 SNP 마커효과는 정규분포(Normal distribution)를 따르며 각 마커들은 공통분산(common variance)을 갖는다는 가정을 통하여 샘플링이 이루어지는 반면(Habier et al., 2011; Kizilkaya et al. 2010), BayesB는 SNP 마커효과들에 사전분포로 t-분포(t-distribution)를 사용하며, 각각의 SNP 마커마다 다른 분산을 갖는다는 가정을 통하여 샘플링이 이루어진다(Meuwissen et al. 2001). 분석에 필요한 모든 과정은 GenSel4R software(Garrick & Fernando, 2013)를 이용하였으며 모형은 다음과 같다.

$$y_i = \mu + \sum_{j=1}^k Z_{ij} u_j \delta_j + e$$

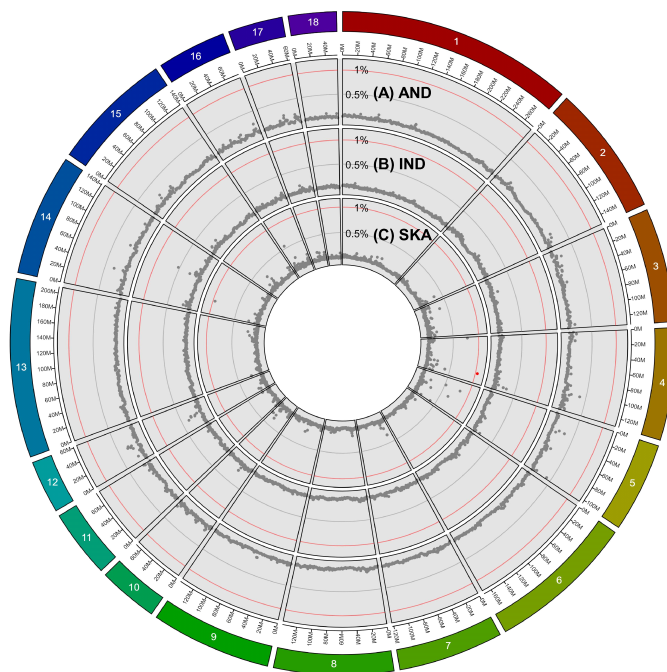
위에서, y_i = response variable(DEBVs), μ = overall means, k = number of markers, $Z_{ij} = j^{th}$ marker of the i^{th} animals, u_j = SNP maker effect at j^{th} locus, δ_j = indicates the presence or absence(0 or 1) of the SNP marker in the model, e = vector of random residual effects assumed normally distributed $N(0, \sigma_e^2)$. SNP 마커의 효과 및 분산(깁스 샘플링을 이용하여 얻어진 모수 및 효과의 사후 분포)을 추정하기 위하여 총 110,000번의 마르코프체인-몬테카를로(Markov chain Monte Carlo: MCMC) iteration 중에 마르코프체인 상에서 발생하는 자기상관(Auto-correlation)에 의한 편의(bias)발생을 사전에 방지하기 위하여 초기 10,000번의 iteration은 burn-in 구간으로 제외하고 SNP 마커효과에 대하여 5번째 iteration만을 추출하여 사후 평균으로 SNP 마커효과 및 분산을 추정하였다.

나. 결과 및 고찰

수태지의 응취에 영향을 미치는 것으로 알려진 세 가지 호르몬(androstenone, indole 및 skatole)에 대하여 GWAS분석을 수행한 결과 유의적으로 연관성을 가진 영역에 대한 결과를 표시하였다(2-43,44). 각 호르몬에 대하여 동일하게 BayesB와 C를 이용하여 1-Mb 영역에 대한 window variance를 Circos Manhattan plot으로 표현하였으며 window variance 1.0% 구간을 기준점(threshold)으로 설정하여 붉은색 수평선을 표시하였고 기준점을 넘는 SNP들은 붉은색 점으로 각각 나타내었다.



[그림 2-43]. Axiom Porcine650K 플랫폼을 이용하여 응취호르몬(안드로스테논, 인돌 및 스카톨)과 연관된 *BayesB* 에 기초한 circular Manhattan plot. 여기서 (A) androstenone (B) indole (C) skatole



[그림 2-44]. Axiom Porcine650K 플랫폼을 이용하여 응취호르몬(안드로스테논, 인돌 및 스카톨)과 연관된 *BayesC* 에 기초한 circular Manhattan plot. 여기서 (A) androstenone (B) indole (C) skatole

GWAS 분석결과 유의적인 효과를 지닌 영역 및 SNP리스트와 후보유전자를 분석한 결과를 BayesB와 C에 대하여 각각 제시하였다(표 2-27). BayesC는 B에 비하여 설명력이 높은 영역이 나타나지 않았는데 이러한 결과는 BayesC는 모든 마커에 대하여 동일한 분산을 갖도록 하는 가정을 기반으로 분석이 이루어지기 때문으로 사료된다.

BayesB에서 skatole 수치에 유의적인 효과를 미치는 영역으로써 SSC7(sus scrofa chromosome 7)-5Mb 영역이 10%이상의 상당히 높은 상가적 유전분산에 대한 설명력을 가진 것으로 나타났으며 해당 영역은 *LMAN2L* 유전자 내에 위치하였다. SSC16-10Mb, SSC4-3Mb 및 SSC5-59Mb영역에서도 각각 9.83%, 6.44% 및 4.83%로 유의적으로 높은 설명력을 가진 영역으로 나타났다. Androstenone에서는 SSC3-56Mb 영역이 가장 높은 설명력을 보였으며, indole에서는 SSC14-83Mb영역에서 가장 높았다.

Table 2-27. Axiom Porcine650K 플랫폼을 이용하여 BayesB와 C에 기초하여 전장유전체 연관분석결과 옹취호르몬과 연관되어 유의적인 효과를 지닌 SNP리스트와 후보유전자

Bayesian method	Hor mone	SSC_Mb ¹	GV (%) ²	SNP	Position(Mb) ³	Genetic effect ⁴	Model freq. ⁵	Region annotation ⁶	Gene annotation ⁷
BayesB	AND	3_56	3.68	AX-116652915	56.9	0.01030	0.0085	Intronic	<i>LMAN2L</i>
		1_270	2.61	AX-116708133	270.9	-0.04711	0.0183	Intronic	<i>ABL1</i>
		5_102	1.35	AX-116273272	102.5	-0.00176	0.0023	Intergenic	<i>SYTI</i> (dist=432,148)
	IND	14_83	1.41	AX-116515129	83.8	0.00004	0.0010	Intronic	<i>NRG3</i>
	SKA	7_5	13.97	AX-116309269	5.5	-0.08218	0.1529	Intergenic	<i>SLC35B3</i> (dist=16,706)
		16_10	9.83	AX-116561890	10.0	0.03714	0.0824	Intronic	<i>CDH12</i>
		4_3	6.44	AX-116221654	3.2	-0.00282	0.0110	Intronic	<i>TRAPPC9</i>
		5_59	4.93	AX-116647163	60.0	-0.00413	0.0214	Intergenic	<i>BORCS5</i> (dist=553)
		7_17	1.80	AX-116311962	17.6	-0.00204	0.0082	Intergenic	<i>PRL</i> (dist=136,259)
	BayesC	AND	5_102	0.40	AX-116273225	102.2	-0.00032	0.0010	Intergenic
IND		14_83	0.53	AX-116784407	83.9	-0.00001	0.00006	Intronic	<i>NRG3</i>
SKA		4_103	1.04	AX-116730411	103.2	0.00044	0.0036	Intronic	<i>MANIA2</i>

¹sus scrofa chromosome_magabase-pair; ²percentage of additive genetic variance explained by SNP markers within each 1 Mb window region; ³physical genome position(Mb); ⁴additive effect of the significant SNP maker within these regions; ⁵proportion of markov chain monte carlo iterations that included the corresponding SNP marker; ⁶the position of the marker is either within the gene(intronic) or between the genes(intergenic); ⁷the gene name when intronic or gene name adjacent to marker and distance(bp) between marker and adjacent gene when intergenic

지방의 androstenone에 영향을 미치는 QTL 영역은 이전 연구에서 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15 및 18번 염색체라고 보고되었다(Grindflek et al., 2011^a; 2011^b; Lee et al., 2005; Quintanilla et al., 2003). 본 연구에서 발견된 *LMAN2L* 유전자는 3번염색체 내에 있으며, 포유류의 초기 분비경로에 영향을 미치고 세포막 운동으로 세포 내 물질을 세포 밖으로 방출하는 외포작용(exocytosis)과 관련되어있다고 조사되었다(Zhou et al., 2011). 또한 본 연구에서 BayesB와 C를 이용한 분석결과에서 공통적으로 발견된 5번 염색체의 경우 androstenone호르

몬에 큰 영향을 미치고 표현형 변이에 대한 4%의 설명력을 가지며 유전변이에 대하여 23%의 설명력을 가질 수 있다고 보고되었다(Rowe et al., 2014). 본 연구결과에서 나타난 영역과는 다르지만 1번 염색체의 149.7MB 영역의 *CYB5A*(cytochrome b₅ type A) 유전자의 수준은 androstenone의 생산량에 간접적인 영향을 미치는 것으로 보고되었는데, 이는 androstenone은 pregnenolone 또는 progesterone으로부터 andien- β 합성효소에 의해 5,16-androstadien-3 β -ol로의 전환을 통하여 합성되고 이 andien- β 합성효소의 활성이 *CYB5A*의 수준에 영향을 받기 때문이다(Meadus et al., 1993).

지방의 skatole에 영향을 미치는 QTL 영역은 이전 연구에서 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13 및 14번 염색체라고 보고되었다(Gregersen et al., 2012; Grindflek et al., 2011^a; 2011^b; Lee et al., 2004; Varona et al., 2005). 본 연구에서는 발견된 *SLC35B3* 유전자는 7번 염색체 내에 있으며 핵 또는 세포기질에서 다양한 purin과 pyrimidine, nucleotides 및 nucleotide당을 운반하는데 관여한다고 보고되었다(Zwifelhofer et al., 2020). 또한 54cM 영역의 경우 표현형 분산에 대한 8%의 설명력을 가지고 있다고 보고하였다(Bidanel et al., 2006).

Indole에 영향을 미치는 영역으로 6, 10, 11, 14 및 15번 염색체영역이 보고되었으며(Gregersen et al., 2012), 본 연구에서 BayesB와 C를 통한 분석결과 indole호르몬에 대하여 공통된 염색체 영역으로 나타난 14번 염색체의 경우 QTL 및 후보유전자의 설명력이 높게 나타났으며 세 가지 옹취호르몬에 대하여 높은 연관성이 나타났다고 보고되었다(Gregersen et al., 2012; Grindflek et al., 2011^b; Lee et al., 2005). 또한 14번 염색체내에 존재하는 *CYP2E1* 유전자의 경우 돼지에서 skatole의 대사에 중심적인 역할을 하며(Claus et al., 1994; Zamaratskaia & Squires, 2009), skatole호르몬의 표현형분산에 대한 6%의 설명력을 나타내었고 indole 호르몬의 표현형분산에 대한 12%의 설명력을 나타내었다고 보고되었다(Moe et al., 2009).

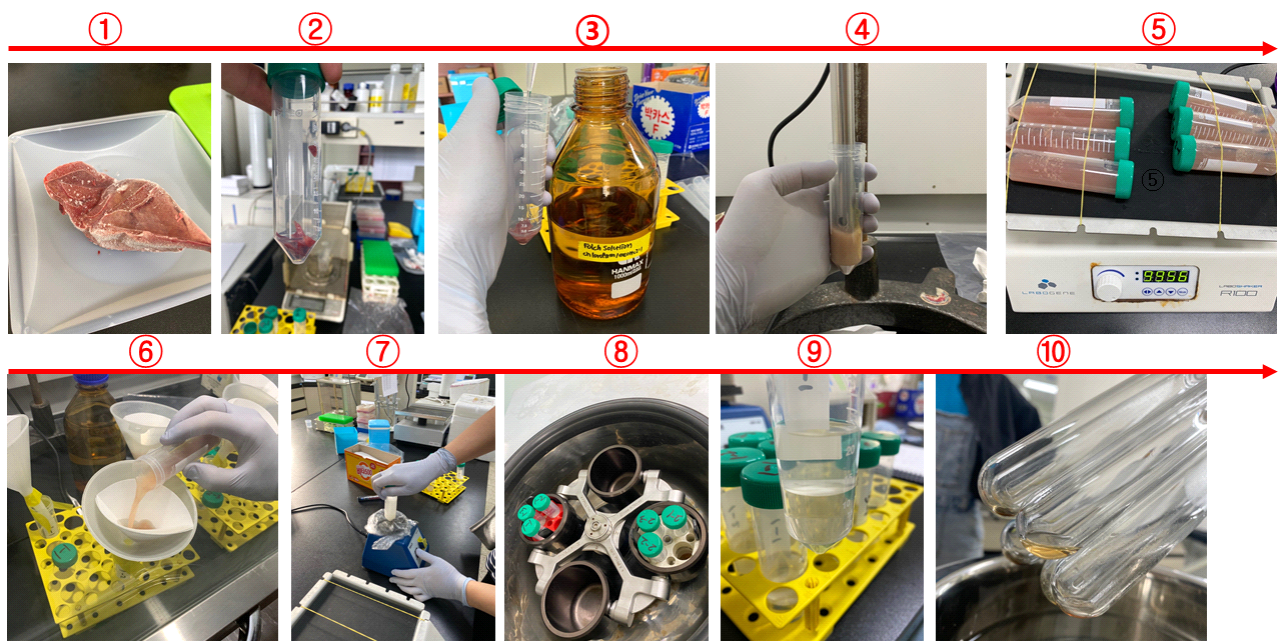
따라서, 새롭게 발굴된 *SLC35B3*(13.97%), *CDH12*(9.83%), *TRAPPC9*(6.44%)와 *BORCS5*(4.93%) 유전자는 skatole 호르몬에 영향을 미치는 후보 유전자로서 사료되며, 차후 발굴된 유의적인 유전자 영역에 대한 target sequencing을 통하여 많은 마커들을 genotyping하는 fine-mapping 연구를 병행하게 된다면 QTL에 가장 근접한 SNP를 발굴에 이용 할 수 있으며, 발굴된 SNP를 이용하여 유전체 선발 모형에 적용한다면 결국 옹취 호르몬에 대한 신규 형질 개발과 더불어 정확도 상승을 통한 저옹취 종돈 개량에 도움을 줄 수 있는 주요 요인이 될 것으로 사료된다.

11. 대사체 분석

비거세 웅돈의 간(liver)에서 응취호르몬에 대한 대사체 분석을 실시하였다. 전남 나주소재 도축장에서 비거세돈 도축시 간 샘플(5두)을 채취하였다. 간 샘플에서 응취호르몬 분석은 Folch method를 이용하였다.

□ Lipid extraction from liver sample (Folch method)

- ① 1g liver sample + Chloroform/Methanol (2:1){Folch solution} 10mL
- ② Homogenizer 30 sec 3 times
- ③ Folch solution 10mL 추가
- ④ Rocker 최대로 20분간 RT에서 Incubation하기 (5분마다 Vortex 해주기)
- ⑤ Filter with Filter paper
- ⑥ Filtering 후 남은 용량의 0.2배만큼 0.9% NaCl 추가 후 vortex mix(ex. 20mL 당 4mL)
- ⑦ Centrifuge 2,000 rpm, 10 min at 20°C
- ⑧ Centrifuge 후, 상층액 제거
- ⑨ 50~60°C에서 농축 (농축하기 전 병, 샘플, 농축 후 무게 측정: 추출한 용량 확인)
- ⑩ Hexane : Methanol (1:9) 1mL
- ⑪ 0.45um 필터를 사용해서 불순물 걸러서 e.p tube에 옮기기
- ⑫ 희석(2배)
- ⑬ 응취호르몬 분석



[그림 2-45]. 간(liver) 샘플에서 응취호르몬 분석 과정

[표 2-28] 간(liver)에서 응취호르몬 분석

샘플번호	응취호르몬(mg/kg)		
	Androstenone	Skatole	Indole
398	ND	0.0047	0.0069
399	ND	0.0054	0.0080
400	ND	0.0054	0.0099
401	ND	0.0043	0.0087
402	ND	0.0059	0.0131

12. 소비자 관능평가 및 육질검사

가. 소비자 관능평가

관능검사를 하기 위해서는 우선 평가를 하는 사람의 특성을 확실히 해야 할 필요가 있다. 사람의 감각은 사람마다 다르기 때문에 개인이라도 그때마다 판단이 다른 것은 일반적이다. 즉 인간의 감각을 측정기로 대체하는 관능검사는 기구측정과는 다르고 본질적으로 불균형이 따른다는 것을 전제로 실시하여야 한다. 그리고 연구대상물을 평가하여 객관적인 데이터를 얻기 위해서는 그 목적의 사람을 선발하여 패널(panel : 관능검사를 하기 위해 선발된 사람의 집단)의 선정이 필수적이다. 하지만 현실에서는 「선발」이 아니라 연구자의 지인, 예를 들어 학생 등으로 대체하는 것이 현실이다. 물론 그들로도 충분히 목적을 달성할 수 있다. 하지만 일관성을 가지는 범위에서 조건설정이 필요하게 된다.

(1) 패널선정

(가) 패널선정을 위한 사전 교육 실시

- 이론 중심 교과과정의 단점을 보완하기 위해 산업현장에서 활용할 맞춤형 전문지식 교육
- 이론 중심의 교육과정을 보완하여 식품관련업계 취업 후 현장 적용이 가능한 실무능력 배양
- 전문지식 함양 및 직무 이해를 바탕으로 교육생들의 경쟁력 강화

(나) 패널선정방법

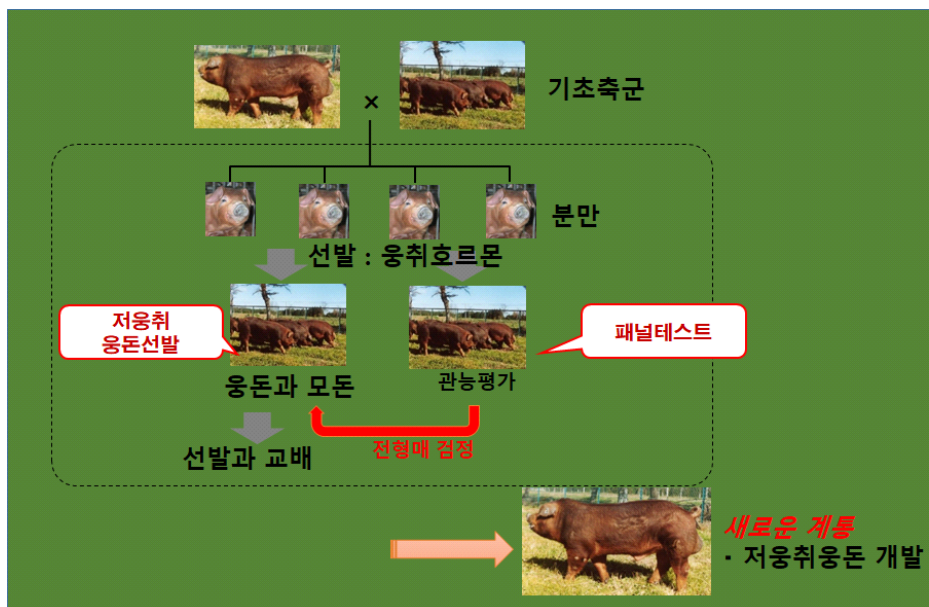
- 1단계: 응취호르몬 유무감지 테스트: 후보자에게 4개의 시료가 들어있는 병을 나열한 후 안드로스테논 용액을 고르게 함. 총 3회 실시해 모두 정답을 맞추면 선정. 4개의 액상 병은 증류수로 채운 3개와 안드로스테논 호르몬을 0.17mg/ml 농도로 희석한 1개의 병으로 구성



○ 2단계: 응취호르몬 농도 감지 테스트; 패널후보자에게 3개의 농도가 다른 안드로스테논 희석 용액을 제시해 가장 응취가 강한 병을 고르게 한다. 안드로스테논 호르몬은 가장 농도가 높은 2mg/l 용액, 가장 낮은 농도 0.1mg/l 용액, 증류수 용액의 3개병이다. 스케톨 호르몬은 가장 농도가 높은 0.5mg/l, 가장 낮은 농도 0.01mg/l, 증류수용액의 3개병이다. 각 호르몬별로 각각 3회씩 테스트해서 가장 농도가 높은 병을 고르면 패널리스트로 선정된다.



○ 응취 관능검사를 위한 시료 준비 : 비거세돈 등심 앞 1/3부위의 지방 부착된 등심을 두께 1.5cm로 잘라낸 후 4℃에서 24시간 보관 한다. 지방 1 cm가 부착된 등심을 두께 1.5cm, 길이 6cm로 4조각을 잘라낸다. 유리튜브(10cm×직경 2cm)에 넣어 180℃에서 10분간 오븐에서 가열한다.



[그림 2-45] 저응취응돈 개발을 위한 검정, 선발 및 교배

○ **웅취호르몬 관능테스트** : 패널리스트에게 시료(등심+지방)를 제공해 먼저 냄새를 감지하게 한 후 풍미를 감지하게 한다. 그 후에 지방을 제거하고 등심근육을 맛보게 한다. 패널리스트는 테스트전에 토스트 빵과 사과를 맛보게 한 후 물로 입을 헹군 후 시료를 맛보게 한다. 5명~10명의 패널리스트에 대해 약 20회 반복한다. 관능평가는 7 단계로 구분된 평가표에 표시

[표 2-29] 웅취 등심의 관능적 특성 7단계 평가[관능평가표]

안드로스테논		스케틀		인들		종합적 선호도 (overall acceptance)	
1	웅취가 없다	1	웅취가 없다	1	웅취가 없다	1	웅취가 없다
2	웅취가 매우약하다	2	웅취가 매우약하다	2	웅취가 매우약하다	2	웅취가 매우약하다
3	웅취가 약하다	3	웅취가 약하다	3	웅취가 약하다	3	웅취가 약하다
4	웅취 냄새가 난다	4	웅취 냄새가 난다	4	웅취 냄새가 난다	4	웅취 냄새가 난다
5	웅취 냄새가 약간 강하다	5	웅취 냄새가 약간 강하다	5	웅취 냄새가 약간 강하다	5	웅취 냄새가 약간 강하다
6	웅취 냄새가 매우 강하다	6	웅취 냄새가 매우 강하다	6	웅취 냄새가 매우 강하다	6	웅취 냄새가 매우 강하다
7	웅취 냄새가 대단히 강하다	7	웅취 냄새가 대단히 강하다	7	웅취 냄새가 대단히 강하다	7	웅취 냄새가 대단히 강하다

(2) 소비자 관능평가 결과

[표 2-30] 웅취호르몬 농도별 분류

Androstenone 농도 ($\mu\text{g/g}$)	분 류
$1.5 \leq \text{농도}$	고농도
$1.0 \leq \text{농도} \leq 1.5$	중농도
$1.0 \geq \text{농도}$	저농도

[표 2-30] 웅취호르몬 농도별 답변 비율

분 류	설문지 답변(%)					
	2	3	4	5	6	7
	웅취냄새가 거의 없음		웅취냄새가 있음		웅취냄새가 매우 강함	
고농도	-	2.60	22.08	51.95	20.78	2.60
중농도	3.41	42.05	23.86	25.00	4.55	1.14
저농도	30.31	46.97	10.61	7.58	4.55	-

- 관능평가에 참가한 패널중 고농도에 옹취냄새가 매우 강하다고 느낀 응답자는 전체 패널중 23.38%이고, 옹취냄새가 있다는 응답자는 2.60%로 조사됨. 고농도 옹취를 감지한다고 응답한 패널은 총 97.4%로 고농도의 경우 대부분의 패널들이 옹취를 감지할 수 있었음. 중농도에서도 옹취를 감지한다고 응답한 패널은 54.55%로 대부분의 패널들이 옹취를 감지하고 있음. 저농도의 경우 참가한 패널중에 77.28%가 옹취가 거의 없거나 감지할 수 없었다고 응답을 하였음.
- 관능평가 결과를 종합하면, 전체 응답자중 중농도 이상을 감지할 수 있다고 응답한 패널은 54.55%이상이고, 고농도의 경우 응답한 패널중 97.41%가 옹취호르몬을 감지할 수 있다고 응답 하였으므로, 저옹취 옹돈을 개발의 목표를 안드로스테논 농도 $1\mu\text{g/g}$ 이하로 하고 육종계획을 수립하고자 함. 또한 향후 스케톨함량에 따른 다양한 샘플을 확보하여 관능평가를 진행할 계획임.

나. 옹취호르몬별 육질검사

(1) 시료 및 분석방법

(가) 공시재료

비거세 돼지고기 26두에 대한 시료를 채취하였고 모든 실험에는 돈육 등심 부위를 사용하였다. 본 실험은 옹취 차이에 따른 육질 특성을 알아보기 위해 옹취호르몬 농도에 따라 분류된 저농도, 중농도, 고농도의 돈육 품질 특성을 비교 분석하였다.

[표 2-31] 돈육의 시료 정보

구분	Androstenone(mg/kg)	두수
저농도	0.64~0.69	9두
중농도	0.72~0.96	7두
고농도	1.01~1.69	10두
합계		26두

(나) 육색

육색은 흑백 교정판에 의해 교정된 Colorimeter(CR-410, Minolta Co., Ltd., Japan)를 사용하여 절단된 시료의 표면에서 측정하였다. 명도(L*), 적색도(a*), 황색도(b*)를 CIE(Commission Internationale de Leclairage)로 측정하여 Spectra Magic Software(Minolta Co., Ltd., Japan)로 분석하였다. 각 시료는 3회 반복 측정하여 평균값으로 표시하였다.

(다) 일반성분

일반성분 분석은 AOAC(1995)법에 따랐으며, 수분함량은 oven 건조법에 따라서, 지방은 Folch et al.(1957) 법을 일부 변형하였고, 조단백질은 자동 Kjeldahi 장치(Buchi, K-370, Switzerland)를 이용하였으며, 조회분은 회화로(FPX-14, HANIL, Korea) 에서 550℃로 5시간 동안 회화시킨 후 그 함량을 측정하여 백분율(%)로 나타내었다.

(라) pH, 보수력

pH 측정은 시료 2 g을 증류수 18 mL와 함께 균질기로(Polytron PT 10-35 GT, Kinematica AG, Luzern, Switzerland)로 11,000 rpm에서 1분간 균질 후 Whatman No. 4 여과지로 여과하여 각 시료의 여과액을 실온에서 pH meter (Seven Excellence™, METTLER TOLEDO, Switzerland)로 측정하였다. 보수력은 분쇄한 시료 5 g을 세공이 있는 필터가 포함된 50 mL 튜브 안에 넣고 원심분리기(Combi-514R, HANIL, Korea)로 1,000 rpm에서 10분간 5℃로 설정하여 원심분리 후 시료의 무게를 측정하여 $[(\text{총 시료의 중량(g)} - \text{유리수분의 중량(g)}) / \text{총 시료의 중량(g)} \times 100]$ 계산식에 의해 값을 산출하였다. 가열감량은 시료의 중심온도가 75℃가 되도록 가열하여 가열 전후 무게 차이를 백분율(%)로 나타냈다.

(마) 전단력

등심 시료를 이용하여 30×50×10 mm 크기로 절단하고 시료의 심부온도 75℃가 되도록 가열하여 10×20×10 mm(가로×세로×높이)의 크기로 절단하여, texture analyzer(TA 1, LLOYD instruments, UK)에 Warner-Bratzler blade를 장착하여 시료의 근육질이 blade에 직각이 되게 한 상태에서 전단력(단위는 kgf)을 측정하였으며, 기기 조건은 pre-test speed는 2.0 mm/s, test speed는 2.0 mm/s, post-test speed는 5.0 mm/s로 실시하였다.

(바) 지방산 조성

Fatty acid methyl esters 분리를 위해 시료 1 g에 0.7 mL의 10 N KOH와 6.3 mL의 methanol을 섞어서 물의 온도가 55℃인 항온 수조에 넣은 후 가열시켰다. 1시간 30분 동안 가열하면서, 30분에 한 번씩 강하게 흔들어서 섞어준 다음, 미리 준비된 찬물에 1~2분간 냉각 후 0.58 mL의 24 N H₂SO₄를 넣었다. 그 후 다시 55℃의 항온 수조에서 1시간 30분 동안 가열하면서, 30분마다 한 번씩 강하게 흔들어서 주었다. 가열이 끝나면 준비된 찬물에 냉각 후 hexane을 3 mL를 첨가하여 5분간 3,000 rpm에서 원심분리(HANIL Combi-514R, Incheon, Korea)하였다. Pasteur pipette을 이용하여 vial에 담은 후, gas chromatograph-flame ionization detector(Agilent 7890, Wilmington, USA)를 사용하여 지방산 분석을 다음과 같은 조건으로 실험하였다. Injector는 split ratio를 25:1로 한 split mode로서 온도를 250℃로 하였고, detector는 flame ionization detector(FID)로써 온도는 250℃이었다. Carrier gas로는 고순도 air, 고순도 H₂, 고순도 He을 사용하였으며, flow rate는 H₂는 40 mL/min, air는 400 mL/min으로 하였다. 분석을 위한 column은 HP-88 column(60 m × 250 μm × 0.2 mm, Agilent Co., USA)을 사용하였다.

(사) 관능평가

관능검사는 등지방이 포함된 배최장근을 시료로 하여 동일한 조리 조건에서 심부온도가 75 °C가 되도록 가열한 뒤 시료의 일정량을 관능 평가자에게 제시하였다. 시료의 평가는 거세돈을 5점 기준으로 하여 9점 척도법을 이용하였으며 육수 응취(1점= 매우 약하다, 9점 = 매우 강하다), 육수 풍미 선호도(1점 = 매우 나쁘다, 9점 = 매우 좋다), 고기 응취(1점 = 매우 약하다, 9점 = 매우 강하다), 고기 풍미 선호도(1점 = 매우 나쁘다, 9점 매우 좋다)로 표기하였다.

(2) 육질특성 비교분석 결과

(가) 육색

육색은 소비자들이 식육을 구매하는 데 있어 매우 중요한 척도이다. 육색에 영향을 미치는 근육 내 요인은 사후 해당작용, 근내지방 함량, 마이오글로빈 함량, 육색소의 산화 상태 등이 있으며, 일반적으로 소비자들은 적정 범위의 명도(L*)와 적색도(a*)를 지닌 근육과 황색보다는 부드러운 백색의 지방을 선호하는 것으로 알려져 있다.

처리구간의 육색을 비교해본 결과(표 2-32), 응취 호르몬 농도에 따른 처리구간의 육색 차이는 없는 것으로 나타났다.

[표 2-32] 돈육의 육색 비교

구분	명도 L*	적색도 a*	황색도 b*
저농도	56.43	15.81	6.10
중농도	56.10	16.81	6.70
고농도	53.10	16.83	5.78
SEM ¹	1.22	0.36	0.47

¹SEM: standard error of the means.

(나) 일반성분

수분함량은 고기 내에 존재하는 고정수 및 유리수의 함량을 의미하는 것으로, 이들 수분함량은 고기 내의 단백질과 물 분자들과의 전기적 결합 정도에 따라 고기의 보수력 및 고기를 씹을 때의 다즙성 등과 밀접한 관계를 지닌다. 지방은 탄수화물, 단백질 등과 함께 식품의 주요 영양성분의 하나이며, 식품에 특유의 풍부한 향미와 조직감을 부여한다. 처리구간의 육색을 비교해본 결과(표 2-33), 응취 호르몬 농도에 따른 처리구간의 일반성분 함량 차이는 없는 것으로 나타났다.

[표 2-33] 돈육의 일반성분 비교

구분	Moisture (%)	Crude protein (%)	Fat (%)	Crude ash (%)
저농도	75.38	23.65	1.64	1.14
중농도	74.88	24.44	2.02	1.13
고농도	75.22	23.8	1.81	1.11
SEM ¹	0.16	0.19	0.14	0.01

¹SEM: standard error of the means.

(다) pH, 보수력, 가열감량, 전단력

pH는 육색, 보수력과 같은 육질 특성과 높은 상관관계가 있는 것으로 알려져 있으며, 보수력의 경우 수치가 높을수록 신선육 저장 상태에서 육질 특성이 우수한 것으로 평가된다. 일반적으로 식육의 pH는 보수력과 연관이 있으며 pH가 높을수록 보수력이 높고, pH는 절식, 스트레스 등과 같은 도축 전 요인과 도축 후 냉각실 온도 등에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Henckel et al., 2002).

가열감량은 가열단계에서 육즙(meat drip)이 방출되는 정도를 의미하는 것이므로 보수력과는 반대로 수치가 낮을수록 바람직한 육질 특성으로 간주한다. 식육의 연도는 수분과 지방의 양, 결체조직의 양과 화학적 상태, actomyosin 형성 여부 등의 복합적 효과에 의해 변할 수 있으며 근질의 길이와도 관계가 있으나 무엇보다도 수분의 양과 관련된 보수력과 밀접한 연관을 갖는다. 옹취 호르몬 농도에 따른 처리구간의 pH, 보수력, 가열감량 및 전단력 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다.

[표 2-34] 돈육의 품질특성 비교

구분	pH	WHC (%)	Cooking loss (%)	Shear force (kgf)
저농도	5.56	69.67	24.08	4.92
중농도	5.57	69.50	22.30	5.79
고농도	5.75	73.73	20.83	4.93
SEM ¹	0.11	2.04	1.03	0.55

¹SEM: standard error of the means.

(라) 지방산 조성

개별 지방산은 고기의 맛뿐만 아니라, 조리 중 열에 의한 지방 분해나 휘발성 물질을 만듦으로써 풍미 형성에 중요한 역할을 한다. 또한, 지방산은 식육의 색과 경도 및 저장성 등에 영향을 미치며, 포화지방산의 과도한 섭취는 심장질환의 원인이 되는 것으로 알려져 있다. 돈육의 지방산 조성을 비교해본 결과(표 4), 포화지방산의 주요 지방산은 palmitic acid와 stearic acid로 나타났으며, palmitic acid는 저농도, 중농도에서 고농도보다 유의적으로 높은 함량을 나타냈다. 식육에 가장 풍부한 단일불포화지방산으로 차별적으로 식육의 풍미에 큰 영향을 미치는

것으로 알려진 oleic acid는 평균 약 37~39%의 함량을 나타냈고, 처리구간 유의적인 차이는 없었다. Cameron & Enser(1991)는 단일불포화지방산 농도가 높고 다가불포화지방산 농도가 낮을수록 식육의 맛에 긍정적인 영향을 미친다고 보고하였다. 또한, 다가불포화지방산중 linoleic acid(18:2)는 품종보다는 사료 종류에 영향을 받고 그 농도가 높을수록 식육의 풍미에 부정적인 영향을 미친다는 연구 결과가 있었다(Hansen et al., 2006; Alonso et al., 2008). 본 연구에서는 저농도, 중농도에 비해 고농도 처리구에서 단일불포화 지방산이 낮고, 다가불포화지방산이 높으며 linoleic acid(18:2)의 농도가 높아 식육의 풍미에 부정적인 영향을 미칠 것으로 사료된다. 지방산 함량은 품종 및 부위별로 미세한 차이가 있으며 품종보다는 사양관리시 사료 성분에 의한 함량 차이가 있다고 알려져 있고, 단위동물의 경우 근육 내 지방산 조성은 식이를 통해 바꿀 수 있다고 보고되어 있다.

[표 2-35] 돈육의 지방산 조성 비교

지방산	저농도	중농도	고농도	SEM ¹
10:0	0.11	0.11	0.09	0.00
12:0	0.10	0.10	0.10	0.00
14:0	1.29	1.36	1.26	0.06
16:0	21.37	21.74	21.15	0.40
16:1	2.75 ^a	2.84 ^a	2.35 ^b	0.13
18:0	11.15	10.78	11.43	0.26
18:1	38.81	39.94	37.93	0.87
18:2	14.90	14.21	15.85	0.66
18:3	0.58	0.63	0.62	0.02
20:2	0.36	0.37	0.41	0.02
20:3	0.47	0.43	0.47	0.03
20:4	3.45	3.26	3.58	0.3
20:5	0.11	0.1	0.11	0.01
22:6	0.1	0.11	0.1	0.02
24:1	0.6	0.52	0.59	0.05
SFA	34.01	34.08	34.02	0.64
UFA	62.12	62.39	62.00	0.5
MUFA	42.15	43.30	40.86	0.95
PUFA	19.97	19.09	21.14	1.01
UFA/SFA	1.83	1.84	1.83	0.04
n-6/n-3	14.84	14.11	15.21	0.45

¹SEM: standard error of the means.

^{a-b}Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

(마) 관능평가

관능평가에서 풍미(향)는 혀에서 느끼는 맛과 코에서 느끼는 냄새의 자극이 종합되어 느껴지는 감각으로 평가된다. 돈육의 2회에 걸쳐 진행한 관능평가(본 실험에 참여한 관능평가 요원의 주관적 평가임을 밝힘)를 비교해본 결과(표 5-1~3), 고농도와 중농도의 차이는 미비했지만, 저농도에서는 확실한 차이가 있음을 알 수 있었다. 고농도에서 저농도 처리구 보다 육수의 응취는 강하고 육수의 풍미 선호도는 낮으며, 고기의 응취는 강하고 고기의 풍미선호도는 나쁨을 나타냈다($p<0.05$). 이러한 결과는 제한된 평가요원에 의한 결과이므로 추가 소비자 조사가 필요하며, 이에 대한 직접적인 원인 (유리아미노산, 핵산 등의 풍미물질 등)에 대해 좀 더 구체적인 추가 실험연구가 필요할 것으로 판단된다.

[표 2-36] 돈육의 관능평가 비교(1차)

1차	육수 응취	육수 풍미 선호도	고기 응취	고기 풍미 선호도
저농도	5.04 ^b	4.65 ^a	5.36	4.62 ^a
중농도	5.34 ^{ab}	4.21 ^b	5.65	4.47 ^{ab}
고농도	5.51 ^a	4.19 ^b	5.65	4.20 ^b
SEM ¹	0.15	0.12	0.11	0.11

¹SEM: standard error of the means.

^{a-b}Figures with different letters within the same row differ significantly ($p<0.05$).

* 응취 : 1점 매우 약하다 ~ 5점 (대조구) ~ 9점 매우 강하다

* 풍미 선호도: 1점 매우 나쁘다 ~ 5점 (대조구) ~ 9점 매우 좋다

[표 2-37] 돈육의 관능평가 비교(2차)

1차	육수 응취	육수 풍미 선호도	고기 응취	고기 풍미 선호도
저농도	5.53 ^b	4.46 ^a	5.46 ^b	4.56 ^a
중농도	5.59 ^{ab}	4.37 ^a	5.49 ^b	4.47 ^a
고농도	5.78 ^a	4.13 ^b	5.73 ^a	4.20 ^b
SEM ¹	0.07	0.07	0.07	0.07

¹SEM: standard error of the means.

^{a-b}Figures with different letters within the same row differ significantly ($p<0.05$).

* 응취 : 1점 매우 약하다 ~ 5점 (대조구) ~ 9점 매우 강하다

* 풍미 선호도: 1점 매우 나쁘다 ~ 5점 (대조구) ~ 9점 매우 좋다

[표 2-39] 돈육의 관능평가 비교(3차)

1차	육수 응취	육수 풍미 선호도	고기 응취	고기 풍미 선호도
저농도	5.30 ^b	4.55 ^a	5.41 ^b	4.59 ^a
중농도	5.48 ^{ab}	4.30 ^b	5.56 ^{ab}	4.47 ^a
고농도	5.65 ^a	4.16 ^b	5.69 ^a	4.20 ^b
SEM ¹	0.08	0.07	0.06	0.06

¹SEM: standard error of the means.

^{a-b}Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

* 응취 : 1점 매우 약하다 ~ 5점 (대조구) ~ 9점 매우 강하다

* 풍미 선호도: 1점 매우 나쁘다 ~ 5점 (대조구) ~ 9점 매우 좋다



[관능 평가 준비]



[관능 평가 준비]



[육수 및 고기 관능 평가]

[그림 2-46] 응취호르몬 농도별 관능평가

(바) 응취호르몬과 관능특성과의 상관지수(R)

다음은 응취 호르몬인 안드로스테논, 인돌, 스카톨과 돼지고기의 관능적 특성 간의 상관지수를 분석하여 나타내었다. 1차 관능 평가에서는 육수 및 고기 섭취 시 느끼는 응취와 돼지고기의 안드로스테논, 인돌, 스카톨은 정(+)의 상관관계를 나타냈다. 육수 및 고기 풍미 선호도에서는 부(-)의 상관관계를 나타내었다. 2차 관능 평가에서는 1차와 마찬가지로 육수와 고기에서 느끼는 응취와 응취호르몬 간에 정(+)의 상관관계를 나타내었고, 육수 및 고기 풍미 선호도에서도 유의적으로 부(-)의 상관관계를 나타내었다. 관능 평가 1차, 2차를 종합하여 분석한 결과(표 8), 스카톨은 육수 응취($r=0.61$), 육수 풍미 선호도($r=-0.72$), 고기응취($r=0.67$), 고기 풍미 선호도($r=-0.81$) 간에 상관관계가 높음을 알 수 있었다.

[표 2-40] 1차 돈육의 옹취호르몬과 관능평가과의 상관지수(correlation coefficients)

구분	Androstenone	Indole	Skatole
육수 옹취	0.20633	0.4895*	0.50266*
육수 풍미 선호도	-0.34889	-0.48572*	-0.4965*
고기 옹취	0.39702*	0.48857*	0.49567*
고기 풍미 선호도	-0.48796*	-0.79349**	-0.7981**

**significant<0.01, *significant<0.05

[표 2-41] 2차 돈육의 옹취호르몬과 관능평가과의 상관지수(correlation coefficients)

구분	Androstenone	Indole	Skatole
육수 옹취	0.51871**	0.62508**	0.62808**
육수 풍미 선호도	-0.62914**	-0.70623**	-0.70928**
고기 옹취	0.43385*	0.63174**	0.63901**
고기 풍미 선호도	-0.51927**	-0.61913**	-0.62888**

**significant<0.01, *significant<0.05

[표 2-42] 3차 돈육의 옹취호르몬과 관능평가과의 상관지수(correlation coefficients)

구분	Androstenone	Indole	Skatole
육수 옹취	0.3444	0.6069**	0.61743**
육수 풍미 선호도	-0.58474**	-0.70819**	-0.72094**
고기 옹취	0.51099**	0.66387**	0.67459**
고기 풍미 선호도	-0.57656**	-0.80643**	-0.81641**

**significant<0.01, *significant<0.05

관능검사

Date: _____ Name: _____

*대조구 점수는 5점입니다/ control score : 5

1. 육수 (soup) - 응취(수태지 냄새) Boar taint(odor)



2. 육수 (soup) - 풍미 선호도 Flavor preference



3. 고기(meat) - 응취(수태지 냄새) Boar taint(odor)



4. 고기(meat) - 종합적 선호도(OVERALL PREFERENCE)



[그림 2-47] 관능평가 양식

13. 저응취 종돈의 가치 추정

가. 가상가치법을 이용한 저응취 종돈 소비자 조사

(1) 조사 개요

(가) 설문조사 개요

- 대한민국 거주 국민들을 대상으로 설문조사(Survey)를 시행함. 설문대상의 표본추출방식은 무작위표본추출 방식을 채택하였음[표 2-43].
- 본 설문조사를 수행하기에 앞서, 설문조사자로 하여금 설문 내용에 대한 사전 교육을 하였음. 설문조사 기간은 2021년 8월 15일부터 8월 18일까지 4일 동안 시행되었으며, 불성실한 응답과 모호한 응답을 제외한 500부가 최종분석에 사용되었음.
- 설문내용은 표본의 일반적인 특성을 살펴보기 위한 인구통계학적 특성문항(성별, 연령, 가구원수 등)과 돼지고기 소비 패턴 및 동물복지형 저응취 종돈 육성 및 보전을 위한 세금 지불의사로 구성함. 설문조사 결과 분석방법은 빈도분석을 시행하였음.

[표 2-43] 설문조사 개요

구 분	내 용
조사기간	2021년 08월 15일 ~ 2021년 08월 18일
조사방법	온라인 조사
조사대상	대한민국 거주 돼지고기 소비자
조사내용	1. 인적 사항 2. 돼지고기 소비 패턴 3. 세금 지불의사

(나) 가상가치평가법

- 본 연구에서 거세하지 않는 저응취 종돈 개발의 경제적 가치를 측정하기 위해 사용한 도구는 가상가치평가법(CVM)임. 가상가치평가법(CVM; Contingent Valuation Method)은 새로운 재화에 대한 최대지불의사금액(Willingness To Pay, WTP)을 응답받아 존재하지 않는 가상의 재화에 대한 가치를 평가하는 방법임.
- 가상가치평가법은 비시장재에 대한 가치평가 방법 중 비이용가치를 추정할 수 있는 장점을 가짐. 이러한 장점으로 가상가치평가법은 각국의 정부기관과 공공기관에서 환경, 교통, 건강, 예술, 교육 등의 여러 분야에서 이용되고 있음. 또한, 가상가치평가법의 적용시 개방형 질문의 예비조사를 먼저 실시하여 현실적인 가상의 시장 상황을 우선적으로 설정하여 전략적 편의(Strategic bias)를 줄였음. 이후 본 설문조사에서 이선선택형(Dichotomous Choice) 질문 기법을 사용하여 응답자의 출발점 편의(Starting bias)를 제거하였음(Freeman, 2014).

- 본 연구에서는 가치 추정 대상재를 저용취 종돈으로 설정하고 지불 수단은 세금으로 하였음. 그리고 가상의 상황은 동물복지형 저용취 종돈개발을 위하여 일년에 얼마 정도의 세금을 지불할 수 있는지를 “예”, “아니요”의 양분선택으로 측정함. CVM 설문에 제시되는 세금을 결정하기 위하여 2021년 8월 대한민국 거주 소비자 64명에 대한 예비조사를 실시함. 예비조사에서 개방형 질문으로 응답받은 지불의사금액을 토대로 제시금액을 설정함.
- 예비조사에서 소비자로부터 제안받은 세금 지불 의사 금액 결과는 다음과 같음<표4-2>.
 - ☞ 종돈 품종의 육성 및 보전을 목적으로 세금지불의사 금액을 묻는 질문에 100원, 1,000원, 10,000원의 응답 비율이 높았음. 0의 값을 포함한 평균은 6,272원이며, 0의 값을 제외한 평균값은 11,469원임. 0과 50,000원 이상 응답값을 제외한 평균은 4,884원임. 예비조사 결과를 토대로 평균 제시금액이 5,000원이 되는 1,000원, 3,000원, 5,000원, 7,000원, 9,000원의 제시금액을 결정함.

[표 2-44] 예비조사 결과

종돈 개량 및 보전을 위한 세금 지불의사금액	빈도
0	29
100	6
300	1
500	5
1,000	5
3,000	1
5,000	4
10,000	6
15,000	2
30,000	1
50,000	3
100,000	1
총합계	64

(다) 선택형실험법

- 선택형실험법(Choice Experiment, CE)은 재화의 다양한 속성과 각 속성별 수준의 조합으로 구성되는 가상의 재화들의 선택안을 제시하여 개별 속성들과 가격 속성 간의 상충관계(trade-off)를 이용하여 속성별 가치를 추정하는 방법임.
- 본 연구에서는 비거세 돼지고기와 일반 거세 돼지고기의 소비자의 선호도 차이를 속성으로서 선택형 실험법에 의한 지불의사금액 차이를 분석하여 파악하고자 함. 선택형 실험법의 설문 설계를 위해 패키지인 stata 14.0의 dcreate command를 사용하였으며, 총 90개의 선택안을 구성하고, 최종 4,500 관측치로 분석함. 전국민 500명을 대상으로 설문조사를 실시하고, 각 응답자는 3개의 선택안 질문에 대해 응답을 받음. 돼지고기 포장육으로 시중에 유통되는 다양한 형태를 조사하여 속성을 결정하였음[표4-45].

[표 2-45] 속성 및 수준

속성	수준
비거세 여부	비거세 돼지고기 거세(일반) 돼지고기
크기	500g, 1kg, 1.5kg
원산지	국내산, 수입산
신선도	냉장, 냉동
kg당 가격	3,000원 5,000원 7,000원 9,000원

(2) 설문조사 결과

(가) 응답자의 사회경제적 특성

○ 응답자 인적사항은 다음과 같음[표4-46, 47].

[표 2-46] 응답자 인적사항(1)

구 분	응답자(명)	비율(%)	
성 별	남성	257	51.4
	여성	243	48.6
연령대	만 20~29세	111	22.2
	만 30~39세	110	22.0
	만 40~49세	137	27.4
	만 50~59세	142	28.4
가구원수	1명	46	9.2
	2명	77	15.4
	3명	132	26.4
	4명	199	39.8
	5명 이상	46	9.2
직업	직장인	314	62.8
	프리랜서	32	6.4
	자영업	36	7.2
	학생	37	7.4
	주부	49	9.8
	기타	32	6.4
월평균 가계수입	200만원 미만	35	7.0
	200만원~399만원	129	25.8
	400만원~599만원	171	34.2
	600만원~799만원	88	17.6
	800만원~999만원	48	9.6
	1,000만원 이상	29	5.8
합 계	500	100	

[표 2-47] 응답자 인적사항(2)

구 분		응답자(명)	비율(%)
거주지역	서울특별시	96	19.2
	부산광역시	30	6.0
	대구광역시	22	4.4
	인천광역시	28	5.6
	광주광역시	15	3.0
	대전광역시	16	3.2
	울산광역시	12	2.4
	경기도	136	27.2
	강원도	13	2.6
	충청북도	14	2.8
	충청남도	20	4.0
	전라북도	16	3.2
	전라남도	15	3.0
	경상북도	24	4.8
	경상남도	31	6.2
	제주도	8	1.6
	세종특별시	4	0.8
	합 계	500	100

○ 총 500명을 대상으로 설문지에 응답한 대한민국 소비자의 성별은 ‘남성’이 전체 응답자의 51.4%인 257명이며, ‘여성’이 48.6%인 243명임[표 4-48]

[표 2-48] 응답자 성별

구분	응답자(명)	비율(%)
남성	257	51.4
여성	243	48.6
합계	500	100.0

- 연령별 분포를 살펴보면 ‘만50~59세’가 전체 응답자의 28.4%인 142명으로 가장 많았음. 다음으로 ‘만40~49세’는 전체의 27.4%인 137명으로 조사됨. 또한, ‘만20~29세’와 ‘만30~39세’는 111명과 110명으로 조사됨. 따라서 응답자 연령은 고루 분포된 것으로 나타남[표 2-49].

[표 2-49] 응답자 연령

구분	응답자(명)	비율(%)
만20~29세	111	22.2
만30~39세	110	22.0
만40~49세	137	27.4
만50~59세	142	28.4
합계	500	100.0

- 응답자 가구원수 분석 결과 ‘4명’이 전체 응답자의 39.8%인 199명으로 가장 많았음. 두 번째는 ‘3명’이 전체의 26.4%인 132명임[표 2-50].

[표 2-50] 응답자 가구원수

구분	응답자(명)	비율(%)
1명	46	9.2
2명	77	15.4
3명	132	26.4
4명	199	39.8
5명이상	46	9.2
합계	500	100.0

- 직업을 살펴보면 ‘직장인’인 설문자는 전체의 62.8%인 314명으로 가장 많았음[표 2-51]. 그 다음으로 ‘주부’인 소비자는 전체의 9.8%인 49명으로 조사됨.

[표 2-51] 응답자 직업

구분	응답자(명)	비율(%)
직장인	314	62.8
프리랜서	32	6.4
자영업	36	7.2
학생	37	7.4
주부	49	9.8
기타	32	6.4
합계	500	100.0

- 월평균 가계수입을 분석해 보면 ‘400만원~600만원 미만’이 전체의 34.2%인 171명으로 가장 많았음[표 2-52] 두 번째로 ‘200만원~400만원 미만’은 전체의 25.8%인 129명으로 조사되었음.

[표 2-52] 응답자 월평균 가계수입

구분	응답자(명)	비율(%)
200만원 미만	35	7.0
200만원~400만원 미만	129	25.8
400만원~600만원 미만	171	34.2
600만원~800만원 미만	88	17.6
800만원~1,000만원 미만	48	9.6
1,000만원 이상	29	5.8
합계	500	100.0

- 거주지역을 살펴보면 ‘경기도’에 거주하는 토종답 소비자는 전체의 27.2%인 136명으로 가장 많았음[표 2-53]. 그 다음으로 ‘서울특별시’에 거주하는 소비자는 전체의 19.2%인 96명으로 나타났음.

[표 2-53] 응답자 거주지역

구분	응답자(명)	비율(%)
서울특별시	96	19.2
부산광역시	30	6.0
대구광역시	22	4.4
인천광역시	28	5.6
광주광역시	15	3.0
대전광역시	16	3.2
울산광역시	12	2.4
경기도	136	27.2
강원도	13	2.6
충청북도	14	2.8
충청남도	20	4.0
전라북도	16	3.2
전라남도	15	3.0
경상북도	24	4.8
경상남도	31	6.2
제주도	8	1.6
세종특별시	4	0.8
합계	500	100.0

(나) 응답자내용연구결과

- 대한민국 거주 소비자 총 500명을 대상으로 선호 고기 조사 결과, ‘돼지고기’라고 응답한 소비자는 전체의 53.6%인 268명으로 가장 많이 조사됨[표 2-54]. 반면에, ‘쇠고기’라고 응답한 응답자는 31.0%인 155명으로 조사됨. 기타 응답으로는 ‘오리고기’, ‘무관함’ 등이 있었음.

[표 2-54] 응답자 선호 고기

구분	응답자(명)	비율(%)
쇠고기	155	31.0
돼지고기	268	53.6
닭고기	72	14.4
기타	5	1.0
합계	500	100.0

- 총 500명을 대상으로 선호하는 돼지고기의 생산지를 질문한 결과, ‘국내산’이라고 응답한 소비자는 전체의 94.6%인 473명으로 가장 많이 조사됨[표 2-55]. 반면에 ‘기타 수입산’이라고 대답한 응답자는 12명으로 전체의 2.4%임.

[표 2-55] 응답자 선호 돼지고기 생산지

구분	응답자(명)	비율(%)
국내산	473	94.6
미국산	10	2.0
독일산	3	0.6
스페인산	2	0.4
기타 수입산	12	2.4
합계	500	100.0

[표 2-56] 응답자 돼지고기 구매시 고려 사항

구분	응답자(명)	비율(%)
원산지(국내산, 수입산)	234	46.8
인증여부(동물복지, 무항생제등)	20	4.0
브랜드	7	1.4
신선도(신선냉장, 냉동)	178	35.6
가격	59	11.8
기타	2	0.4
합계	500	100.0

- 돼지고기 구매시 가장 중요하게 고려하는 사항을 분석한 결과, ‘원산지’라고 응답한 소비자는 전체의 46.8%인 234명으로 가장 많았음[표 2-56]. 다음으로 ‘신선도(신선냉장, 냉동)’라고 대답한 응답자는 전체의 35.6%인 178명으로 조사됨.
- 선호하는 돼지고기 조리 형태를 분석한 결과, ‘구이(삼겹살, 목살 등)’라고 대답한 응답자는 전체의 80.8%인 404명으로 가장 많았음[표 2-57]. 두 번째로 ‘수육/보쌈’이라고 응답한 소비자는 전체의 9.0%인 45명으로 나타남.

[표 2-57] 응답자 선호 돼지고기 조리 형태

구분	응답자(명)	비율(%)
구이(삼겹살, 목살 등)	404	80.8
스테이크/돈가스	15	3.0
불고기/주물럭	27	5.4
수육/보쌈	45	9.0
조림/볶음	9	1.8
기타	0	0.0
합계	500	100.0

(다) 가상가치 추정 결과

- 저용취 종돈 개발의 경제적 가치를 추정을 위해서 예비 조사 결과를 토대로 평균이 5,000원이 되는 1,000원, 3,000원, 5,000원, 7,000원, 9,000원의 제시 금액을 결정함. 대한민국 거주 소비자에게 총 다섯 단계의 제시 금액을 무작위로 제시하여 수용 혹은 거부의 응답을 수집하여 확률 효율 이론에 의거한 저용취 종돈의 공공적 가치를 추정함. 그리고 가상의 상황은 동물복지형 저용취 종돈개발을 위하여 일년에 얼마 정도의 세금을 지불할 수 있는지를 “예”, “아니요”의 양분선택으로 측정함. 설문지에 제시된 단일경계 이선선택형 설문 문항은 다음과 같음[그림 2-48].

(II) 거세하지 않는 돼지 육종을 위한 기부금 지불의사

정부에서는 동물복지형 거세하지 않는 저용취 종돈 개발을 위해서 많은 노력을 하고 있으며, 이를 위해 상당한 금액의 예산이 필요합니다. 저용취 종돈 개발을 위한 예산을 세금으로 충당해야 할 수 있으며, 이 재원을 마련하기 위해서 귀 가구가 매년 납부하는 세금의 추가 인상이 필요할 수도 있습니다. 만약 많은 시민이 추가적인 세금을 납부하지 않는다면, 정부의 동물복지형 종돈 개발이 어려울 수 있습니다.

문7. 귀하의 가구는 사전 예비 조사를 통해 **확정된 「거세하지 않는 동물복지형 저용취 종돈 개발」**을 목적으로 매년 **7,000원**의 세금을 추가로 지불할 의사가 있으십니까?

① 있다. ② 없다.

[그림 2-48] 단일경계 이선선택형 설문 문항

- 제시금액별 “예” 응답비율은 다음과 같음[표 2-58]. 비거세 저용취 종돈 개량을 위해 가구당 매년 1,000원에서 9,000원까지의 제시된 세금을 지불할 의사가 있는지 묻는 질문에 평균 46.4%의 응답자가 지불할 의사가 있다고 응답함. 제시금액이 1,000원일 때, 65%의 응답자가 제시금액이 9,000원일 때, 37%의 응답자가 세금을 지불할 의사가 있다고 응답함. 제시금액이 커질수록 “예” 응답율이 낮아짐.

[표 2-58] 제시금액별 “예” 응답 비율

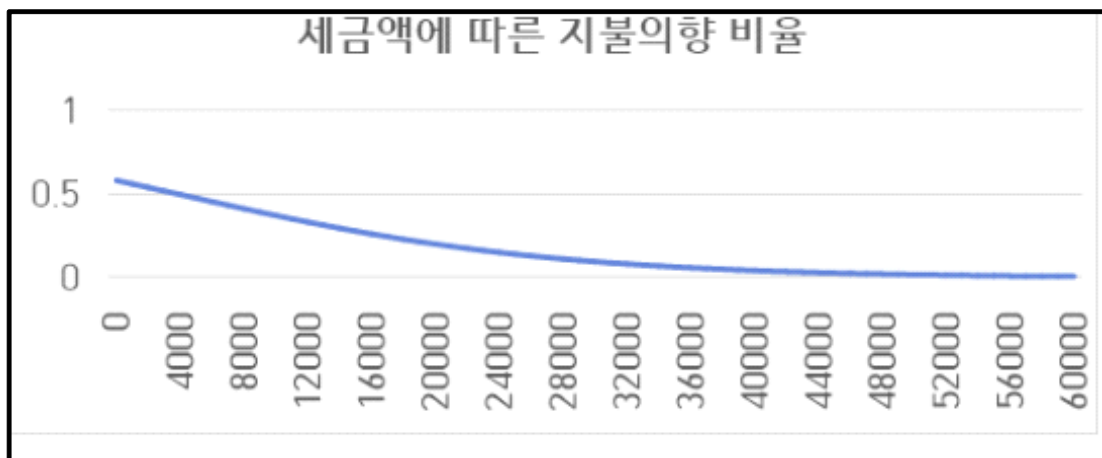
제시금액(원)	평균(%)
1,000	65
3,000	48
5,000	45
7,000	37
9,000	37

- 지불의향의 probit 분석 결과는 다음과 같음[표 2-59]. 지불의향은 제시금액의 유의성 있는 부의 영향을 받음.

[표 2-59] probit 분석 결과

변수	추정계수	표준오차
제시금액	-0.000086***	0.00002
상수	0.3356	0.1153

*** if p-value < 0.01



[그림 2-49] probit 분석 결과

- 저용취 중돈 개량 가구당 세금 지불의사금액은 다음과 같음[표 2-60]. 모형의 추정결과에 따라, 대한민국 한 가구가 저용취 중돈 개량을 위하여 매년 기꺼이 지불할 수 있는 금액은 약 3,920원으로 추정됨.

[표 2-60] 저용취 중돈 개량 가구당 세금 지불의사금액(원/ 가구)

구분	평균
Wtpoverall mean	3,920

- 저용취 중돈 개량의 우리나라 총 가치는 다음과 같음[표 2-61]. 2020년 기준 우리나라의 가구수는 총 21,484,785세대이기 때문에 저용취 중돈 개량의 경제적 가치는 연간 842억 원 정도임을 의미함.

[표 2-61] 저용취 중돈 개량 우리나라 총 가치(원)

구분	평균
2020년 가구수	21,484,785
Wtpoverall mean	84,220,357,200

라. 선택형실험 결과

- 설문 조사 결과를 바탕으로 최대우도법을 이용하여 조건부 logit 모형을 추정하였음. 조건부 logit 모형의 추정결과는 다음과 같음[표 2-62].
- 조건부 logit 모형의 추정 결과 모든 변수가 1% 유의수준에서 통계적으로 유의성을 가지는 것으로 분석됨.
- 속성별 선호 크기를 비교하면 아래와 같음.
 - ☞ 거세 > 비거세
 - ☞ 1kg > 1.5kg > 500g
 - ☞ 국내산 > 수입산
 - ☞ 냉장 > 냉동

[표 2-62] 조건부 logit 분석 결과

변수	추정계수	표준오차
제시금액	-0.000058****	0.0000049
(base: 비거세)		
거세	0.541****	0.064
(base: 500g)		
1kg	0.437****	0.076
1.5kg	0.395****	0.080
(base: 국내산)		
수입산	-1.049****	0.067
(base: 냉장)		
냉동	-0.368****	0.063

*** if p-value < 0.01

○ 추정계수를 이용하여 한계지불의사금액을 추정한 결과값은 다음과 같음[표 2-63].

- 거세(일반) 및 비거세 돼지고기의 평균 가격은 17,154원/kg임.
- 비거세 돼지고기는 거세(일반) 돼지고기보다 9,287원/kg 저렴함.
- 1kg 포장육 가격은 500g 포장육 가격보다 kg당 7,498원 높고, 1.5kg 포장육 가격보다 kg당 2,504원 높음.
- 국내산은 수입산보다 kg당 17,999원 높음.
- 냉장육은 냉동육보다 kg당 6,320원 높음.

[표 2-63] 속성별 한계 지불의사금액(원/kg)

변수	평균	95% 하한	95% 상한
평균 가격	17,153.98	14,355.87	19,952.09
(base: 비거세)			
거세	9,287.47	6,790.53	11,784.41
(base: 500g)			
1kg	7,498.45	4,818.14	10,178.76
1.5kg	6,783.19	4,016.79	9,549.60
(base: 국내산)			
수입산	-17,998.68	-21,295.4	-14,701.96
(base: 냉장)			
냉동	-6,319.56	-8,696.95	-3,942.17

14. 저용취 용돈 활용에 대한 양돈 농가 의견 조사

가. 설문조사 개요

- 국가 전략형 종자 연구개발 사업의 일환으로 개발되고 있는 저용취 용돈 개발에 대한 의견을 조사하기 위해서 국내 양돈농가들을 대상으로 설문 조사를 실시함. 설문 조사는 2021년 9월 1일부터 9월 30일까지 구조화된 설문지를 활용한 현장 방문 조사 및 일대일 전화 설문조사방식으로 수행하였음. 설문조사 결과, 양돈농가로부터 35부의 설문지를 회수하였음. 설문조사 내용은 돼지 사육 현황, 저용취 용돈 활용 여부 및 응답자 사회경제적 특성임[표 2-64].

[표 2-64] 설문조사 개요

구분	내용
조사기간	2021년 09월 01일 ~ 2021년 09월 30일
조사방법	현장 방문 조사 및 일대일 전화설문조사
조사대상	국내 양돈 농가
조사도구	구조화된 설문지
조사내용	1. 돼지 사육 현황 2. 저용취 용돈 활용 여부 3. 응답자 사회경제적 특성

나. 설문조사 결과

(1) 응답자의 사회 경제적 특성

- 응답자 인적사항은 다음과 같음[표 2-65].

[표 2-65] 응답자 인적사항

구분		응답자(명)	비율(%)
연령대	만 30~39세	0	0.0
	만 40~49세	7	20.0
	만 50~59세	22	62.9
	만 60~69세	6	17.1
총 모돈 규모	300두 이하	9	25.7
	301두 이상~500두 이하	15	42.9
	501두 이상~1,000두 이하	5	14.3
	1,001두 이상	6	17.1
출하 두수	5,000두 이하	2	5.7
	5,001두 이상~10,000두 이하	19	54.3
	10,001두 이상~20,000두 이하	8	22.9
	20,001두 이상	6	17.1
합 계		35	100.0

(2) 돼지 사육 현황

- 농장사육형태를 묻는 문항에서 응답자 35명 모두 ‘일괄사육농장’ 이라고 답하였음[표 2-66].

[표 2-66] 농장 사육 형태

구분	응답자(명)	비율(%)
일괄사육농장	35	100.0
자돈생산농장(번식농장)	0	0.0
육성,비육전문농장	0	0.0
합계	35	100.0

- 모든 갱신시 공급형태를 묻는 문항에서 ‘종돈장에서 공급받음’이 전체 응답자의 88.6%인 31명임[표 2-67]. 반면에 ‘자체 생산후 갱신’이 전체의 11.4%인 4명으로 나타남.

[표 2-67] 모든 갱신시 공급형태

구분	응답자(명)	비율(%)
자체 생산후 갱신	4	11.4
종돈장에서 공급 받음	31	88.6
합계	35	100.0

- 용돈정액 공급형태를 묻는 문항에서 ‘외부 AI(인공수정센터)센터에서 공급’이 전체 응답자의 88.6%인 31명임[표 2-68]. ‘자가생산 AI(인공수정)’는 전체 응답자의 11.4%인 4명으로 조사됨.

[표 2-68] 용돈정액 공급형태

구분	응답자(명)	비율(%)
자가생산 AI(인공수정)	4	11.4
외부 AI(인공수정센터)센터에서 공급	31	88.6
합계	35	100.0

- 육성·비육돈 사육시 암수 분리 사육에 대해서 묻는 문항에서 응답자 35명 모두 ‘암수 분리사육하고 있지 않음’ 이라고 답하였음[표 2-69].

[표 2-69] 육성·비육돈사육시 암수 분리사육

구분	응답자(명)	비율(%)
암수 분리사육하고 있음	0	0.0
암수 분리사육하고 있지 않음	35	100.0
합계	35	100.0

- 농장의 출하처 비율을 묻는 문항에서 ‘육가공업체(100%)’가 전체 응답자의 65.7%인 23명임[표 2-70]. ‘사료위탁 출하(100%)’는 전체의 31.4%인 11명으로 나타남.

[표 2-70] 농장의 출하처 비율

구분	응답자(명)	비율(%)
육가공업체(100%)	23	65.7
사료위탁 출하(100%)	11	31.4
육가공업체(70%), 직영유통(30%)	1	2.9
합계	35	100.0

- 돼지(비육돈) 정산 방법을 묻는 문항에서 응답자 35명 모두 ‘지급을 정산’ 이라고 답하였음[표 2-71].

[표 2-71] 돼지(비육돈) 정산 방법

구분	응답자(명)	비율(%)
지급을 정산	35	100.0
등급제 정산	0	0.0
합계	35	100.0

- 중복 응답을 포함한 돼지 정산 시 패널티에 대한 주요 요인을 묻는 문항에서 ‘등지방 두께’가 전체 응답자의 52.2%인 35명임[표 2-72]. ‘도체문제’는 전체 응답자의 47.8%인 32명으로 조사되었음.

[표 2-72] 돼지 정산시 패널티에 대한 주요 요인(중복 응답)

구분	응답자(명)	비율(%)
등지방두께	35	52.2
생체중(도체중)	0	0.0
도체문제	32	47.8
비거세	0	0.0
합계	67	100.0

*총 응답자 35명 가운데 중복 응답을 포함하였음.

- 농장 인증 받은 항목을 묻는 문항에서 'HACCP 인증'이 전체 응답자의 97.1%인 34명 임[표 2-73]. '인증을 받기 위해 준비 중임'은 전체의 2.9%인 1명으로 나타남.

[표 2-73] 농장 인증 받은 항목

구분	응답자(명)	비율(%)
유기축산 인증	0	0.0
무항생제축산 인증	0	0.0
HACCP 인증	34	97.1
인증을 받기 위해 준비 중임	1	2.9
관심과 계획이 없음	0	0.0
합계	35	100.0

(3) 저용취 용돈 활용 여부

- 동물복지형 양돈업에 대하여 알고 있는지 묻는 문항에서 응답자 35명 모두 '들어 보았다' 라고 답하였음[표 2-74]

[표 2-74] 동물복지형 양돈업에 대하여 알고 있는지 유무

구분	응답자(명)	비율(%)
모른다	0	0.0
들어 보았다	35	100.0
안다	0	0.0
합계	35	100.0

- 동물복지형 양돈업에 수용의사를 묻는 문항에서 응답자 35명 모두 '수용하지 않는다' 라고 답하였음[표 2-72]

[표 2-75] 동물복지형 양돈업 수용 의사

구분	응답자(명)	비율(%)
절대 수용하지 않는다	0	0.0
수용하지 않는다	35	100.0
보통	0	0.0
수용한다	0	0.0
반드시 수용한다	0	0.0
합계	35	100.0

- 중복 응답을 포함한 돼지 정산 시 패널티에 대한 주요 요인을 묻는 문항에서 ‘자돈 거세’ 및 ‘두당 사육 면적’이 각각 전체 응답자의 30.7%인 35명임[표 2-75]. ‘단미/절치’ 및 ‘임신돈 스톨’은 각각 전체 응답자의 19.3%인 22명으로 조사되었음.

[표 2-76] 동물복지형 양돈업 수용시 해결해야 되는 부분(중복응답)

구분	응답자(명)	비율(%)
자돈거세	35	30.7
단미/절치	22	19.3
임신돈 스톨	22	19.3
두당 사육면적	35	30.7
합계	114	100.0

*총 응답자 35명 가운데 중복 응답을 포함하였음.

- 비거세돈에 대해 등외등급 규정 수정 시 자돈 거세하지 않을 의향에 대해서 ‘있음’이 전체 응답자의 85.7%인 30명임[표 2-76]. 반면에 ‘없음’은 전체의 14.3%인 5명으로 나타남.

[표 2-77] 비거세돈에 대해 등외등급 규정 수정 시 자돈 거세하지 않을 의향

구분	응답자(명)	비율(%)
있음	30	85.7
없음	5	14.3
합계	35	100.0

- 자돈 거세하는 이유를 묻는 문항에서 ‘출하처에 따른 요구사항’이 전체 응답자의 65.7%인 23명으로 가장 높았음[표 2-77]. 그 다음 순으로 ‘돼지 도체등급’이 전체의 28.6%인 10명으로 분석됨.

[표 2-78] 자돈 거세하는 이유

구분	응답자(명)	비율(%)
출하처에 따른 요구사항	23	65.7
돼지 도체등급	10	28.6
정산	2	5.7
사양관리 문제	0	0.0
합계	35	100.0

- 자돈 거세 문제를 해결한다면 비거세돈을 생산할 의향을 묻는 문항에서 ‘있다’가 전체 응답자의 94.3%인 33명임[표 2-78]. ‘없다’는 전체의 5.7%인 2명으로 분석됨.

[표 2-79] 자돈 거세 문제를 해결한다면 비거세돈을 생산할 의향

구분	응답자(명)	비율(%)
있다	33	94.3
없다	2	5.7
합계	35	100.0

- 비거세돈 생산 의향, 도체 등급 판정 기준을 개정하여 저용취중돈을 사용할 경우 비거세돈에 대해 일반 비육돈과 동일하게 등급 판정할 경우 사용할 의사에 대하여 질의하였음. 또한 거세를 하지 않아도 응취문제가 없고 출하처에서 수용한다면 저용취 중돈을 사용하여 비거세돈을 생산할 의향에 대해서 조사하였으며, 조사 결과는 <표4-38>과 같음.

[표 2-82] 설문 조사 내용

구분	있다	없다
국내 한돈이 수입산과 차별되도록 소비자 인식 재고를 위해 비거세돈을 생산한다면 생산할 의향	35명(100%)	0명(0%)
돼지 도체등급 판정 기준을 개정하여 저용취중돈을 사용할 경우 비거세돈에 대해 일반 비육돈과 동일하게 등급판정할 경우 사용할 의사	32명(91.4%)	3명(8.6%)
거세를 하지 않아도 응취문제가 없고 출하처에서 수용한다면 저용취 중돈을 사용하여 비거세돈을 생산할 의향	33명(94.3%)	2명(5.7%)

*총 응답자는 35명임.

(4) 저응취 종돈 가격 조건

- 돼지 도체등급판정 기준 변경으로 저응취 비거세돈이 등외등급을 받지 않는다면, 후보돈 구입시 저응취 종돈을 <표 4-39>와 같은 가격조건으로 구입할 의향에 대해서 조사하였음. 조사결과, 일반 종돈 가격과 같다면 ‘반드시 구입함’은 전체 응답자의 22.9%인 8명임. ‘구입함’은 응답자의 77.1%인 27명이 구매의향 있는 것으로 조사됨. 일반 종돈 가격보다 5% 비싸게 판매한다면, ‘구입함’이 전체 응답자의 100.0%인 35명으로 전원 구매 의향이 있음. 일반 종돈 가격보다 10% 비싸다면 ‘구입함’이 전체 응답자의 28.6%인 10명임. ‘반반’은 전체 응답자의 17명인 48.6%로 조사되었고, ‘구입안함’은 전체 응답자의 8명인 22.9%임.
- 일반종돈 가격보다 20% 비싸게 판매한다면, ‘반반’이 전체 응답자의 14.3%인 5명으로 조사됨. ‘구입안함’은 전체 응답자의 85.7%인 30명으로 조사되었음. 일반종돈 가격보다 30% 비싸게 판매한다면, 전체 응답자의 100.0%인 35명 전원이 ‘구입안함’이라고 응답하였음. 일반종돈 가격보다 50% 비싸게 판매한다면, 전체 응답자의 88.6%인 31명이 ‘구입 안함’이라고 답하였음. 반면에 ‘절대구입 안함’이라고 답한 응답자는 전체 응답자의 11.4%인 4명임. 설문조사 결과, 저응취 종돈 가격 조건은 일반 종돈 가격과 같거나 5%~10% 수준의 차이까지 긍정적인 구매 의사가 있었음.

[표 2-81] 저응취 종돈 가격 조건

구 분	반드시 구입함	구입함	반반	구입 안함	절대 구입 안함
일반 종돈 가격(60만원)과 같다면?	8명(22.9%)	27명(77.1%)	0명(0%)	0명(0%)	0명(0%)
일반 종돈 가격보다 5%(63만원) 비싸다면?	0명(0%)	35명(100%)	0명(0%)	0명(0%)	0명(0%)
일반 종돈 가격보다 10%(66만원) 비싸다면?	0명(0%)	10명(28.6%)	17명(48.6%)	8명(22.9%)	0명(0%)
일반 종돈 가격보다 20%(72만원) 비싸다면?	0명(0%)	0명(0%)	5명(14.3%)	30명(85.7%)	0명(0%)
일반 종돈 가격보다 30%(78만원) 비싸다면?	0명(0%)	0명(0%)	0명(0%)	35명(100%)	0명(0%)
일반 종돈 가격보다 50%(90만원) 비싸다면?	0명(0%)	0명(0%)	0명(0%)	31명(88.6%)	4명(11.4%)

*총 응답자는 35명임.

제 2 절. GSP 참조돈군 조성 및 우수씨돼지 선발 및 보급

1. GSP 참조돈군 조성

- 축산과학원 양돈과 보유 두록종의 일부를 모집단으로 활용하여 매년 1회 일괄번식, 검정, 후보돈 선발하여 모돈 70두 규모의 참조돈군을 조성하였다. 참조돈군은 GSP 사업에 참여하는 종돈장들이 보유하고 있는 우수 씨수돼지의 정액을 활용하여 유전적 연결을 공고히 하는 목적으로 조성 및 활용되었다.
- ○ 참조돈군 구축을 위한 계획교배 프로그램 작성 : 웅돈 및 모돈 교배조합 작성, 자손 유전능력 계산, 임의 자손 명호 생성, 자손 근교계수 계산, 능력 및 근교계수 기준에 따른 최적 교배조합 리포트 생성 순서로 계획교배조합을 작성하였다[그림 3-1].

```
# input : animal.txt, ped_f, solution.csv
args = commandArgs(trailingOnly=TRUE)
print(args[1])
print(args[2])
myN      <- as.integer(args[1])
myBr     <- as.character(args[2])

# setwd("../"); myN <- 12; myBr <- "D"

#####
animal    <- read.table("predata/candidates.txt", sep="\t");names(animal) <- c("Indiv","sex_c")
animal$dup <- duplicated(animal$Indiv);table(animal$dup)

pheno <- read.csv("Solution.csv",stringsAsFactors=F)
ifelse(myBr=="K",
      pheno$BV <- pheno$D_index,
      ifelse(myBr=="K",
            pheno$BV <- pheno$W_index,
            pheno$BV <- pheno$k105_s))
names(pheno)[1] = "Indiv"

oPed      <- read.csv("ped.csv", stringsAsFactors=F);names(oPed) <-
c("Indiv","Sire","Dam","Born","Breed","Sex","div")
oPed$Sex[oPed$Sex=="M"|oPed$Sex=="c"] <- "male";oPed$Sex[oPed$Sex=="F"] <- "female"
Ped <- oPed[oPed$Breed %in% c("D","K","W"),];table(Ped$Sex)
library("optiSel")
library("ggplot2")

# prePed, BV
Pedig <- prePed(Ped, keep=animal$Indiv) #lastNative=2008
Summary <- summary(Pedig, keep.only=animal$Indiv)

# inbreeding
Animal_ico <- pedInbreeding(Pedig)
pICO <- mean(Animal_ico$Inbr[Animal_ico$Indiv %in% animal$Indiv])
```

```

# dataset
phen <- merge(Pedig, pheno[pheno$Indiv %in% animal$Indiv,c("Indiv","BV")], on="Indiv")

# kinship
fPED <- pedIBD(Pedig, keep.only=phen$Indiv)
write.csv(rownames(fPED),"id.csv")

# L: generation interval in years
#maxborn <- max(Pedig[!is.na(Pedig$Born),]$Born)
#cont <- agecont(Pedig, use=Pedig$Born%in%(maxborn-10:maxborn));head(cont)
#L <- 1/(4*cont$male[1]) + 1/(4*cont$female[1])
L <- 1.62

# Ne
id <- phen$Indiv
g <- Summary[Summary$Indiv %in% id, "equiGen"]
N <- length(g) #length(g) nrow(g)
n <- (matrix(g, N, N, byrow=TRUE) + matrix(g, N, N, byrow=FALSE))/2
deltaC <- 1 - (1-fPED[id,id])^(1/n)
Ne <- 1/(2*mean(deltaC))

# Constraint settings for kinships
phen$Born <- 1
cand <- candes(phen=phen, fPED=fPED, cont=NULL)
ub.fPED = 1-(1-cand$mean$fPED)*(1-1/(2*Ne))^(1/L)
females <- cand$phen$Sex=="female" & cand$phen$isCandidate
ub <- setNames(rep(1/(myN*2), sum(females)), cand$phen$Indiv[females])
con <- list(ub=ub, ub.fPED=ub.fPED)

Offspring <- opticont("max.BV", cand, con,trace=F)
Candidate <- Offspring$parent
Candidate <- Candidate[order(-rank(Candidate$Sex),-Candidate$oc,-Candidate$BV),]
Candidate$mrnk <- 1:nrow(Candidate)
Candidate$N <- noffspring(Candidate, N=myN, random=T)$NOff

max_mate <- 8
mean_mate <- 5
top_rank <- 0.1
bot_rank <- 0.2
Nsire <- round(myN/mean_mate,digits=0)

for (i in 1:(Nsire-1)) {
  # NO. mating
  Noff <- Candidate[(Candidate$mrnk==i),]$N
  # NO. mating(max_mate) of top_rank individuals
  if(Noff>max_mate & i<round(Nsire*top_rank,digits=0)) {
    Candidate$N[Candidate$mrnk==i] <- max_mate
  }
  # the remainder from top_rank to next individuals
  if(Noff>max_mate & i<round(Nsire*top_rank,digits=0)) {
    Candidate$N[Candidate$mrnk==(i+1)] <- Candidate[(Candidate$mrnk==(i+1),)$N+(Noff-max_mate)
  }
  # NO. mating(max_mate-1) of middle_rank individuals
  if(Noff>(max_mate-1) & i>=round(Nsire*top_rank,digits=0) &
i<round(Nsire-Nsire*bot_rank,digits=0)) {
    Candidate$N[Candidate$mrnk==i] <- (max_mate-1)
  }
}

```

```

# the remainder from middle_rank to next individuals
  if(Noff>(max_mate-1) & i>=round(Nsire*top_rank,digits=0) &
i<round(Nsire-Nsire*bot_rank,digits=0)) {
  Candidate$N[Candidate$mrank==(i+1)] <-
Candidate[(Candidate$mrank==i+1),]$N+(Noff-(max_mate-1))
}

# NO. mating(max_mate-1) of bottom_rank individuals
if(Noff>(max_mate-2) & i>=round(Nsire-Nsire*bot_rank,digits=0)) {
  Candidate$N[Candidate$mrank==i] <- (max_mate-2)
}

# the remainder from bottom_rank to next individuals
if(Noff>(max_mate-2) & i>=round(Nsire-Nsire*bot_rank,digits=0)) {
  Candidate$N[Candidate$mrank==(i+1)] <-
Candidate[(Candidate$mrank==i+1),]$N+(Noff-(max_mate-2))
}
}

# Making relation files
relation <- as.data.frame(as.table(fPED),stringsAsFactors=F)
names(relation) <- c("male","female","ICO")
relation <- relation[relation$male %in% phen[phen$Sex=="male" ],]$Indiv,]
relation <- relation[relation$female %in% phen[phen$Sex=="female"],]$Indiv,]
write.csv(relation, file="ICO.csv", row.names = F)
file.copy("ICO.csv",'log_reslut')
file.rename(from = "log_reslut/ICO.csv", to = paste0("log_reslut/",Sys.Date(),"_ICO.csv"))

# Making result files
relation$siredam <- paste(relation$male,relation$female,sep="-")
Mating$siredam <- paste(Mating$Sire,Mating$Dam,sep="-")
Mating <- merge(x=Mating, y=relation, by="siredam", all.x=T)
Mating <- merge(Mating,phen[,c("Indiv","BV")],by.x="Sire",by.y="Indiv",all.x=T)
Mating <- merge(Mating,phen[,c("Indiv","BV")],by.x="Dam",
by.y="Indiv",all.x=T,suffixes=c('sire','dam'))
Mating$BV_off <- (Mating$BVsire+Mating$BVdam)/2
Mating <- Mating[,c("Sire","BVsire","Dam","BVdam","BV_off","n","ICO")]
Mating <- Mating[order(Mating$Sire),]
write.csv(Mating, file="Mating.csv", row.names = F)
file.copy("Mating.csv",'log_reslut')
file.rename(from = "log_reslut/Mating.csv", to = paste0("log_reslut/",Sys.Date(),"_Mating.csv"))

# Summary result
cat("\n","<Selected Dams>","\n")
data.frame(table(Mating$Dam))
cat("\n","<Selected Sires>","\n")
data.frame(table(Mating$Sire))
cat("\n")
cat("Total candidates inbreeding mean : ",pICO,"\n")
cat("Selected Offspring inbreeding mean : ",oICO,"\n")
cat("Total candidates BV mean: ",mean(phen$BV),"\n")
cat("Selected Offspring BV mean: ",mean(Mating$BV_off),"\n")

```

[그림 3-1] 계획교배 프로그램 작성

2. 계획교배를 통한 자돈 생산

2017년도에는 참조돈군 암 31두에 외부정액 13두, 축산원 정액 18두를 활용한 계획교배를 통해 자돈 291두를 생산하였다[표 3-1].

[표 3-1] 2017년 종돈장 및 정액형태별 사용정액 현황

종돈장	정액형태		계
	동결	액상	
N사	1	4	5
D사	8		8
C사		18	18
계	9	22	31

2018년도에는 참조돈군 암 46두에 9두의 용돈을 활용한 계획교배를 실시하여 자돈 452두를 생산하였다[표 3-2].

[표 3-2] 2018년도 교배조합 용돈 정보

부명호	생년월일	부의 부 이각번호	부의 부 생년월일	부의 모 이각번호	부의 모 생년월일
6426	2017-02-16	6070	2016-01-09	5351	2014-09-28
6441	2017-02-16	DAE0404	2015-11-13	5215	2014-09-26
6612	2017-02-20	DAE9905	2015-10-17	6073	2016-01-09
6397	2017-02-16	6045	2016-01-08	6021	2016-01-08
6540	2017-02-18	6295	2016-06-12	5546	2014-09-29
6559	2017-02-19	3105	2014-06-17	5410	2014-09-30
6433	2017-02-16	6070	2016-01-09	5351	2014-09-28
6827	2017-02-22	6295	2016-06-12	6074	2016-01-09
6632	2017-02-20	6133	2016-01-10	6201	2016-01-11

2019년도에는 참조돈군 암 56두에 9두 용돈을 활용한 계획교배를 통해 자돈 343두를 생산하였다[표 3-3].

[표 3-3] 2019년도 교배조합 응돈 정보

부명호	생년월일	부의 부 이각번호	부의 부 생년월일	부의 모 이각번호	부의 모 생년월일
6201	2018-02-26	6827	2017-02-22	6555	2017-02-19
6612	2017-02-20	DAD9905	2015-10-17	6073	2016-01-09
6103	2018-02-25	6827	2017-02-22	6571	2017-02-19
6827	2017-02-22	6295	2016-06-12	6074	2016-01-09
6040	2018-02-24	6433	2017-02-16	6553	2017-02-19
6803	2018-02-23	6612	2017-02-20	6491	2017-02-17
6073	2018-02-24	6426	2017-02-16	6611	2017-02-20
6766	2018-02-22	6612	2017-02-20	6392	2017-02-14
6924	2018-02-23	6540	2017-02-18	6377	2017-02-14

2020년도에는 참조돈군 암 49두에 8두의 응돈을 활용한 계획교배를 실시하여 자돈 318두를 생산하였다[표 3-4].

[표 3-4] 2020년도 교배조합 응돈 정보

부명호	생년월일	부의 부 이각번호	부의 모 이각번호	90kg 도달일령 육종가	등지방두께 육종가
6803	2018-02-23	6612	6491	-10.35	-1.01
6614	2019-02-19	6201	6314	-11.44	-0.75
6310	2018-02-27	6612	6644	-8.82	-0.59
6629	2019-02-19	6103	6019	-9.37	-0.8
6500	2019-02-18	6924	6115	-11.91	-1.3
6407	2019-02-17	6103	6993	-10.18	-0.19
6543	2019-02-18	6201	6099	-8.15	-0.28
6571	2019-02-19	6827	6269	-10.81	-0.46

○ 2021년도에는 참조돈군 암 52두에 10두 응돈을 활용한 계획교배를 통해 자돈 231두를 생산하였다[표 3-5].

[표 3-5] 2021년도 교배조합 응돈 정보

부명호	생년월일	부의 부 이각번호	부의 모 이각번호	90kg 도달일령 육종가	등지방두께 육종가
6603	2019-02-19	6766	6941	-15.66	-0.30
6019	2020-02-29	6629	8577	-14.51	-1.20
6668	2020-02-27	6407	6471	-11.57	-0.93
6705	2020-02-28	6543	6345	-11.52	-1.15
6712	2020-02-28	6543	6345	-11.87	-1.12
6954	2020-02-28	6571	6653	-14.16	-0.71
1319(농협)	2019-05-22	2474	5725	-12.18	-0.05
4100(농협)	2019-12-18	6525	5983	-10.29	-0.03
51064(다비)	2020-1-16	6022	58063	-14.23	-0.29
45054(다비)	2019-11-14	88032	13050	-14.46	-1.19

3. 산육능력 검정

산육능력검정은 2017년도 213두, 2018년도 285두, 2019년도 251두, 2020년도 226두, 2021년도 167두를 대상으로 체중, 등지방두께, 체척, 사료섭취량 등을 조사하였다. 산육능력 검정은 평균 138일령에서 147일령 사이에 실시하였다. 검정개시와 종료 시 체중계를 이용하여 개체별 체중을 측정하였다. 검정 종료체중은 암컷은 평균 92kg에서 105kg으로 조사되었고, 수컷은 평균 97kg에서 112kg으로 조사되었다[표 3-6].

[표 3-6] 연도별 검정 종료일령 및 체중

연도	성별	두수	종료일령(일)			종료체중(kg)		
			평균±표준편차	최소	최대	평균±표준편차	최소	최대
2017	암	102	144.3±1.8	140.0	149	100.1±7.4	81.0	119.0
	수	111	144.4±2.1	139.0	149	113.0±11.9	71.0	140.0
	계	213	144.3±2.0	139.0	149	106.8±11.9	71.0	140.0
2018	암	132	137.7±1.5	135.0	141.0	92.1±5.8	78.0	107.0
	수	153	137.9±1.7	135.0	142.0	97.3±7.6	80.0	126.0
	계	285	137.8±1.6	135.0	142.0	94.9±7.3	78.0	126.0
2019	암	126	146.4±3.2	140.0	152.0	102.0±7.9	84.0	124.0
	수	125	146.5±3.6	140.0	152.0	110.5±8.7	91.0	132.0
	계	251	146.5±3.4	140.0	152.0	106.3±9.3	84.0	132.0
2020	암	115	138.0±1.1	134.0	141.0	98.0±7.8	84.0	118.0
	수	111	138.2±1.1	134.0	141.0	105.9±7.6	87.0	121.0
	계	226	138.1±1.1	134.0	141.0	101.9±8.7	84.0	121.0
2021	암	81	143.2±1.7	138.0	145.0	104.8±8.5	89.0	127.0
	수	86	141.8±2.0	138.0	145.0	112.3±7.9	85.0	134.0
	계	167	142.5±2.0	1348.0	145.0	108.7±9.0	85.0	134.0



[그림 3-2] 참조돈군 검정돈

등지방두께(P1, P2, P3)는 가축검정기준에 따라 초음파 A-mode를 이용하여 어깨(제4늑골), 등(최후늑골), 허리(최후요추) 3부분의 정중선에서 좌측 또는 우측 5cm 부분을 측정하였다. 2017년도에는 평균 1.41cm, 2018년도에는 1.36cm 줄었고, 2021년에는 1.64cm로 다소 증가하는 경향을 보였다[표 3-7].

[표 3-7] 연도별 등지방두께 측정

연도	성별	두수	P1(cm)	P2(cm)	P3(cm)	평균(cm)
2017	암	100	1.69±0.23	1.26±0.20	1.15±0.15	1.37±0.19
	수	108	1.77±0.22	1.35±0.18	1.22±0.15	1.45±0.17
	계	208	1.73±0.23	1.31±0.19	1.19±0.16	1.41±0.18
2018	암	132	1.68±0.20	1.23±0.17	1.14±0.15	1.35±0.16
	수	153	1.68±0.17	1.25±0.15	1.16±0.11	1.36±0.14
	계	285	1.68±0.19	1.24±0.16	1.15±0.13	1.36±0.15
2019	암	126	1.82±0.28	1.41±0.23	1.29±0.19	1.51±0.23
	수	125	2.03±0.27	1.58±0.20	1.43±0.17	1.68±0.21
	계	251	1.93±0.29	1.50±0.23	1.36±0.19	1.59±0.24
2020	암	115	1.88±0.19	1.48±0.13	1.30±0.11	1.56±0.14
	수	111	1.95±0.21	1.50±0.16	1.31±0.14	1.59±0.16
	계	226	1.91±0.20	1.49±0.15	1.30±0.13	1.57±0.15
2021	암	81	1.94±0.23	1.47±0.18	1.31±0.15	1.57±0.17
	수	86	2.11±0.20	1.61±0.15	1.41±0.13	1.71±0.15
	계	167	2.02±0.23	1.54±0.18	1.36±0.15	1.64±0.18

체척(체장, 체고, 흉심, 흉폭)은 체척계를 이용하여 체장, 체고, 흉심, 흉폭을 측정하였다. 체장은 양 귀 사이의 중앙에서 몸 위의 선을 따라 꼬리까지의 길이를 측정하였고, 체고는 어깨 상단에서 바닥까지의 직선거리를 측정하였으며, 흉심은 앞다리 부로 뒷부분의 가슴 깊이를 측정하는 것으로 가슴 상단에서 가슴 바닥까지의 길이를 측정하였다. 흉폭은 앞다리 바로 뒤 부분 가슴의 너비를 측정하였다. 체장은 평균 99~103cm, 체고는 평균 61~67cm, 흉심은 평균 35~37cm, 흉폭은 평균 26~31cm로 조사되었다[표 3-8].

[표 3-8] 연도별 체척 측정

연도	성별	두수	체장(cm)	체고(cm)	흉심(cm)	흉폭(cm)
2017	암	100	101.5±1.54	66.08±3.10	36.66±1.12	27.52±0.71
	수	109	102.6±1.69	67.49±1.35	37.30±1.72	27.98±0.74
	계	209	102.1±1.73	66.81±2.46	37.00±1.50	27.76±0.76
2018	암	132	98.71±1.96	60.61±2.56	34.58±1.28	26.27±1.38
	수	153	99.23±2.39	60.75±2.39	34.75±1.21	26.36±1.14
	계	285	98.99±2.22	60.68±2.63	34.67±1.25	26.32±1.26
2019	암	126	102.02±1.98	60.87±2.55	35.55±1.91	27.64±0.92
	수	125	105.15±2.92	65.44±4.03	37.41±1.76	28.82±1.10
	계	251	103.58±2.94	63.14±4.07	36.47±2.05	28.23±1.17
2020	암	115	100.22±1.45	66.35±1.66	34.41±1.07	26.34±0.95
	수	111	101.53±1.75	66.82±1.70	35.75±1.46	27.17±0.85
	계	226	100.86±1.74	66.58±1.69	35.07±1.44	26.75±0.99
2021	암	81	101.69±12.13	64.69±3.34	35.68±3.91	28.40±2.68
	수	86	104.22±1.85	66.42±2.29	33.17±4.84	32.58±5.40
	계	167	102.99±2.36	65.58±2.98	34.39±4.59	30.55±4.78

90kg 도달일령과 등지방두께는 가축검정기준에 따라 보정된 90kg 도달일령, 등지방두께를 계산하였다. 2017년도 평균 90kg 도달일령은 128.2일 이었고, 2021년도 평균 90kg 도달일령은 125.2일로 약 3일 증가 하였다. 등지방 두께도 2017년에는 1.16cm에서 2021년도 1.31cm로 약 0.15cm 증가 하였다[표 3-9].

- 보정된 90kg 도달일령 = 측정시 일령 + [(90kg - 측정체중) × (측정시 일령 - 38) ÷ 측정체중]
- 보정된 등지방두께 = 측정시 등지방두께 + [(90kg - 측정체중) × 측정시 등지방두께 ÷ (측정체중 - 11.34)]

[표 3-9] 연도별 90kg 도달일령, 등지방두께

연도	성별	두수	90kg도달일령(일)	등지방두께(cm)
2017	암	98	133.6±6.74	1.21±0.12
	수	108	122.9±8.89	1.12±0.12
	계	206	128.2±7.81	1.16±0.12
2018	암	130	135.75±5.89	1.32±0.15
	수	151	130.86±7.01	1.25±0.15
	계	281	133.11±6.94	1.28±0.15
2019	암	126	134.18±7.54	1.31±0.18
	수	125	126.88±6.95	1.34±0.14
	계	251	130.55±8.11	1.32±0.16
2020	암	115	130.37±7.55	1.42±0.12
	수	111	123.62±13.23	1.32±0.14
	계	226	127.06±7.83	1.37±0.14
2021	암	81	129.05±7.40	1.31±0.18
	수	86	121.56±6.51	1.32±0.18
	계	167	125.17±7.90	1.31±0.18

4. 유전능력평가

GSP 두록 참조돈군의 유 유전능력평가 형질은 사회성(단형질 개체모형), 90kg도달일령, 등지방두께(다형질 개체모형)에 대해 실시하였고, 다음과 같은 평가모형을 사용하였다.

· 90kg도달일령, 등지방두께 : (고정효과) 동기군(년도-월-주-성별), (임의효과) 개체, 어미

표현형, 혈통자료 작성 및 통계분석은 R program을 사용하였고, 육종가 추정은 BLUPF90(90kg도달일령, 등지방두께)을 활용하였다. 90kg도달일령 및 사료효율을 참고 형질로 이용하여 유전능력을 우선적으로 고려하고, 근친방지를 위해 복당 5두까지만 선발하였다. 외모심사 이상 측은 선발에서 제외하고, 수컷의 경우 AI 선발기준을 충족하지 못할 경우 선발에서 제외하였다. 선발두수는 수컷 15두, 암컷 70두로 다음해 번식에 활용하였다.

new_id	sex	litter	d90	dbf90	d90_s	dbf90_s	dfc_s	stand_d90	stand_dRFI	D_index
D2102246300	M	224-D20022	114.1	12.68	-10.04591	-0.767995	-0.206368	-1.062479	0.5653462	-0.633559
D2102246301	M	224-D20022	122.47	12.77	-8.384443	-0.771767	-0.190021	-0.360262	0.2604384	-0.421053
D2102246302	M	224-D20022	118.69	11.52	-9.041186	-1.007496	-0.19854	-0.637834	0.3332299	-0.361855
D2102246303	F	224-D20022	123.98	13.02	-9.345419	-0.87803	-0.200416	-0.766418	0.4149736	-0.478503
D2102256305	F	225-D20022	114.94	11.4	-11.40269	-1.3644	-0.169829	-1.635921	2.1486211	-4.809942
D2102256306	M	225-D20022	121.51	11.84	-8.874544	-1.142467	-0.14298	-0.567403	1.730474	-4.624019
D2102256307	M	225-D20022	114.32	11.77	-10.30793	-1.137791	-0.157071	-1.173223	1.9938116	-4.808212
D2102256309	M	225-D20022	117.23	11.66	-10.43073	-0.964141	-0.278965	-1.225124	-0.84899	3.7720936
D2102256310	M	225-D20022	120.04	12.38	-9.944227	-0.834699	-0.273046	-1.019504	-0.912004	3.7555149
D2102256311	M	225-D20022	123.05	12.62	-9.383069	-0.796723	-0.267184	-0.782331	-1.007088	3.8035951
D2102256312	F	225-D20022	136.35	15	-8.202055	-0.524929	-0.253184	-0.283176	-1.168596	3.7889644
D2102256314	M	225-D20022	120.24	13.28	-9.973551	-0.664636	-0.27186	-1.031898	-0.872416	3.6491461
D2102256315	F	225-D20022	127.13	13.87	-9.891198	-0.716085	-0.271494	-0.997091	-0.897844	3.6906236
D2102256316	F	225-D20022	135.35	13.01	-8.244554	-0.899567	-0.256853	-0.301138	-1.236199	4.0097359
D2102256317	M	225-D20022	116.84	14.35	-10.70846	-0.453377	-0.277272	-1.342508	-0.695374	3.4286299
D2102256319	M	225-D20022	115.9	12.91	-9.272763	-0.89661	-0.267923	-0.73571	-1.357867	4.8093108
D2102256320	M	225-D20022	118.61	13.91	-8.819334	-0.710958	-0.261842	-0.544069	-1.403516	4.7546155
D2102256321	M	225-D20022	119.32	13.28	-8.632529	-0.834019	-0.261068	-0.465115	-1.462474	4.8525384

[그림 3-3] 개체별 유전능력 성적

5. 우수씨돼지 선발 및 보급

검정이 완료된 참조돈군은 유전능력 성적과 외모 심사를 통해 우수씨돼지를 선발하였다. 선발된 씨돼지는 참여종돈장 유전연결을 목적으로 보급하였다. 2017년도부터 2021년도까지 우수씨돼지 보급 두수는 63두로 목표대비 252%를 달성하였고, 국내매출액도 89백만원으로 목표대비 359% 달성하였다[표 3-10].



[그림 3-2] 우수씨돼지 보급

[표 3-10] 우수씨돼지 보급 내역

구분	일자	판매처	두수	매출액
1	2017.08.04	금보유전자	8	10,288,000
2	2017.08.03	농업회사법인(주)다비육종	10	13,164,000
3	2017.08.04	도드람	10	13,012,000
4	2018.09.03	농업회사법인(주)다비육종	10	15,971,000
5	2018.09.05	금보유전자	5	8,101,000
6	2020.8.18.	농업회사법인(주)다비육종	5	7,401,000원
7	2020.8.24.	금보유전자	15	21,827,000원
계			63	89,764,000원

6. 육질검사

○ pH

- ☞ 살아있는 동물의 근육 pH는 중성에 가까우며, 도축 후 혐기적 해당작용에 의해 젖산이 축적되어 근육의 pH가 서서히 감소한다. 사후 24시간 경에 측정되는 pH는 더 이상 저하가 일어나지 않는 고정화된 값으로, pH값 자체가 어떤 육질 특성이 된다고는 볼 수 없으나, 많은 물리/화학적 메카니즘과 관련된 육질 특성 보고를 통해 pH값이 다른 육질 특성과 밀접한 관계가 있는 객관적이며 간접적인 지표로 활용될 수 있다.
- ☞ pH가 지나치게 낮은 PSE 돈육의 경우 낮은 pH로 인하여 단백질 변성이 쉽게 일어나 보수력과 가열에 의한 수율(드립감량, 가열감량)이 불량하며 이로 인해 고기 외부로 삼출된 유리수분에 의해 빛의 반사가 증가하여 고기가 창백해 보이는 경향을 띠게 된다. 더욱이 변성된 단백질과 낮은 보수력으로 인해 육즙이 부족하여 저작시 건조하고 딱딱한 느낌이 들어 다즙성이 떨어지고 연도도 좋지 않은 관능적 특성을 느끼기 쉽다.
- ☞ DFD (Dark, Firm, Dry): DFD 육은 돼지가 도축 시에 스트레스를 받을 경우 체내의 글리코겐의 완전한 소비로 인해 발생되며, 젖산 생성이 억제되어 높은 pH를 유지하게 된다. 보수력이 좋으나 미생물 증식에 취약하여 저장성이 떨어진다.
- ☞ PSE (Pale, Soft, Exudative): 유전적 요인과 불량한 도축과 같은 환경적 요인에 의해 복합적으로 발생된다. Halothane gene을 보유한 돼지는 쉽게 스트레스를 받으며 세포막과 보수력에 영향을 미친다. PSE육에서 삼출물이 많고 조직이 견실하지 않은 것도 보수성이 낮기 때문이고, 그로 인해 조리시 중량과 영양소 손실이 많게 된다.

○ 육색

- ☞ 고기의 색깔은 고기의 질적인 면보다는 미적인 면을 대표한다고 할 것이나, 육색은 소비자가 고기를 선택하는데 가장 크게 영향을 미치는 중요한 품질적 특성의 하나이다.
- ☞ 육색은 여러 가지 요인에 의해 결정되나, 주로 근육 내 존재하는 육색소인 미오글로빈(myoglobin)의 함량과 화학적 상태에 따라 좌우되며, 돈육의 연령이 높을수록 육색은 어둡고 또한 사료나 축종에 따라 달라진다.
- ☞ 오늘날 돈육의 바람직한 육색은 담홍색(reddish pink)으로 선명하고 광택이 좋으며, 지나치게 창백("pale") 하거나 짙은("dark") 경우 소비자의 기호를 저하시킬 수 있다.
- ☞ 도축 전 과정에서 돼지가 스트레스를 받을 경우 육색이 나빠지는데 스트레스에 의한 PSE 또는 DFD 돈육이 발생되기 때문이며, 지나치게 창백한 돈육은 저장기간 중 쉽게 갈색으로 변하며 육즙이 많이 방출되어 보수력이 불량하며 가열감량도 좋지 않은 경향이 있다. 지나치게 색이 짙은 경우 보수력에는 문제가 없으나 미생물 성장이 용이하여 저장성이 떨어진다.
- ☞ 고기의 육색을 측정하는 방법에는 분석기기를 활용하는 방법과 표준화된 육색 기준표(부도)를 참고로 측정하는 방법이 있다. 분석기기의 경우에는 색차계(Hunter Labscan colorimeter)를 이용하여 단위가 없는 L*(lightness; 명도), a*(redness; 적색

도) 및 b^* (yellowness; 황색도) 값이 측정된다. 통상적으로 쇠고기의 경우 특유의 선홍색을 표현하기 위해 a^* 값이 중요한 측정값으로 활용되나, 돼지고기의 경우에는 품질특성과 관련된 pH값과 높은 상관관계를 지닌 L^* 값이 활용도가 높은 색깔지수로 이용된다.

○ 근내지방함량

- ☞ 지방질은 탄수화물, 단백질 등과 함께 식품의 주요 영양성분의 하나이나, 식품에서 특유의 풍부한 향미와 조직감을 부여하므로, 고기의 근내지방도(Intramuscular fat)는 고기의 맛과 다즙성에 영향을 준다.
- ☞ 근내지방도가 낮을수록 단백질이 염지액이나 다른 첨가제와 결합하는 능력이 증대되어 가공육에는 유리한 점이 있으나, 일반적으로 근내지방도가 높을수록 풍미를 느끼며 연하고 다즙하며 부드러운 식감을 갖게 된다.
- ☞ 이러한 현상으로 인해 구이용 돈육에 익숙한 우리나라의 소비자는 높은 수준의 근내지방도를 요구하고 있는 반면, 외국의 일부소비자 층은 비만 등의 다이어트를 걱정하여 오히려 낮은 근내지방도의 고기를 선호하고 있다. 한편 일부 외국의 육가공 업체에서도 가공적성이 우수한 낮은 함량의 근내지방을 선호하는 경우도 있다.

○ 수분함량

- ☞ 수분함량은 고기 내에 존재하는 고정수 및 유리수의 함량을 의미하는 것으로, 이들 수분함량은 고기 내의 단백질과 물분자들과의 전기적 결합 정도에 따라 고기의 보수력 및 고기를 씹을 때의 다즙성 등과 밀접한 관계를 지닌다.

○ 전단력

- ☞ 고기의 질긴 정도를 의미하는 것으로 고기를 씹을 때 치아가 고기를 관통하는 어려움의 정도를 의미한다.
- ☞ 고기가 분쇄되는 난이정도, 마지막으로 씹은 후의 잔유물의 양에 의하여 입안에서의 연도에 대한 종합적인 느낌으로 이어지며, 근섬유의 직경, 근섬유의 수, 결체조직의 종류와 함량, 사후강직 정도, 근내지방도, 보수력과 관계가 있다. 보수력이 높은 근육은 근육단백질이 이완되어 있어서 단백질 조직 내에서 수분이 존재할 수 있는 공간이 많고 고기의 연도도 높다.
- ☞ 보수성이 나쁜 고기는 정반대의 상태가 유발됨으로써 고기의 보수성과 밀접한 관계를 갖게 된다. 근섬유의 직경이 클수록 질겨지며 결체조직의 함량이 많고 결체조직이 결합된 구조일수록 질겨진다.

○ 보수력 및 가열감량

- ☞ 식육 내 수분은 근육 단백질 전하에 완전히 결합하여 물리화학적 반응에 관여하지 않는 결합수, 단백질 전하의 영향을 받으면서도 생화학적 반응에 관여하는 고정수, 및 단백질 전하의 영향력이 전혀 미치지 않는 유리수로 구분되며, 근육의 보수력은 다양한 처리에 의한 유리수의 이탈과 관계되며, 보수력이 나쁜 식육은 수분손실이 많아 식육의 감량이 크고 영양적 손실도 크다.
- ☞ 고기의 보수력은 고기가 압력, 가열, 냉동, 해동, 분쇄, 절단 등의 물리적 변형이 생겼

을 경우 근육 단백질이 수분을 잃지 않고 보유할 수 있는 능력을 말하며, 근육 단백질의 pH에 의해 많은 영향을 받는다.

- ☞ 고기의 pH가 근육의 등전점인 약 5.2 근처에서 가장 낮은 보수력을 나타내며, 이보다 pH가 높거나 낮아지면 보수력을 증가하게 된다. 육단백질이 등전점 부위에 있을 경우 단백질 분자 사이의 공간이 협소하여 물을 끌어들이는 공간이 좁으며 물 분자와 결합할 전기 부하가 최소화되어 보수력이 감소한다. 따라서 도축 직후 높은 보수력을 보이다가도 사후 pH가 점차 낮아지면서 보수력도 감소하게 된다.
- ☞ 일반적으로 pH가 매우 낮은 특성을 보이는 PSE 돈육의 경우 보수력이 매우 불량하여 육질이 딱딱하고 건조하여 다즙성이 떨어지고 질긴 저작감을 느끼게 된다. 따라서 보수력은 식육의 육색, 가열감량, 조직감, 견고도, 연도, 다즙성, 생산수율 등과 부분적으로 관계가 있다.
- ☞ 근육 단백질이 수분을 보유하여 유지하는 능력을 측정하는 것으로, 가열 후(70℃에서 10분) 중량의 차이를 측정하는 가열감량, 일정 조건에서 보관하여 분리된 육즙의 양을 측정하는 보수력(드립감량, drip loss)이 있으며, 빠른 시간 내에 측정하기 위해 원심분리법, 여과지압착법을 이용하여 분리된 육즙의 양을 측정한다.
- ☞ 육즙감량(drip loss)의 경우 육즙(drip)이란 식육에서 유출되어 나오는 수분으로 대부분 근형질에서 유래된다. 포장육의 경우 포장지 내에 흘러나와 고여 있는 수분으로 근장단백질을 다량 함유하고 있어 많은 육즙삼출은 영양적으로도 손실이다. 무게를 측정할 일정량의 샘플을 4℃에서 2일간 저장한 후 무게를 측정한다. 보수력 및 가열감량은 보관 및 가열에 의해 유출된 수분 함량을 측정하는 것으로, 값이 클수록 분리된 수분함량이 높아 고기의 품질이 떨어지는 것으로 간주된다.

○ 관능검사

- ☞ 신선한 돼지고기는 상대적으로 마일드한 냄새와 맛을 지닌다. 돈육의 관능특성(eating quality)은 여러 가지 요인에 의해 좌우되며 근내지방도와 지방산의 조성에 의해 주로 좌우된다. 지방산 조성의 경우 사료를 통해 조절될 수 있다.
- ☞ 풍미(향)는 혀에서 느끼는 맛과 코에서 느끼는 냄새의 자극이 종합되어 느껴지는 감각으로 평가된다. 열처리에 의해 고기 특유의 풍미가 생기게 된다.
- ☞ 연도는 주로 씹는 동안 감지될 수 있는데, 고기가 입안의 혀와 접촉하므로 씹어 느껴지는 감각, 치아가 고기를 씹을 때 드는 힘, 고기 섬유를 가로로 절단하는데 드는 힘, 얼마나 쉽게 잘게 씹히는가, 근섬유가 서로 붙어있는 정도, 씹은 후 입안에 남은 결체조직의 정도로 연도를 표기할 수 있다.
- ☞ 다즙성은 고기를 처음 씹을 때 고기에서 방출되는 육즙의 정도, 씹을수록 천천히 나오는 육즙과 타액의 분비정도로 표현되며, 타액의 분비는 지방의 자극에 의해 일어난다. 연도와 다즙성 또한 매우 밀접한 관계를 갖는데, 연한 고기일수록 더 좋은 다즙성을 나타낸다. 따라서 다즙성은 보수력과 지방함량과 밀접한 상관관계를 갖는다.

○ 지방산 조성

- ☞ 이중결합이 없는 포화지방산(palmitic acid, stearic acid)은 불포화지방산(oleic acid, linoleic acid, linolenic acid)에 비해 상대적으로 용점이 높아 상온에서 고체 형태로

존재하기 쉽고 불포화지방산은 액체로 존재한다. 따라서 육류에 함유된 포화지방산과 불포화지방산의 조성 차이는 지방산 개개의 풍미 차이와 더불어 상온에서 액체 또는 고체 형태를 지녀 지방질의 관능적 물리적 식감에 영향을 주게 된다.

☞ 돈육과 같은 육류에 존재하는 필수지방산은 축종이나 품종에 따라 존재하는 함량에 차이가 있으나, 전반적으로 식물성 식품인 식물성기름에 비해서는 소량이므로 육류와 같은 동물성 지방보다는 참기름, 옥수수기름 및 면실유 등 식물성 기름을 통해 주로 섭취되며, 보통 정상적인 식생활을 하는 사람에게는 충분한 지방이 섭취되므로 지방산 결핍증이 자주 생기지는 않는 편이다. 결국 돈육에 존재하는 지방산의 효능도 이러한 필수지방산을 중심으로 다루어지는 것이 바람직할 것이다.

2018년도부터 2021년도까지 암컷 120두 육질검사를 순천대학교 남기창교수 실험실에서 실시하였다. 육색은 명도 54.36, 적색도 16.12, 황색도 6.35로 측정되었고, pH는 5.73으로 조사되었다[표 3-11]. 풍미와 식감의 지표인 근내지방은 2.83으로, 고기의 질긴 정도를 의미하는 전단력은 4.94로 측정되었다[표 3-12]. 보수력과 지방함량과 밀접한 상관관계를 갖는 다즙성은 5.19로, 고기의 질긴정도 지표인 연도도 5.19로 측정되었다[표 3-13].

[표 3-11] 육색, pH

육색			pH
L*	a*	b*	
54.36±2.48	16.12±0.98	6.35±0.89	5.73±0.16

[표 3-12] 일반성분

조단백	조회분	수분함량	지방함량	보수력	가열감량	전단력
23.77±1.26	1.14±0.10	74.05±1.00	2.83±1.09	74.07±5.33	17.37±5.02	4.94±1.35

[표 3-13] 관능평가

관능평가				
색깔	향	연도	다즙성	기호성
5.00±0.17	5.14±0.35	5.19±0.61	5.19±0.51	5.18±0.54

7. 다른 품종과 육질 및 육량 비교

풍미와 식감의 지표인 근내지방은 DP가 가장 높았고, pH는 P가 가장 높았다($p < 0.05$). 가열감량은 DP가, 보수력은 D와 P가 유의적으로 높았다[표 3-14].

[표 3-14] D, P, DP 육질 일반성분 비교

육질 항목	Breed			Gender		SEM	Significance		
	D	P	DP	C	G		Breed	Gender	Breed×Gender
Moisture(%)	74.14	74.61	74.20	74.29	74.29	0.077	ns	ns	ns
IMF(%)	2.46 ^b	1.85 ^c	3.25 ^a	2.22 ^b	2.68 ^a	0.096	***	*	ns
pH(%)	5.63 ^b	5.77 ^a	5.54 ^c	5.61 ^b	5.66 ^a	0.014	***	**	**
Cooking loss(%)	12.80 ^b	12.34 ^b	14.73 ^a	13.13	13.25	0.335	*	ns	ns
WHC(%)	74.89 ^a	76.58 ^a	69.85 ^b	72.14	74.13	0.581	***	ns	***
WBSF(kg/cm ²)	4.17 ^b	4.39 ^b	5.23 ^a	4.66	4.43	0.102	***	ns	ns

Values are expressed as means and SEM.

^{a-c}Means in a same row with different superscript letter differ significantly at $*p < 0.05$, $**p < 0.01$, $***p < 0.001$.

D, Duroc (n=79); P, Pietrain (n=42); DP, crossbred Duroc × Pietrain (n=45); C, castrate; G, gilt; SEM, standard error of means; ns, not significant; IMF, intramuscular fat; WHC, water holding capacity; WBSF, Warner-Bratzler shear force.

pH값과 높은 상관관계가 있는 명도는 D와 DP가 높았고, 적색도는 DP가 가장 높았으며, 황색도도 DP가 가장 높게 조사되었다($p < 0.05$)[표 3-15].

[표 3-15] D, P, DP 육색 비교

Meat color	Breed			Gender		SEM	Significance		
	D	P	DP	C	G		Breed	Gender	Breed×Gender
Lightness	44.43 ^a	43.34 ^b	44.83 ^a	44.64	44.06	0.170	**	ns	ns
Redness	15.44 ^b	15.29 ^b	16.07 ^a	15.21 ^b	15.76 ^a	0.080	***	***	ns
Yellowness	5.49 ^b	4.46 ^c	7.12 ^a	5.47	5.77	0.125	***	ns	ns

Values are expressed as means and SEM.

^{a-c}Means in a same row with different superscript letter differ significantly at $*p < 0.05$, $**p < 0.01$, $***p < 0.001$.

D, Duroc (n=79); P, Pietrain (n=42); DP, crossbred Duroc × Pietrain (n=45); C, castrate; G, gilt; SEM, standard error of means; ns, not significant.

불포화 지방산인 올레산(C18:1), 리놀레산(C18:2), 리놀렌산(C18:3)은 유의적 차이를 보이지 않았다. 포화지방산인 팔미트산(C16:0)은 D가 유의적으로 높게 조사되었다[표 3-16].

[표 3-16] D, P, DP 지방산 비교

Fatty acid(%)	Breed			Gender		SEM	Significance		
	D	P	DP	C	G		Breed	Gender	Breed× Gender
C10:0	0.12 ^a	0.11 ^b	0.12 ^a	0.12	0.12	0.001	*	ns	*
C12:0	0.10 ^b	0.09	0.12 ^a	0.11 ^a	0.10 ^b	0.002	***	*	**
C14:0	1.34 ^a	1.23 ^b	1.38 ^a	1.34	1.32	0.013	***	ns	ns
C16:0	23.42 ^a	22.80 ^b	22.79 ^b	23.40	22.94	0.101	**	ns	ns
C18:0	11.59	11.16	11.74	11.63	11.47	0.073	ns	ns	ns
C16:1	3.40	3.42	2.87	3.37	3.21	0.042	***	ns	ns
C18:1	42.36	42.40	41.56	42.23	42.11	0.207	ns	ns	ns
C18:2	9.26	9.76	11.26	9.51	10.15	0.183	***	ns	ns
C18:3	0.64	0.62	0.67	0.66	0.63	0.008	**	ns	*
C20:2	0.28	0.26	0.33	0.27	0.30	0.004	***	***	***
C20:3	0.32	0.33	0.33	0.32	0.33	0.008	ns	ns	ns
C20:4	2.20	2.44	2.28	2.25	2.30	0.067	ns	ns	ns
C24:1	0.33	0.35	0.34	0.32	0.34	0.008	ns	ns	ns
SFA	36.58 ^b	35.39 ^a	36.15 ^{ab}	36.59	35.94	0.168	ns	ns	ns
USFA	59.07 ^a	59.91 ^b	59.95 ^b	59.23	59.67	0.142	**	ns	ns
MUFA	46.38 ^b	46.5 ^b	45.08 ^a	46.23	45.94	0.215	*	ns	ns
PUFA	12.69 ^a	13.41 ^a	14.87 ^b	13.00	13.71	0.246	***	ns	ns
UFA/SFA	1.62 ^a	1.70 ^b	1.66 ^{ab}	1.63	1.67	0.010	*	ns	ns
n6/n3	14.92 ^a	16.14 ^{ab}	17.65 ^{ab}	15.04	16.46	0.390	*	ns	ns

Values are expressed as means and SEM.

^{a-c}Means in a same row with different superscript letter differ significantly at * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

D, Duroc (n=79); P, Pietrain (n=42); DP, crossbred Duroc × Pietrain (n=45); C, castrate; G, gilt; SEM, standard error of means; ns, not significant; SFA, saturated fatty acid; USFA, unsaturated fatty acid; MUFA, monounsaturated fatty acid; PUFA, polyunsaturated fatty acid; UFA, unsaturated fatty acid.

90kg 도달일령은 DPP, D는 각각 134.56일과 135.41일로 조사되었다. 등지방두께는 DPP는 12.69 mm, D는 14.07 mm로 높은 유의적 차이를 보였다[표 3-17].

[표 3-17] DPP, D 경제형질 비교

Items ¹	DPP	D	p value
A90, day	134.56±11.45	135.41±9.18	0.447
BT, mm	12.69±3.25	14.07±2.40	<0.001

¹DPP, Duroc×Pietrain×Pietrain; D, Duroc; A90, age at 90 kg; BT, backfat thickness.

DPP, D의 일일사료섭취량은 각각 1,909 g과 2,101 g으로 분석되었고(p<0.001), 사료요구량은 DPP는 1.98, D는 2.01로 조사되었다[표 3-18].

[표 3-18] DPP, D 성장형질 비교

Items ¹	DPP mean	D mean	standard error	p value
ADFI, g	1,909	2,101	14.70	<0.001
FCR, kg feed/kg gain	1.98	2.01	0.02	0.034

¹DPP, Duroc×Pietrain×Pietrain; D, Duroc; ADFI, average daily feed intake; FCR, feed conversion ratio.

체장은 DPP, D 각각 92.74 cm와 92.71 cm로 비슷하게 조사되었다. 체고, 흉심, 흉폭은 D가 DPP에 비해 유의적 차이를 보였다[표 3-19].

[표 3-19] DPP, D 체형형질 비교

Items ¹	DPP	D	p value
BL, cm	92.74±4.24	92.71±3.70	0.573
BH, cm	62.11±2.84	64.43±2.36	<0.001
CD, cm	32.46±1.56	34.92±1.62	<0.001
CW, cm	26.09±1.76	27.88±1.58	<0.001

¹DPP, Duroc×Pietrain×Pietrain; D, Duroc; BL, body length; BH, body height; CD, chest depth; CW, chest width.

D의 총 정육량은 55.89 kg으로 조사되었고, 후지(17.31 kg), 삼겹살(13.27 kg) 및 전지(9.23 kg) 순으로 가장 높았다. DPP의 총 정육량은 77.87 kg으로 조사되었고, 후지(26.03 kg), 삼겹살(15.22 kg) 및 전지(13.14 kg) 순으로 가장 높았다. 부위별 도체 부분육 생산량 비율 차이를 살펴보면, 후지는 DPP 33.43%, D는 31.17%로 2.26% P 차이를 보인 반면, 삼겹살은 D 23.40%, DPP 19.55%로 3.85% P 차이를 보였다[표 3-20].

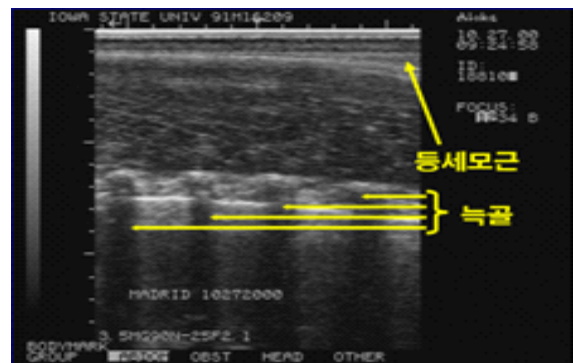
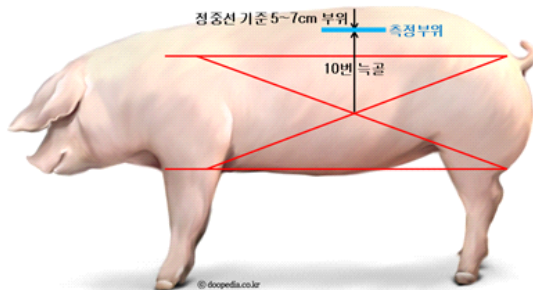
[표 3-20] DPP, D 도체형질 비교

Items ¹	DPP		D	
	kg	%	kg	%
BB	6.56±0.06	8.42	4.55±0.48	8.17
RB	4.53±0.50	5.81	3.31±0.29	5.92
PS	13.14±1.37	16.87	9.23±0.89	16.54
LN	10.81±0.90	13.88	7.14±0.47	12.87
BY	15.22±1.30	19.55	13.27±1.05	23.40
TN	1.58±0.24	2.03	1.08±0.09	1.94
HM	26.03±2.24	33.43	17.31±1.14	31.17
TM	77.87±6.43	100.00	55.89±3.58	100.00

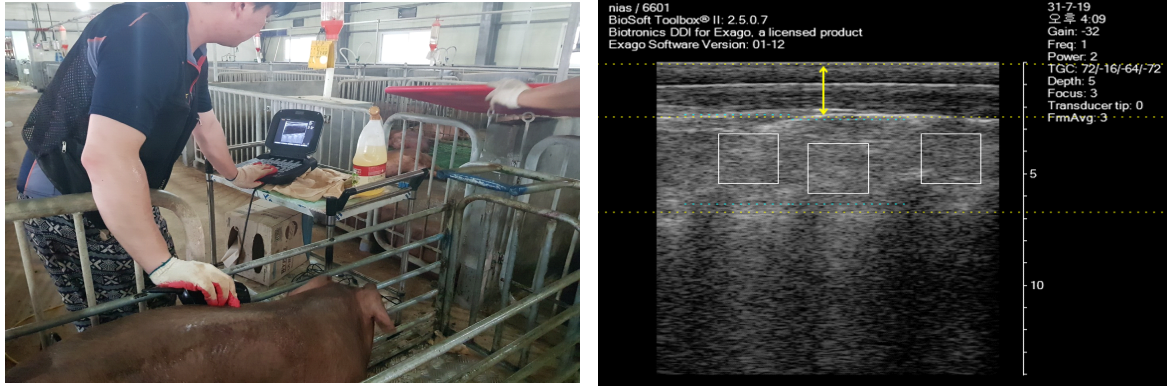
¹DPP, Duroc×Pietrain×Pietrain; D, Duroc; BB, boston butt; RB, rib; PS, picnic shoulder; LN, loin; BY, belly; TN, tenderloin; HM, ham; TM, total meat.

8. 초음파 B-mode 육질검정

초음파 B-mode 검정은 EXAGO를 이용하여 어깨와 엉덩이가 끝나는 부위를 대각선으로 교차점이 형성되는 부위를 기준으로 정준선의 5~7cm에 해당되는 부위(10번 늑골)를 수평으로 측정한다. 등세모근이 종료되는 9번째 늑골을 기준으로 10~11번째 늑골에 부착되어 있는 근육이 선명하게 촬영되도록 한 후 촬영된 근육내 지방침착도를 수치화하여 근내지방(IMF)으로 이용하였다[그림 3-4, 3-5].



[그림 3-4] 초음파 B-mode 측정부위



[그림 3-5] 초음파 B-mode 측정 및 판독

초음파 B-mode 기계 EXAGO를 이용하여 2018년 223두, 2019년 233두, 2020년 110두, 2021년 154두 근내지방(IMF)를 측정하였다. 2018년도 평균 IMF는 2.55 ± 0.59 , 2019년도는 2.71 ± 0.55 , 2020년도는 2.91 ± 0.80 , 2021년도는 3.43 ± 0.74 로 측정되었다. 2018년도에 비해 2021년도는 약 0.88 높게 측정되었다[표 3-21].

[표 3-21] 2018~2021년 초음파 B-mode 검정성적

년도	성별	두수	근내지방(IMF)
2018	암	100	2.59 ± 0.58
	수	123	2.51 ± 0.60
	계	223	2.55 ± 0.59
2019	암	124	2.84 ± 0.40
	수	109	2.56 ± 0.65
	계	233	2.71 ± 0.55
2020	암	64	3.06 ± 0.86
	수	46	2.71 ± 0.65
	계	110	2.91 ± 0.80
2021	암	77	3.37 ± 0.64
	수	77	3.11 ± 0.69
	계	154	3.43 ± 0.74

9. 초음파 B-mode 육질 유전능력 평가

표현형 정보는 90kg도달일령 6,411두, 등지방두께 6,322두, 근내지방 400두를 포함해 총 2,218두를 활용하였다.

* 근내지방 : 초음파 B-mode IMF(근내지방)

유전모수 추정 모델은 BLUPF90 통합 프로그램을 이용하였으며 평가모델은 다음과 같다[그림3-6].

- 평가모델 : 표현형 = 고정효과(성별, 배치, 가계) + 잔차

GSP 참조돈군 근내지방 유전력은 0.30, 90kg 도달일령은 0.40, 등지방두께는 0.46으로 평가되었다. 근내지방과 90kg 도달일령의 유전상관은 -0.39, 등지방두께와는 0.61로 추정되었고 90kg 도달일령과 등지방두께는 0.20으로 평가 되었다. 근내지방과 90kg 도달일령의 표현형상관은 -0.29, 등지방두께와는 0.10으로 추정되었고 90kg 도달일령과 등지방두께는 0.20으로 평가 되었다[표 3-22].

```
# Parameter file for program renf90; it is translated to parameter
# file for BLUPF90 family programs.
DATAFILE
data
TRAITS
5 6 7
FIELDS_PASSED TO OUTPUT

WEIGHT(S)

RESIDUAL_VARIANCE # 잔차
  0.3677   -0.5550   -0.3209E-02
-0.5550    25.78    1.684
-0.3209E-02  1.684    2.104
EFFECT
2 2 2 cross alpha # SEX
EFFECT
4 4 4 cross alpha # BATCH
EFFECT
3 3 3 cross alpha # family
EFFECT
1 1 1 cross alpha # animals
RANDOM
animal
FILE
ped #Assigned_ped or ped
(CO)VARIANCES # 유전분산
  0.1124   -1.232   -0.7471E-02
-1.232    56.70    2.768
-0.7471E-02  2.768    0.2489
OPTION use_yams
```

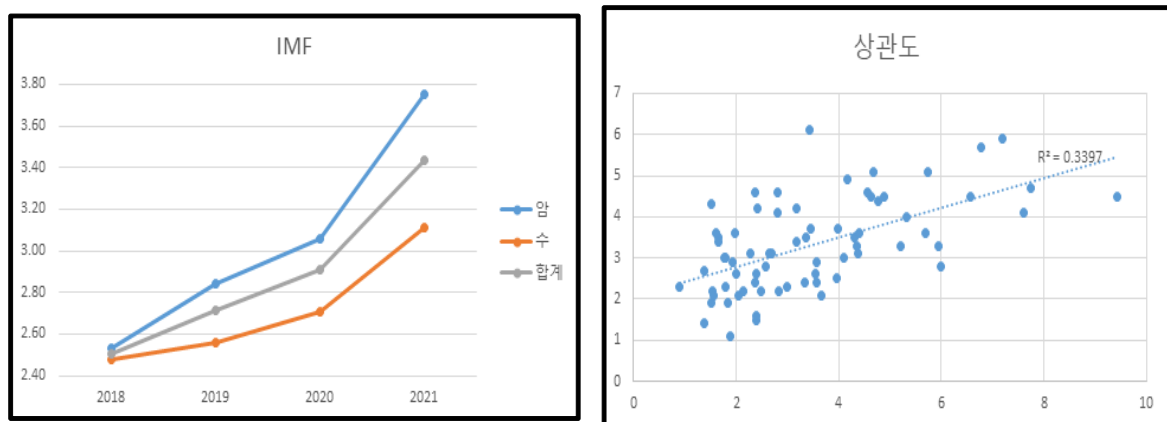
[그림 3-6] BLUPF90 통합 프로그램 사용 예시

[표 3-22] 유전력 및 상관 : 평균(표준편차)

항목	근내지방	90kg도달일령	등지방두께
근내지방	0.30 (0.11)	-0.39 (0.28)	0.61 (0.25)
90kg도달일령	-0.29 (0.05)	0.40 (0.03)	0.20 (0.06)
등지방두께	0.10 (0.06)	0.20 (0.02)	0.46 (0.03)

* 대각은 유전력, 우삼각 비대각은 유전상관, 좌삼각 비대각은 표현형상관

B-mode IMF(근내지방)는 2018년도 2.55±0.59, 2019년도 2.71±0.55, 2020년도 2.91±0.80, 2021년도 3.43±0.74로 증가하였다. 또한 초음파 B-mode IMF 측정 값과 근내지방과의 상관도는 58%로 추정되었다[그림 3-7].



[그림 3-7] 초음파 B-mod IMF 측정 값과 근내지방 상관도

10. GSP 참조돈군 유전적 개량량

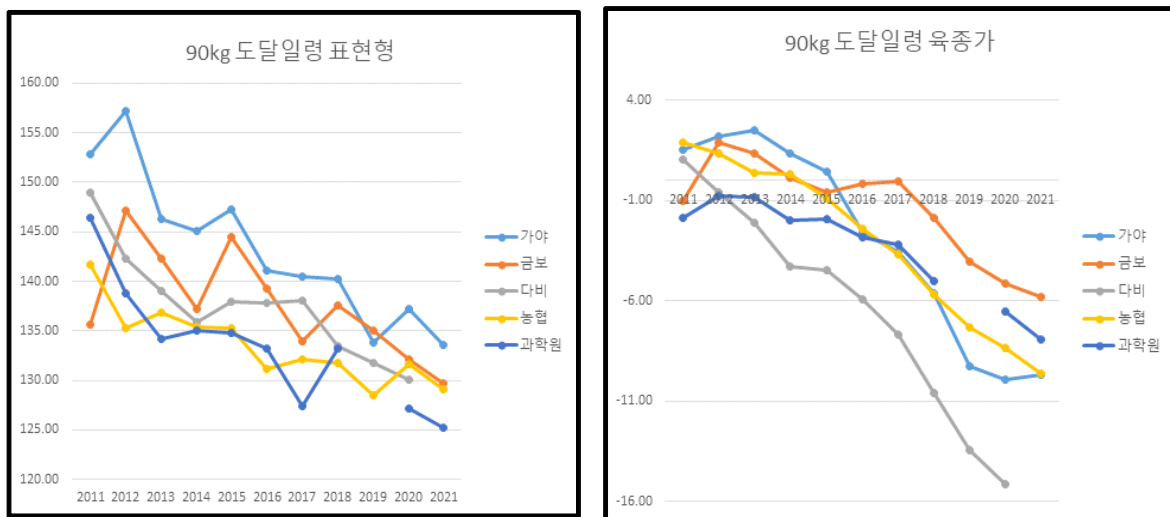
2017년부터 2021년까지 참여종돈장 90kg도달일령 표현형 성적은 다음과 같다.

- ☞ 가야 : '17(140.55) → '18(140.28) → '19(133.86) → '20(137.19.) → '21(133.54)
- ☞ 금보 : '17(133.94) → '18(137.62) → '19(135.06) → '20(132.12) → '21(129.74)
- ☞ 다비 : '17(138.00) → '18(133.49) → '19(131.80) → '20(130.08)
- ☞ 농협 : '17(132.15) → '18(131.80) → '19(128.48) → '20(131.61) → '21(129.08)
- ☞ 과학원 : '17(127.41) → '18(133.22) → '20(127.12) → '21(125.26)

2017년부터 2021년까지 참여종돈장 90kg도달일령 육종가 추정치는 다음과 같다.

- ☞ 가야 : '17(-3.54) → '18(-5.59) → '19(-9.27) → '20(-9.93) → '21(-9.66)
- ☞ 금보 : '17(-0.01) → '18(-1.88) → '19(-4.04) → '20(-5.10) → '21(-5.78)
- ☞ 다비 : '17(-7.67) → '18(-10.57) → '19(-13.46) → '20(-15.11)
- ☞ 농협 : '17(-3.65) → '18(-5.66) → '19(7.31) → '20(-8.32) → '21(-9.64)
- ☞ 과학원 : '17(-3.17) → '18(-5.01) → '20(-6.53) → '21(-7.92)

지난 5년간 참여종돈장 90kg도달일령은 표현형, 육종가 모두 매년 소폭 감소하고 있다[그림 3-6].



[그림 3-8] 참여종돈장 90kg 도달일령 연도별 개량 추세

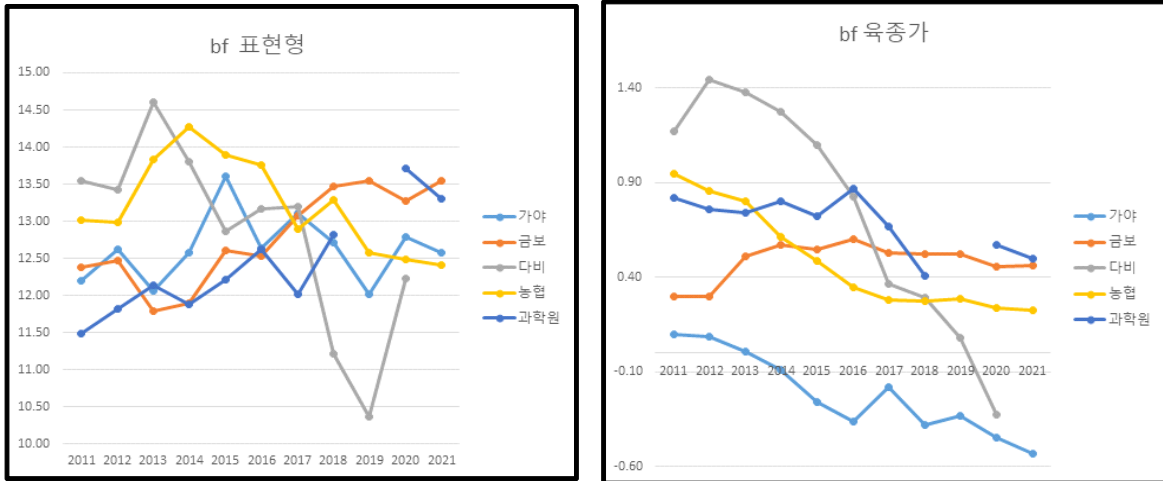
○ 2017년부터 2021년까지 참여종돈장 등지방두께 표현형 성적은 다음과 같다.

- ☞ 가야 : '17(13.10) → '18(12.71) → '19(12.01) → '20(12.79) → '21(12.58)
- ☞ 금보 : '17(13.07) → '18(13.47) → '19(13.54) → '20(13.28) → '21(13.54)
- ☞ 다비 : '17(13.19) → '18(11.21) → '19(10.36) → '20(12.23)
- ☞ 농협 : '17(12.89) → '18(13.29) → '19(12.58) → '20(12.49) → '21(12.40)
- ☞ 과학원 : '17(12.01) → '18(12.82) → '20(13.71) → '21(13.31)

○ 2017년부터 2021년까지 참여종돈장 등지방두께 육종가 추정치는 다음과 같다.

- ☞ 가야 : '17(-0.18) → '18(-0.38) → '19(-0.33) → '20(-0.45) → '21(-0.53)
- ☞ 금보 : '17(0.53) → '18(0.52) → '19(0.52) → '20(0.46) → '21(0.46)
- ☞ 다비 : '17(0.37) → '18(0.29) → '19(0.08) → '20(-0.33)
- ☞ 농협 : '17(0.28) → '18(0.28) → '19(0.29) → '20(0.24) → '21(0.23)
- ☞ 과학원 : '17(0.67) → '18(0.41) → '20(0.57) → '21(0.50)

지난 5년간 참여종돈장 등지방두께 표현형은 12mm ~ 14mm 수준을 유지하고 있고, 육종가는 매년 소폭 감소하고 있다[그림 3-7].



[그림 3-9] 참여종돈장 등지방두께 도달일령 연도별 개량 추세

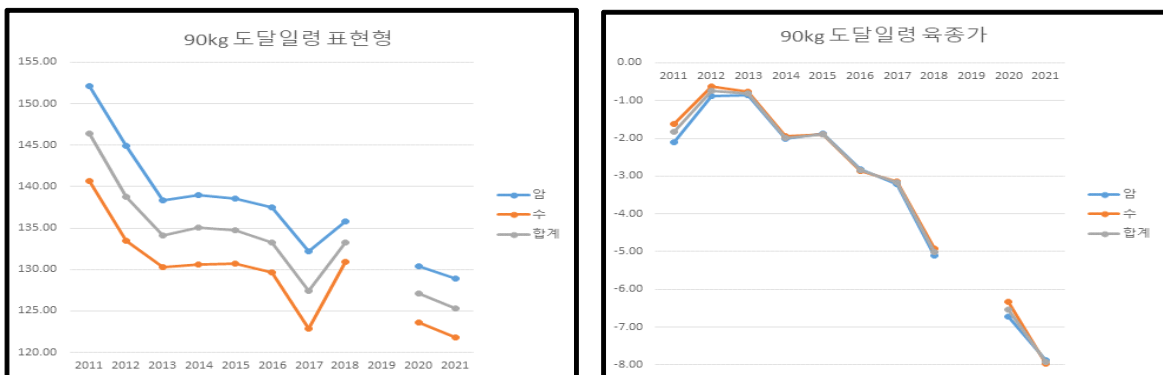
2016년부터 2021년까지 GSP 참조돈군 90kg도달일령 표현형 성적은 다음과 같다.

- ☞ 암 : '16(137.50) → '17(132.19) → '18(135.77) → '20(130.42) → '21(128.93)
- ☞ 수 : '16(129.61) → '17(122.86) → '18(130.94) → '20(123.65) → '21(121.82)
- ☞ 합계 : '16(133.24) → '17(127.41) → '18(133.22) → '20(127.12) → '21(125.26)

2016년부터 2021년까지 GSP 참조돈군 90kg도달일령 육종가 추정치는 다음과 같다.

- ☞ 암 : '16(-2.82) → '17(-3.20) → '18(-5.12) → '20(-6.72) → '21(-7.87)
- ☞ 수 : '16(-2.87) → '17(-3.13) → '18(-4.92) → '20(-6.34) → '21(-7.97)
- ☞ 합계 : '16(-2.85) → '17(-3.17) → '18(-5.01) → '20(-6.53) → '21(-7.92)

○ 지난 5년간 GSP 참조돈군 90kg도달일령 육종가는 매년 소폭 감소하고 있다[그림 3-9].



[그림 3-10] GSP 참조돈군 90kg 도달일령 연도별 개량 추세

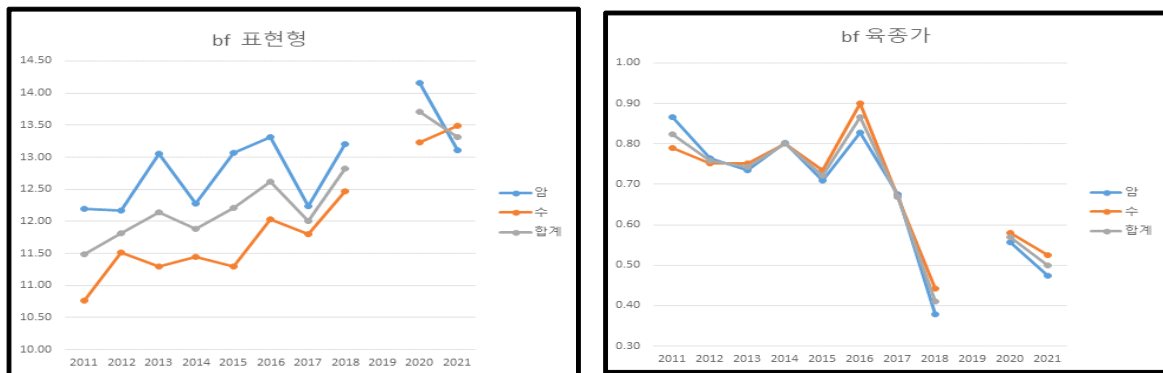
2016년부터 2021년까지 GSP 참조돈군 등지방두께 표현형 성적은 다음과 같다.

- ☞ 암 : '16(13.32) → '17(12.24) → '18(13.21) → '20(14.16) → '21(13.11)
- ☞ 수 : '16(12.03) → '17(11.80) → '18(12.47) → '20(13.23) → '21(13.49)
- ☞ 합계 : '16(12.62) → '17(12.01) → '18(12.82) → '20(13.71) → '21(13.31)

2016년부터 2021년까지 GSP 참조돈군 등지방두께 육종가 추정치는 다음과 같다.

- ☞ 암 : '16(0.83) → '17(0.68) → '18(0.38) → '20(0.56) → '21(0.47)
- ☞ 수 : '16(0.90) → '17(0.67) → '18(0.44) → '20(0.58) → '21(0.52)
- ☞ 합계 : '16(0.87) → '17(0.67) → '18(0.41) → '20(0.57) → '21(0.50)

GSP 참조돈군 등지방두께 표현형은 11mm ~ 14mm 수준을 유지하고 있고, 유전적 개량추세는 얇아지고 있지만 2020년도에 소폭 증가한 것으로 나타났다[그림 3-10].



[그림 3-11] GSP 참조돈군 등지방두께 연도별 개량 추세

11. GSP 참여종돈장 간 유전연결도 분석

농장간 추정 육종가에 대한 상대적 비교를 하기 위해서는 최소 연결율이 3% 이상이 요구되고 농장간 유전적으로 연결된 정도의 크기가 높을수록 유전능력 평가의 정확도는 더욱 증가한다고 보고하고 있고(Zhang 등, 2004), 또한 캐나다 및 중국의 경우 농장간 연결을 통하여 돼지의 국가유전능력평가를 실시하고 있다(Sun 등, 2009 Xiao 등, 2010).

GCA(An R package for genetic connectedness analysis using pedigree and genomic data)를 이용하여 유전적 연결도를 평가하였다[그림3-12].


```

# https://haipengu.github.io/Rmd/GCA/Vignette.html

#install.packages("devtools")
#library(devtools)
#install_github('HaipengU/GCA')

library(GCA)
library("optiSel")
for (option in 1:2){
  #option <- 1
  data <- c("Ped_all.csv", "Ped_NON_g.csv") #"Ped_NON.csv",
  PED_OP <- read.csv(data[option]) # Ped_all.csv, Ped_NON.csv, Ped_NON_g.csv
  gsp_data <- read.csv("gsp_data.csv")

  MYPED <- merge(PED_OP[,c(1:4)],gsp_data[,c("ID","hyws","farm")],by="ID",all.x=T)
  names(MYPED) <- c("Indiv","Sire","Dam","Born","hyws","farm")
  Pedig <- prePed(MYPED)
  A <- pedIBD(Pedig,keep.only=gsp_data[gsp_data$year>=2014,]$ID)*2
  pheno <- Pedig[Pedig$Indiv %in% gsp_data[gsp_data$year>=2014,]$ID ,]
  A[1:5,1:5]
  pheno[1:5,1]

  mean(A)
  sigma2a <- 27.210 # additive genetic variance
  sigma2e <- 42.034 # residual variance
  X2 <- model.matrix(~ -1 + factor(pheno$hyws)) # incidence matrix of unit effect and sex

  #####
  ## PEVD_GrpAve ##
  #####
  PEVD_GrpAve <- gca(Kmatrix = A, Xmatrix = X2, sigma2a = sigma2a, sigma2e = sigma2e,
                    MUScenario = as.factor(pheno$farm), statistic = 'PEVD_GrpAve',
                    NumofMU = 'Pairwise')
  # remove NAs in diagnol to make plot
  diag(PEVD_GrpAve) <- 0

  #####
  ## CD_GrpAve ##
  #####
  CD_GrpAve <- gca(Kmatrix = A, Xmatrix = X2, sigma2a = sigma2a, sigma2e = sigma2e,
                  MUScenario = as.factor(pheno$farm), statistic = 'CD_GrpAve',
                  NumofMU = 'Pairwise')
  # replace NAs in diagnol to make plot
  diag(CD_GrpAve) <- min(CD_GrpAve, na.rm = T)
  save(PEVD_GrpAve, CD_GrpAve, file=paste0("option",option, ".RData"))

  library(corrplot)
  option <- 1
  load(paste0("option",option, ".RData"))
  farm_names <- c("D","NIAS","A","B","C") #c("NH","NIAS","DB","GB","GY")

  rownames(PEVD_GrpAve) <- farm_names
  colnames(PEVD_GrpAve) <- farm_names
  rownames(CD_GrpAve) <- farm_names
  colnames(CD_GrpAve) <- farm_names

```

```

(CD_GrpAve[1,2]+CD_GrpAve[1,3]+CD_GrpAve[1,4]+CD_GrpAve[1,5]+
 CD_GrpAve[2,3]+CD_GrpAve[2,4]+CD_GrpAve[2,5]+
 CD_GrpAve[3,4]+CD_GrpAve[3,5]+CD_GrpAve[4,5])/10

(PEVD_GrpAve[1,2]+PEVD_GrpAve[1,3]+PEVD_GrpAve[1,4]+PEVD_GrpAve[1,5]+
 PEVD_GrpAve[2,3]+PEVD_GrpAve[2,4]+PEVD_GrpAve[2,5]+
 PEVD_GrpAve[3,4]+PEVD_GrpAve[3,5]+PEVD_GrpAve[4,5])/10

corrplot(PEVD_GrpAve, is.corr = FALSE, method = "circle", type = "upper",
         diag = F, number.cex = 7 / ncol(PEVD_GrpAve), col = cm.colors(10), cl.lim = c(0,
max(PEVD_GrpAve)),
         number.digits = 4, mar = c(0,1,1,1), addCoef.col = "black", order="alphabet",
         tl.col = "black", tl.srt = 90, tl.cex = 1.2, file="jpg", memo="var")

corrplot(CD_GrpAve, is.corr = FALSE, method = "circle", type = "upper",
         diag = F, number.cex = 7 / ncol(CD_GrpAve), col = cm.colors(10),
         number.digits = 4, mar = c(0,1,1,1), addCoef.col = "black", order="alphabet",
         tl.col = "black", tl.srt = 90, tl.cex = 1.2, cl.lim = c(0, 1))

```

[그림 3-12] GCA 평가

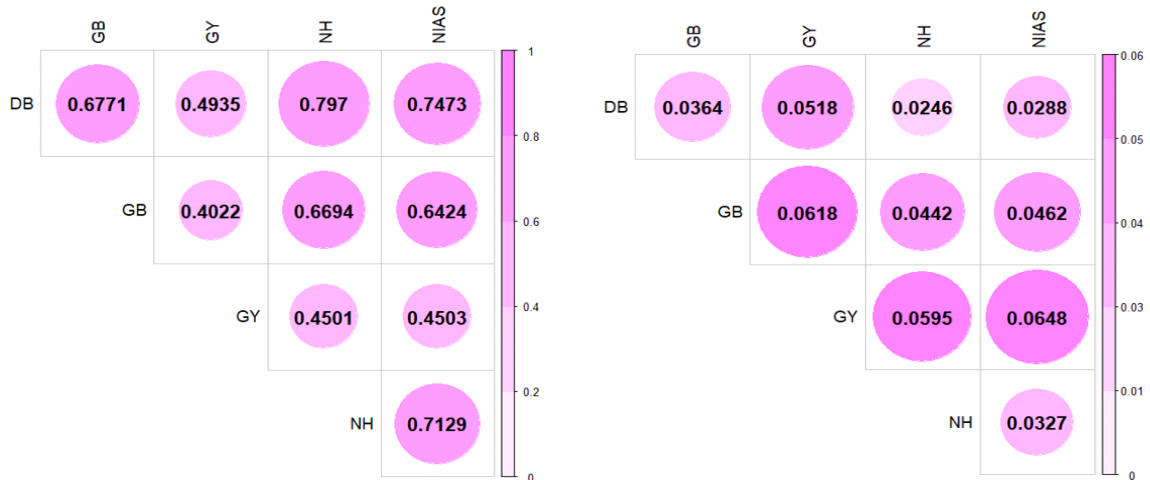
GSP 참조돈군과 타농장간의 r2 값은 다비 0.75, 농협 0.71, 금보 0.64, 가야 0.45로 평균 0.64로 평가되었다. GSP 참조돈군과 4개 참여 종돈장과의 유전적 연결도는 63~86%로 평균 79%로 고도의 유전적 연결성이 존재하는 것으로 나타났다[표 3-23]. 따라서, 단일 집단 개념에서 유전능력평가가 가능하며, 이를 이용하여 농장내외 개체간 상대적 비료를 통해 우수 종축 선발이 가능할 것으로 사료된다.

[표 3-23] CD : coefficient of determination

종돈장	NH	NIAS	DB	GB	GY
NH		0.71	0.80	0.67	0.45
NIAS	0.71		0.75	0.64	0.45
DB	0.80	0.75		0.68	0.49
GB	0.67	0.64	0.68		0.40
GY	0.45	0.45	0.49	0.40	

[표 3-24] PEVD : prediction error variance of differences

종돈장	NH	NIAS	DB	GB	GY
NH		0.03	0.02	0.04	0.06
NIAS	0.03		0.03	0.05	0.06
DB	0.02	0.03		0.04	0.05
GB	0.04	0.05	0.04		0.06
GY	0.06	0.06	0.05	0.06	



[그림 3-13] CD, PEVD 그래프

□ 결과 종합

GSP 참조돈군의 규모는 모든 70두로 소규모 농장에 속하지만 매년 세대 번식과 참여중돈장과의 주기적 정액 교류로 유전적 개량량과 연결도가 고도화 되었다.

- ☞ 90kg 도달일령 육종가는 2016년도에 -2.85, 2017년도에 -3.17, 2018년도에 -5.01, 2020년도에 -6.53, 2021년도에 -7.92로 매년 소폭 개량되었다.
- ☞ GSP 참조돈군과 4개 참여 중돈장과의 유전적 연결도는 평균 79%로 고도의 유전적 연결성이 존재하는 것으로 나타났다.
- ☞ 2017년도부터 2021년까지 우수씨돼지 보급 두수는 63두로 목표대비 252%를 달성하였고, 국내매출액도 89백만원으로 목표대비 359% 달성하였다.

초음파 B-mode IMF의 활용은 부계 육질개량의 중요한 수단으로, 살아있는 종축의 근내지방을 개량 함으로써 고급육 생산의 기초자료로 활용될 수 있다.

- ☞ GSP 참조돈군 근내지방 유전력은 0.30으로 평가 되었다. 근내지방과 90kg 도달일령의 유전상관은 -0.39, 등지방두께와는 0.61로 추정되었다.
- ☞ 초음파 B-mode IMF 측정 값과 근내지방과의 상관도는 58%로 추정되었다.

과제 종결 후 주기적 초음파 B-mode 검정, 육질검사를 통하여 육질선발 정확도를 높이고 초음파 B-mode를 활용한 부계 육질개량에 중요한 지표를 제공하고자 한다.

또한, 해년마다 두록 검정 평가 후 육질 및 성장이 우수한 씨돼지를 선발·보급함으로써 유전 연결도를 더욱 끈고히 하고 국가단위 부계 발전에 기여하겠다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1절 목표

1. 정량적 목표

성과 목표	브랜드 및 품종개발		홍보 성과	자료 발간	논문 (비SCI)	유전자원 등록	농가 컨설팅	국내 매출액 (억원)	보급 두수	보급업 체수	기술 이전	DB 구축
	출원	등록										
최종 목표	5	4	10	2	5	3	5	25	25	15	2	5

2. 정성적인 목표

가. 저응취 국산종돈 개발 및 실용화

- 지방내 호르몬 분석법 표준화 및 매뉴얼 작성
- 품종별 응취호르몬의 데이터베이스 구축
- 응취호르몬 농도에 따른 국내 소비자 반응도 조사
- 응취호르몬과 산육 및 번식형질과의 유전상관 분석
- 전장유전체 분석을 통한 응취호르몬관련 유전자마커 발굴
- 저응취용돈 계통조성을 위한 선발기준 설정 및 교배체계 구축
- 국내소비자 반응도 조사결과를 반영한 저응취 용돈 3품종 개발

[품종별 응취호르몬의 목표대비 실적]

품종	응취호르몬	농도(μg/g)	
		목표	'21년 실적
두록	Androstenone	1	0.96
	Skatole	0.5	0.12
	Indole	0.15	0.03
랜드레이스	Androstenone	1	1.09
	Skatole	0.5	0.20
	Indole	0.15	0.05
요크셔	Androstenone	1	0.98
	Skatole	0.5	0.09
	Indole	0.15	0.02

(2) 두록 참조돈군을 통한 GSP 씨돼지 개량 효율 제고

- 모돈군 70두 규모의 핵돈군(참조돈군) 조성 완료
- 생체 초음파 B-mode를 이용한 근내지방도 검정시스템 구축 완료

- 사료섭취량 측정기를 활용한 사료효율 검정시스템 구축 완료
- 참조돈군 유전능력평가에 따른 우수 종돈 선발 : 웅돈12두, 모돈72두 선발
- 검정종료돈 종돈장 분양 : 4개 종돈장, 28두, 30백만원

제 2절 목표 달성 여부

1. 정량적 목표 달성도

성과 목표	브랜드 및 품종개발		홍보 성과	자료 발간	논문 (비SCI)	유전자원 등록	농가 컨설팅	국내 매출액 (억원)	보급 두수	보급업체 수	기술 이전	DB 구축
	출원	등록										
최종 목표	5	4	10	2	5	3	5	25	25	15	2	5
실적	5	2	10	2	4	-	5	98.78	67	9	2	5
달성율 (%)	100	50	100	100	80	추진중	100	383	268	60	100	100

2. 정성적 목표 달성도

구분 (연도)	세부프로젝트명	달성도	세부연구목표
1차년도 (2017)	저용취 국산종돈 개발 및 실용화	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저용취 웅돈개발을 위한 육종 전략 수립 ○ 저용취 육종을 위한 선발지수개발 및 적용 ○ 저용취육종을 위한 교배계획수립 ○ 국내 소비자 웅취호르몬 감지도 평가
	두록 참조돈군을 통한 GSP 씨돼지 개량 효율 제고	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 초음파기기 활용 육질 평가 체계 확립
2차년도 (2018)	저용취 국산종돈 개발 및 실용화	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 육종 전략 적용 <ul style="list-style-type: none"> - 생체 지방 샘플채취 및 분석 - 저용취 웅돈개발을 위한 선발 및 교배계획 수립 ○ 웅취호르몬의 유전적 특성 분석 및 적용 <ul style="list-style-type: none"> - 웅돈과 암돼지의 품종별 호르몬 농도 분석 - 저용취웅돈 유전모수 추정, 웅돈 및 암돼지의 유전자 분석 - 현장적용 선발지수 적용 및 모니터링 - 유전체 선발 적용 방안 고려
	두록 참조돈군을 통한 GSP 씨돼지 개량 효율 제고	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 초음파기기 활용 육질 평가 체계 확립
3차년도 (2019)	저용취 국산종돈 개발 및 실용화	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 육종 전략 적용 <ul style="list-style-type: none"> - 생체 지방 샘플채취 및 분석 - 저용취 웅돈개발을 위한 선발 및 교배

구분 (연도)	세부프로젝트명	달성 도	세부연구목표
			<ul style="list-style-type: none"> ○ 응취호르몬의 유전적 특성 분석 및 적용 <ul style="list-style-type: none"> - 웅돈과 암태지의 품종별 호르몬 농도 분석 - 현장적용 선발지수 적용 및 모니터링 - 유전체 선발 적용 방안 적용 ○ 소비자 관능평가 <ul style="list-style-type: none"> - 저응취 육종으로 생산된 순종돈 관능평가
	두록 참조돈군을 통한 GSP 씨돼지 개량 효율 제고	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사료효율 우수 씨돼지 종돈장 환류
4차년도 (2020)	저응취 국산종돈 개발 및 실용화	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 육종 전략 적용 <ul style="list-style-type: none"> - 생체 지방 샘플채취 및 분석 - 저응취 웅돈개발을 위한 선발 및 교배 ○ 응취호르몬의 유전적 특성 분석 및 적용 <ul style="list-style-type: none"> - 웅돈과 암태지의 품종별 호르몬 농도 분석 - 현장적용 선발지수 적용 및 모니터링 - 유전체 선발 적용 방안 적용 ○ 소비자 관능평가 <ul style="list-style-type: none"> - 품종별 웅돈 현장적용 시험연구 - 저응취 육종으로 생산된 순종돈 관능평가
	두록 참조돈군을 통한 GSP 씨돼지 개량 효율 제고	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 상호작용 성장 우수 씨돼지 종돈장 환류
1차년도 (2017)	저응취 국산종돈 개발 및 실용화	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 육종 전략 적용 <ul style="list-style-type: none"> - 생체 지방 샘플채취 및 분석 ○ 응취호르몬의 유전적 특성 분석 및 적용 <ul style="list-style-type: none"> - 웅돈과 암태지의 품종별 호르몬 농도 분석 - 저응취웅돈 유전모수 추정, 웅돈 및 암태지의 유전자 분석 - 현장적용 선발지수 적용 및 모니터링 - 유전체 선발 적용 방안 적용 - 저응취 웅돈개발을 위한 선발 및 계획교배 ○ 비육돈 교배시험 ○ 소비자 관능평가 <ul style="list-style-type: none"> - 품종별 웅돈 현장적용 시험연구 - 저응취 육종으로 생산된 순종돈 관능평가
	두록 참조돈군을 통한 GSP 씨돼지 개량 효율 제고	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ GSP 고유 차별화 유전특성 확립 및 홍보

3. 연구개발 성과

□ 정성적 성과

(1) 저용취 국산종돈 개발 및 실용화

- 지방내 호르몬 분석법 표준화 및 매뉴얼 작성 완료
- 품종별 웅취호르몬의 데이터베이스 구축 완료
- 웅취호르몬 농도에 따른 국내 소비자 반응도 조사 완료
- 웅취호르몬과 산육 및 번식형질과의 유전상관 분석 완료
- 전장유전체 분석을 통한 웅취호르몬관련 유전자마커 발굴 완료
- 저용취용돈 계통조성을 위한 선발기준 설정 및 교배체계 구축 완료
- 국내소비자 반응도 조사결과를 반영한 저용취 용돈 3품종 개발

(2) 두록 참조돈군을 통한 GSP 씨돼지 개량 효율 제고

- 모돈군 70두 규모의 핵돈군(참조돈군) 조성 완료
- 생체 초음파 B-mode를 이용한 근내지방도 검정시스템 구축 완료
- 사료섭취량 측정기를 활용한 사료효율 검정시스템 구축 완료
- 참조돈군 유전능력평가에 따른 우수 종돈 선발 : 용돈12두, 모돈72두 선발
- 검정종료돈 종돈장 분양 : 4개 종돈장, 28두, 30백만원

□ 정책적 기대성과

- 저용취 용돈을 활용한 비육돈의 등급판정체계 변환
- B-mode 초음파기기를 활용한 종돈 검정체계 제안
- 동물복지형 돼지고기 생산체계 확립을 통한 국내 양돈농가의 국제 경쟁력 확보

□ 기술적 기대성과

- 저용취 용돈 생산을 통한 동물복지형 양돈사양체계 구축
- 저용취 육종기술을 일반 민간 종돈장으로의 적용 확대
- 다양한 능력검정 기술 확립 및 표준화를 통하여 종돈개량 가속화
- 종돈장 비거세를 통한 용돈 검정두수 확보 및 선발강도 강화

□ 경제·산업적 기대성과

- GSP 종돈개량목표 달성에 따른 직접적 개량효과 : 총 249억원 (부계종돈 700두 개량시)
- GSP종돈 개량을 통한 수입대체효과 : 14억원
- 비거세를 통한 비육돈 용돈 면역력 향상
- GSP 참여 종돈장 개발 종돈의 브랜드화 : 상표, 특허 등록 및 FAO 등재
- 사료효율의 유전적 개량을 통한 양돈산업의 생산비 절감
- 한국형 종돈개량 시스템 구축을 통한 종돈 수입 대체 및 종돈수출 기반조성 가능

□ 사회적 기대성과

- 비거세 비육돈 생산을 통한 국내 소비자 인식 제고
- 한국형 부계 종돈 개발로 우리나라 양돈산업의 FTA 대응력 강화

제 5 장 연구결과의 활용 계획 등

1. 연구결과의 기술 이전

핵심기술 명	저용취용돈 개발 및 실용화		
이전형태	<input checked="" type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	13,200천 원/년
이전방식	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input checked="" type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간	-	실용화예상시기	2022년부터
기술이전 시 선행조건	농장 컨설팅 포함		

2. 연구개발 활용 계획

- 저용취용돈을 활용한 비육돈 생산(비거세 비육돈)은 동물복지 효과와 함께 거세돈보다 성장속도와 사료효율이 좋고, 거세 시 발생하는 위축 돼지 및 세균에 의한 돼지 감염을 예방할 수 있음
- 참여종돈장의 우수종모돈과 참조돈군을 활용한 두록종의 검정 및 개량체계는 근내지방도가 우수하고 사료효율이 우수한 종모돈을 종돈장에 분양하여 향후 육질이 우수한 국내산 돈육 생산 및 생산비 절감 기여

3. 추가 연구 계획

구분	품종 개발		FAO 등재	현장 분석 지원	논문		특허		유전 자원 확보/ 증식 평가	DB 구축 및 활용	홍보 성과	교육 지도	기술 이전	자료 발간
	출원	등록			SCI	비 SCI	출원	등록						
2022			3	1						1			1	
2023				1						1			1	
2024				1						1			1	
2025				1						1			1	

참고 문헌

- Aluwé, M., S. Millet, K. Bekaert, F. Tuytens, L. Vanhaecke, S. De Smet, and D. De Brabander. 2011. Influence of breed and slaughter weight on boar taint prevalence in entire male pigs. *Animal* 5(8):1283-1289.
- Annor-Frempong, I., G. Nute, F. Whittington, and J. Wood. 1997. The problem of taint in pork: 1. Detection thresholds and odour profiles of androstenone and skatole in a model system. *Meat Science* 46(1):45-55.
- Babol, J., G. Zamaratskaia, R. Juneja, and K. Lundström. 2004. The effect of age on distribution of skatole and indole levels in entire male pigs in four breeds: Yorkshire, Landrace, Hampshire and Duroc. *Meat science* 67(2):351-358.
- Bañón, S., E. Costa, M. Gil, and M. Garrido. 2003. A comparative study of boar taint in cooked and dry-cured meat. *Meat Science* 63(3):381-388.
- Barton-Gade, P. A. 1987. Meat and fat quality in boars, castrates and gilts. *Livestock Production Science* 16(2):187-196.
- Beery KE, Sink JD, Patton S and Ziegler JH. 1971. "Characterization of the swine sex odor (SSO) components in boar fat volatiles." *J. Food. Sci.* 36(7): 1086-1090.
- Bidanel J, Riquet J, Gruand J, Squires E, Bonneau M and Milan D. 2006. "Detection of quantitative trait loci for skatole and indole levels in Meishan× Large White F2 Pigs." *Proc. WCGALP, Belo Horizonte, Brazil.*
- Bonneau, M., and P. Chevillon. 2012. Acceptability of entire male pork with various levels of androstenone and skatole by consumers according to their sensitivity to androstenone. *Meat science* 90(2):330-337.
- Butler, D. G., B R Cullis, A. R. Gilmour, B. J. Gogel, and R hompson. 2018. *ASReml-R Reference Manual version 4.. VSN Int. Ltd., Hemel Hempstead, UK.*
- Claus, R., U. Weiler, and A. Herzog. 1994. Physiological aspects of androstenone and skatole formation in the boar—a review with experimental data. *Meat Science* 38(2):289-305.
- De Briyne, N., C. Berg, T. Blaha, and D. Temple. 2016. Pig castration: will the EU manage to ban pig castration by 2018? *Porcine Health Management* 2(1):29.
- Doran, E., F. W. Whittington, J. D. Wood, and J. D. McGivan. 2002. Cytochrome P450IIE1 (CYP2E1) is induced by skatole and this induction is blocked by androstenone in isolated pig hepatocytes. *Chemico-biological interactions* 140(1):81-92.
- Garrick DJ and Fernando RL. Implementing a QTL detection study (GWAS) using genomic prediction methodology. *Genome-wide association studies and genomic prediction: Springer; 2013. p. 275-298.*

- Garrick DJ, Taylor JF and Fernando RL. 2009. "Deregressing estimated breeding values and weighting information for genomic regression analyses." *Genet Sel Evol.* 41(1): 55.
- Gilmour AR, Gogel BJ, Cullis BR, Welham SJa and Thompson R. 2015. "ASReml user guide release 4.1 structural specification." Hemel hempstead: VSN international ltd.
- Gregersen VR, Conley LN, Sorensen KK, Guldbbrandtsen B, Velander IH and Bendixen C. 2012. "Genome-wide association scan and phased haplotype construction for quantitative trait loci affecting boar taint in three pig breeds." *BMC Genomics.* 13(1): 22.
- Grindflek E, Lien S, Hamland H, Hansen MH, Kent M, van Son M and Meuwissen TH. 2011a. "Large scale genome-wide association and LDLA mapping study identifies QTLs for boar taint and related sex steroids." *BMC Genomics.* 12(1): 362.
- Grindflek E, Meuwissen THE, Aasmundstad T, Hamland H, Hansen MHS, Nome T, Kent M, Torjesen P and Lien S. 2011b. "Revealing genetic relationships between compounds affecting boar taint and reproduction in pigs." *J. Anim. Sci.* 89(3): 680-692.
- Habier D, Fernando RL, Kizilkaya K and Garrick DJ. 2011. "Extension of the bayesian alphabet for genomic selection." *BMC Bioinf.* 12(1): 186.
- Hah KH, Kim IS, Jin SK, Nam YW and Cho JH. 2007. "Proximate composition and physico-chemical characteristics of Berkshire pork by gender." *Food Sci. Anim. Resour.* 27(2): 137-141.
- Kizilkaya K, Fernando RL and Garrick DJ. 2010. "Genomic prediction of simulated multibreed and purebred performance using observed fifty thousand single nucleotide polymorphism genotypes." *J. Anim. Sci.* 88(2): 544-551.
- Lunde, K., E. Skuterud, A. Nilsen, and B. Egelanddal. 2009. A new method for differentiating the androstenone sensitivity among consumers. *Food Quality and Preference* 20(4):304-311.
- Mathur, P., J. Ten Napel, S. Bloemhof, L. Heres, E. Knol, and H. Mulder. 2012. A human nose scoring system for boar taint and its relationship with androstenone and skatole. *Meat Science* 91(4):414-422.
- Meinert, L., B. Lund, C. Bejerholm, and M. D. Aaslyng. 2017. Distribution of skatole and androstenone in the pig carcass correlated to sensory characteristics. *Meat Science* 127:51-56.
- Merks, J., S. Bloemhof, P. Mathur, and E. Knol. 2010. Quantitative genetic opportunities to ban castration. In: Proc. Conference "European Federation of Animal Science, Symposium: Alternatives to castration in pigs", Heraklion,

Grèce. p 135.

- Merks, J., E. Hanenberg, S. Bloemhof, and E. Knol. 2009. Genetic opportunities for pork production without castration. *Animal Welfare* 18(4):539-544.
- Merks, J., P. Mathur, and E. Knol. 2012. New phenotypes for new breeding goals in pigs. *Animal* 6(4):535-543.
- Prunier, A., A. Mounier, and M. Hay. 2005. Effects of castration, tooth resection, or tail docking on plasma metabolites and stress hormones in young pigs. *Journal of Animal Science* 83(1):216-222.
- Strathe, A. B., I. Velander, T. Mark, and H. Kadarmideen. 2013. Genetic parameters for androstenone and skatole as indicators of boar taint and their relationship to production and litter size traits in Danish Landrace. *Journal of Animal Science* 91(6):2587-2595.
- Tambyrajah, W. S., E. Doran, J. D. Wood, and J. D. McGivan. 2004. The pig CYP2E1 promoter is activated by COUP-TF1 and HNF-1 and is inhibited by androstenone. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 431(2):252-260.
- Walstra, P., C. Claudi-Magnussen, P. Chevillon, G. Von Seth, A. Diestre, K. Matthews, D. Homer, and M. Bonneau. 1999. An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: levels of androstenone and skatole by country and season. *Livestock production science* 62(1):15-28.
- Wesoly, R., and U. Weiler. 2012. Nutritional influences on skatole formation and skatole metabolism in the pig. *Animals* 2(2):221-242.
- Willeke, H., R. Claus, E. Müller, F. Pirchner, and H. Karg. 1987. Selection for high and low level of 5 α -androst-16-en-3-one in boars. *Journal of animal breeding and genetics* 104(1-5):64-73.
- Windig, J., H. Mulder, J. Ten Napel, E. Knol, P. Mathur, and R. Crump. 2012. Genetic parameters for androstenone, skatole, indole, and human nose scores as measures of boar taint and their relationship with finishing traits. *Journal of animal science* 90(7):2120-2129.
- Xue, J., G. D. Dial, E. E. Holton, Z. Vickers, E. J. Squires, Y. Lou, D. Godbout, and N. Morel. 1996. Breed differences in boar taint: relationship between tissue levels boar taint compounds and sensory analysis of taint. *Journal of animal science* 74(9):2170-2177.
- Zamaratskaia, G., J. Babol, H. Andersson, and K. Lundström. 2004. Plasma skatole and androstenone levels in entire male pigs and relationship between boar taint compounds, sex steroids and thyroxine at various ages. *Livestock production*

science 87(2):91-98.

Zhou P, Zhai SL, Zhou X, Lin P, Jiang TF, Hu XY, Jiang YB, Wu B, Zhang QD, Xu XW, Li JP and Liu B. 2011. "Molecular characterization of transcriptome-wide interactions between highly pathogenic porcine reproductive and respiratory syndrome virus and porcine alveolar macrophages in vivo." *Int. J. Biol. Sci.* 7(7): 947-959.

Zamaratskaia, G., and E. Squires. 2009. Biochemical, nutritional and genetic effects on boar taint in entire male pigs. *animal* 3(11):1508-1521.

연구개발보고서 초록

프로젝트명	(국문) 참여중돈장 참조돈군 검정체계 확립 및 차별화 중돈 개발				
	(영문) Development of low boar-taint and establishment of test evaluation through reference pigs in GSP swine breeding farms.				
프로젝트 연구기관	(주)정피엔씨연구소		프로젝트 책임자	(소속)(주)정피엔씨연구소	
참여기업	농협경제지주 중돈개량사업소 (주)가야육중			(성명) 정 중 현	
총 연구개발비 (536,700천원)	계	1,727,500,000	총 연구기간	2017.01.~2021.12.(5년)	
	정부출연 연구개발비	1,410,000,000	총 참여 연구원 수	총 인원	149
	기업부담금	317,500,000		내부인원	85
	연구기관부담금			외부인원	64

1 연구개발 목표 및 성과

정량적 목표

- 저용취용돈 3종 개발

품종	웅취호르몬	농도(μg/g)
두록, 랜드레이스 및 요크셔	Androstenone	1
	Skatole	0.5
	Indole	0.15

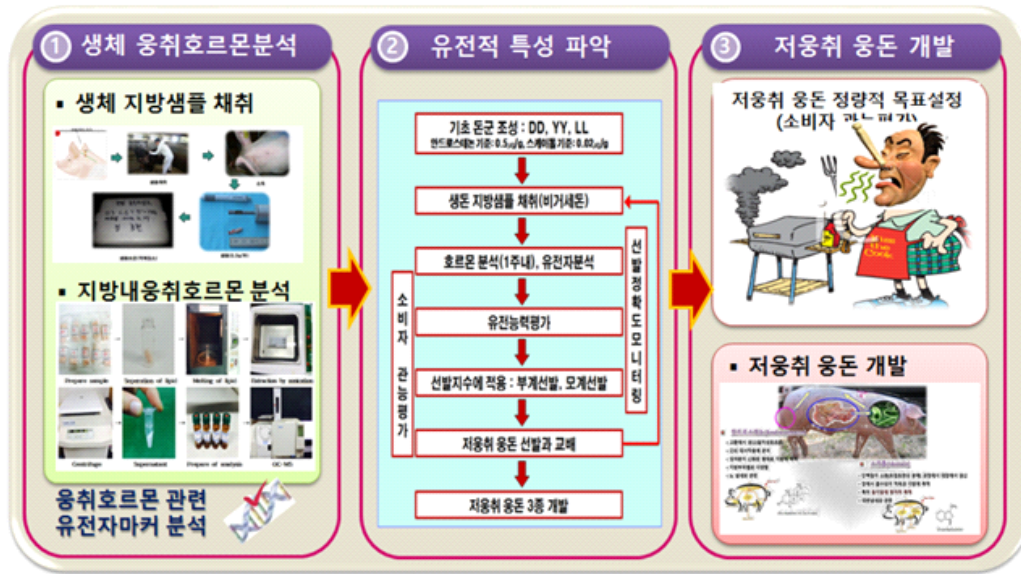
- 부계(두록) 통합 검정·평가·선발 및 보급

정성적 목표

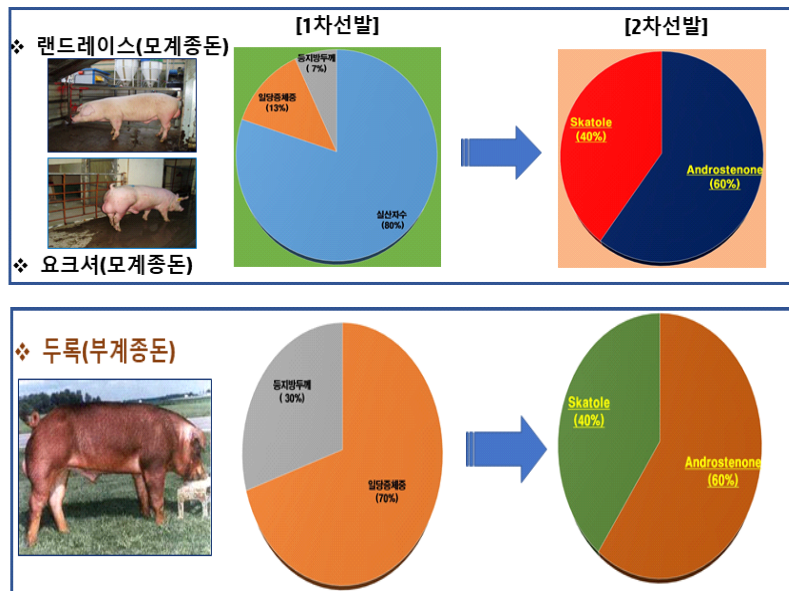
- 지방내 호르몬 분석법 표준화 및 매뉴얼 작성 완료
- 품종별 웅취호르몬의 데이터베이스 구축 완료
- 웅취호르몬 농도에 따른 국내 소비자 반응도 조사 완료
- 웅취호르몬과 산육 및 번식형질과의 유전상관 분석 완료
- 전장유전체 분석을 통한 웅취호르몬관련 유전자마커 발굴 완료
- 저용취용돈 계통조성을 위한 선발기준 설정 및 교배체계 구축 완료
- 국내소비자 반응도 조사결과를 반영한 저용취 용돈 3품종 개발
- 모돈군 70두 규모의 핵돈군(참조돈군) 조성 완료
- 생체 초음파 B-mode를 이용한 근내지방도 검정시스템 구축 완료
- 사료섭취량 측정기를 활용한 사료효율 검정시스템 구축 완료
- 참조돈군 유전능력평가에 따른 우수 중돈 선발 : 용돈12두, 모돈72두 선발
- 검정종료돈 중돈장 분양 : 4개 중돈장, 28두, 30백만원

2 연구내용 및 결과

□ 저응취 옹돈 개발 및 실용화



- 지방내 호르몬 분석법 표준화 및 매뉴얼 작성 완료
- 품종별 옹취호르몬의 데이터베이스 구축 완료
- 옹취호르몬 농도에 따른 국내 소비자 반응도 조사 완료
- 옹취호르몬과 산육 및 번식형질과의 유전상관 분석 완료
- 전장유전체 분석을 통한 옹취호르몬관련 유전자마커 발굴 완료
- 저응취옹돈 계통조성을 위한 선발기준 설정 및 교배체계 구축 완료



<p style="text-align: center;">웅돈기준 (육종기표준)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ Androstenone: 1μg/g , ➢ Skatole : 0.5μg/g , ➢ Indole : 0.15μg/g <p style="text-align: center;">웅돈선발기준</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 농협 종돈개량사업소 GGP선발지수 합격돈 ➢ 아비 or 동복의 호르몬 분석결과 ➢ 아비 and 어미의 유전자마커 분석결과 ➢ 선조의 표현형이 있는 개체 	<p style="text-align: center;">모돈기준 (육종기표준)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ Androstenone : 상위 5% ➢ Skatole : 상위 5% ➢ Indole : 상위 5% <p style="text-align: center;">모돈선발기준</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 농협 종돈개량사업소 GGP선발지수 합격돈 ➢ 아비 or 동복의 호르몬 분석결과 ➢ 아비 and 어미의 유전자마커 분석결과 ➢ 선조의 표현형이 있는 개체
--	---

○ 국내소비자 반응도 조사결과를 반영한 저용취 웅돈 3품종 개발

품종	웅취호르몬	농도(μ g/g)	
		목표	'21년 실적
두록	Androstenone	1	0.96
	Skatole	0.5	0.12
	Indole	0.15	0.03
랜드레이스	Androstenone	1	1.09
	Skatole	0.5	0.20
	Indole	0.15	0.05
요크셔	Androstenone	1	0.98
	Skatole	0.5	0.09
	Indole	0.15	0.02

□ GSP참여종돈장 부계 두록종돈 검정용 통합돈군 검정·평가·선발 및 보급



- 산육형질(90kg 도달일령, 사료효율, 체척 등) 검정
- 육질형질(pH, 근내지방 등) 검정
- 초음파 B-mode 활용 육질 형질 측정 및 선발적용 가능성 평가
- 우수 씨돼지 종돈장 환류

3 연구 성과 활용실적 및 계획

가. 정성적 성과

□ 정책적 기대성과

- 저용취 웅돈을 활용한 비육돈의 등급판정체계 변환

- B-mode 초음파기기를 활용한 종돈 검정체계 제안
- 동물복지형 돼지고기 생산체계 확립을 통한 국내 양돈농가의 국제 경쟁력 확보
- 기술적 기대성과
 - 저응취 옹돈 생산을 통한 동물복지형 양돈사양체계 구축
 - 저응취 육종기술을 일반 민간 종돈장으로의 적용 확대
 - 다양한 능력검정 기술 확립 및 표준화를 통하여 종돈개량 가속화
 - 종돈장 비거세를 통한 옹돈 검정두수 확보 및 선발강도 강화
- 경제·산업적 기대성과
 - GSP 종돈개량목표 달성에 따른 직접적 개량효과 : 총 249억원 (부계종돈 700두 개량시)
 - GSP종돈 개량을 통한 수입대체효과 : 14억원
 - 비거세를 통한 비육돈 옹돈 면역력 향상
 - GSP 참여 종돈장 개발 종돈의 브랜드화 : 상표, 특허 등록 및 FAO 등재
 - 사료효율의 유전적 개량을 통한 양돈산업의 생산비 절감
 - 한국형 종돈개량 시스템 구축을 통한 종돈 수입 대체 및 종돈수출 기반조성 가능
- 사회적 기대성과
 - 비거세 비육돈 생산을 통한 국내 소비자 인식 제고
 - 한국형 부계 종돈 개발로 우리나라 양돈산업의 FTA 대응력 강화

나. 정량적 성과

성과 목표	브랜드 및 품종개발		홍보 성과	자료 발간	논문(비SCI)	유전자원		농가 컨설팅	국내 매출액 (억원)	보급 두수	보급업 체수	기술이 전	DB 구축
	출원	등록				등록							
최종목표	5	4	10	2	5	3	5	25	25	15	2	5	
실적	5	2	10	2	4	-	5	98.78	67	9	2	5	
달성율(%)	100	50	100	100	66	추진중	100	383	268	60	100	100	

다. 연구종료 후 성과창출 계획

성과 목표	브랜드 및 품종개발		홍보 성과	농가 기술 지도	논문(비SCI)	유전자원		농가 컨설팅	국내 매출액 (억원)	보급 두수	보급업 체수	기술이 전	FAO 등재
	출원	등록				등록							
2022				1	1								3
2023				1									
2024				1									

[별첨 2]

자체평가보고서

사업단명	GSP 종축사업단	과제번호	213010-05-5-CG700		
프로젝트명	참여중돈장 참조돈군 검정체계 확립 및 차별화 종돈 개발				
프로젝트연구기관	(주)정피엔씨연구소				
연구담당자	프로젝트 연구책임자	정종현			
	세부프로젝트 연구책임자	기관(부서)	(주)정피엔씨연구소	성명	정종현
		기관(부서)	국립축산과학원	성명	김영신
		기관(부서)		성명	
		기관(부서)		성명	
연구기간	총기간	2017.01.01.~2021.12.31	당해연도기간	2021.01.01.~ 2021.12.31	
연구비(천원)	총규모	1,727,500	당해연도규모	343,500	

1. 연구는 당초계획대로 진행되었는가?

당초계획 이상으로 진행
 계획대로 진행
 계획대로 진행되지 못함

○ 계획대로 수행되지 않은 원인은?

2. 당초 예상했던 성과는 얻었는가?

예상외 성과 얻음
 어느 정도 얻음
 얻지 못함

3. 연구개발 성과 세부 내용

성과 목표	브랜드 및 품종개발		홍보성과	자료발간	논문(BSCI)		유전자원 등록	농가 컨설팅	국내 매출액 (억원)	보급두수	보급업체 수	기술이전	DB 구축
	출원	등록											
최종목표	5	4	10	2	5		3	5	25	25	15	2	5
실적	5	2	10	2	4		-	5	98.78	67	9	2	5
달성율(%)	100	50	100	100		66	추진중	100	383	268	60	100	100

3-1 기술적 성과

- 저용취 용돈 생산을 통한 동물복지형 양돈사양체계 구축
- 저용취 육종기술을 일반 민간 종돈장으로의 적용 확대
- 다양한 능력검정 기술 확립 및 표준화를 통하여 종돈개량 가속화
- 종돈장 비거세를 통한 용돈 검정두수 확보 및 선발강도 강화

3-2 과학적 성과

- 저용취 용돈을 활용한 비육돈의 등급판정체계 변환
- B-mode 초음파기기를 활용한 종돈 검정체계 제안

3-3 경제적 성과

- GSP 종돈개량목표 달성에 따른 직접적 개량효과 : 총 249억원 (부계종돈 700두 개량시)
- GSP종돈 개량을 통한 수입대체효과 : 14억원
- 비거세를 통한 비육돈 용돈 면역력 향상
- GSP 참여 종돈장 개발 종돈의 브랜드화 : 상표, 특허 등록 및 FAO 등재
- 사료효율의 유전적 개량을 통한 양돈산업의 생산비 절감
- 한국형 종돈개량 시스템 구축을 통한 종돈 수입 대체 및 종돈수출 기반조성 가능

3-4 사회적 성과

- 비거세 비육돈 생산을 통한 국내 소비자 인식 제고
- 한국형 부계 종돈 개발로 우리나라 양돈산업의 FTA 대응력 강화

3-5 인프라 성과

- 동물복지형 돼지고기 생산체계 확립을 통한 국내 양돈농가의 국제 경쟁력 확보

4. 연구과정 및 성과가 농림어업기술의 발전·진보에 공헌했다고 보는가?

- 공헌했음 현재로서 불투명함 그렇지 않음

5. 경제적인 측면에서 종자산업의 수출증대와 수입대체에 공헌했다고 보는가?

- 공헌했음 현재로서 불투명함 그렇지 않음

6. 얻어진 성과와 발표상황

8. 관련된 기술의 발전속도나 추세를 감안할 때 연구계획을 조정할 필요가 있다고 생각하십니까?

- 없다 약간 조정필요 전반적인 조정필요

9. 연구과정에서의 애로 및 건의사항은?

해당사항 없음

(※ 아래사항은 기업참여시 기업대표가 기록하십시오)

1. 연구개발 목표의 달성도는?

- 만족 보통 미흡

(근거 : 육종 시스템의 정립과 실제 그 성과가 나오고 있음)

2. 참여기업 입장에서 본 본과제의 기술성, 시장성, 경제성에 대한 의견

가. 연구 성과가 참여기업의 기술력 향상에 도움이 되었는가?

- 충분 보통 불충분

나. 연구 성과가 기업의 시장성 및 경제성에 도움이 되었는가?

- 충분 보통 불충분

3. 연구개발 계속참여여부 및 향후 추진계획은?

가. 연구수행과정은 기업의 요청을 충분히 반영하였는가?

- 충분 보통 불충분

나. 향후 계속 참여 의사는? (※중간·단계평가에 한함)

- 충분 고려 중 중단


다. 계속 참여 혹은 고려중인 경우 연구개발비의 투자규모(전년도 대비)는? (※중간·단계평가에 한함)

- 확대 동일 축소

4. 연구개발결과의 상품화(기업화) 여부는?

- 즉시 기업화 가능 수년 내 기업화 가능 기업화 불가능

5. 기업화가 불가능한 경우 그 이유는?

구 분	소 속 기 관	직 위	성 명
프로젝트 책임자	(주)정피엔씨연구소	대표이사	정종현 (인) 

	<ul style="list-style-type: none"> 반으로 하여 선발 - 후보돈(암돼지) : 선발된 웅돈의 동복암돼지를 후보돈으로 선발 - 선발 : 선발지수식에 웅취호르몬의 육종가 및 유전자마커효과에 가중치를 부여하여 선발 - 교배 : 5계통(암돼지 4두, 웅돈 2두씩)으로 분류하여 계통교배 실시
③ 소비자 관능평가	<ul style="list-style-type: none"> - 시료확보 : 비거세 웅돈의 샘플을 확보하기 위해 전남나주공판장으로 출하되는 비거세웅돈(순종)의 등심샘플확보 - 패널설정 : 돼지고기와 지방내 3가지 웅취호르몬을 판정할 수 있는 패널후보자들을 선정(웅취호르몬 유무감지테스트, 웅취호르몬 농도감지테스트 실시) - 시료준비 : 비거돈 등심살 1/3부위의 지방부착된 등심을 두께 1.5cm로 잘라 4℃에서 24시간보관후 180℃에서 10분간 오븐에서 가열 - 관능평가 : 관능적특성을 7단계로 구분하여 평가 - 관능검사결과 분석 : '웅취냄새가 거의없음', '웅취냄새가 있음', '웅취냄새가 매우강함'으로 구분하여 국내 소비자들의 웅취호르몬에 대한 민감도 조사
① GSP 참조돈군 조성	<ul style="list-style-type: none"> - 모돈 70두 규모 참조돈군 조성 - 참여종돈장 간 유전연결도 분석
② 산육형질, 육질형질	<ul style="list-style-type: none"> - 산육형질 검정(90kg 도달일령, 사료효율, 체척 등) - 육질형질 검정(pH, 근내지방 등)
③ 초음파 B-mode 활용 육질 형질 측정 및 선발 적용 가능성 평가	<ul style="list-style-type: none"> - 초음파 B-mode IMF 검정 - 초음파 B-mode IMF 유전능력 평가
④ 우수 씨돼지 종돈장 환류	<ul style="list-style-type: none"> - 우수 씨돼지 종돈장 환류 63두 - 국내 매출액 89백만원

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	브랜드 및 품종개발		홍보성과	자료발간	논문(비SCI)		유전자원 등록	농가 컨설팅	국내 매출액 (억원)	보급 두수	보급업체 수	기술이전	DB 구축
	출원	등록											
최종목표	5	4	10	2		5	3	5	25	25	15	2	5
실적	5	2	10	2		4	-	5	98.78	67	9	2	5
달성율(%)	100	50	100	100		66	추진중	100	333	268	60	100	100

4. 핵심기술

구분	핵심기술 명
①	- 지방내 호르몬 분석법 표준화 및 매뉴얼 작성 - 품종별 옹취호르몬의 데이터베이스 구축
②	- 옹취호르몬의 유전적 특성 파악 - 저옹취옹돈 계통조성을 위한 선발기준 설정 및 교배체계 구축 완료
③	- 전장유전체 분석을 통한 옹취호르몬관련 유전자마커 발굴 완료
④	- 국내소비자 반응도 조사결과를 반영한 저옹취 옹돈 3품종 개발
⑤	- 모돈 70두 규모 참조돈군 조성 - 참여종돈장 간 유전연결도 분석
⑥	- 산육형질 검정 - 육질형질 검정 - GSP 참조돈군 유전적 개량 평가
⑦	- 초음파 B-mode IMF 검정 - 초음파 B-mode IMF 유전능력 평가
⑧	- 우수 씨돼지 중돈장 환류 63두 - 국내 매출액 89백만원

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업제이전 (상품화)	현장애료 해결	정책 자료	기타
①의 기술		v		v						
②의 기술				v			v	v		
③의 기술						v				
④의 기술		v				v	v			
⑤의 기술				v				v		
⑥의 기술				v				v		
⑦의 기술					v			v		
⑧의 기술					v			v		

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술 명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	- 생체 지방샘플 채취하여 품종별 옹취호르몬 분석 매뉴얼화 및 데이터베이스 구축 - 저옹취 옹돈 개발을 위한 기초자료로 활용
②의 기술	- 저옹취 옹돈 개발을 위한 선발 및 교배 기준 설정 - 국내 다른 종돈장의 저옹취종돈 개발시 기술이전
③의 기술	- 옹취호르몬 관련 유전자 마커 개발 - 저옹취 옹돈 개발시 모든의 선발기준으로 활용
④의 기술	- 비거세 비육돈 생산을 위한 종돈 활용
⑤의 기술	- 참여종돈장 간 유전연결도 유지 및 주기적 분석
⑥의 기술	- GSP 참조돈군 유전적 개량 및 주기적 평가
⑦의 기술	- 초음파 B-mode IMF 검정 및 유전능력 평가로 육질선발 정확도 제공
⑧의 기술	- 육질 및 성장이 우수한 씨돼지 종돈장 환류

7. 연구종류 후 성과창출 계획

구분	품종개발		특허		논문		분자 마커	유전자원		국내 매출액	종자 수출액	기술 이전	마케팅 전략 보고서	FAO 등재
	출원	등록	출원	등록	SCI	비SCI		수집	등록					
최종목표					1									3
연구기간 내 달성실적					4							2		
연구종료 후 성과창출 계획					1							1		3

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술 명	저옹취 옹돈 개발 및 실용화		
이전형태	<input checked="" type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	천원
이전방식	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input checked="" type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간		실용화예상시기	2022년
기술이전 시 선행조건			

* 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성

** 기술이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

*** 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부, 농촌진흥청에서 시행한 Golden Seed 프로젝트 사업 연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부, 농촌진흥청(농림식품기술기획평가원)에서 시행한 Golden Seed 프로젝트 사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.