

11-1543
000-001
868-01

발간등록번호

11-1543000-001868-01

양돈생산비 절감 현장접목형
영양 · 사양 · 번식 기술개발

농생명산업기술개발사업 R&D Report

2017

농림축산식품부

양돈생산비 절감 현장접목형 영양 · 사양 · 번식 기술개발

최종보고서

2017. 10. 25.

주관연구기관 / 부경양돈농협
위탁연구기관 / 서울대학교

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “양돈생산비 절감 현장접목형 영양·사양·번식 기술개발” (개발기간 : 2014. 7. 29. - 2017. 7. 28.) 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2017. 10 . 25 .

주관연구기관명 : 부경양돈농협 (대표자) 이 재 식 (인)
위탁연구기관명 : 서울대학교 산학협력단 (대표자) 김 성 철 (인)

주관연구책임자 : 이 재 식
위탁연구책임자 : 김 유 용

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라
보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	314022-3	해 당 단 계 연구 기 간	2014.7.29. -2017.7.28.	단 계 구 분	3 / 3
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	농식품기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	양돈생산비 절감 현장접목형 영양·사양·번식 기술개발			
연구책임자	이 재 식	해당단계 참 여 연구원 수	총: 11 (2)명 내부: 6 (1)명 외부: 5 (1)명	해당단계 연구 개발 비	정부:300,000천원 민간:150,000천원 계:450,000천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 33명 내부: 12명 외부: 21명	총 연구개발비	정부: 900,000천원 민간: 450,000천원 계:1,350,000천원
연구기관명 및 소속부서명	부경양돈농협			참여기업명 부경양돈농협	
위탁연구	연구기관명: 서울대학교			연구책임자: 김 유 용	

요약

1. 사료 내 영양 수준, 유제품 함량, 대체원료 이용 (팜박, 채종박, 비트필프), 효소제 및 유화제 등 첨가제의 첨가유무 등이 자돈 및 육성비육돈의 성장과 경제성에 미치는 영향 검증을 통한 경제적 양돈 사료 배합비 개발
2. 임신돈 1일 1회 사료 급여, 그룹관리, 종부 적기 조사, 2산차 증후군 예방을 위한 사료급여량 조절, 포유기 사료섭취량 증가, 자돈기 암수분리 사육 등 사양 기술을 통한 생산비 감소 및 농가 성적을 증가
3. 상기한 기술들의 현장 실증 실험을 통한 현장 적용 시 발생할 수 있는 문제점을 개선 및 이를 통한 기술의 고도화
4. 개발 기술의 현장 보급 확산을 위한 정책안 제시, 보급 모델 개발 및 사양관리 매뉴얼 제시

보고서 면수
: 423

<국문 요약문>

		코드번호	D-01
<p>연구의 목적 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 양돈 생산비 20% 이상 절감을 위한 영양·사양·번식 기술개발 ◦ 양돈 생산비 절감을 통한 축산농가의 소득향상에 기여 ◦ 모돈의 생산성 향상 및 생산비 절감에 따른 농가의 가격경쟁력 확보 ◦ 국내 양돈농가의 생산성 향상에 따른 FTA시대 국가 양돈 경쟁력 제고 ◦ 양돈 생산비 절감을 위한 고품질 사료 제조기술개발 ◦ 양돈농가의 생산비 및 노동력 절감을 위한 사양기술 개발 ◦ 모돈의 연산성 증진 및 도태율 감소 사양기술 개발 ◦ 모돈의 생산성 향상 및 생산비 절감 번식기술 개발 ◦ 일반 양돈농가에서의 실증시험 및 현장적용 모델 개발 ◦ 일반 양돈농가 대상 보급모델 개발 및 관련 정책안 제시 		
<p>연구개발성과</p>	<p>1) 경제적 양돈 사료 배합비 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 고영양 사료의 경우 중영양 사료나 저영양 사료에 비해 증체량은 높게 나타났으나 사료효율의 경우 오히려 중영양 사료가 가장 높게 나타났으며 중영양 사료와 저영양 사료는 성장에서 차이가 나타나지 않았다. 소화율 역시 고영양 사료가 높게 나타났으나 중영양 사료와 저영양 사료 사이에서는 차이가 없었다. 하지만 경제성 분석 결과에서는 영양 수준이 낮아질수록 경제성이 높아지는 것으로 나타났다. ◦ 자돈 사료 내 대두박 대체원료로 팜박을 사용하기 위한 실험에서 팜박의 첨가는 자돈기의 성장 성적의 저하를 가져왔으나 이는 육성기를 거치면서 회복되는 결과를 나타내었다. 또한 팜박의 첨가는 자돈기 설사빈도, 혈액 성장, 면역 성장 및 소화율에도 영향을 미치지 않으며 돈육 품질에 있어서는 보수력은 증가하고 가열감량은 감소함으로써 육질 개선의 효과가 있었다. 경제성 분석에 있어 팜박이 첨가된 자돈기의 사료비용을 감소시키는 효과는 있었지만 출하 시기까지 계산해보았을 때 첨가되지 않았을 때와 비교해도 유의적 차이는 나타나지 않았다. ◦ 이유 자돈 사료 내 유제품 절감 수준에 있어 유제품을 첨가하지 않아도 자돈의 성장 성적은 유의적 감소가 있으나 육성기 및 비육기를 거치면서 자연스레 회복되어 출하 시기에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 또한 혈액 성장 및 돈육 품질에 있어서는 유의적 차이가 나타나지 않았다. 경제성에 있어 자돈기 사료비에는 절감 효과가 나타났으나 출하 시기까지 생각했을 때 유의적인 효과는 나타나지 않았다. 다만 유제품이 아예 첨가되지 않은 처리구에서 높은 폐사율이 나타났기 때문에 유제품을 배제한 사료보다는 자돈 전기 10%, 자돈 후기 5%를 첨가하는 것이 가장 효과적일 것으로 사료된다. ◦ 자돈 사료 내 채종박 첨가 수준 실험에서 성장 성적은 채종박 함량 8% 수준까지 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 반면에 혈액 성장, 면역 성장 및 돈육 pH에 있어 유의적인 차이는 보이지 않았다. 마찬가지로 육색에서 quadratic한 효과를 나타냈으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 콜레스 		

연구개발성과	<p>테를 관련 지표에 있어서는 유의적인 차이가 나타나지 않았으며 경제성 분석에 있어서는 체중박 2% 첨가 처리구에서 가장 경제적인 것으로 나타났다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 비트펠프의 첨가는 자돈에 있어 성장성적에는 유의적 차이를 나타내지 않으면서 설사 발생률을 수치적으로 낮추었으며 장내 미생물 균총에서 젖산균의 수를 증가시켜 ZnO을 대신해 자돈 설사 방지에 도움이 될 것으로 사료된다. ◦ 사료 내 효소제 및 유화제의 수준별 첨가는 첨가량이 증가함에 따라 성장성적이 증가하는 결과를 나타냈다. 다만 돈육의 가열감량, 전단력, 보수력을 감안했을 때 효소제와 유화제를 각각 0.10% 첨가한 처리구에서 가장 좋은 결과를 나타냈으며 경제성분석에서도 돈육 1kg 당 사료비에 있어 제일 낮은 수치를 나타냈기 때문에 효소제 및 유화제를 0.10%씩 첨가하였을 때 가장 좋은 결과를 나타낸다고 할 수 있다. ◦ 사료 내 효소제 및 유화제의 종류는 육성비육돈의 성장에는 영향을 미치지 못하였다. 그러나 도체 특성과 경제성 분석에 있어 유화제의 종류에 따른 차이는 나타나지 않았으나 효소제의 종류에 있어서는 enzyme A가 enzyme B에 비해 더 나은 결과를 나타내었다. <p>2) 사양 기술을 통한 생산비 감소 및 농가 성적 증가</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 임신 모돈에게 1일 1회 급여는 1일 2회 급여와 비교하였을 때 번식 성적 및 포유 성적에 부정적인 영향이 없었으며 이상행동이나 cortisol 농도 및 면역 성상에서도 유의차를 보이지 않았다. 반면에 휴식 활동 증가와 물 섭취량 감소를 통해 생산비 절약에 도움이 되는 것으로 나타났으며 2회 급여를 1회 급여로 전환할 때에는 한 달 정도의 적응 기간이 필요한 것으로 나타났다. ◦ 배란 시점 파악, 즉 정확한 발정 체크를 한다는 전제 하에서 1회 종부는 종부 횟수가 다른 타 처리구들과 비교하였을 때 임신율, 분만을 및 분만성적에 유의적 차이가 나타나지 않았다. 반면에 종부 횟수 감소로 인한 정액 구입비용 감소 및 인건비 절약이 예상되므로 1회 종부가 가장 경제적인 것으로 사료된다. ◦ 2산차 증후군을 예방하기 위한 사료 급여 프로그램에 있어 임신기에 포유돈 사료를 급여하는 것은 유의적 차이를 보이지 않았으며 사료 급여량을 2.4kg으로 늘리는 것은 2산차 증후군 예방에 도움이 되는 것으로 나타났다. ◦ 포유 모돈의 사료 섭취량을 증진시키기 위한 방안으로 농가에서 사용되고 있는 향미제, 감미제, 당밀 및 설탕의 첨가는 사료 섭취량에 유의적인 차이를 나타내지 못하였으며 특히 설탕의 첨가는 모돈의 WEI와 자돈 1두 당 체중 증가량에서 부정적인 영향을 나타냈다. ◦ 암수 분리사육 실험을 통해 암컷과 수컷의 성장 패턴 사이에 유의적인 차이가 존재한다는 것이 나타났으며 도체의 등지방 두께에 있어서는도 차이를 보였다. BUN 역시 암컷이 수컷에 비해 유의적으로 낮다는 것을 보여줌으로써, 수 사이의 차이를 명확히 나타냈다. 경제성 분석에서도 성별에 따른 유의적 차이가 나타났으며 총 사료비도 유의적 차이를 보였다. 분리 사육과 합사 사육을 비교하였을 때 분리 사육이 합사 사육에 비해 경제성에 있어 더 나은 결과를 나타냈다.
--------	--

3) 현장 실증 실험을 통한 문제점 개선 및 기술 고도화

- 사료의 영양 수준이 돼지의 성장과 경제성에 미치는 영향에 대한 현장 실증 실험에서 육성기의 고영양 사료 급여는 저영양 사료에 비해 성장의 개선이 나타났으나 비육기에는 뚜렷한 효과가 없는 것으로 생각된다. 반면에 경제성에 있어서는 확연한 차이가 있어, 저영양 사료가 고영양 사료에 비해 상당한 수준의 사료비 감소를 불러올 수 있음을 확인하였다.
- 팜박이 12% 첨가된 처리구의 현장 실증 실험에 있어 팜박의 첨가는 성장 성적을 떨어뜨리는 결과를 나타냈으나 경제성에 있어 지대한 개선이 나타났기 때문에 성장 성적의 감소를 경제성으로 극복할 수 있음이 확인되었다.
- 팜박 첨가로 인한 성장 성적의 저하를 개선하기 위해 진행된 실증 연구에 있어서 에너지 수준 상향 조정 및 발효대두박의 첨가 등을 통해 진행된 실험에 있어 팜박 12% 첨가된 경우 성장 성적이 저하되지만 ME가를 3,265 kcal/kg에서 3,300으로 상향조정하고 발효대두박을 3% 추가하였을 때 성장 성적의 저하를 막을 수 있음이 확인되었다.
- 자돈 사료 내 유제품 수준이 돼지의 성장과 경제성에 미치는 영향에 대한 현장 실증 실험에서 성장 성적의 경우 유제품 저감이 긍정적인 결과를 나타낸 농장도 있었고 부정적인 결과를 나타낸 농장도 있어 뚜렷한 영향이 없었음에 반해 농가의 만족도는 중영양 시판 사료나 유제품 15% 사용 실험 사료보다 높게 나타나 제품화 가능성을 확인하였다.
- 경제 사료 (유제품 저감)의 현장 실증 실험에 있어 사양성적은 경제 사료가 더 높았으며 사료비는 더 낮은 것으로 나타났다. 반면에 설사빈도 및 돈육 품질에 있어서는 유의적인 차이가 나타나지 않았기 때문에 경제 사료가 시판 사료에 비해 더 경제적이 확인되었다.
- 경제 사료 (유제품 및 영양소 저감)의 현장 실증 실험에 있어 실험 결과는 유제품과 영양소 수준 모두 낮은 사료가 돼지의 성장성적 및 경제성에 있어 수치적으로 시판 사료에 비해 떨어지는 것으로 나타났다.
- 자돈 사료 내 유제품 수준이 돼지의 성장과 경제성에 미치는 영향 실험을 바탕으로 자돈 전기/후기의 첨가 수준을 확인하기 위해 실행된 현장 실증 실험에서 성장 성적과 경제성을 고려했을 때 가장 바람직한 결과는 전기 15/후기 5%인 경우에 나타났으며 그보다 더 저감되었을 경우는 15/3, 10/3 순서로 성장 성적 및 경제성이 우수한 수준임이 확인되었다.
- 고영양-중영양-저영양 사료에 대한 현장 실증 실험에 있어 현장에서도 성장성적은 고영양 사료가 더 우수하게 나타났으나 경제성은 저영양 사료가 우수하다는 점이 확인되었다.

4) 정책안, 농가 보급 모델 및 사양관리 매뉴얼 제시

- 3주간 그룹관리와 관련하여 모돈의 그룹관리 형태, 그룹관리의 장점, 적용 시 유의사항, 후보돈의 입식 및 관리, 돈군 갱신, 발정 및 종부관리, 임신기 사양관리, 포유기 사양관리, 실제 적용 사례를 바탕으로 정리하여 제시하였다.
- 모돈의 종부적기 판단에 있어 여러 번식 성적들과 체중 사이의 관계 및 등지방 두께 사이의 관계를 바탕으로 meta-analysis를 실행하였으며 그 결

	<p>과 체중과 등지방 두께가 모든 종부적기의 판단에서 기준이 될 만한 지표임을 제시하였다.</p> <ul style="list-style-type: none"> 연구 결과로 도출된 기술들의 현장 보급 확산을 위하여 사료관리법 중 조단백질 함량 기준에서 Lys 함량 기준으로의 변경, 자돈 사료 내 유제품 첨가수준 상한 규제, 이유 후 자돈의 사육기간 및 체중, 분뇨 내 CP 및 total nitrogen 규제 등에 대한 개정안을 제안하였다. 일반 양돈농가를 대상으로 한 보급 모델 및 사양관리 매뉴얼을 이유 자돈 사양관리, 육성비육돈 사양관리, 차단방역, 모든 사양관리로 나누어 제시하였다.
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p>1) 기술적 측면</p> <ul style="list-style-type: none"> 고중저 영양 사료들에 있어 사료 내 영양 수준이 돼지의 성장 및 경제성에 미치는 영향이 연구되었으며 고영양 사료의 경우 성장을 증진시키고 경제성은 감소하는 효과가 있고 저영양 사료의 경우 경제성을 증진시키는 반면 성장은 저하시킨다는 관계를 밝힘으로써 상황에 맞는 사료를 선택할 수 있는 기술적 기반을 마련. 팜박, 채종박, 비트펠프 등의 대체원료가 급여 수준에 따라 자돈의 성장 성적 등에 미치는 영향을 밝혀냄으로써 이들 원료를 사용할 수 있는 적정 수준을 제시하여 사료 배합 시 선택할 수 있는 원료의 폭을 넓힘. 유제품의 사용량을 감소시켰을 때 나타나는 성장 성적과 경제성의 변화를 바탕으로 유제품을 감소시킬 수 있는 하한을 제시함으로써 유제품 저감 기술의 제시를 가능하게 함. 사료 내 효소제 및 유화제의 사용에 있어서 각각의 종류와 첨가 수준에 따라 성장 성적 및 경제성 등에 미치는 영향을 분석함으로써 이들 첨가제의 효과적인 사용 및 함량을 제시. 암수 분리사육을 통해 발견된 암컷과 수컷의 성장 패턴 차이를 분석함으로써 이들 차이를 바탕으로 돼지의 성장 생리를 이해하고 이를 효과적으로 현장에 반영할 수 있도록 함. 배란 시점 파악의 정확도가 높을수록 종부 횡수를 감소시키는 것이 가능함을 밝힘으로써 임신돈 사양 시 노동력의 절감 및 정액비를 비롯한 자돈 생산비를 절감할 수 있는 기술을 개발. 2산차 증후군을 극복할 수 있는 사양 기술 및 사료 급여 프로그램의 밑바탕이 될 수 있는 결과를 도출함. 포유 모든의 사료 섭취량을 증진시키는 방안으로써 사용되고 있는 현장의 방법들을 과학적으로 평가함. <p>2) 산업적 측면</p> <ul style="list-style-type: none"> 고중저 영양 사료들에 있어 고영양 사료가 실제 현장에서 기대만큼의 성장 촉진이 일어나지 않음을 밝힘으로써 동시에 저영양 사료가 현장에 더 적합한 경제 사료임을 도출 해 불필요한 생산비의 절감을 이룰 수 있음. 팜박의 첨가가 성장에 미치는 영향과 경제성에 미치는 영향의 경중을 비교함으로써 농가에 더 이익이 되는 것을 제시함과 동시에 팜박의 첨가로 인

	<p>한 성장의 저하를 극복할 수 있는 방안 제시로 효율적인 대체원료 이용을 가능하게 함.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 유제품 절감시 나타나는 결과에 대한 현장 검증을 통해 유제품 저감 사료에 대한 시판 가능성을 타진하고 그 결과 가능하다는 결과를 도출해 냄. ◦ 유제품 저감과 저영양 사료 사이의 상호작용 확인을 통해 두 사료가 동시에 적용되었을 시의 효과를 확인하고 이에 대한 경각심을 갖게 함으로써 예측된 방안을 지양할 수 있게 함. ◦ 모돈의 번식 성적과 관련하여 생산성을 높이고 생산비를 낮추기 위한 방안으로 3주간 그룹관리를 제시하고 모돈의 중부 적기를 판단하기에 적합한 지표로 체중 및 등지방을 제시함으로써 현장에서 기술을 적용시킬 수 있게 함. ◦ 연구를 통해 밝혀진 사항들을 바탕으로 현재 시행되고 있는 법안을 개정하거나 새로운 법안을 제안할 수 있도록 현실적이고 실용적인 개정안을 제시함. ◦ 도출된 기술들을 현장에 적용할 수 있도록 사양 단계별 사양 기술을 매뉴얼화 하여 현장으로부터의 기술 고도화를 가능케 함. 				
<p>중심어 (5개 이내)</p>	<p>영양</p>	<p>사양</p>	<p>번식</p>	<p>양돈</p>	<p>생산비</p>

<영문 요약문>

< SUMMARY >

		코드번호	D-02
Purpose and Contents	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Technical development for saving production cost of swine by 20% ◦ Improving benefit of swine farm by decreasing production cost ◦ Securing economical competitiveness by improving sow performance and decreasing cost ◦ Enhancing competitiveness of domestic swine industry by increasing productivity ◦ Developing high-qualified feed formula for reducing production cost ◦ Technique for saving cost of production and labor in the field ◦ Increasing longevity and decreasing culling rate in sows ◦ Improving productivity and decreasing production cost of sow ◦ Developing adoptable field model for swine industry ◦ Suggesting field model and policy plan 		
Result	<p>1) Economical swine feed formulation development</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ High-nutritional (H-n) feed showed higher weight gain in pigs than Middle-nutritional (M-n) or Low-nutritional (L-n) feed but feed efficiency was higher in M-n and L-n showed more economic efficiency. Digestibility was higher in H-n treatment but no difference was found between M-n and L-n. ◦ Supplementation of palm kernel meal (PKM) showed decreased growth performance in weaning period but no difference at market weight. PKM had no effect on diarrhea, blood profiles, immune response or digestibility but had improving effect on pork quality like water holding capacity (WHC) and drip loss. Feed cost in weaning period decreased but total feed cost had no significant difference. ◦ Feed without milk by-product showed decrease of growth performance in weaning period but no difference at market weight. There was no significant difference in blood profiles, pork quality, and total feed cost although feed cost in weaning pig period was decreased in zero-milk treatment but 0% of milk by-product showed increased mortality. So low-milk treatment (weaning phase 1: 10%; weaning phase 2: 5%) would be proper in the long run. 		

<p>Result</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Growth performance showed no significant difference till rapeseed meal (RSM) supplementation level to be more than 8%. Linear response was found in blood profiles, immune response and pork pH by RSM level but there was no significant difference between treatments. Blood cholesterol showed no difference but economic analysis showed the lowest feed cost in RSM 2% treatment. ◦ Supplementation of beet pulp decreased diarrhea incidence and increased LAB concentration in intestinal microflora without negative effect on growth performance. Therefore SBP showed effect to be alternative to ZnO as an diarrhea decreasing material. ◦ Enzyme and emulsifier showed improvement in growth performance as their supplementation level increased. However, 0.10% of enzyme and of emulsifier would be proper as supplementation level for considering pork quality and economic analysis. ◦ Series of enzyme or emulsifier complex showed no significant effect on growth performance. Carcass trait and economic analysis were not affected by emulsifier but enzyme A showed better results than enzyme B. <p>2) Production cost decreasing and productivity increasing management</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 1 time feeding/day showed no negative effect on reproductive performance, abnormal behavior, cortisol concentration or immune response compared to 2 time feeding/day. However, resting behavior was increased and water consumption was decreased in 1 time feeding treatment. Those result were expected to decrease production cost but 1 month would be required to be adopted to sows. ◦ 1-time insemination showed no significant difference compared to multi-time insemination on conception rate, farrowing rate or reproductive performance. 1-time insemination is expected to reduce production cost by decreasing of semen purchase and labor. ◦ 2nd parity syndrome can be decreased by feeding 2.4 kg in gestating period but feeding lactating sow diet on gestating sow seemed to have no effect. ◦ Supplementation of flavoring agent, sweetener, sugar molasses or sugar for improving feed intake in lactating sow had no effect on lactating sow. Even for sugar, WEI and weight gain per piglet showed decreased performance.
---------------	--

<p>Result</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Sex-separating housing experiment showed different pattern of growth performance between male and female pigs. Back fat thickness and BUN also showed differences. Those results lead to difference in economic analysis and total feed cost in male and female pigs. Moreover, separating housing showed better economic analysis than mixed housing. <p>3) Verification by field trial</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ H-n feed showed improved growth in growing period but at market weight, there was no significant difference in field trial. However, L-n feed showed clear reduction of feed cost. ◦ PKM 12% feed showed enough improvement in economic analysis which able to cover decrease of growth performance so in the whole figure, usage of PKM can be more benefit for commercial farm. ◦ In advanced research, decrease in growth performance by PKM supplementation can be diminished by increasing energy content from 3,265 to 3,300 kcal/kg and supplementing soy peptide of 3%. ◦ There were conflicting results of growth performance in field trial but economic analysis showed consistent improvement by reducing milk by-product supplementation in weaning pig diet. For commercial farm, satisfaction level was higher in low-milk diet than middle-milk diet. ◦ Economical feed (low-milk diet) showed improvement both growth performance and economic analysis without negative effect on diarrhea incidence and pork quality. It infers that use of economical feed is beneficial enough to be launched. ◦ Economical feed (low-milk and low-nutrient diet) showed declined performance in both of growth and economic. Therefore use of low-milk diet and L-n diet should not be adopted in the same time. ◦ Advanced research was conducted to figure out proper level of milk by-product in weaning pig diet in phase 1 and 2. Recommended level of phase 1/2 was 15/5% but 15/3 and 10/3 were also adoptable in the result. <p>4) Political proposal, field adoptable model and management manual</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 3-week group management was proposed by parts of group management, advantage of group managing, difficulties of group
---------------	---

	<p>management, management for candidate pigs, group renewal, estrus and insemination, management in gestating period, management of lactating period, and actual examples.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Suggestion of body weight and back fat thickness as insemination index was made by meta-analysis of relationship between reproductive performance, parity, body weight, and back fat thickness. ◦ Amendment was proposed to disseminate developed techniques with replacing CP content to Lys content in feed managing law, restricting upper-limit of milk by-product content in weaning pig diet, limiting CP and total nitrogen level in feces. ◦ Field adoptable model and management manual was made by parts of weaning pig management, growing-finishing pig management, bio-security, and sow management.
<p>Expecting contribution</p>	<p>1) Technical contribution</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Effect of H-, M- and L-n feed was estimated. H-n feed had advantage on growth performance and disadvantage on economic analysis whereas L-n feed had advantage on economic analysis and disadvantage on growth performance. These result can be used as a criteria to adopt feeding program in field. ◦ Pool of feed stuffs to be used in feed formulation can be wide by evaluating alternative feeding materials like PKM, RSM and SBP. ◦ Under-limit of milk by-product usage in weaning pig diet was proposed by estimating effects of milk by-product reduced feed on growth performance in weaning pig period and economic analysis. ◦ By analyzing effect of series or supplementation level of enzyme and emulsifier on growth performance and economic analysis in growing-finishing pig, the most effective supplementation level and kind of them was suggested. ◦ Physiology of growth patterns by sex was understood to be reflected in the field by figuring differences between male and female pigs. ◦ Capability of decreasing insemination time by inseminating adjust time could save labor, semen and so production cost of lactating piglets. ◦ Reduction of 2nd parity syndrome was achieved by managerial change of feeding program from 2.2 kg flat feeding to 2.4 kg flat

	<p>feeding in gestating period.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Scientific evaluation was conducted of typical management to improve feed intake in lactation period. <p>2) Industrial contribution</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Clarifying no significant effect of H-n feed on growth performance as promised and showing economical benefit of L-n feed can save tremendous production cost in the field. ◦ Suggesting proper usage of alternative feed stuffs like PKM by comparing advantage in economic benefit and disadvantage in growth performance can make wide of feed stuff choice and the way of reducing growth loss was also proposed. ◦ Expected side effect of reducing milk by-product usage was evaluated in the field trial so potential possibility of low-milk commercial feed was identified. ◦ It was found synergy effect of decreasing both of growth performance and economic analysis by interaction of lowering milk by-product usage and nutritional level so those negative results can be avoided. ◦ To improve reproductive performance and decrease production cost, body weight and back fat thickness was suggested to be index of insemination time and 3-week group management was proposed to be used in the field. ◦ Amendment of law was proposed by the results of this research. ◦ Adoptable manual was introduced and developed by field experiment of presented results from experimental farms. 				
Keywords	Nutrition	Management	Reproduction	Swine	Cost of production

< Contents >

1. Research out line	i
1-1. Research object	i
1-2. Necessity of research	i
1-3. Research range	iv
2. Current developments	v
2-1. Domestic current	v
2-2. Global current	viii
3. Results of studies	1
3-1. 1st year (2014)	1
Exp.1. Effects of nutrition level in diet on performance and economic from weaning to finishing pigs I	1
I . Introduction	1
II. Materials and methods	2
III. Results and discussion	5
IV. Conclusion	12
Exp.1-1. Effects of nutrition level in diet on performance and economic from weaning to finishing pigs II	14
I . Materials and methods	14
II. Results and discussion	15
Exp.2. Verification of alternative feed stuff (PKM) coverage for formulation	18
I . Introduction	18
II. Materials and methods	19
III. Results and discussion	25
IV. Conclusion	35
Exp.3. Effect of milk by-product level in weaning diet on weaning to finishing pigs I	36
I . Introduction	36
II. Materials and methods	37
III. Results and discussion	42
IV. Conclusion	52
Exp.3-1. Effect of milk by-product level in weaning diet on weaning to finishing pigs II	53
I . Introduction	53
II. Materials and methods	54
III. Results and discussion	57
IV. Conclusion	61
Exp.4. Effect of feeding frequency on gestating sow performance	62
I . Introduction	62
II. Materials and methods	63
III. Results and discussion	65

IV. Conclusion	73
Exp.5. Effect of AI try on reproductive performance	74
I. Introduction	74
II. Materials and methods	75
III. Results and discussion	76
IV. Conclusion	79
3-2. 2nd year (2015)	80
Exp.1. Verification of developed economical feed on weaning to finishing pigs I	81
I. Introduction	81
II. Materials and methods	81
III. Results and discussion	85
IV. Conclusion	91
Exp.1-1. Verification of developed economical feed on weaning to finishing pigs II	92
I. Introduction	92
II. Materials and methods	92
III. Results and discussion	95
IV. Conclusion	97
Exp.2. Verification of alternative feed stuff (RSM) coverage for formulation	98
I. Introduction	98
II. Materials and methods	98
III. Results and discussion	104
IV. Conclusion	115
Exp.3. Economic analysis by field trials	116
I. Introduction	116
II. Materials and methods	117
III. Results and discussion	120
IV. Conclusion	123
Exp.3-1. Economic analysis by field trials (weaning pigs)	124
I. Introduction	124
II. Materials and methods	125
III. Results and discussion	130
IV. Conclusion	141
Exp.3-2. Economic analysis by field trials (growing-finishing pigs)	142
I. Introduction	142
II. Materials and methods	143
III. Results and discussion	146
IV. Conclusion	154
Exp.4. Suggestion of actual adoption of batch management system	155
I. Introduction	155
II. Batch management system	156
III. Advantage of batch management system	157
IV. Disadvantage of batch management system	157
V. Management for candidate pigs	158

VI. Group renewal	160
VII. Estrus and insemination management	161
VIII. Management in gestating period	164
IX. Management in lactating period	168
X. Actual field example	177
Exp.5. Study of vindicating proper AI time for improving performance (Meta-analysis) ·	181
I. Introduction	181
II. Materials and methods	181
III. Results	183
IV. Conclusion	188
3-3. 3rd year (2016)	189
Exp.1. Effect of separating housing by sex	
on growth performance and pork quality from weaning to finishing pigs	189
I. Introduction	189
II. Materials and methods	190
III. Results and discussion	194
IV. Conclusion	208
Exp.2. Verification of alternative feed stuff (SBP) coverage for formulation	209
I. Introduction	209
II. Materials and methods	209
III. Results and discussion	214
IV. Conclusion	220
Exp.3. Effect of enzyme and emulsifier supplementation from weaning to finishing pigs	221
I. Introduction	221
II. Materials and methods	222
III. Results and discussion	231
IV. Conclusion	237
Exp.3-1. Effect of enzyme and emulsifier series from weaning to finishing pigs	238
I. Introduction	238
II. Materials and methods	239
III. Results and discussion	246
IV. Conclusion	252
Exp.4. Suggestion of policy plan for spreading developed skill on field	253
Suggestion 1. Criteria replacement of feed control act from CP to Lys	254
Suggestion 2. Upper limits for milk by-product in weaning pig diet	256
Suggestion 3. Control of feeding time and weight after weaning	258
Suggestion 4. Restriction level of CP and total N in feces and urines	259
Exp.5-1. Developing and adjusting of techniques from research to field I	261
I. Introduction	261
II. Materials and methods	262
III. Results and discussion	266
IV. Conclusion	273
Exp.5-2. Developing and adjusting of techniques from research to field II	274

I . Introduction	274
II . Materials and methods	274
III . Results and discussion	277
IV . Conclusion	278
Exp.5-3. Developing and adjusting of techniques from research to fieldIII	280
I . Introduction	280
II . Materials and methods	281
III . Results and discussion	282
IV . Conclusion	285
Exp.6. Feeding program development for preventing 2 nd parity syndrome	286
I . Introduction	286
II . Materials and methods	286
III . Results and discussion	288
IV . Conclusion	293
Exp.7. Verification of feed intake enhancing program in the field	294
I . Introduction	294
II . Materials and methods	295
III . Measurements	297
IV . Results and discussion	298
V . Conclusion	303
Exp.8. Establishing field management manual	304
I . Weaning pig management manual	304
II . Growing-finishing pig management manual	308
III . Bio-securing management manual	311
IV . Sow management manual	313
Overall conclusion	339
4. Achievement and contribution on field	343
4-1. Achievement	343
4-2. Contribution on field	344
5. Application plan	345
6. Collected foreign study results	347
6-1. Economic feed formulation	347
6-2. Management of sow and weaning to finishing pigs	348
6-3. Field adopted techniques	350
7. Security level	351
8. Research facilities and instrument	353
9. Safety precaution during research	355

10. Representative research record	359
11. Remarks	361
12. References	363

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의개요	i
1-1. 연구개발 목적	i
1-2. 연구개발의 필요성	i
1-3. 연구개발 범위	iv
2. 국내외 기술개발 현황	v
2-1. 국내 현황	v
2-2. 국외 현황	viii
3. 연구수행 내용 및 결과	1
3-1. 1차년도 (2014년)	1
연구1. 사료 내 영양수준이 이유자돈-육성-비육돈의 성장 및 농가수익에 미치는 영향 I	1
I. 서론	1
II. 실험 재료 및 방법	2
III. 실험 결과 및 고찰	5
IV. 결론	12
연구1-1. 사료 내 영양수준이 이유자돈-육성-비육돈의 성장 및 농가수익에 미치는 영향II	14
I. 실험 재료 및 방법	14
II. 실험 결과 및 고찰	15
연구2. 자돈 사료 내 대체원료 (팜박)의 적정 첨가수준 검증 및 사료배합비 개발	18
I. 서론	18
II. 실험 재료 및 방법	19
III. 실험 결과 및 고찰	25
IV. 결론	35
연구3. 자돈 사료 내 유제품의 절감 수준이 자돈·육성·비육돈에 미치는 영향 I	36
I. 서론	36
II. 실험 재료 및 방법	37
III. 실험 결과 및 고찰	42
IV. 결론	52
연구3-1. 자돈 사료 내 유제품의 절감 수준이 자돈·육성·비육돈에 미치는 영향II	53
I. 서론	53
II. 실험 재료 및 방법	54
III. 실험 결과 및 고찰	57
IV. 결론	61
연구4. 임신돈의 1일 1회 사료급여가 임신돈에 미치는 영향	62
I. 서론	62
II. 실험 재료 및 방법	63
III. 실험 결과 및 고찰	65
IV. 결론	73

연구5. 임신돈의 적정 인공수정 횟수가 모돈의 번식 성적에 미치는 영향	74
I. 서론	74
II. 실험 재료 및 방법	75
III. 실험 결과 및 고찰	76
IV. 결론	79
3-2. 2차년도 (2015년)	81
연구1. 개발된 경제사료의 자돈-육성-비육돈 연계 사양효과 검증 연구 I	81
I. 서론	81
II. 실험 재료 및 방법	81
III. 실험 결과 및 고찰	85
IV. 결론	91
연구1-1. 개발된 경제사료의 자돈-육성-비육돈 연계 사양효과 검증 연구 II	92
I. 서론	92
II. 실험 재료 및 방법	92
III. 실험 결과 및 고찰	95
IV. 결론	97
연구2. 자돈 사료 내 대체원료 (채종박)의 적정 첨가수준 검증 및 사료배합비 개발	98
I. 서론	98
II. 실험 재료 및 방법	98
III. 실험 결과 및 고찰	104
IV. 결론	115
연구3. 일반농가 현장 실증 실험을 통한 경제성 분석	116
I. 서론	116
II. 실험 재료 및 방법	117
III. 실험 결과 및 고찰	120
IV. 결론	123
연구3-1. 일반농가 현장 실증 실험을 통한 경제성 분석 (자돈편)	124
I. 서론	124
II. 실험 재료 및 방법	125
III. 실험 결과 및 고찰	130
IV. 결론	141
연구3-2. 일반농가 현장 실증 실험을 통한 경제성 분석 (육성/비육편)	142
I. 서론	142
II. 실험 재료 및 방법	143
III. 실험 결과 및 고찰	146
IV. 결론	154
연구4. 그룹관리 (batch management system)의 실제적인 적용방법 제시	155
I. 서론	155
II. 모돈의 그룹관리 형태	156
III. 모돈 그룹관리의 장점	157
IV. 그룹관리의 적용 전 유의사항	157
V. 후보돈의 입식관리	158
VI. 돈군의 갱신	160

연구5-2. 현장 실증 실험에서 도출된 문제점 분석 및 개발 기술의 고도화Ⅱ	274
I. 서론	274
II. 실험 재료 및 방법	274
III. 실험 결과 및 고찰	277
IV. 결론	278
연구5-3. 현장 실증 실험에서 도출된 문제점 분석 및 개발 기술의 고도화Ⅲ	280
I. 서론	280
II. 실험 재료 및 방법	281
III. 실험 결과 및 고찰	282
IV. 결론	285
연구6. 모든의 2산차 증후군을 예방할 수 있는 사료섭취량 조절실험	286
I. 서론	286
II. 실험 재료 및 방법	286
III. 실험 결과 및 고찰	288
IV. 결론	293
연구7. 유생산량 증가를 위한 포유돈 사료섭취량 증진 방안 연구	294
I. 서론	294
II. 실험 재료 및 방법	295
III. 측정항목	297
IV. 실험 결과 및 고찰	298
V. 결론	303
연구8. 일반 양돈농가 대상 보급 모델 개발 및 사양관리 매뉴얼 제시	304
I. 이유 자돈 사양관리 매뉴얼	304
II. 육성비육돈 사양관리 매뉴얼	308
III. 차단방역 매뉴얼	311
IV. 모든 사양관리 매뉴얼	313
총 결론	339
4. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	343
4-1. 목표 달성도	343
4-2. 관련분야 기여도	344
5. 연구결과의 활용계획	345
6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	347
6-1. 경제 사료 배합 기술	347
6-2. 모든 및 육성비육돈 사양 기술	348
6-3. 현장 실증형 양돈 기술	350
7. 연구개발성과의 보안등급	351
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비현황	353

9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적	355
10. 연구개발과제의 대표적 연구실적	359
11. 기타사항	361
12. 참고문헌	363

1. 연구개발과제의 개요

코드번호

D-03

1-1. 연구개발 목적

- 양돈 생산비 20% 이상 절감을 위한 영양·사양·번식 기술개발
- 양돈 생산비 절감을 통한 축산농가의 소득향상에 기여
- 모든의 생산성 향상 및 생산비 절감에 따른 농가의 가격경쟁력 확보
- 국내 양돈농가의 생산성 향상에 따른 FTA시대 국가 양돈 경쟁력 제고

1-2. 연구개발의 필요성

- 우리나라는 2012년 3월 15일부터 한-미 FTA가 발효됨에 따라 냉장 삼겹살, 목살 및 갈비의 경우 10년에 걸쳐서 관세가 철폐될 예정이며, 이분도체 및 전·후지 냉장육의 경우 2014년 1월 1일부터 관세가 전면적으로 철폐되었음.
- 아래 <표 1>에 제시된 바와 같이 FTA가 발효된 이후인 2012년 우리나라의 대미 돈육 수입량은 2010년보다 2배 이상 증가하였으며, 2013년 또한 2010년 대비 48.6% 증가됨.
- 한-미 FTA에서 쇠고기는 15년간 40%의 관세가 단계적으로 인하되고, 돼지고기는 25%의 관세가 10년에 걸쳐서 철폐될 예정이며, 이와 같이 관세 장벽이 사라질 경우 수입이 더욱 가속화 될 것으로 예상됨.
- 2014년 1월부터 미국산 돈육은 냉동 삼겹살이 관세가 철폐되는 등 평균 8%대로 관세가 낮아지며 EU산 역시 올해 평균 관세율이 15% 낮아짐.
- 최근 돼지고기 수출국들이 중국으로의 수출량이 크게 증가하면서 수입 단가가 높아져서 2014년 미국산 돼지고기 (냉동) 국내 도매원가는 작년과 비슷한 kg당 3,785원으로 예상되며, EU산의 경우 작년보다 높은 kg당 4,966원으로 수입산 돈육으로 인한 국내 돈가의 영향은 미미할 것으로 예측됨 (농촌경제연구원, 2014).
- 하지만 관세가 점차 낮아지는 2016년 이후 수입 단가 및 도매 원가가 하락하여, 미국 돈육의 경우 12.5 %, EU산의 경우 14.1 % 기타 국가는 4.6 % 가 낮아졌으므로 (농촌경제연구원, 2014), 이에 대비할 필요가 있음.
- 우리나라 정부는 2013년 12월에 아시아·태평양 지역 12개국에 진행 중인 거대한 자유무역협정인 환태평양경제동반자협정 (Trans-Pacific Partnership; TPP) 참여 여부에 대해 관심을 표명하였음.
- TPP에 참여하게 되면, TPP 참여국인 베트남, 칠레, 호주 등에서 농수산물이 저렴한 가격으로 수입되며, 이에 따라 미국의 추가적 농업 시장 개방 요구 가능성이 있어서 농산물 분야의 피해가 예상됨.
- 관세 철폐로 인해 상대적으로 낮은 가격의 외국산 수입육이 들어오기 시작하면, 양돈

농가의 국내 시장점유율이 감소할 것으로 예상되며, 이에 따라 가격 경쟁력 확보가 시급한 상황임.

- 양돈 농가의 생산비 증가는 사료비용을 증가시키는 주요인이 되며, 사료비용이 생산비의 40~60%를 차지하고 있음.

<표 1> 우리나라의 돈육 수입현황

순위	2010 년도		2012 년도		2013 년도	
	국가	수입량 (톤)	국가	수입량 (톤)	국가	수입량 (톤)
1	미 국	50,969	미 국	111,107	미 국	75,718
2	칠 레	29,861	칠 레	27,502	칠 레	19,469
3	캐 나 다	17,742	캐 나 다	22,944	캐 나 다	10,430
4	프 랑 스	13,852	네덜란드	13,967	네덜란드	8,626
5	오스트리아	13,333	오스트리아	12,011	오스트리아	8,425
6	벨 기 에	13,278	프 랑 스	11,336	프 랑 스	6,403
7	네덜란드	13,155	폴 란 드	10,231	폴 란 드	6,663
8	기타	27,301	기타	67,057	기타	49,227
	계	179,491	계	276,155	계	184,961

(한국육류유통수출입협회, 2014)

<표 2> 대 미국 수입동향

(단위: 백만 \$)

	2008	2009	2010	2011	2012	증감률 (12/11, %)
농산물	5,027	3,265	4,333	5,245	4,330	17.5
수산물	140	124	126	155	177	14.3
축산물	889	702	927	1,686	1,411	16.3
임산물	345	501	574	619	792	27.9

(농림수산식품부, 2013)

- 국제 연합의 세계 기상 기구는 2014년 중반까지 약한 엘니뇨현상이 있을 가능성이 높아졌으며, 곡물 생산에 큰 피해를 겪어 몇몇 상품 가격을 폭등시킬 수 있다고 하여서 이에 대한 대비가 필요함.
- 옥수수의 주요 생산국인 아시아 지역은 엘니뇨의 영향으로 가뭄이 발생하여 태국, 인도네시아, 베트남, 필리핀 등에 피해를 줄 수 있으며, 이미 호주 퀸즈랜드 주는 가뭄으로 인해 밀의 가격이 상승하였음.
- 브라질 또한 가뭄으로 인해 대두수확이 8천 7백만 톤으로 하향될 전망이며, 이로 인한 대두의 가격이 상승됨.
- 이러한 국제곡물가격의 상승으로 인한 사료비 인상으로 생산비 또한 지속적으로 증가될 것으로 예상됨.
- 농가의 돼지 한 마리당 생산비는 2005년 18만원에서 2013년 36만원까지 증가하였으며, 앞으로도 점차 생산비가 증가할 것으로 예상되어, 생산비를 절감하여 돈육 가격

경쟁력 확보가 필요한 시점임.

- 2013년 2월의 일반 양돈 농가에서의 돼지 한 마리 생산비는 36만원으로, 도매가격이 24만원일 경우 두당 12만원의 손해가 발생하게 되어 많은 양돈 농가들이 피해를 입은 실정임
- 따라서 불필요한 생산비 증가를 막고, 국내 양돈 농가들의 생산성을 양돈 선진국 수준으로 향상시키는 것만이 해결책이 될 수 있음.



<그림 1> 양돈농가의 돼지 한 마리당 생산비

(대한한돈협회, 2012)

- 우리나라의 양돈생산성은 유럽과 비교할 시 현저하게 낮은 수준을 유지하고 있으며, 대표적으로 양돈 선진국이라 불리는 덴마크의 연간 복당 출하두수 (MSY)는 25.6두에 도달하지만, 우리나라의 경우 평균 15-16두이며, 상위 10% 농가들 또한 21.6두로 유럽의 성적에 미치지 못하는 것으로 나타나고 있음.
- 육성 중의 폐사율이 높을수록 생산원가에 영향을 많이 주게 되는데 국내의 상위 10% 농가에서 약 16.9%의 육성 중 폐사율을 나타내며 이는 생산성에 따른 수익성의 효과를 반감시키는 원인이라고 할 수 있음.

<표 3> 한국과 덴마크의 전산농가 비교

구 분	덴마크	한국
	평균	상위 10%
이유, 두	12.1	10.7
이유 전 폐사율, %	13.8	7.0
이유 후 폐사율, %	6.3	16.9
분만율, %	87.0	89.0
PSY, 두	27.3	26.0
MSY, 두	25.6	21.6

(덴마크 연간보고서, 2011; 대한한돈협회, 2013)

<표 4> 유럽 및 우리나라의 MSY

	2010	2011	2012
오스트리아	20.0	19.9	20.2
벨기에	23.5	24.8	25.9
덴마크	26.0	28.1	28.7
프랑스	24.1	25.2	24.8
독일	23.4	24.9	24.8
네덜란드	25.7	24.7	24.0
포르투갈	21.8	20.3	21.1
스페인	18.9	19.6	19.8
스웨덴	22.1	21.9	20.4
영국	21.6	22.2	23.5
대한민국	15.2	15.2	16.0

(BPEX, 2013)

- 국내에서는 양돈농가의 가격 경쟁력을 향상시키기 위한 많은 노력이 시행되고 있으나, 양돈 농가의 비육돈 두당 수익성은 특별히 개선되고 있지 않고 있으며, 2012년 비육돈 두당 수익성은 9,139원으로 급격히 떨어졌음.
- 이러한 생산성 및 수익성에서의 문제는 국내 양돈 산업이 양적인 성장에 비해 질적인 성장을 이루지 못하였기 때문임.
- 현재 여러 가지 영양, 사양 기법, 사육 시스템, 번식 방법 등이 무분별하게 혼동되어 사용되고 있으며, 이러한 문제를 해결하여 양돈 농가의 생산성을 향상시키기 위하여 객관적인 실험 및 현장실증실험이 요구됨.

<표 5> 비육돈 두당 수익성

(단위: 원)

	2008	2009	2010	2011	2012
총수입	305,253	356,515	323,377	483,206	340,236
생산비	245,711	268,234	282,987	339,751	331,097
소득	59,542	88,281	58,014	143,455	9,139

(통계청, 2013)

1-3. 연구개발 범위

- 대체원료를 이용한 고품질 경제 사료 개발 및 사업화
- 국내 양돈농가의 MSY 증가 및 생산비 절감 번식 기술을 통한 농가의 수익 증대
- 모돈의 연산성 증진 및 도태율 감소를 통한 농가의 생산성 향상
- 일반 양돈농가에 적용 가능한 보급 모델 구축 및 정책안 확립
- 농가의 가격경쟁력 확보를 통한 FTA 대응 국가 경쟁력 제고

2. 국내외 기술개발 현황

코드번호

D-04

2-1. 국내 현황

- 우리나라의 경우, 배합사료 생산에 사용되는 원료의 90% 이상을 수입에 의존하고 있으며, 사료비가 전체 축산물 생산비의 40~60% 가량을 차지하므로, 세계의 곡물가격 상승에 민감하게 반응하고 경제적인 영향을 받게 됨.
- 원료의 가격상승은 국내 양돈농가의 생산비를 상승시키는 원인이 되고, 다른 양돈 선진국들에 비해 생산성이 낮은 국내 양돈농가들은 큰 어려움에 처하게 됨.
- 양돈사료 내에 주요 원료인 옥수수과 대두박의 가격변화를 예측하기 어려운 상황에서 축산업에 미치는 타격을 최소화하고 국내 배합사료 생산비를 절감하기 위한 장기적인 대응방안의 연구가 필요한 실정임.
- 최근 대체원료로서 팜박, 코프라박, 채종박을 주로 사용하고 있으며, 사용되는 축종의 범위는 육성비육돈으로 제한이 많이 되어있음. 팜박의 경우에는 모든 사료에 까지도 사용되고 있음.
- 채종박의 경우 미국에서 생산되는 단백질 박류 중 대두박 다음으로 많이 생산되는 원료이며, 대두박에 비해 낮은 가격으로, 대두박 대체원료로서 각광받고 있음.
- 그렇지만, 자돈 사료에 있어서 팜박 또는 채종박 같은 대체원료를 사용하는 것에 대한 부정적인 인식이 높음. 일선 사료회사에서는 자돈 사료의 원료사료를 비싸고 좋은 원료로 사용하는 것을 마케팅 포인트로 삼을 정도로 양돈농가의 자돈 사료에 대한 인식은 매우 보수적임.
- 국내 자돈 사료의 가격은 사료업체마다 다양하며, 그 가격은 최소 1,000원/kg에서 최대 3,000원/kg 선까지 큰 차이를 보이며, 육성·비육돈보다 높은 사료비용에도 불구하고, 양돈농가에서는 고영양 고비용의 자돈 사료를 많이 사용하고 있는 실정임.

<표 6> 사육단계별 사료판매 실적

(단위: 천 톤)

	2010	2011	2012	2013	2012년/2013년 비교 (%)
포유돈	408	332	399	392	▼ 1.8
임신돈	605	531	693	619	▼ 10.7
비육돈 출하	219	184	281	372	▲ 32.4
비육돈	82	68	106	127	▲ 19.8
육성돈 후기	652	492	644	790	▲ 22.7
육성돈 전기	1,878	1,460	1,847	2,076	▲ 12.4
이유 자돈	1,498	1,215	1,487	1,532	▲ 3.0
포유자돈	157	129	159	207	▲ 30.2
합계	5,499	4,411	5,616	6,115	▲ 8.9

(농림수산식품부, 대한한돈협회, 2014)

- 현재 돼지의 사양단계 중 kg당 사료비가 가장 높은 시기는 자돈기로, 이 시기의 높은 사료섭취량 및 사료효율이 전체 생산비에 큰 영향을 미치는 요인으로 작용함.
- 자돈 사료의 가격은 비육돈 사료보다 5배 정도 비싼 가격으로, 양돈농가 사료비의 약 10%를 차지하고 있는 실정임.
- 자돈 사료 생산 시 대체원료를 사용하여 원가를 절감하고, 자돈 생산성을 저해하지 않는 영양사료 기술개발이 필요함.
- 일반적으로 시중에 판매되고 있는 자돈 사료는 자돈의 성장에 따라 체중 단계별로 제품이 판매되고 있으며, 부족한 소화능력을 고려하여 소화하기 쉬운 동물성 단백질이나 유제품을 많이 사용하고 있음.
- 자돈 사료 내 고가의 원료로는 주로 우유 가공 원료들로, 국내에서 유제품의 1kg당 가격은 유당 1,400원, 유장분말 1,700원 선으로, 자돈 사료 내 유제품의 수요가 생산량보다 감소되어 유당의 가격은 다소 감소하고 있으나, 여전히 높은 가격대를 형성하고 있음.
- 자돈 사료 내 유당의 사용량을 줄이고 대체원료를 사용하면 사료비 절감 및 건강성 증진 효과를 기대해 볼 수 있으며, 이에 대한 검증 시험 및 현장 적용 시험이 시급함.
- 유럽의 경우, 후보돈의 가격이 일반 출하돈의 가격과 큰 차이가 나지 않지만, 국내의 경우 상황이 다르므로 이러한 저산차 모돈의 도태는 일반 양돈 농가의 생산성을 악화시키는 큰 원인이 되고 있음.
- 우리나라 양돈농가에서 적용할 수 있는 가장 효율적인 모돈 도태는 가능한 모돈의 연산성에 초점을 맞추고 도태율을 낮게 유지하는 방법임.
- 외국의 양돈 선진국과의 가격경쟁력을 높이기 위해서는 모돈의 도태율을 낮춰야하며, 모돈의 연산성을 높일 수 있는 수 있는 사양관리 방안을 시급히 마련해야할 것으로 사료 됨.
- 일반적으로 임신기 모돈의 사양관리 시 모돈의 과비를 방지하고 생산성을 높이기 위하여 사료급여량을 제한하는 제한 급여 방식을 적용하고 있음.
- 대부분의 양돈농가에서는 임신돈에게 사료를 1일 2회 급여하는 방식을 적용하고 있으며, 이러한 방법은 소량의 사료섭취로 임신돈의 공복감의 지속시간이 증가됨에 따라 스트레스가 증가되고 행동장애를 유발할 가능성이 높음 (Bergeron과 Gonyou, 1997; Whittaker 등, 1998).
- 임신 모돈에 사료를 1회 급여하는 방식은 일일 급여하는 사료량을 전량 한 번에 급여하는 방식으로, 한번에 급여하는 사료량이 증가되기 때문에 모돈의 포만감이 지속되어 상대적인 공복감에 의한 스트레스와 이상행동이 감소하게 됨 (Roberts 등, 2002).
- 이러한 1일 1회 사료 급여는 모돈의 포만감 증가에 따른 스트레스 감소로 인하여 모

돈의 건강, 번식 성적, 연산성에 긍정적인 영향을 미칠 수 있으며, 사료급여횟수 감소에 따른 노동력 투입의 절감효과로 인해 양돈농가의 생산성 향상에도 기여할 수 있음.

- 일회 급여방법은 사료를 1회 급여하는 방법으로, 일회 급여방법은 국내에서는 일부 농가에서만 시범적으로 시행하고 있으며, 이에 대한 검증시험이 시행되지 않아서, 농가들이 도입하기에는 과학적인 검증실험 수행이 필요함.
- 1990년대 초부터 국내에는 모돈의 생산성을 높이기 위해 주간관리 (weekly management system)가 도입되기 시작하였으며, 1주간 동안 요일별로 모돈 관리를 함으로써 모돈의 생산성 및 업무의 효율성을 제고하여 많은 농가들이 도입하였음.
- 현재까지도 많은 양돈농가들이 주간관리방법을 적용하고 있으나, 모돈 관리 시 교배, 이유, 분만이 일주일내에 모두 일어나며, 이에 따른 잦은 돈군 이동과 교차로 질병차단이 이루어지지 않으며 모돈의 생리를 효율적으로 이용하지 못하는 문제점이 제기되고 있음.
- 이러한 주간관리의 문제점들을 보완하고자 시도된 것이 양돈장의 모돈들을 몇 개의 그룹으로 나누어 그룹별로 2주에서 5주 간격으로 업무를 분산하여 관리하는 방법인 그룹관리방법 (batch management system)임.
- 모돈 관리 시 그룹관리를 적용하였을 때, 주간관리 방법에 비해 모돈의 번식생리를 더욱 효율적으로 이용할 수 있으며 매우 높은 생산성을 유지할 수 있는 효과적인 사양방법으로 알려져 국내에서도 이미 여러 양돈장들의 모돈의 그룹관리 방법을 도입하고 시행하고 있음.
- 실제로 많은 양돈농가들이 그룹관리 장점들을 인지하고 있지만, 그룹관리 도입 시 시설 투자가 필요하고 기존의 방법을 고수하여도 수익이 창출된다는 점에서 주간관리를 유지하고 있는 농가가 많은 것이 현실임.
- 그룹관리 (batch system)의 실제적인 적용방법 연구를 통하여 농가들의 규모에 따른 그룹관리에 대한 확실한 방법 제시가 필요함.
- 인공수정 시 높은 수태율을 위해서는 주기적인 발정 체크와 적절한 종부적기를 확인하여 인공수정을 하는 것이 매우 중요하며, 교배 적기의 결정은 발정 확인과 더불어 모돈의 번식 성적에 중요한 역할을 함.
- 모돈의 종부적기를 정확하게 파악하고 종부를 실시하는 것이 모돈의 수태율 및 번식성적을 높이기 위한 핵심 사안이며, 관리자의 경험에 의존하기 보다는 과학적인 근거를 바탕으로 한 종부적기 확인방법의 마련이 필요함.
- 일선 농가에서 종부횟수는 1회에서 4회 정도로 다양하며, 일반농가에서는 높은 수태율을 위해서 AI 횟수를 3회~4회로 의식적으로 높이는 경우가 많음.
- 이렇게 AI 횟수를 늘리는 농가들의 주장은 국내에 유통되는 정액의 품질 및 종돈이

유럽에 비해 좋지 않다는 것이지만, 이러한 주장은 외국의 종돈을 들여오고 있는 우리나라의 상황과 구제역 이후 양질의 종돈들이 수입되고 있는 현실을 고려한다면 설득력이 떨어지는 주장임.

- 국내의 일선농가에서 AI를 2회만 종부하도록 하면서도 복당 이유두수가 11두 이상을 유지하는 농가들의 사례가 있음.
- 일반적인 AI용 냉장정액 1회분 가격이 4,000-8,000 원이며, 종부횟수를 감소시키는 것은 노동력 및 정액비용 절감으로 이어질 수 있음.
- 그러므로 인공수정 시 적정 종부횟수 및 종부시기에 대한 연구를 통하여 낭비되는 냉장정액 비용을 절감하고 모돈의 번식 성적을 향상시킬 수 있는 실증연구가 필요함.
- 많은 양돈농가들은 첫 종부시기를 시각적 판단 기준인 체평점지수 (BCS; body condition score)를 가지고 결정하였으나, 현재의 고능력 모돈은 실제 모돈의 신체적인 상태와 시각적인 기준이 품종에 따라 차이가 나게 되었음.
- 실질적으로 체평점지수 (BCS) 만을 가지고 적정종부일령을 판단하기 어려우므로, 체중과 등지방을 고려하여 첫 종부 일령을 고려하여 하는 것이 더욱 효과적임.
- 모돈의 생산성 및 연산성에 크게 영향을 미치는 모돈의 적정 종부 체중 및 등지방 두께에 대한 연구가 매우 미흡한 상황이며, 모돈의 생리를 고려하여 적정 종부체중 및 등지방 두께에 맞추어 종부를 실시할 경우 모돈의 생산성 및 연산성을 향상시킬 수 있음.
- 지금까지 무분별하게 적용하고 있는 외국의 사양관리 기술들에 대한 재검증이 필요하며, 우리나라에서 사용되고 있는 모돈들에 맞는 적정 종부 체중 및 등지방 두께에 대한 연구가 필요함.

2-2. 국외현황

- 유럽연합의 일부 양돈선진국의 모돈의 연간 갱신율 (culling rate)이 40~50%를 유지하고 있으며, 이는 그 나라의 돼지고기 유통시스템 및 후보돈 시세에 따라 차이를 보임.
- 덴마크의 경우, 후보돈이 30~50kg 체중의 후보돈 구입 시 200 유로 (약30만원)내외에 거래되고 있으며, 이는 110kg의 비육돈 가격 (170유로; 약25만원)과 비슷한 수준이다. 또한 도태되는 모돈의 가격도 비육돈과 비슷한 가격에 거래되고 있음.
- 덴마크에서는 후보돈의 가격이 비육돈의 가격과 큰 차이가 없기 때문에, 모돈의 생산성을 높이기 위해 번식 성적이 떨어지는 모돈은 도태하고 새로운 후보돈을 입식하는 것이 이익이 됨.
- 이러한 배경으로, 유럽의 양돈선진국들은 모돈의 연간 갱신율을 높게 하여 모돈의 생산성을 높은 수준으로 유지하는 방식을 적용할 수 있음.

- 유럽의 양돈선진국에서는 임신돈의 제한 급이가 공복감을 유발하고 지속시킨다는 측면에서 동물복지를 저해하는 요인으로 인식하고 이를 개선하고자 하는 노력을 하고 있음.
- 이에 대한 개선방법으로, 임신 모돈의 사료급여횟수를 2회에서 1회로 줄이면서 사료 내 fiber 함량을 높여줌으로써 임신 모돈의 공복시간을 줄여주는 1일 1회 사료급여 방식에 대한 연구가 이루어지고 있음 (Roberts 등, 2001; Farmer 등, 2002; Holt 등, 2006).
- 외국의 양돈선진국에서는 양돈생산성을 높이는 방법으로 모돈 사양관리에 그룹관리 (batch system)를 적용하여 생산성을 높이는 사례가 많음.
- 유럽에서는 모돈의 그룹관리 시 all in-all out의 관리가 가능하게 됨으로써 교차질병이 감소하여 생산성을 높일 수 있는 방법으로 검증되어 많이 이용되고 있음
- 프랑스, 덴마크 등 유럽에서는 3주 그룹관리 시스템 (모돈 300두~500두 규모)을 도입한 결과, PMWS 등의 질병 극복과 번식 및 생산성 향상, 노동효율 증대 등 여러 효과를 보이고 있으며, 2, 4, 5주 단위 사육방식을 적용하는 농가들도 많이 증가하고 있음.
- 프랑스에서는 대부분의 농가가 그룹관리 사양방식을 적용하고 있으며, 그룹관리를 적용하여도 우리나라에 비해 높은 생산성을 가짐 (2009년 기준, PSY 32.08두).
- 프랑스에서는 가장 고전적인 방법인 3주간 그룹관리 (7배치 28일 이유)와 4주간 그룹관리 (5배치 21일 이유)를 많이 시행하고 있으며, 그룹관리시스템의 경우 프랑스 농업기술센터에서 일괄 보급 권장하고 있으며 각 농장의 기술전수 및 보급률이 높은 편임.
- 유럽연합의 양돈선진국들은 AI를 1회~2회 정도만 시행하고, AI의 횟수를 높여서 수태율을 높이는 것이 아니라 정확한 발정 체크와 중부적기 확인을 통해서 높은 수태율과 모돈 생산성을 유지하고 있음.

3. 연구수행 내용 및 결과

코드번호

D-05

3-1. 1차년도 (2014년)

<제1세부: 부경양돈농협>

연구 1. 사료 내 영양수준이 이유자돈-육성-비육돈의 성장 및 농가수익에 미치는 영향 I

I. 서론 (Introduction)

현재 우리나라는 한-칠레 FTA체결을 시작으로 미국, EU와도 FTA협정을 체결 하였으며, 최근 한-뉴질랜드 FTA 협정 체결과 TPP 가입을 앞두고 있다. 특히, 미국과 FTA가 3월 15일 발효되어 냉동 삼겹살 관세율이 25%에서 16%로 급락하여 미국산 삼겹살의 대량 수입이 이미 예고된 상태이므로 국내 양돈 산업의 국제 경쟁력확보가 매우 시급한 실정이다. 우리나라에서 양돈생산비 중 사료비는 약40-60% 차지하고 있는 실정이므로 사료비의 상승은 생산비 자체를 증가시킬 뿐만 아니라 생산성 악화와 함께 양돈농장들의 경영에 심각한 문제를 발생시키고 있다. 뿐만 아니라 국제곡물 시장에서의 사료용 곡물시세는 계속 상승하고 있으므로 양돈농가의 생산성 향상과 생산비절감 없이는 국내 양돈 산업이 지속 가능한 산업으로 생존할 수 없는 위기에 직면해 있다. 뿐만 아니라 국내에 만연한 소모성질환과 부적절한 사육방식 등으로 인해 우리나라의 MSY (모돈 두당 연간출하두수)는 국가별 도축체중의 차이를 감안하더라도 17.6두 (2013년)로 27두 이상인 양돈 선진국들에 비해 매우 낮은 생산성을 보이고 있으며, 비육돈 마리당 수익성에서도 2009년 이후로 점차 감소하여 2013년에는 두당 -27,950원을 나타내어 마이너스 성장을 기록하였다 (통계청 축산물생산비통계, 2014).

국내 양돈 산업의 가장 현실적인 문제 중 하나는 낮은 양돈생산성과 사료비의 상승에도 불구하고 많은 농가들이 아직도 사료비 절감을 위한 노력에 무관심하다는 점이다. 한국 사양표준 (한국 사양표준, 2012)에서 제공하는 돼지의 성장단계별 영양소 요구량이 있음에도 불구하고, 비싼 고영양 사료를 먹이면 무조건 잘 클 것이라는 막연한 기대로 인해 필요 이상의 사료비 지출로 생산성을 악화시키고 있다. 이러한 돼지의 영양소 요구량에 맞지 않는 잘못된 사료급여에 대한 우려는 이 등 (1990)의 연구에서도 볼 수 있는데 비육후기에 NRC (1998)에서 제시한 수준보다 높은 단백질 사료의 급여가 사양성적을 개선시키지 못한다고 하였다. 게다가 단계별 요구량에 맞지 않는 고영양소 사료 급여는 영양소 과잉으로 인한 돼지의 생리적인 불균형, 사료비 상승과 수입자원의 낭비, 소화되지 못한 영양소들에 의한 환경오염 (Jongblode and Lenis., 1998, Ferket 등, 2002) 등의 많은 문제점을 가지고 있으며, 이는 개인농가에 큰 손실을 미치고 있을 뿐만 아니라 원료사료의 대부분을 수입에 의존

하는 현 상황에서 국가적으로 막대한 손실을 초래하고 있다.

따라서 본 연구는 이러한 배경을 바탕으로 서로 다른 사료 스펙 프로그램을 적용 시 돼지의 성장 성적, 혈액 성상, 도체특성 및 경제성에 미치는 영향을 비교하고자 수행되었다.

II. 실험 재료 및 방법 (Materials and methods)

가. 실험 처리구 및 실험 사료 (Experimental design and diet)

본 실험에서 5개, 혹은 6개의 단계로 구성된 3개의 사료급여 프로그램을 각 처리구로 하여 진행하였으며, 각 단계 및 프로그램은 표 1에 나타내었다. 사료는 시판사료를 이용하였으며, 사료급여 프로그램과 영양소 차이는 표 1에 나타내었다.

나. 실험 동물 (Experimental animal)

본 실험은 평균 체중 $8.41 \pm 1.23\text{kg}$ 의 3월 교잡종 ([Yorkshire \times Landrace] \times Duroc) 자돈을 공시하였으며, 전체 3처리, 처리 당 44두 총 132두를 체중을 고려하여 3개 돈방에 배치하였다.

다. 혈액 성상 (Blood profiles)

혈액은 실험개시 및 각 사육단계 종료 시 처리구별로 6두씩을 선발하여 목 부위에 있는 경정맥에서 채취하였으며, 채혈 후 4°C 에서 3,000 rpm으로 15분간 원심 분리하였다. 원심 분리 후 혈청을 분리하여 microtube에 담아 -20°C 냉동고에 보관하였다. Blood urea nitrogen은 혈액분석기 (Ciba-Corning model, Ciba Corning Diagnostics Co.)를 이용하여 분석하였다.

라. 영양소 소화율 (Nutrient digestibility)

자돈기 사료의 스펙이 영양소 소화율에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 거세돈 12두를 3처리 4반복에 완전임의배치법 (Complete randomized design; CRD)으로 대사틀에 1마리씩 넣어 배치하였다.

소화율 실험은 전분채취법으로 진행되었으며, 적응기 (adaptation period) 5일과 본 실험기 (collection period) 5일, 총 10일 동안 수행하였다. 5일 간의 본실험기 동안 하루에 한 번씩 동일한 시간 (19:00)에 분과 뇨를 채취하였으며, 실험사료는 평균 체중을 기준으로, 5.0 %를 정량하여, 하루에 두 번으로 나누어 (07:00 과 19:00) 제한 급여하였다. 본

실험 기간 동안 채취된 분은 냉동보관 (-20℃)하였으며, 건조기에서 70℃에서 72시간동안 건조한 후 분쇄하였다. 채취된 뇨는 암모니아의 휘산을 방지하기 위하여 10 % H₂SO₄ 30ml을 미리 부어 놓은 플라스틱 통에 매일 채취하였으며, glass wool을 이용하여 이물질 을 걸러내었다. 채취한 뇨는 2000ml 까지 mass up을 하였으며, 즉시 냉동 보관 (-20℃) 한 후 질소 이용률 분석을 위해 사용되었다. 사료, 분 및 뇨의 일반성분 (건물, 조단백질, 조 지방 및 조회분)은 AOAC (1995) 방법에 따라 분석하였다.

마. 돈육의 이화학적 특성 (Physicochemical characteristics of pork)

20주간의 사양실험 종료 후 각 처리구별로 비육돈 5두씩 총 20두를 선발하여 돈육 품질 을 조사하기 위하여 등심근을 채취하였다. 도축 후에 미추골로부터 아래로 5개 척추사이의 등심을 샘플링하여, 0, 3, 6, 12 그리고 24 시간에 육색의 경우 chromameter (Minolta CM-508i, Japan)을 이용하여, pH는 pH meter (Bechman Coulter Ø 500 Series, USA)를 이용하여 측정하였다.

바. 돈육 품질 (Pork quality)

(1) 도축성적 (Pork grade)

사양실험 종료 후 실험돈에 사양실험 기간과 동일한 사료를 급여하면서 약 4주간 도축성 적을 수집하였다.

표 1. 실험사료 처리구 구성 및 급여 프로그램 및 조단백질 함량 (등록성분기준, 이상)

	주령 (이유 후)																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
고영양 (H)	자돈2호	자돈3호		젓펜					육성					비육			
	CP:20.0%	CP:19.0%		CP:18.2%					CP:16.6%					CP:13.8%			
	Fat 6.0%	Fat 5.0%		Fat 6.0%					Fat 5.0%					Fat 3.0%			
	3,600 DE	3,500 DE		3,450 DE					3,450 DE					3,300 DE			
	Lys:1.3%	Lys:1.2%		Lys:1.1%					Lys:1.0%					Lys:0.75%			
중영양 (M)	자돈2호	자돈3호		젓펜					육성					그린 비육			
	CP:19.0%	CP:19.0%		CP:17.5%					CP:16.0%					CP:13.4%			
	Fat 6.5%	Fat 6.5%		Fat 4.0%					Fat 3.0%					Fat 2.5%			
	3,500 DE	3,420 DE		3,350 DE					3,300 DE					3,250 DE			
	Lys:1.3%	Lys:1.25%		Lys:1.0%					Lys:0.78%					Lys:0.7%			
저영양 (L)	자돈2호	자돈3호		젓펜					육성			비육 1단계		비육 2단계			
	CP:18.0%	CP:17.0%		CP:14.0%					CP:13.5%			CP:13.0%		CP:12.0%			
	Fat 3.0%	Fat 2.8%		Fat 3.0%					Fat 4.0%			Fat 3.8%		Fat 3.5%			
	3,300 DE	3,300 DE		3,280 DE					3,280 DE			3,250 DE		3,250 DE			
	Lys:1.0%	Lys:1.0%		Lys:0.8%					Lys:0.7%			Lys:0.6%		Lys:0.6%			

(2) 보수력 (Water holding capacity)

보수력 (WHC; Water holding capacity)은 원심분리법 (Ryoichi 등, 1993)으로 측정하였다. 보수력 측정은 Laakkonen 등 (1970)의 방법에 따라 미세한 구멍이 있는 2ml filter 관의 무게를 칭량하고, 공시육을 분쇄하여 지방과 근막 (힘줄)을 제거한 후 시료를 정확히 0.5 ± 0.05 g을 원심분리관의 상부에 filter관에 넣고 무게를 잰다. Filter관을 80 °C의 Water bath에서 20분간 가열한 후 10분간 실온에서 냉각시킨다. Filter관을 원심 분리관 하부에 넣고 4°C에서 2,000 rpm, 10분 동안 원심분리 한 후 상부 filter관을 꺼내어 무게를 측정하였으며 다음 공식에 의해 보수력을 구하였다.

$$\text{보수력} = \frac{\text{수분 (\%)} - \text{유리수분 (\%)}}{\text{수분 (\%)}} \times 100$$

(3) 전단력 (Shear force)

채취한 샘플을 채끝 3 cm 두께의 스테이크 모양으로 근섬유방향과 직각이 되도록 근육을 절단하여 육 내부온도 70 °C까지 가열한 후 흐르는 물에 30분간 방냉 하였다. 방냉 한 시료에서 직경 0.5 inch 코어 (core)를 근섬유 방향에 따라 원통형으로 뚫어 시료를 채취한 후 Instron Universal Testing Machine (Model 4465, UK)를 이용하여 근섬유 방향과 직각 방향으로 절단하여 전단력을 측정하여 8회 이상 반복 측정하였다.

(4) 가열감량 (Cooking loss)

가열감량 (Cooking loss, %)은 시료를 두께 3 cm 스테이크 모양으로 절단하여 무게를 측정하고 80 °C 항온수조에서 시료의 심부온도가 70 °C도달 후 10분간 가열하여 냉각시킨 다음 무게를 측정하여 다음 공식에 의하여 계산하였다 (Honikel, 1998).

$$\text{가열감량 (\%)} = \frac{\text{가열 전 시료무게 (g)} - \text{가열 후 시료무게 (g)}}{\text{가열 전 시료 무게 (g)}} \times 100$$

사. 경제성 분석 (Economic analysis)

모든 실험돼지는 같은 환경에서 사육되었으며, 경제성은 제조업체의 2015년 1사분기 판매단가를 기준으로 개시부터 출하체중 도달까지 소요된 총 사료비용에 근거하여 결정되었다. 총 사료 섭취량과 사료가격을 통해 증체량 당 사료가격 (원)을 계산 하고 이를 통해 115kg 출하체중 도달까지 총 사료비용을 산출하였다.

아. 화학 분석 및 통계 분석 (Chemical and statistical analysis)

사료의 일반성분 분석은 AOAC (1995) 방법에 따라 실시하였다. 통계분석은 SAS의 일반선형모형 (GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였다. 사양실험에서 돈방을 실험단위 (RCBD)로 하여 최소유의차 (LSD) 다중검정법에 의해 처리구간의 결과를 비교하였으며, $P < 0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로, $P < 0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 고려하였으며, $0.05 \leq P \leq 0.10$ 일 경우 경향이 있는 것으로 간주하였다.

III. 실험 결과 및 고찰 (Results and discussion)

가. 성장 성적 (Growth performance)

자돈 및 육성비육돈에 대한 영양소 함량이 다른 사료의 사료급여프로그램 적용이 성장 성적에 미치는 영향을 표 2, 3에 나타내었다.

자돈기 5주간의 시험 결과, 2주차 및 5주차의 체중측정결과 고영양처리구 (H)가 기타 처리구에 비해 높은 체중을 기록하였다 ($P < 0.01$). 2주차 자돈전기구간에서 고영양 사료를 섭취한 자돈의 증체량이 두드러지게 나타났으며 ($P < 0.01$), 일당사료 섭취량 (ADFI) 또한 높게 나타났다. 하지만 중영양과 저영양 사료를 섭취한 자돈은 일당증체량 및 사료섭취량의 차이가 없게 나타났다. 자돈 후기 3주간 일당증체량은 모든 처리구에서 유사하게 나타났으며, 저영양 사료 섭취 처리구의 사료섭취량이 가장 높게 나타났고 사료 효율은 낮게 나타났다 ($P < 0.01$). Nam과 Aherne (1994), Smith 등 (1999)에 따르면 사료 내 에너지 함량이 높을수록 일당사료섭취량이 감소한다고 하였다. 본 연구에서는 저영양 사료와 고영양 사료에서는 기존의 연구결과와 유사한 경향이 나타났지만 중영양 사료를 섭취한 자돈들의 사료섭취량이 가장 낮게 관찰되었다. 결과적으로 자돈구간에 고영양 사료의 급여는 자돈의 성장에 긍정적인 영향을 미쳤다고 판단되나, 중영양과 저영양 사료의 유사한 증체량에서 보건데 기호성이나 원료의 선택이 영양소 함량과 함께 성장에 큰 영향을 미쳤을 가능성을 시사한다.

이어진 육성비육기의 사양실험에서도 자돈기와 마찬가지로 고영양 사료를 급여한 처리구의 체중이 전 구간에 걸쳐 높게 나타났으며, 중영양 및 저영양 사료의 증체량은 동일하게 나타났다 ($P < 0.01$).

6-9주차의 일당증체량은 고영양-저영양-중영양 순으로 나타났으며 ($P = 0.02$), 저영양 사료 급여 처리구의 자돈후기 구간의 높은 섭취량이 젖뎀 구간으로 연결된 것으로 판단된다. 하지만 이어진 10-13주차까지의 4주간 일당증체량과 사료섭취량은 고영양 사료를 제외한 두 처리가 동일하게 나타났다 ($P < 0.01$). 실험개시 14주차 이후에는 각 처리구의 일당증체량은 통계적으로 유사하게 나타났고 수치상으로도 고영양 사료의 증체량 보상효과는 관찰되지 않았다. 육성비육기 전체구간에서 볼 때 고영양 사료의 급여가 증체량에 가장 유리한 것으로

나타났으며 ($P < 0.01$), 중영양과 저영양 사료는 증체량에 차이가 없는 것으로 나타났다 ($P < 0.01$).

비육후기 (18-20주)의 사양성적은 사료섭취량이 전 구간에 비해 증체량이 크게 감소하였고 사료섭취량이 중영양 사료의 경우 매우 낮게, 저영양 사료의 경우 매우 높게 측정되었다. 해당구간에 농장의 전체적인 사료섭취량의 감소와 성장둔화가 나타났었고 전 사양구간까지의 결과와 상이하여 비육후기 자료는 농장 환경의 문제로 인해 신뢰도 높은 결과를 도출하지 못한 것으로 생각된다.

결과적으로 고영양의 사료는 이유 후 13주까지 증체량의 향상에 기여한 것으로 사료되나 이후에는 돼지의 성장에 미치는 영향이 감소한다고 사료된다. 하지만 중영양 사료 및 저영양 사료가 성장에 차이를 보이지 못했다는 점에서 보았을 때 사료 영양소 함량뿐만 아니라 환경적 요인이나 원료사료의 차이가 성장의 차이를 만들었을 가능성이 있다.

표 2. 사료영양성분 함량의 차이가 돼지의 성장 성적에 미치는 영향 (자돈기)

Criteria	Treatments ¹			SEM ²	P-value
	H	M	L		
Body weight, kg					
Initial	8.42	8.40	8.43	0.107	-
2 week	13.47 ^A	12.13 ^B	11.99 ^B	0.155	<0.01
5 week	23.27 ^A	21.59 ^B	21.54 ^B	0.285	<0.01
ADG, g					
0-2 week	361 ^A	268 ^B	257 ^B	8.0	<0.01
3-5 week	466	450	454	9.4	0.75
0-5 week	424 ^A	377 ^B	375 ^B	7.4	<0.01
ADFI, g					
0-2 week	417 ^A	335 ^C	349 ^B	3.2	<0.01
3-5 week	654 ^B	630 ^C	719 ^A	3.3	<0.01
0-5 week	559 ^B	512 ^C	577 ^A	2.4	<0.01
G:F ratio					
0-2 week	0.866 ^a	0.799 ^{ab}	0.737 ^b	0.0192	0.01
3-5 week	0.713 ^a	0.715 ^a	0.632 ^b	0.0143	0.02
0-5 week	0.759 ^A	0.737 ^A	0.651 ^B	0.0135	<0.01

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program, L: low-Spec. diet program

² Standard error of the mean

^{abc} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$).

^{ABC} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.01$).

표 3. 사료영양성분 함량의 차이가 돼지의 성장 성적에 미치는 영향 (육성비육기)

Criteria	Treatments ¹			SEM ²	P-value
	H	M	L		
Body weight, kg					
5 week	23.27 ^A	21.59 ^B	21.54 ^B	0.285	<0.01
9 week	41.56 ^A	38.18 ^B	38.71 ^B	0.523	<0.01
13 week	70.03 ^A	62.36 ^B	63.23 ^B	0.737	<0.01
17 week	91.63 ^A	82.88 ^B	84.56 ^B	0.875	<0.01
20 week	104.06 ^A	96.51 ^B	96.93 ^B	1.023	<0.01
ADG, g					
5-9 week	653 ^a	584 ^b	614 ^{ab}	11.3	0.02
10-13 week	1,017 ^A	864 ^B	875 ^B	10.9	<0.01
14-17 week	771	733	762	10.4	0.33
18-20 week	583	649	591	12.3	0.07
Overall	769 ^A	711 ^B	718 ^B	7.8	<0.01
ADFI, g					
5-9 week	1,222 ^a	1,125 ^b	1,190 ^{ab}	17.2	0.04
10-13 week	2,450 ^A	2,143 ^B	2,180 ^B	23.3	<0.01
14-17 week	2,169	2,066	2,109	21.4	0.16
18-20 week	2,460 ^B	2,255 ^C	2,727 ^A	39.2	<0.01
Overall	2,051 ^A	1,873 ^B	2,005 ^A	19.5	<0.01
G:F ratio					
5-9 week	0.533 ^A	0.514 ^B	0.511 ^B	0.0027	<0.01
10-13 week	0.415 ^A	0.403 ^B	0.401 ^B	0.0010	<0.01
14-17 week	0.353	0.353	0.361	0.0019	0.21
18-20 week	0.234 ^B	0.283 ^A	0.215 ^B	0.0035	<0.01
Overall	0.375 ^B	0.379 ^A	0.358 ^C	0.0010	<0.01

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program,, L: low-Spec. diet program

² Standard error of the mean

^{abc} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.05).

^{ABC} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.01).

나. 혈중 요소태 질소 (BUN, Blood Urea Nitrogen)

동물이 섭취한 사료가 체내에서 분해되는 과정에서 강한 독성을 내는 암모니아를 생성한다. 독성 물질의 해를 방지하기 위하여 암모니아는 간과 신장에서 무독성의 요소로 합성되어 뇨를 통해 배설되는데, 일반적으로 혈중 요소태 질소의 농도는 일정한 구간 내에 존재하기에 동물의 영양 상태를 나타내는 기준으로 이용될 수 있다. 이는 단백질의 품질과 섭취량에 연관되어 있으며, 체내의 식이 아미노산 균형과 부의 상관관계 (negative correlation)에 있다 (Bergner, 1977; Hahn 등, 1995). 따라서 혈중 요소태 질소는 돼지의 아미노산 이용 효율에 대한 대표적인 평가 지표이며, 동물의 단백질 요구량이나 단일 아미노산 요구량을 결정하는 반응지표로 이용되어 왔다 (Hatori 등, 1994; Cai 등, 1996; Coma 등 1995). 또한 돼지의 혈중 요소태 질소는 섭취한 질소의 체내 유지에 관여하며 (Whang과 Easter, 2000), 일당증체량 및 사료효율과 부의 상관관계 (negative correlation)를 갖는다는 연구결과가 있다 (Hahn 등, 1995).

고-중-저 영양수준의 사료급여 프로그램이 돼지의 혈중 요소태 질소 (BUN) 농도에 미치는 영향을 표 4에 나타내었다. 자돈전기 (2주)에 BUN 농도를 보았을 때, 저스펙 처리구의 BUN 농도가 다른 처리구들에 비해 유의적으로 높은 것으로 나타났으며 ($P < 0.01$), 이는 다른 두 처리구에 비해 높게 나타나 아미노산 이용효율이 떨어진 것으로 보이며, 이에 따라 자돈기 성장 성적에서의 사료효율 (G:F ratio)도 낮아지는 결과를 나타낸 것으로 사료된다. 육성후기 (13주)와 비육후기 (20주)의 BUN 농도는 고스펙 처리구가 가장 높고 저스펙 처리구가 가장 낮은 결과가 나타났다 ($P = 0.04$, $P = 0.04$). 이러한 BUN의 결과는, Chen 등 (1995, 1996) 과 Gomez 등 (1998), 권오석 등 (2000)에서 보고한 바와 같이, 고단백질 사료를 급여한 돼지의 BUN농도가 저단백질 사료를 급여한 돼지의 농도보다 높다는 결과와 일치한다. 고단백질 사료를 급여한 돼지의 혈중 BUN농도가 높게 나타나는 이유는 섭취한 단백질 (질소원)이 충분히 이용되지 못하고 요소 (urea)형태로 배출되는 양이 많기 때문이며, 이는 사료를 통해 섭취한 단백질의 이용율이 낮다는 것을 의미한다. 결론적으로 자돈기에는 고스펙 처리구의 단백질 및 아미노산 이용효율이 높지만, 비육기에는 다른 처리구들에 비해서 단백질 이용 효율이 감소되는 것으로 사료된다.

다. 영양소 소화율 (Nutrient digestibility)

서로 다른 영양성분의 사료급여프로그램이 영양소 소화율에 미치는 영향을 표 5에 제시하였다. 건물 및 조지방에 있어 저영양 사료가 고영양 사료에 비해 유의적으로 낮은 소화율을 나타냈으며 (P=0.04) 조회분의 경우 중영양 사료 처리구에 비해서도 유의적으로 낮은 (P=0.03) 소화율을 나타냈다. 그러나 근육 축적에 관계되는 조단백의 경우 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 따라서 저영양 사료를 급여하여도 중영양 사료에 비해 회분을 제외한 나머지 소화율이 유의적으로 떨어지지 않는다고 할 수 있다.

표 4. 사료영양성분 함량의 차이가 돼지의 혈중 요소태 질소 (BUN)에 미치는 영향

Criteria	Treatments ¹			SEM ²	P-value
	H	M	L		
BUN, mg/dL					
Initial	-----	10.45	-----	0.727	-
2 week	6.73 ^B	7.12 ^B	12.40 ^A	0.777	<0.01
5 week	10.35	9.45	10.42	0.462	0.57
9 week	9.75	11.20	8.22	0.762	0.32
13 week	11.78 ^a	10.92 ^a	7.70 ^b	0.646	0.04
17 week	12.10	11.12	8.41	1.087	0.06
20 week	12.25 ^a	11.50 ^{ab}	8.58 ^b	1.103	0.04

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program,, L: low-Spec. diet program

² Standard error of the mean

^{abc} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.05)

^{ABC} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.01)

표 5. 사료영양성분 함량의 차이가 돼지의 영양소 소화율에 미치는 영향

Item	Treatments ¹			SEM ²	P-value
	H	M	L		
Nutrient digestibility, %					
Dry matter	91.89 ^a	89.78 ^{ab}	84.31 ^b	1.232	0.04
Crude protein	88.64	86.93	82.31	1.383	0.19
Crude fat	88.62 ^a	81.32 ^{ab}	75.24 ^b	5.133	0.04
Crude ash	68.76 ^a	66.00 ^a	38.32 ^b	2.232	0.03

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program,, L: low-Spec. diet program

² Standard error of means.

^{abc} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.05).

라. 출하성적 (Carcass traits)

서로 다른 영양성분의 사료급여프로그램이 출하 시 도축성적에 미치는 영향을 표 6에 제시하였다. 출하 하루 전 체중을 확인하고 출하하였기에 모든 처리구의 출하체중은 큰 차이가 없었다고 판단된다. 출하성적은 고영양 사료의 1+등급 출현율이 가장 높게 나타났으며, 중영양 처리구의 1+출하 등급 출현율이 가장 낮았다. 하지만 중영양 사료 처리구의 경우 1등급 출현율이 다른 처리구에 비해 높았으며, 2등급의 경우 저영양 사료를 급여한 처리구가 가장 높게 나타났다.

마. 돈육의 육색 및 pH (Pork color and pH)

고-중-저 영양수준의 사료급여 프로그램이 돈육의 일반성분 및 이화학적 특성에 미치는 영향을 표 7에 나타내었다. 도축 24시간 후 돈육의 pH를 측정한 결과, 처리구에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 또한 도축 24시간 후 돈육의 육색을 측정한 결과에서도 처리구에 따른 유의적인 차이가 발견되지 않았다. 돈육의 pH 및 육색의 측정 결과, 처리구에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았고, 측정결과 값이 정상육의 범위 내에 해당됨으로, 서로 다른 사료급여프로그램에 따른 pH 및 육색에 미치는 효과는 차이가 없고, 저스펙 사료급여프로그램을 급여하여도 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

바. 돈육의 일반성분 및 이화학적 특성

고-중-저 영양수준의 사료급여 프로그램이 돈육의 일반성분 및 이화학적 특성에 미치는 영향을 표 8에 나타내었다. 돈육의 일반성분분석 결과, 수분함량 (moisture), 조지방 (crude fat), 조회분 (crude ash), 조단백질 (crude protein)의 함량에는 처리구간의 통계적인 유의차가 발생하지 않았다. 돈육의 보수력, 전단력, 가열감량을 측정한 결과, 고-중-저스펙 사료급여에 따른 처리구간의 유의적인 차이가 나타나지는 않았다.

표 6. 사료영양성분 함량의 차이가 돼지도축성적에 미치는 영향

Criteria	Treatments ¹		
	H	M	L
Observation	36	29	32
Average dressed weight, %	91.9	89.7	89.2
Average back fat thickness, mm	21.2	22.4	22.5
Pork grade			
1+ grade, %	52.8	44.8	50.0
1 grade, %	27.8	37.9	25.0
2 grade, %	19.4	17.2	25.0

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program, L: low-Spec. diet program

표 7. 고-중-저 영양수준의 사료급여 프로그램이 돈육의 육색 및 pH에 미치는 영향

Criteria	Treatments ¹			SEM ²	P-value
	H	M	L		
pH, time after slaughter					
24 hour	5.62	5.62	5.63	0.023	0.95
Hunter value, L³					
24 hour	52.91	49.97	49.27	0.957	0.33
Hunter value, a⁴					
24 hour	2.58	2.33	3.16	0.291	0.53
Hunter value, b⁵					
24 hour	6.55	6.58	6.19	0.232	0.23

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program,, L: low-Spec. diet program

² Standard error of the mean

³ L - luminance or brightness (vary form black to white)

⁴ a - red · green component (+a=red, -a=green)

⁵ b - yellow · blue component (+b=yellow, -b=blue)

표 8. 고-중-저 영양수준의 사료급여 프로그램이 돈육의 일반성분 및 이화학적 특성에 미치는 영향

Criteria	Treatments ¹			SEM ²	P-value
	H	M	L		
Proximate analysis, %					
Moisture	73.93	73.60	73.15	0.387	0.754
Crude fat	2.89	2.88	3.42	0.311	0.557
Crude ash	1.14	0.88	0.87	0.149	0.470
Crude protein	21.34	21.98	22.22	0.454	0.334
Physiochemical property					
Cooking loss, %	6.89	6.78	6.72	0.261	0.431
Shear force, kg/0.5 inch ²	31.56	30.57	30.61	0.820	0.384
WHC ³ , %	96.79	97.50	97.03	0.246	0.392

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program,, L: low-Spec. diet program

² Standard error of the mean

³ Water holding capacity

^{abc} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.05).

^{ABC} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.01).

사. 경제성 분석 (Economic analysis)

서로 다른 사료급여프로그램의 적용이 115kg 도달 시 까지 사료비에 미치는 영향을 표 9 에 나타내었다. 전체 사양실험 기간 동안 고영양, 중영양, 저영양 사료비는 각각 127,399, 109,191, 107,108원 순서로 나타났다. 사양실험 종료 시점의 처리구별 체중 차이가 있으므로 출하체중 115kg 도달까지 필요한 추가 사료 요구량을 계산하고 이를 바탕으로 다시 예상 사료비를 산출한 결과 최종적으로 중영양 사료와 저영양 사료의 급여가 경제 적임을 확인하였다. 하지만 중영양과 저영양 사료의 공급은 고영양 사료의 공급에 비해 실험 종료 체중이 약 7kg까지 차이가 있었으며, 이는 10일 정도의 출하지연을 유발했을 것으로 추정되므로 이에 대한 고려가 필요하다.

표 9. 사료영양성분 함량의 차이가 경제성에 미치는 영향 (단위: 원)

Criteria	Treatments ¹		
	H	M	L
0-2 week	9,048	6,285	4,439
3-5 week	13,704	11,730	10,946
5-9 week	18,033	15,655	15,056
10-13 week	33,342	27,959	27,105
14-17 week	29,511	26,959	25,625
18-20 week	23,759	20,603	23,937
Total feed cost	127,399	109,191	107,108
Estimated feed cost+ to 115kg	13,419	21,190	21,103
Total	140,817	130,381	128,211

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program,, L: low-Spec. diet program

IV. 결론 (Conclusion)

본 연구는 각기 다른 스펙을 가진 사료급여 프로그램의 적용이 돼지의 성장, 혈액 성분, 육질 및 경제성에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보기 위해 수행되었다. 사양실험 결과 영양소 함량이 가장 높은 처리구의 증체량이 높게 나타났으며, 중간수준과 낮은 수준의 영양소

함량을 가진 사료를 섭취한 처리구는 유사한 성장을 보였다. 중영양 사료를 섭취시킨 돼지들의 사료섭취량이 전 구간에 걸쳐 낮게 나타났으며, 사료 효율은 높게 나타나 낮은 사료 섭취량으로 인한 사료효율의 증가로 추정된다. 소화율에 있어 저영양 사료는 고영양 사료에 비해 유의적으로 낮은 수치를 나타냈으나 중영양 사료와 비교하였을 때 회분을 제외한 항목에서 유의적인 차이는 나타내지 않았다. 전체적인 성장에서 고영양 사료는 증체량을 증가시키는데 효과적이었으나 경제성분석의 결과에서는 가장 비용을 많이 요구하는 것으로 나타났고 영양 수준이 낮을수록 경제성은 높아지는 것으로 분석되었다. 하지만 출하일령의 지연에 대한 부분을 고려한다면 경제효과가 크게 나타나지는 않을 것으로 추정된다.

결론적으로 고스펙 프로그램 적용 시 성장능력을 증가시키고 출하일령을 단축할 수 있다는 장점이 있으나 경제성은 상대적으로 떨어지는 것으로 평가되었으며, 저영양 사료는 사료 효율의 감소와 성장의 상대적인 둔화에도 불구하고 경제성은 높은 것으로 사료된다.

연구 1-1. 사료 내 영양수준이 이유자돈-육성-비육돈의 성장 및 농가수익에 미치는 영향 II

본 실험은 연구1의 자돈-육성-비육돈 실험으로 기반으로 지역 (경상도, 전라도)간의 사육 환경 및 기후차이로 인한 실험결과의 오차범위를 확인하고자 수행되었습니다.

I. 실험 재료 및 방법 (Materials and methods)

가. 실험 처리구 및 실험 사료 (Treatments and experimental diet)

본 실험에서 4단계로 구성된 3개의 사료급여 프로그램을 각 처리구로 하여 진행하였으며, 각 단계 및 프로그램은 표 10에 나타내었다. 사료는 시판사료를 이용하였으며, 사료급여 프로그램과 영양소 차이는 표 10에 나타내었다.

나. 실험동물 (Experimental animal)

본 실험은 평균 체중 37.85kg의 3월 교잡종 ([Yorkshire× Landrace])×Duroc) 육성돈 108두를 공시하였으며, 전체 3처리, 6반복, 반복 당 6마리로 실험돈의 체중과 성별을 고려하여 돈방에 구배치하여 본 실험을 수행하였다.

표 10. 실험사료 처리구 구성 및 급여 프로그램 및 조단백질 함량 (등록성분기준, 이상)

	주령 (이유 후)												
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18-출하
고영양 (H)	젖펜				육성								비육
	CP:18.2%				CP:16.6%								CP:13.8%
	Fat 6.0%				Fat 5.0%								Fat 3.0%
	3,450 DE				3,450 DE								3,300 DE
	Lys:1.1%				Lys:1.0%								Lys:0.75%
중영양 (M)	젖펜				육성								그린 비육
	CP:17.5%				CP:16.0%								CP:13.4%
	Fat 4.0%				Fat 3.0%								Fat 2.5%
	3,350 DE				3,300 DE								3,250 DE
	Lys:1.0%				Lys:0.78%								Lys:0.7%
저영양 (L)	젖펜				육성				비육 1단계				비육 2단계
	CP:14.0%				CP:13.5%				CP:13.0%				CP:12.0%
	Fat 3.0%				Fat 4.0%				Fat 3.8%				Fat 3.5%
	3,280 DE				3,280 DE				3,250 DE				3,250 DE
	Lys:0.8%				Lys:0.7%				Lys:0.6%				Lys:0.6%

다. 사양 시험 (Feeding trial)

총 14주간의 사양실험을 수행하였으며, 육성전기 (젓돈) 4주, 육성후기 4주, 비육전기 4주, 비육후기 2주로 사육단계를 나누어서 사양실험을 수행하였다. 실험돈의 체중 및 사료급여량은 실험 개시 시 및 사육단계가 종료되는 시점에 측정하였다. 실험돈들은 물과 사료가 자유 급이 되는 환경에서 사육되었으며, 온도와 환기가 자동으로 조절되는 무창 육성-비육 돈사에서 사육되었다.

라. 통계 분석 (Statistical analysis)

통계분석은 SAS의 일반선형모형 (GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였다. 사양실험에서 돈방을 실험단위 (RCBD)로 하여 최소유의차 (LSD) 다중검정법에 의해 처리구간의 결과를 비교하였으며, $P < 0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로, $P < 0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 고려하였으며, $0.05 \leq P \leq 0.10$ 일 경우 경향이 있는 것으로 간주하였다.

마. 경제성 분석 (Economic analysis)

모든 실험돈지는 같은 환경에서 사육되었으며, 경제성은 제조업체의 2015년 1사분기 판매단가를 기준으로 개시부터 출하체중 도달까지 소요된 총 사료비용에 근거하여 결정되었다. 총 사료 섭취량과 사료가격을 통해 증체량 당 사료가격 (원)을 계산 하고 이를 통해 115kg 출하체중 도달까지 총 사료비용을 산출하였다.

II. 실험 결과 및 고찰 (Results and discussion)

가. 성장 성적 (Growth performance)

육성비육돈에 대한 영양소 함량이 다른 사료의 사료급여프로그램 적용이 성장 성적에 미치는 영향을 표 11에 나타내었다.

육성비육기 실험결과, 육성전기 종료인 4주차 체중에서 고영양 사료를 급여한 처리구의 체중이 유의적으로 높은 경향이 나타났으며 ($P=0.06$), 그 이후 8주, 12주, 14주 체중결과에서는 사료 영양수준에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 일당증체량에서도 마찬가지로 고영양 사료를 급여한 0-4주의 일당증체량이 다른 처리구들에 비해 유의적으로 높은 경향이 나타났다 ($P=0.06$). 하지만, 그 이후의 사육구간에서는 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

이러한 육성전기의 체중 및 일당증체량의 증가는 높은 일당사료섭취량 ($P < 0.01$)에서 기인하는 결과로 보이며, 고영양-중영양-저영양 수준에 따른 사료급여는 육성전기 구간에는 유의적으로 효과를 기대할 수 있지만, 그 이후 육성후기-비육전기-비육후기에는 큰 효과가 나타나지 않았으며, 14주의 사양실험 종료체중을 비교해 볼 때, 육성전기에서의 성장의 차이가 후반부로 갈수록 줄어들어 전체적인 성장 성적에서는 처리구간의 통계적 유의차가 나타나지 않은 것으로 사료된다. 9-12주 일당사료섭취량 ($P = 0.02$)과 9-14주 사료섭취량 ($P < 0.01$)에서 저영양 사료를 급한 처리구가 유의적으로 높은 사료섭취량을 기록하였다. Nam과 Aherne (1994), Smith 등 (1999)에 따르면 사료 내 에너지 함량이 높을수록 일당 사료섭취량이 감소한다고 하였으며, 저영양 수준의 사료의 에너지수준이 낮아 사료섭취량 증가한 것으로 사료된다. 사료효율에서는 육성비육기 전 구간에서 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

종합적으로 판단하여 볼 때, 돼지의 성장률이 높은 육성전기 또는 육성기의 고영양 사료의 급여는 돼지의 성장 성적을 증진시킬 수 있으나, 비육기와 출하 시에는 고영양 사료의 효과가 뚜렷하게 나타나지 않는다. 저영양 사료 급여 시 육성기의 성장 성적이 다소 고영양 사료 처리구보다 낮으나 비육기 체중 및 출하체중에서는 성장 성적에 차이가 나지 않는 것으로 볼 수 있다. 결론적으로 현재의 고영양 사료 프로그램 적용 시 소요되는 비용과 저영양 사료 프로그램 적용 시 소요되는 비용의 차이를 고려해보았을 때, 저영양 사료급여프로그램의 적용이 농가의 사료비를 절감할 수 있는 방안이 될 것으로 사료된다.

나. 경제성 분석 (Economic analysis)

서로 다른 사료급여프로그램의 적용이 115kg 도달 시 까지 사료비에 미치는 영향을 표 12에 나타내었다. 전체 사양실험 기간 동안 고영양, 중영양, 저영양 사료비는 각각 93,491, 88,201, 84,592원 순서로 나타났다. 사양실험 종료 시점의 처리구별 체중 차이가 있으므로 출하체중 115kg 도달까지 필요한 추가 사료 요구량을 계산하고 이를 바탕으로 다시 예상 사료비를 산출한 결과 최종적으로 중영양 사료와 저영양 사료의 급여가 경제적임을 확인하였다.

14주 체중을 기준으로 보았을 때 처리구간 유의차가 없었으므로 115kg 체중 도달 시간이 같다고 가정하면 고영양 사료와 저영양 사료의 급여는 육성비육돈 1두당 7,547원 차이가 나며 모돈 500두 규모, 모돈 회전율이 2.3인 농장을 기준으로 하였을 때 연간 약 8,679만원의 생산비 차이가 난다고 할 수 있다.

표 11. 사료영양성분 함량의 차이가 돼지의 성장 성적에 미치는 영향 (육성비육기)

Criteria	Treatments ¹			SEM ²	P-value
	H	M	L		
Body weight, kg					
Initial	37.85	37.86	37.86	0.899	–
4 week	54.27	52.90	51.92	0.836	0.06
8 week	73.96	72.94	71.47	0.789	0.38
12 week	90.21	88.48	87.13	1.007	0.39
14 week	101.24	99.43	99.39	0.904	0.60
ADG, g					
0-4 weeks	586	537	502	17.058	0.06
5-8 weeks	703	716	698	28.960	0.95
9-12 weeks	580	555	559	20.697	0.89
13-14 weeks	394	391	438	14.292	0.40
0-8 weeks	645	626	600	16.491	0.38
9-14 weeks	487	473	498	9.879	0.61
0-14 weeks	755	733	732	13.772	0.61
ADFI, g					
0-4 weeks	1,855 ^a	1,715 ^b	1,662 ^c	32.048	<0.01
5-8 weeks	1,969	2,042	2,011	55.706	0.85
9-12 weeks	1,329 ^B	1,328 ^B	1,533 ^A	47.812	0.02
13-14 weeks	2,199	2,229	2,271	24.653	0.48
0-8 weeks	1,912	1,881	1,836	26.322	0.45
9-14 weeks	1,605 ^b	1,614 ^b	1,767 ^a	35.884	<0.01
0-14 weeks	1,712	1,698	1,735	24.535	0.68
G:F ratio					
0-4 weeks	0.317	0.314	0.303	0.0098	0.61
5-8 weeks	0.355	0.348	0.348	0.0081	0.91
9-12 weeks	0.439	0.429	0.366	0.0191	0.36
13-14 weeks	0.179	0.175	0.193	0.0059	0.50
0-8 weeks	0.337	0.332	0.327	0.0068	0.73
9-14 weeks	0.305	0.294	0.283	0.0066	0.47
0-14 weeks	0.441	0.431	0.423	0.0062	0.42

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program,, L: low-Spec. diet program

² Standard error of the mean

^{abc} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.01).

^{ABC} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.05).

표 12. 사료영양성분 함량의 차이가 경제성에 미치는 영향 (단위: 원)

Criteria	Treatments ¹		
	H	M	L
0-4 week	27,374	23,865	21,028
5-8 week	26,796	26,641	25,004
9-12 week	18,082	17,329	18,626
13-14 week	21,238	20,365	19,934
Total feed cost	93,491	88,201	84,592
Estimated feed cost+ to 115kg	16,878	17,844	18,230
Total	110,369	106,044	102,822

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program,, L: low-Spec. diet program

연구 2. 자돈 사료 내 대체원료 (팜박)의 적정 첨가수준 검증 및 사료배합비 개발

I. 서론 (Introduction)

양돈 사료는 세계 여러 나라에서 생산되는 곡물의 생산량 및 가격에 매우 의존적이라고 할 수 있는데, 이러한 원료사료 가격의 등락에 의해 양돈 사료의 가격이 결정된다. 우리나라의 경우 배합 사료 생산에 사용되는 원료의 90% 이상을 수입에 의존하고 있어서 세계의 곡물가격에 민감하게 반응할 수밖에 없다. 원료 가격이 상승하면 배합사료의 가격이 인상되어 양돈농가의 생산비를 상승시키게 된다. 이로 인해 우리나라 양돈농가들은 더욱 어려운 상황에 놓이게 될 수 있다. 양돈 사료 내에 주요 원료인 옥수수과 대두박의 가격 변화를 예측하기 어려운 상황에서 국내 배합사료 생산비를 절감하고, 원료 가격 변동에 따른 파급효과를 최소화하기 위한 방안에 대한 연구가 활발하게 진행 중이며, 특히 대체원료 탐색에 관한 연구를 진행 중이다.

최근 대체원료로서 각광을 받고 있는 것은 팜박 (Palm kernel meal)이다. 팜박은 팜나무의 열매로부터 기름을 추출하고 남은 부산물로, 열대 지역에서 많이 생산된다 (Onwudike, 1986a, b, c; Onifade and Babatunde, 1998; Agunbiade 등, 1999; Perez 등, 2000). Oil nut palm과 coconut palm은 일반적으로 4군데의 열대 지역인 아프리카, 동남아시아, 라틴 아메리카 및 남태평양에서 생산된다. 이 산업의 주요 목적은 기름을 추출하는 데 있으며, 이에 따라 많은 양의 부산물들이 생산된다. 하지만 대부분의 부산물들은 낮은 영양적 가치, 비위생적인 상태에 의한 감염성, 낮은 기호성 등으로 인하여 버려지는 것이 현실이다.

팜박은 단백질의 함량이 15-18% 정도로 옥수수나 소맥피에 비해 높은 편이지만, 비전분성 다당류인 mannan을 함유하고 있고, 기호성이 낮으며 아미노산 이용률이 낮아서 단위동물 사료로 주목받지 못하였다 (McDonald 등, 1988). 하지만 팜박을 이용한 사료에 mannan을 분해할 수 있는 효소인 mannanase를 첨가함으로써 팜박의 이용성을 높여 줄 수 있다는 연구결과가 있다. 미생물이나 곰팡이 등에서 생산되는 mannanase를 양돈 사료에 첨가하였을 때, 사료 효율 및 성장 성적이 향상되었다는 보고가 있으며 (Jackson 등, 1999), 장내 미생물 균총 조절을 통하여 돼지의 건강성을 향상시킬 수 있는 prebiotics로서의 기능도 가진다는 보고가 있었다 (Gibson 등, 2000). 하지만 국내에서는 팜박의 높은 섬유소 함량으로 인한 소화율 저하 및 사료섭취량 감소에 대한 우려로 자돈 사료 내 팜박의 사용에 대한 연구가 부족한 실정이며, 국내 양돈 산업에서조차 이들 원료의 사용이 육성, 비육돈 사료로 많이 제한되어 있는 실정이며, 특히 자돈 사료로 사용하는 것에 대한 부정적인 인식이 높다. 국내에서는 자돈 사양실험을 통해 자돈 사료 내 팜박을 8%까지 첨가하는 것이 가능하다는 선행 연구가 있었지만, 팜박에 대한 수요가 커짐에 따라 8% 이상의 첨가수준에 대한 검증실험이 필요하다.

따라서 본 실험은 이러한 배경을 바탕으로 원료사료 대체 가능성이 있는 팜박을 자돈 사료에 급여하여 이용 가능성 및 첨가수준을 규명하고, 육성-비육기까지의 효과를 평가해보기 위해 수행되었다.

II. 실험 재료 및 방법 (Materials and methods)

가. 실험 동물 및 실험 설계 (Experimental animal and design)

사양실험을 위해 평균체중 7.36 ± 1.207 kg 의 삼원교잡종 ([Yorkshire × Landrace] × Duroc) 자돈 350두를 공시하여, 전라남도 무안군 청계면 송현리 624-9번 지 대우농장에서 수행되었다. 실험돈은 사료와 물의 자유 급이가 가능하고, 온도 조절이 용이한 돈사에서 사육되었으며, 일당중체량, 일당사료섭취량, 사료효율을 측정하기 위하여 자돈전기 (0-3주), 자돈후기 (4-6주), 육성전기 (7-9주), 육성후기 (10-12주), 비육전기 (13-17주), 비육후기 (18-21주)로 나누어 각 시기별로 체중과 사료 섭취량을 측정하였다. 자돈기 6주동안 전체 5처리 7반복으로 돈방 당 10두씩 (암컷 5두, 수컷 5두씩)을 난괴법 (Randomized complete block design; RCBD)으로 배치하였으며 각 돈방 당 평균 체중을 기준으로 배치하였다. 실험의 처리구는 1) PKM0 : NRC (1998)의 영양소 요구량을 충족하는 옥수수-대두박 위주의 기초 사료로서 팜박을 0 % 첨가, 2) PKM4 : 기초사료 + 팜박 4 % 첨가, 3) PKM8 : 기초사료 + 팜박 8 % 첨가, 4) PKM12 : 기초사료 + 팜박 12 % 첨가, 5) PKM16 : 기초사료 + 팜박 16 % 첨가였으며, 팜박 내 mannan의 이용성을 높이기 위하여 모든 사료에 만난분해효소를 첨가하였다.

육성 비육기는 동일한 시판사료를 전 처리구에 급여하였으며, 체중에 따라 돈방 당 7두씩 배치하여 자돈기의 사료차이가 최종출하에 미치는 영향을 측정하였다.

나. 실험사료 (Experimental diet)

옥수수-대두박을 실험사료의 기초사료 (basal diet)로 이용하였으며, 자돈 전기 및 자돈 후기에 팜박을 수준별로 첨가하여 실험사료를 배합하였다. 실험사료의 대사에너지 (ME : Metabolizable Energy)는 모든 실험기간 동안 3,265.00 kcal/kg 이었다. 라이신 (lysine)의 총 함량은 자돈 전기와 자돈 후기에 각각 1.35 %, 1.15 %이었으며, CP는 각각 20.56 %, 18.88%로 설정하였다. 팜박은 5개의 처리구에서 각각 4 % 씩 수준별로 증가시키며 조단백질 함량을 맞추어주면서 대두박 및 옥수수를 대체하였다. 자돈구간에 사용한 사료의 배합비 및 영양소 함량을 표 13, 14에 제시하였다.

표 13. 자돈 전기 실험 사료 배합비 (0-3주)

Ingredient, %	Treatment				
	PKM0	PKM4	PKM8	PKM12	PKM16
Corn	54.45	50.26	46.08	41.88	37.70
SBM	25.40	24.76	24.12	23.49	22.86
Lactose	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Soytide	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Palm Kernel Meal	0.00	4.00	8.00	12.00	16.00
Soy-oil	0.31	1.17	2.02	2.88	3.73
DCP	1.85	1.81	1.77	1.73	1.68
Limestone	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
L-lysine · HCl	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46
DL-methionine	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Vit. Mix ¹	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Choline · Cl (50%)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
ZnO	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
CTCZyme	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Sum	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated composition					
Total ME, kcal/kg	3,265.16	3,265.31	3,265.08	3,265.21	3,265.30
Total crude protein, %	20.56	20.56	20.56	20.56	20.56
Total lysine, %	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Total methionine, %	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Total Ca, %	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Total P, %	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65

¹ Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000 IU; Vit D₃, 3,200 IU; Vit. E, 35 IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoiflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug.

² Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet : Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

표 14. 자돈 후기 실험 사료 배합비 (4-6주)

Ingredient, %	Treatment				
	PKM0	PKM4	PKM8	PKM12	PKM16
Corn	63.72	59.53	55.35	51.17	46.99
SBM	26.88	26.25	25.61	24.97	24.34
Lactose	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Soytide	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Palm Kernel Meal	0.00	4.00	8.00	12.00	16.00
Soy-oil	0.14	0.99	1.85	2.70	3.55
DCP	1.65	1.61	1.56	1.52	1.47
Limestone	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
L-lysine · HCl	0.30	0.31	0.32	0.33	0.34
DL-methionine	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Vit. Mix ¹	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Choline · Cl (50%)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
CTCZyme	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Sum	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated composition					
Total ME, kcal/kg	3,265.34	3,265.09	3,265.58	3,265.35	3,265.44
Total crude protein, %	18.88	18.88	18.88	18.88	18.88
Total lysine, %	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Total methionine, %	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Total Ca, %	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Total P, %	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

¹ Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000 IU; Vit D₃, 3,200 IU; Vit. E, 35 IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug.

² Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet : Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

다. 사양실험 (Feeding trial)

사양실험은 자돈기 6주, 육성비육기 15주로 총 21주간 진행되었다. 자돈기 실험돈은 플라스틱 베드가 설치된 컨테이너 돈사에서 사육되었으며, 육성-비육기에는 슬롯-콘크리트 바닥이 있는 돈사로 이동하여 사육되었다. 자돈기에는 각 돈방에 하나의 사료급이기와 두 개의 니플 급수기가 설치되어 있었으며, 육성-비육기에는 각 돈방에 하나의 사료급이기와 한 개의 니플 급수기가 설치되어 있었다. 전체 실험 기간 동안 물과 사료는 무제한 자유채식 (*ad libitum*) 하도록 하였다. 자돈기에 돈방 온도는 26-28℃ 정도를 유지하였으며, 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료의 변동 시점을 고려하여 개시 시점 (initial), 자돈전기 (0-3주), 자돈후기 (4-7주), 육성전기 (0-3주), 육성전기 (7-9주), 육성후기 (10-12주), 비육전기 (13-17주), 비육후기 (18-21주)의 종료일에 측정하였으며, 각 사육 단계에 맞추어 일당증체량 (ADG : Average Daily Gain), 일당사료섭취량 (ADFI : Average Daily Feed Intake), 사료효율 (G:F ratio : Gain to Feed ratio)을 측정하였다.

라. 설사빈도 (Diarrhea incidence)

매일 오전 8시에 사양 실험돈을 대상으로 실시하였으며, 각 돈방 별로 10두의 자돈들을 대상으로 항문 주위의 수양성 설사 (watery diarrhea) 흔적을 가진 개체 수를 파악하여 설사빈도를 측정하였다. 수양성 설사 흔적이 없는 돈방의 설사빈도를 0으로 측정하였으며, 모든 개체의 항문 주위가 수양성 설사 흔적을 보였을 때의 설사빈도를 10으로 하여 이유 자돈 실험 기간 42일 동안 측정하였으며, 설사빈도의 전체적인 경향 파악을 위하여, 각 실험단계별 (자돈전기, 자돈후기)로 나누어 정리하였다.

마. 혈액 성상 (Blood profiles)

혈액은 각 시기별로 처리당 6두씩을 선발하여 경정맥에서 채취하여 혈액 성상을 분석하였다. 혈액은 disposable culture tube에 포집하여 3,000rpm, 4℃ 상태로 15분 동안 원심 분리 하였다. 그 후 micro tube 보관용기에 혈청만을 분리하여 분석 시까지 -20℃로 보관 하였다. 보관된 혈액은 혈액 분석기를 통하여 각 사육 시기별로 BUN (Blood urea nitrogen)을 측정하였으며, 면역 성상을 알아보기 위하여 ELISA를 이용하여 혈액 내 immunoglobulin의 농도를 측정하였다.

바. 돈육의 pH 및 육색 (pH and Hunter value)

21주간의 사양실험 종료 후 각 처리구별로 비육돈 4두씩 총 20두를 선발하여 돈육 품질

을 조사하기 위하여 등심근을 채취하였다. 선발된 실험돈들의 평균체중은 111.2 ± 3.00 kg 이었고, 도축 후에 미추골로부터 아래로 5개 척추사이의 등심을 샘플링하여, 0, 3, 6, 9, 24 시간에 육색 및 pH를 측정하였으며, 육색의 경우 Hunter system의 L, a, b 값을 chromameter (Minolta CM-508i, Japan)을 이용하여, pH는 pH meter (Bechman Coulter Φ 500 Series, USA)를 이용하여 측정하였다.

사. 돈육 품질 (Pork quality)

(1) 보수력 (Water holding capacity)

보수력 (WHC; Water holding capacity)은 원심분리법 (Ryoichi 등, 1993)으로 측정하였다. 보수력 측정은 Laakkonen 등 (1970)의 방법에 따라 미세한 구멍이 있는 2ml filter 관의 무게를 칭량하고, 공시육을 분쇄하여 지방과 근막 (힘줄)을 제거한 후 시료를 정확히 0.5 ± 0.05 g을 원심분리관의 상부에 filter관에 넣고 무게를 잰다. Filter관을 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 의 Water bath에서 20분간 가열한 후 10분간 실온에서 냉각시킨다. Filter관을 원심 분리관 하부에 넣고 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 에서 2,000 rpm, 10분 동안 원심분리 한 후 상부 filter관을 꺼내어 무게를 측정하였으며 다음 공식에 의해 보수력을 구하였다.

$$\text{보 수 력} = \frac{\text{수분 (\%)} - \text{유리수분 (\%)}}{\text{수분 (\%)}} \times 100$$

(2) 전단력 (Shear force)

채취한 샘플을 채끝 3 cm 두께의 스테이크 모양으로 근섬유방향과 직각이 되도록 근육을 절단하여 육 내부온도 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 까지 가열한 후 흐르는 물에 30분간 방냉 하였다. 방냉 한 시료에서 직경 0.5 inch 코어 (core)를 근섬유 방향에 따라 원통형으로 뚫어 시료를 채취한 후 Instron Universal Testing Machine (Model 4465, UK)를 이용하여 근섬유 방향과 직각 방향으로 절단하여 전단력을 8회 이상 반복 측정하였다.

(3) 가열감량 (Cooking loss)

가열감량 (Cooking loss, %)은 시료를 두께 3 cm 스테이크 모양으로 절단하여 무게를 측정하고 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 항온수조에서 시료의 심부온도가 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 도달 후 10분간 가열하고 냉각시킨 다음 무게를 측정한 뒤 다음 공식을 통해 계산하였다 (Honikel, 1998).

$$\text{가열감량 (\%)} = \frac{\text{가열 전 시료무게 (g)} - \text{가열 후 시료무게 (g)}}{\text{가열 전 시료 무게 (g)}} \times 100$$

사. 영양소 소화율 (Nutrient digestibility)

대두박 대체제로서 자돈기 사료 내 팜박의 수준별 급여가 영양소 소화율에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 거세돈 15두를 5처리 3반복에 완전임의배치법 (Complete randomized design; CRD)으로 대사틀에 1마리씩 넣어 배치하였다.

소화율 실험은 전분채취법으로 진행되었으며, 적응기 (adaptation period) 5일과 본 실험기 (collection period) 5일, 총 10일 동안 수행하였다. 5일 간의 본실험기 동안 하루에 한 번씩 동일한 시간 (19:00)에 분과 뇨를 채취하였으며, 실험사료는 평균 체중을 기준으로, 5.0 %를 정량하여, 하루에 두 번으로 나누어 (07:00 과 19:00) 제한 급여하였다. 본 실험 기간 동안 채취된 분은 냉동보관 (-20℃)하였으며, 건조기에서 70℃에서 72시간동안 건조한 후 분쇄하였다. 채취된 뇨는 암모니아의 휘산을 방지하기 위하여 10 % H₂SO₄ 30ml을 미리 부어 놓은 플라스틱 통에 매일 채취하였으며, glass wool을 이용하여 이물질을 걸러내었다. 채취한 뇨는 2000ml 까지 mass up을 하였으며, 즉시 냉동 보관 (-20℃)한 후 질소 이용률 분석을 위해 사용되었다. 사료, 분 및 뇨의 일반성분 (건물, 조단백질, 조지방 및 조회분)은 AOAC (1995) 방법에 따라 분석하였다.

아. 화학 분석 및 통계분석 (Chemical and statistical analysis)

사료, 분 및 뇨의 일반성분 분석은 AOAC (1995) 방법에 따라 실시하였으며, 본 실험의 data는 SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC)의 Mixed procedure를 이용하여 난괴법 실험 design으로서 통계분석을 실시하였다. 성장 성적 data의 경우 한 돈방이 experimental unit으로 (RCBD), 혈액 성상, 영양소 소화율의 경우 실험돈 1두가 experimental unit으로 (CRD) 설정하였다. 유의적 차이는 SAS (Saxton, 1998)의 PDMIX800 macro를 이용하여 문자로 구분되었다. 모든 통계적 분석에 있어 $P < 0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로, $P < 0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 간주하였다.

자. 경제성 분석 (Economical analysis)

모든 실험돼지는 같은 환경에서 사육되었으며, 경제성은 제조업체의 2015년 1사분기 판매단가를 기준으로 개시부터 출하체중 도달까지 소요된 총 사료비용에 근거하여 결정되었다. 총 사료 섭취량과 사료가격을 통해 증체량 당 사료가격 (원)을 계산 하고 이를 통해 각 성장단계 및 115kg 출하체중 도달까지 총 사료비용을 산출하였다.

III. 실험 결과 및 고찰 (Results and discussion)

가. 성장 성적 (Growth performance)

대두박 대체제로서 팜박을 자돈 사료 내 첨가하였을 시, 자돈의 성장 성적에 미치는 영향을 표 15에 나타내었다. 실험 결과 3주차와 6주차 체중에 있어서 통계적인 유의차가 나타났으며, 팜박을 16% 첨가한 사료를 급여한 처리구가 다른 처리구에 비해 낮은 체중을 나타내었다 ($P < 0.01$). ADG (평균일당증체량)에 있어서 자돈 전기 (0-3주)에만 유의적인 차이를 나타내었으며 ($P < 0.01$), 자돈 후기 (4-6주)에는 유의차가 없었던 것으로 보아 자돈 사료 내 팜박을 16% 첨가 (PKM16)하는 것은 자돈 전기의 돼지들에게 특히 부정적인 영향을 미치는 것으로 사료된다. ADFI (평균일당사료섭취량)의 경우도 통계적인 유의차가 나타났으며, 자돈 전기와 후기 모두 팜박을 16% 첨가한 사료를 급여한 처리구에서 가장 낮은 사료 섭취량을 보였다 (각, $P < 0.01$, $P < 0.05$). 사료 내 팜박의 첨가 수준이 증가할수록 팜박의 낮은 에너지를 보충하기 위하여 사료 내 더 많은 양의 유지가 들어가게 된다. 그리고 Jaworski 등, (2014)은 팜박의 수준이 증가함에 따라 사료 내 ADF 와 NDF의 농도가 증가하게 되며 이로 인해 사료의 부피가가 감소하게 되어 상대적으로 포만감을 빨리 느낄 수 있어 사료섭취량이 떨어질 수 있다고 보고하였다. G:F ratio (사료효율)는 자돈 전기에만 통계적인 유의차가 나타났으며, PKM16 처리구에서 가장 낮은 사료 효율을 나타내었다 ($P < 0.01$). Jaworski 등 (2014)의 연구에 따르면, 자돈 사료 내 팜박을 15%까지 첨가했을 때 0-10일의 체중, ADG 및 G:F ratio가 linear하게 감소하는 결과가 나타났지만 ($P < 0.05$), 20일이 지났을 때 유의적인 차이는 발견되지 않았다고 보고되었다. 이는 본 실험과 마찬가지로 자돈 사료 내 팜박의 과도한 첨가가 자돈 전기에 더 부정적인 영향을 미칠 수 있다는 것을 나타낸다.

자돈기에 팜박을 수준별로 급여 받은 돼지의 육성, 비육기의 성장 성적을 표 16에 나타내었다. 자돈 실험 종료 시 자돈구간에 팜박 16%사료를 급여 받은 돼지들이 유의적으로 체중이 낮았고 ($P < 0.01$), 실험종료까지 수치상으로 가장 낮은 체중을 기록하였지만 12주차 이후 모든 처리구에서 통계적인 유의차는 나타나지 않았다. 7-9주차에 16% 팜박 처리구를 제외한 나머지 처리구에서 팜박의 첨가량에 따라 ADG가 높게 나타났지만 이러한 경향도 12주차 이후에는 발견되지 않았다. 자돈기 이후에 급여된 시판사료에 팜박 함량은 9% 수준이었으며 자돈기에 팜박에 익숙해질수록 육성초기 구간에 팜박 이용을 더 쉽게 할 수 있었던 것으로 사료된다.

결론적으로 자돈기 사료 내 팜박의 첨가한도는 12% 수준으로 결정되어야 하며, 이는 비록 16% 첨가구가 시간이 지남에 따라 성장이 어느 정도 회복이 되었지만 자돈구간에서 매우 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났기 때문이다.

표 15. 팜박의 수준별 급여가 자돈의 성장에 미치는 영향

Criteria	Treatment					SEM ¹	P-value	
	PKM0	PKM4	PKM8	PKM12	PKM16		Lin.	Quad.
Body Weight, kg								
Initial	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	0.202		
3 week	12.35 ^A	12.42 ^A	12.32 ^A	12.36 ^A	9.85 ^B	0.399	0.974	0.972
6 week	20.75 ^A	20.24 ^A	19.82 ^A	20.15 ^A	17.53 ^B	0.574	0.432	0.509
ADG, g								
0-3 week	238 ^A	241 ^A	236 ^A	238 ^A	118 ^B	12.8	0.969	0.977
4-6 week	400	371	355	371	366	11.6	0.201	0.223
0-6 week	319 ^a	306 ^a	297 ^a	305 ^a	242 ^b	10.4	0.440	0.500
ADFI, g								
0-3 week	445 ^A	423 ^A	425 ^A	421 ^A	338 ^B	12.1	0.367	0.609
4-6 week	844 ^a	805 ^{abc}	790 ^{bc}	827 ^{ab}	765 ^c	19.2	0.395	0.042
0-6 week	645 ^A	614 ^A	607 ^A	624 ^A	552 ^B	14.4	0.264	0.100
G:F ratio								
0-3 week	0.528 ^A	0.562 ^A	0.552 ^A	0.567 ^A	0.326 ^B	0.0241	0.570	0.810
4-6 week	0.474	0.462	0.447	0.445	0.482	0.0096	0.226	0.767
0-6 week	0.493	0.498	0.485	0.487	0.437	0.0100	0.727	0.950

¹ Standard error of mean

^{A,B} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.01)

^{abc} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.05)

표 16. 자돈기 팜박의 수준별 급여가 육성 비육돈의 성장에 미치는 영향

Criteria	Treatment					SEM ¹	P-value	
	PKM0	PKM4	PKM8	PKM12	PKM16		Lin.	Quad.
Body weight, kg								
Initial	20.75 ^A	20.24 ^A	19.82 ^A	20.15 ^A	17.53 ^B	0.570		
9 week	28.78 ^a	28.49 ^a	28.84 ^a	30.09 ^a	26.24 ^b	0.727	0.179	0.276
12 week	44.53	43.34	45.15	44.79	41.44	0.961	0.577	0.691
17 week	68.39	66.32	67.62	66.88	64.04	1.062	0.595	0.627
21 week	92.59	90.89	91.81	90.97	88.68	1.351	0.653	0.827
ADG, g								
7-9 week	382 ^b	393 ^b	429 ^{ab}	474 ^a	415 ^b	12.1	0.001	0.368
10-12 week	750	707	777	700	724	17.3	0.573	0.598
13-17 week	669	657	634	631	634	10.3	0.159	0.838
18-21 week	915	878	864	860	880	19.7	0.344	0.679
7-12 week	566	550	603	587	569	12.2	0.194	0.988
13-21 week	763	755	736	733	743	10.9	0.276	0.922
7-21 week	684	673	685	675	676	9.3	0.839	0.990
ADFI, g								
7-9 week	1,170	1,217	1,208	1,261	1,178	26.2	0.078	0.937
10-12 week	1,605	1,673	1,744	1,648	1,613	32.2	0.397	0.123
13-17 week	2,475	2,500	2,435	2,453	2,397	27.1	0.585	0.949
18-21 week	2,946	3,000	2,952	3,024	2,934	38.4	0.627	0.917
7-12 week	1,387	1,445	1,476	1,454	1,395	26.4	0.113	0.214
13-21 week	2,684	2,722	2,665	2,707	2,636	28.0	0.968	0.975
7-21 week	2,166	2,211	2,189	2,206	2,140	24.4	0.634	0.752
G:F ratio								
7-9 week	0.326 ^{bc}	0.324 ^c	0.358 ^{ab}	0.374 ^a	0.353 ^{abc}	0.0067	0.002	0.428
10-12 week	0.467	0.422	0.446	0.426	0.449	0.0007	0.098	0.332
13-17 week	0.270	0.262	0.265	0.257	0.265	0.0045	0.252	0.652
18-21 week	0.303	0.291	0.289	0.286	0.299	0.0031	0.227	0.983
7-12 week	0.407	0.380	0.410	0.404	0.408	0.0049	0.585	0.209
13-21 week	0.286	0.277	0.277	0.272	0.282	0.0029	0.102	0.734
7-21 week	0.319	0.304	0.314	0.306	0.316	0.0026	0.264	0.456

¹ Standard error of mean

^{A,B} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.01)

^{abc} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.05)

나. 설사빈도 (Diarrhea incidence)

팜박을 수준별로 첨가한 사료를 급여한 자돈들의 설사빈도를 조사한 결과를 표 17에 나타내었다. 실험 결과 전 실험기간 동안 각 처리구별 설사빈도는 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

팜박은 β -mannans 와 같은 섬유소를 많이 함유하고 있는데 (Balasubramaniam, 1976; Daud and Jarvis, 1992), 자돈 사료 내의 섬유소의 증가는 위장관 내 환경을 개선시킨다. Gerritsen 등 (2012)은 불용성 비전분태 다당류의 첨가가 위장관의 물리적인 적응력을 자극하고, 회장에서의 *E. coli*의 농도를 감소시켰다고 보고하였다. 또한, 서 등 (2015)은 Palm kernel expellers를 20% 첨가한 사료를 섭취한 자돈이 대조군에 비해 설사빈도가 24.7%에서 14.7%까지 감소하였다고 보고하였다. 하지만 본 실험에서는 설사빈도에 있어서 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 이는 mannanase를 첨가해주었기 때문인 것으로 사료된다.

다. 혈액 성상 (Blood profiles)

자돈 사료 내 대두박 대체제로서 팜박을 수준별로 첨가하였을 시 자돈 및 육성·비육돈의 혈액 성상에 미치는 영향을 표 18에 나타내었다. BUN (blood urea nitrogen)은 체내의 필수 영양소 중 하나인 아미노산의 이용에 대한 대표적인 지표 (Eggum, 1970)로 단백질 섭취와 품질에 직접적인 연관성을 가지며 (Eggum, 1970; Hann 등, 1995), 섭취한 질소의 체내 유지에 관여한다 (Whang과 Easter, 2000). 실험 결과, BUN에 있어서 처리구간 통계적인 유의차는 나타나지 않았다. Jaworski 등 (2014)은 팜박을 수준별로 자돈에게 급여하였을 때 아미노산의 이용률을 보기 위하여 plasma urea nitrogen (PUN)을 측정하였으며, 실험 결과 처리구간 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. 본 연구에서도 이와 상응하는 결과를 나타내었으며, 결론적으로 팜박의 수준별 첨가는 자돈기에 사료의 아미노산 이용률에 영향을 미치지 않으며, 이는 비육기까지 이어져서 육성·비육돈에게 어떠한 부정적인 영향도 미치지 않는 것으로 사료된다.

표 17. 이유 자돈 사료 내 유제품 절감 수준이 이유 자돈의 설사빈도에 미치는 영향

Criteria	Treatment					SEM ¹	P-value		
	PKM0	PKM4	PKM8	PKM12	PKM16		Linear	Quadratic	
Diarrhea incidence ²									
0-3 week	1.86	1.86	1.57	2.00	2.14	0.187	0.935	0.588	
4-6 week	1.00	1.14	1.14	1.43	1.29	0.191	0.455	0.852	
0-6 week	1.43	1.50	1.36	1.71	1.71	0.185	0.673	0.706	

¹ Standard error of mean

² Diarrhea incidence : 0 (no occurrence) to 10 (diarrhea on all pigs): Data were measured by average total diarrhea incidence during each phases.

다음으로 팜박을 수준별로 첨가하였을 시 자돈 및 육성·비육돈의 혈청 내 immunoglobulin 의 농도를 분석한 결과, IgA에 있어서는 모든 실험기간 동안 처리구간 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. IgG에 있어서는 비육전기 종료 시 (17주차)에 유의적인 차이가 나타났으며, 자돈 사료 내 팜박의 첨가수준이 높을수록 혈청 내 IgG의 농도가 linear하게 감소하는 결과가 나타났다. 하지만 육성·비육기에는 동일한 사료를 급여하였으며, 비육전기에만 유의적인 차이가 나타난 것은 팜박의 영향이 아닌 것으로 사료되며, 이러한 결과가 나온 것에 대해서는 추가적인 검증이 필요할 것으로 사료된다. 결론적으로 비육전기 종료 시를 제외한 모든 실험기간 동안 처리구간 통계적 유의차가 나타나지 않았으며, 사료 내 팜박의 첨가는 자돈 및 육성·비육돈의 면역 성장에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

표 18. 팜박의 수준별 급여가 자돈 및 육성·비육돈의 혈액 성장에 미치는 영향

Criteria	Treatment					SEM ¹	P-value	
	PKM0	PKM4	PKM8	PKM12	PKM16		Linear	Quadratic
BUN, mg/dL								
Initial	-----12.4-----							
3 week	13.9	16.3	13.8	15.1	14.7	0.55	0.828	0.628
6 week	11.2	12.9	11.3	11.2	10.1	0.52	0.803	0.482
9 week	14.0	13.4	18.5	14.0	13.2	0.97	0.612	0.377
12 week	10.2	11.9	13.3	10.7	11.0	0.70	0.673	0.173
17 week	7.6	12.0	11.7	10.7	8.8	0.65	0.144	0.057
21 week	9.9	9.8	13.5	10.9	10.6	0.88	0.512	0.580
IgA, mg/mL								
Initial	-----1.17-----							
3 week	2.33	2.09	2.83	2.41	2.90	0.146	0.324	0.699
6 week	2.94	3.03	2.43	3.04	2.56	0.098	0.769	0.243
9 week	0.71	1.12	0.83	0.94	0.84	0.052	0.317	0.113
12 week	1.17	1.33	1.37	0.98	1.40	0.086	0.579	0.222
17 week	1.71	1.22	1.59	1.80	1.19	0.369	0.438	0.395
21 week	1.26	1.20	1.66	0.93	1.08	0.110	0.646	0.205
IgG, mg/mL								
Initial	-----2.41-----							
3 week	4.80	4.28	5.83	4.93	5.98	0.295	0.328	0.666
6 week	6.06	6.24	5.00	6.24	5.27	0.198	0.719	0.245
9 week	8.55	9.28	8.56	9.55	7.60	0.607	0.281	0.164
12 week	7.90	9.18	9.17	9.93	9.25	1.305	0.468	0.209
17 week	8.11 ^A	7.40 ^A	7.28 ^{AB}	6.20 ^{BC}	5.62 ^C	0.281	0.006	0.610
21 week	6.89	5.51	4.81	6.01	5.18	0.438	0.534	0.293

¹ Standard error of mean

^{A,B,C} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.01)

라. 돈육의 일반성분 및 이화학적 분석 (Proximate and physiochemical analysis)

자돈 사료 내 대두박 대체제로서 팜박을 수준별로 첨가하였을 때 돈육의 일반성분 및 이화학적 성상에 미치는 영향을 표 19에 나타내었다. 돈육의 일반성분 분석 결과 수분 및 조지방, 조회분에 있어서는 처리구간 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. 하지만 돈육 내 조단백질 분석 결과, 팜박을 12%까지 첨가한 처리구는 대조구와 유의적인 차이가 나타나지 않았지만 팜박을 16% 첨가한 PKM16 처리구는 대조구에 비해 유의적으로 낮은 조단백질 수준을 나타내었다. 돈육의 이화학적 분석에 있어서는 보수력 및 가열감량에 있어서 처리구간 통계적인 유의차가 나타났다. 가열감량은 간접적인 보수력의 지표 중 하나로 일반적으로 보수력과 역의 상관관계를 갖는 것으로 알려져 있으며, 전단력은 고기의 질긴 정도를 기계적으로 측정된 수치로 보수력과 연관이 큰 것으로 알려져 있다 (Hamm, 1986). Bouton 등 (1983)은 보수력이 낮아지면 고기의 전단력은 높아진다고 보고하였고 Goerl 등 (1995)의 연구에 의하면 지방함량이 증가함에 따라 보수력이 증가하여 육즙감량이 낮아지고, 전단력이 약해지는 것으로 밝혀졌다. 본 실험 결과 사료 내 팜박의 첨가수준이 높아질수록 돈육의 지방함량에 유의적인 차이는 나타나지 않았지만, 수치적으로 조금 증가하는 것을 확인할 수 있으며, 그 결과 보수력이 증가하고, 가열감량 및 전단력이 감소하는 것을 확인할 수 있다. 보수력은 내외적 환경변화에 따른 고기의 수분 보유 능력에 대한 척도로서, 고기의 미세구조 또는 세절시 나타나는 수분함량의 변화로 결정되며, 고기의 pH 변화와 밀접한 연관성을 가지는 것으로 알려져 있다. 결과적으로 팜박이 16% 첨가한 처리구에서 돈육 내 단백질 함량이 낮아졌으며, 팜박의 첨가수준이 증가할수록 보수력은 증가하고, 가열감량은 감소하는 것으로 나타났다. 가열감량이 적을수록 식육 섭취시 다즙성을 느낄 수 있어 기호성이 증진되는 것으로 알려져 있으며, 이를 통해 팜박의 첨가수준이 높을수록 육질이 좋아지는 것으로 사료된다.

표 19. 팜박의 수준별 급여가 돈육의 일반성분 및 이화학적 성상에 미치는 영향

Criteria	Treatment					SEM ¹	P-value	
	PKM0	PKM4	PKM8	PKM12	PKM16		Lin.	Quad.
Proximate analysis, %								
Moisture	71.17	71.47	71.26	72.65	72.83	0.322	0.193	0.441
Crude protein	22.17 ^{AB}	22.98 ^A	21.43 ^{BC}	23.42 ^A	20.48 ^C	0.326	0.281	0.203
Crude fat	2.53	2.57	2.60	2.58	2.69	0.313	0.957	0.971
Crude ash	1.59	1.52	1.65	1.44	1.53	0.066	0.687	0.722
Physiochemical property								
Water holding capacity, %	94.45 ^C	94.93 ^{BC}	96.19 ^{AB}	96.39 ^A	96.61 ^A	0.279	0.005	0.757
Cooking loss, %	32.84 ^A	31.76 ^A	32.88 ^A	28.83 ^B	28.51 ^B	0.504	0.003	0.047
Shear force, kg	9.60	9.67	9.33	8.82	7.98	0.217	0.199	0.529

¹ Standard error of mean

^{A,B,C} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.01)

마. 도축 후 pH 변화 (pH assay after slaughter)

돈육의 pH 변화는 돈육의 품질을 결정하는 중요한 요인으로 신선도, 보수력, 연도, 결착력, 육색, 조직감 등의 돈육 품질에 영향을 미치며, 돈육의 저장성 측면에서도 깊은 연관을 가진다. 일반적으로 도축 후 돈육의 초기 pH는 PSE육의 예측치로, 최종 pH는 DFD의 예측치로 그 효용성이 인정되고 있다. 일반적으로 도축 후 돈육에서 glycogen의 혐기적 해당작용에 의하여 젖산 (lactic acid)이 생성되어 pH는 떨어지게 된다.

본 실험에서는 돈육의 pH 변화를 측정하기 위해 도축 후 총 6번 0, 3, 6, 9, 24 시간에 pH를 측정하였고, 보관 시에는 4℃ 냉장상태로 보관하였다. 대두박 대체제로서 팜박을 사료 내 첨가하였을 시 도축 후 돈육의 pH 변화에 미치는 영향을 아래의 표 20에 나타내었다. 측정결과 0, 3, 6, 9, 24시간 후의 돈육의 pH에서는 처리구간의 통계적 유의차가 발생되지 않았다. 따라서 자돈 사료 내 팜박의 첨가로 인한 PSE육이나 DFD발생의 가능성은 낮은 것으로 나타났다.

결론적으로 자돈 사료 내 팜박의 첨가는 도축 후 돈육의 pH 변화에 유해한 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

표 20. 팜박의 수준별 급여가 육성·비육돈의 도축 후 pH 변화에 미치는 영향

Criteria	Treatment					SEM ¹	P-value	
	PKM0	PKM4	PKM8	PKM12	PKM16		Linear	Quadratic
Time after slaughter								
0 hour	6.08	5.99	5.70	5.95	6.16	0.065	0.277	0.224
3 hour	5.86	5.80	5.65	5.75	5.86	0.044	0.279	0.458
6 hour	5.63	5.63	5.50	5.51	5.61	0.026	0.109	0.952
9 hour	5.63	5.59	5.54	5.51	5.64	0.025	0.151	0.883
24 hour	5.56	5.56	5.48	5.49	5.66	0.026	0.264	0.914

¹ Standard error of mean

바. 돈육의 육색 (Meat color)

소비자의 고기 구입을 결정하게 되는 결정적인 요인은 바로 육색이다. 육색은 소비자가 돈육의 품질을 파악하고 구매를 결정하는 데에 가장 큰 영향을 미칠 수 있는 관능적 특성이기 때문이다. 본 실험에서는 돈육의 육색을 chromameter로 측정하기 위해 도축 후 30분 후부터를 실험개시시간으로 지정하여 총 5번 0, 3, 6, 9, 24 시간에 육색을 측정하였고, 보관 시 4℃에서 냉장상태로 보관하였다. 대두박 대체제로서 팜박을 사료 내 첨가하였을 시 도축 후 돈육의 pH 변화에 미치는 영향을 아래의 표 21에 나타내었다. 측정결과, 0-24시간 동안의 육색 (Hunter L, a, b value의 변화에서 처리구간에 유의적인 차이는 나타나지 않았으며, 다만 0시간째에 b value 측정값에서 처리구들간의 유의차가 나타났다 (P<0.01). 국립축산과학원 (돼지고기 품질 및 위생관리 지침서, 2010)에서 제시한 육색명도 (Hunter L value)를 보면, 정상육은 50미만의 수치를 가지지만, PSE육은 Hunter L value가 50이상의 수치를 가지며 DFD육은 Hunter L value가 38미만의 값을 가지므로 chromameter로 육색의 명도를 측정하여 돼지고기의 이상여부를 확인할 수 있다. 따라서 모든 처리구의 24시간동안의 Huter L value의 변화값이 정상육의 수치 내에 해당하는 것을 통해 처리구간에 유해한 영향이 없다는 결과가 나타났다. 전체적인 결과를 종합하여볼 때, 도축 후 0-24시간 동안의 돈육의 육색을 비교한 결과, 대두박 대체제로서 팜박을 자돈 사료 내 16%까지 첨가하여도, 출하 시 돈육의 육색 및 이상육 발생에는 영향을 미치는 못하는 것으로 사료된다.

표 21. 팜박의 수준별 급여가 육성·비육돈의 도축 후 육색 변화에 미치는 영향

Criteria	Treatment					SEM ¹	P-value	
	PKM0	PKM4	PKM8	PKM12	PKM16		Lin.	Quad.
Hunter value, L²								
0 hour	39.65	38.36	41.28	39.68	38.24	0.479	0.446	0.865
3 hour	37.79	38.42	40.17	36.08	38.62	0.852	0.626	0.143
6 hour	39.40	39.15	41.59	42.57	41.92	0.692	0.067	0.650
9 hour	38.98	39.83	42.44	43.14	42.20	0.744	0.042	0.960
24 hour	42.39	41.49	43.05	42.46	42.55	0.842	0.083	0.312
Hunter value, a³								
0 hour	2.47	1.90	2.74	1.78	1.32	0.188	0.507	0.648
3 hour	2.51	2.76	3.36	2.28	1.94	0.219	0.969	0.210
6 hour	2.97	2.78	3.78	3.16	2.81	0.244	0.558	0.717
9 hour	3.51	3.24	4.14	3.44	3.11	0.228	0.779	0.698
24 hour	4.86	3.78	4.34	3.91	4.13	0.193	0.255	0.458
Hunter value, b⁴								
0 hour	4.18 ^{ab}	3.63 ^{bc}	4.56 ^a	3.88 ^{bc}	3.44 ^c	0.136	0.967	0.725
3 hour	4.11	4.50	4.87	4.34	4.13	0.162	0.432	0.145
6 hour	4.52	4.53	5.31	5.38	5.19	0.199	0.091	0.942
9 hour	4.67	4.92	5.64	5.55	5.37	0.209	0.099	0.696
24 hour	6.06	5.60	5.77	5.76	5.95	0.160	0.590	0.470

¹ Standard error of mean

² L - luminance or brightness (vary from black to white).

³ a - red · green component (+a=red, -a=green).

⁴ b - yellow · blue component (+b=yellow, -b=blue).

^{abc} Means in a same row with different superscript letters significantly differ (P<0.01)

사. 영양소 소화율 (Nutrient digestibility)

자돈 사료 내 팜박을 수준별로 첨가하였을 때 자돈 전기 소화율에 미치는 영향을 표 22에 나타내었다. 영양소 소화율 분석 결과 수분 및 조회분, 조지방 소화율에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았지만, 조단백질 소화율에 있어서 처리구간 유의적인 차이가 나타났다. 팜박을 4% 첨가한 처리구에서 가장 높은 조단백질소화율을 나타내었다. 질소 retention 및 소화율에 있어서도 처리구간 통계적인 유의차는 나타나지 않았다. 자돈 사료 내 팜박 첨가 수준이 소화율에 미치는 영향에 관한 연구가 부족한 실정이며, 이에 대해서는 추가적인 검증이 필요한 것으로 사료된다. 본 실험 결과에서는 팜박을 4% 첨가한 처리구에서 단백질소화율이 가장 높았으나, 그 외의 영양소 소화율에 있어서 유의적인 차이가 나타나지 않는 것으로 나타났으며, 이를 통해 팜박 첨가수준은 영양소 소화율에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 볼 수 있다.

표 22. 팜박의 수준별 급여가 자돈의 영양소 소화율에 미치는 영향

Criteria	Treatment					SEM ¹	P-value	
	PKM0	PKM4	PKM8	PKM12	PKM16		Linear	Quadratic
Nutrient digestibility, %								
Moisture	89.63	91.85	87.97	88.72	86.19	0.733	0.377	0.654
Crude protein	88.63 ^b	94.17 ^a	87.71 ^b	89.18 ^b	89.06 ^b	0.760	0.341	0.092
Crude ash	58.00	74.50	67.25	64.39	62.40	2.165	0.580	0.070
Crude fat	80.21	83.43	75.32	61.91	76.55	2.786	0.039	0.185
Nitrogen retention, g/day								
N intake	17.69	18.79	18.30	19.10	18.39	0.128	0.001	0.001
Fecal N	2.01	1.10	2.25	2.07	2.01	0.137	0.169	0.095
Urinary N	4.49	3.87	4.30	4.12	3.25	0.259	0.804	0.731
N retention	11.19	13.82	11.75	12.91	13.13	0.335	0.258	0.233
N-digestibility, %	63.25	73.56	64.21	67.62	71.37	1.585	0.791	0.291

¹ Standard error of mean

^{a,b,c} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.05)

아. 경제성 분석 (Economic analysis)

팜박의 수준별 급여가 115kg 도달 시 까지 사료비에 미치는 영향을 표 23에 나타내었다. 사양실험 종료 시점의 처리구별 체중 차이가 있으므로 출하체중 115kg 도달까지 필요한 추가 사료 요구량을 계산하고 이를 바탕으로 다시 예상 사료비를 산출한 결과 최종적으로 팜박을 첨가하지 않은 처리구가 가장 적은 비용이 들어가는 것으로 나타났다. 팜박의 첨가는 자돈구간의 사료비의 절감에 기여하였으나 전체 사육기간을 기준으로 하면 각처리구의 경제성은 대동소이한 것으로 평가된다. 실제 사양실험 기간 동안의 팜박을 수준별로 첨가한 처리구들의 사료비는 각각 112,622, 114,043, 112,955, 114,029, 109,309원 순서로 처리구간 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 23. 팜박의 수준별 급여가 경제성에 미치는 영향 (단위: 원)

Criteria	Treatment				
	PKM0	PKM4	PKM8	PKM12	PKM16
0-3 week	5,711	5,434	5,465	5,420	4,355
4-6 week	8,765	8,370	8,225	8,620	7,983
7-9 week	11,106	11,552	11,466	11,969	11,182
10-12 week	14,965	15,599	16,261	15,366	15,040
13-17 week	37,595	37,975	36,988	37,261	36,410
18-21 week	34,480	35,112	34,550	35,393	34,340
Total feed cost	112,622	114,043	112,955	114,029	109,309
Estimated feed cost+ to 115kg	31,930	34,455	33,122	35,305	36,681
Total	144,552	148,497	146,077	149,333	145,990

IV. 결론 (Conclusion)

본 연구는 자돈 사료 내에서 기존의 단백질 공급원인 대두박을 팜박으로 대체하였을 때 자돈기 뿐만 아니라 육성·비육기까지의 성장 성적, 돈육 품질, 혈액 성분, 영양소 소화율 등을 알아보고, 자돈기 사료 내 첨가 가능한 팜박의 양을 규명하기 위하여 수행되었다. 실험은 팜박을 사료 내 0, 4, 8, 12, 16 % 만큼 사용하여 대두박을 대체한 총 5개의 처리구로 사양실험이 진행되었다.

사양실험 결과, 자돈전기에 팜박을 16%까지 첨가한 사료를 급여한 처리구에서 체중, ADG, ADFI 및 사료효율 등 성장 성적이 모두 떨어지는 결과가 나타났다. 자돈 후기에는 ADG는 처리구간 유의차가 없었으며, PKM16 처리구의 떨어진 성장 성적은 육성 전기부터 차이가 줄어들기 시작하여, 육성 후기부터는 성장 성적에 있어서 모든 처리구에서 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. 이는 자돈기 때 잘 크지 못했던 돼지가 상대적으로 육성기에 들어오면서 보상성장을 했기 때문이라 할 수 있다. 하지만, PKM 16% 처리구의 낮은 사료섭취량과 성장을 볼 때 자돈 전기 사료 내 팜박을 16%까지 첨가하는 것은 무리가 있다고 사료된다. 자돈 사료 내 팜박의 수준별 첨가는 자돈기 설사빈도에는 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

혈액 성분 및 면역 성분 분석 결과, 사료 내 팜박 첨가 수준에 따른 효과가 나타나지 않았으며, 이를 통해 팜박 첨가는 혈액 및 면역에 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

돈육 품질 분석 결과, pH 및 육색에 있어서는 처리구간 유의적 차이가 나타나지 않았지만, 팜박의 첨가수준이 증가할수록 보수력은 증가하고, 가열감량은 감소하는 결과가 나타났으며, 이를 통해 팜박의 첨가는 돈육의 품질에 긍정적인 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

영양소 소화율 분석 결과 팜박을 4% 첨가한 처리구에서 단백질 소화율이 높아지는 결과를 나타내었으며, 그 이외의 영양소 소화율에 있어서는 처리구간 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. 결론적으로 팜박의 첨가는 영양소 소화율에 부정적인 효과를 나타내지 않는 것으로 나타났다.

경제성 분석 결과, 115kg 도달 시까지의 총 사료비용을 추정해본 결과 팜박을 첨가한 처리구가 대조구에 비해 1-3% 가량 사료비용이 추가적으로 발생하는 것으로 나타났다. 하지만 자돈기 팜박의 첨가는 자돈구간에 들어가는 사료비용을 감소시키는 효과가 나타났으며, 실험종료 시까지 총 사료비용에도 큰 차이가 나타나지 않았다.

결론적으로 자돈 사료 내 팜박을 16% 이상 사용했을 경우 혈액 성분 및 돈육의 pH는 영향을 미치지 않았지만, 자돈 전기 폐사율 및 성장 성적에 부정적인 영향을 미칠 수 있기 때문에, 육성·비육돈의 성장 성적, 돈육 품질, 혈액 성분 및 영양소 소화율에 부정적인 영향을 미치지 않기 위해서는 자돈 사료 내 팜박을 12 %까지 첨가할 수 있을 것으로 사료된다.

연구 3. 자돈 사료 내 유제품의 절감 수준이 자돈·육성·비육돈에 미치는 영향

I. 서론 (Introduction)

국내 양돈 산업의 가격경쟁력이 양돈선진국에 비해 크게 뒤처지는 점은 부인할 수 없는 현실이다. 생산비에 있어, 가장 많은 부분을 차지하고 있는 사료비는, 제조비용 중 원 재료비 비중이 80% 정도를 차지하고 있고, 그 대부분을 수입에 의존하고 있다. 따라서 수입 원료의 가격변동과 폭등, 폭락이 국내 배합사료의 원가 상승 및 국내 축산관련 여러 분야에 큰 영향을 주게 된다. 우리나라뿐만 아니라 세계 여러 나라에서 위와 같은 문제를 해결하고 대비하기 위해 대안을 찾고 있고, 그 중 현실적으로 받아들여지고 있는 해결책이 원료사료 중 고가의 비중을 차지하고 있는 원료들을 대체하고 한두 가지 원료에 주력하지 않을 수 있는 대체원료의 이용이다.

이유 자돈의 경우 유당분해효소의 활성이 높으므로 이유 자돈 사료 내 고가의 유제품의 사용이 일반화 되어있다. 이러한 유제품의 수요는 생산량보다 감소되어 유당의 가격은 예전과 비슷한 가격대를 형성하고 있으나 2007-2008년의 경우 유당가격 폭등으로 인하여 2006년에 비해 2-3배가 폭등하였으며, 현재 주요 생산국인 오세아니아와 유럽의 경우 생산량이 감소하고 있어 이들의 수요가 증가하거나 주요 생산국에서 가뭄 발생 시 유당 가격이 또다시 폭등할 수 있는 불안정한 원료이다. 수요부족으로 인한 가격 상승은 유당의 품질 저하 및 수급의 불균형 문제를 초래하여 자돈 사료에 유제품의 첨가가 매우 유동적으로 될 수밖에 없으므로, 유제품의 가격 변화를 쉽게 예측하기 어려운 상황에서는 앞으로의 원료사료 공급에 있어서 에너지 공급원인 유당의 대체 원료사료 개발이 매우 절실한 실정이다. 이유 자돈 사료의 경우 가장 고가의 주요원료는 우유 가공 원료들로 이중 유당 및 whey powder의 2014년 국내에서 1kg당 가격은 각각 1,400원 정도였다. 현재 유제품의 수요가 생산량보다 감소되어 유당의 가격은 예전과 비슷한 가격대를 형성하고 있으나 여전히 높은 가격대이고, 사료 연구 분야에서 이를 부산물이나 더 저렴한 물질로 대체하려는 연구가 활발히 진행 중에 있다. 그러나 현실적으로 이유 자돈용 사료 내에서 유제품을 영양적, 경제적으로 모두 완전히 대체 할 수 있는 물질들이 보편적으로 사용되기까지는 아직 많은 시간이 필요한 실정이다. 그러한 물질들의 대표적인 예로는 SDPP (Spray Dried Porcine Plasma), Sucrose, Enzyme-Hydrolyzed, Extruded rice등이 있으며, 현재 이들 대부분은 생산비가 높고, 수급 가능한 물량이 많지 않은 등 여러 문제점을 갖고 있다.

양돈 사료에 있어서 유당은 이유 자돈 사료에 있어서 주요 원료로 사용되고 있으며, 이유 자돈 소화기관의 환경과 성장능력 및 사료 섭취량을 향상시키는 것으로 널리 알려져 왔다 (Graham 등, 1981). 그리고 Frobish 등 (1970)과 Lawrence 등 (1983)은 이유 자돈에 지방과 유제품의 공급은 이유로 인한 이유 자돈의 사료섭취량의 감소 및 성장지연을 줄일 수 있고, 지방의 첨가는 지방산 소화율 개선, 증체율 및 사료 효율을 개선시킨다고 보고하였

다. 그러나 Mahan 등 (2004)은, 이유 자돈 일령이 증가 할수록 사료 내 유당을 증가시켰을 때 자돈의 성장능력을 개선시키는데 있어서 큰 영향을 미치지 못한다고 보고 하였는데, 이는 소화기관내 다른 탄수화물 소화효소의 발달이 급격히 이루어지는 이유 후 1-2주부터는 이유 자돈 사료 내 유당 함량을 감소시킬 수 있다는 사실을 설명하고 있다. 최근 이유 자돈 사료 내 유제품의 함량을 줄이는 대신 자돈이 소화하기 쉬운 곡류 대체물질들을 개발하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

따라서 본 연구는 이유 자돈기의 사료에 유제품 함량의 절감이 자돈에 미치는 영향과, 육성·비육기까지의 효과를 평가해보기 위해 수행되었다.

II. 실험 재료 및 방법 (Materials and methods)

가. 실험동물 및 사양실험 (Experimental animal and design)

평균 체중 7.01 ± 1.32 kg 의 3원 교잡종 ([Yorkshire \times Landrace] \times Duroc)인 이유 자돈 160두를 공시하였으며, 충청북도 음성군 감곡면 오향리 64-1 대성농장에서 자돈 전기 2주, 자돈 후기 3주, 육성 전기 4주, 육성 후기 4주, 비육 전기 4주, 비육 후기 2주로 총 19주 동안 사양실험을 수행하였다. 사양실험은 총 160두의 실험돈을 4처리 20반복에 반복 당 4마리씩 성별과 체중에 따라 난괴법 (RCBD; Randomized Complete Block Design)으로 배치하였다. 실험의 처리구는 다음과 같다.

1) HM : NRC (1998)의 영양소 요구량을 충족하는 옥수수-대두박 위주의 기초 사료로서 유제품을 자돈전기 : 30 %, 자돈후기 15% 첨가, 2) MM : 기초사료 + 유제품 자돈전기 : 20%, 자돈후기 : 10% 3) LM : 기초사료 + 유제품 자돈전기 : 10%, 자돈후기 : 5% 4) ZM : 기초사료 + 유제품 0% 첨가

육성비육기 14주동안에 모든처리구의 돼지들은 부경양돈농협의 경제 사료를 동일하게 급여하였다. 실험돈은 사료와 물의 자유 급이가 가능하고, 온도 조절이 용이한 돈사에서 사육되었으며, 일당중체량, 일당사료섭취량, 사료효율을 측정하기 위하여 자돈전기 (0-3주), 자돈후기 (4-6주), 육성전기 (7-9주), 육성후기 (10-12주), 비육전기 (13-17주), 비육후기 (18-21주)로 나누어 각 시기별로 체중과 사료 섭취량을 측정하였다.

나. 실험사료 (Experimental diet)

옥수수-대두박을 실험사료의 기초사료 (basal diet)로 이용하였으며, 자돈전기 및 자돈 후기에 사육 시기에 맞추어 유제품을 수준별로 첨가하여 실험사료의 배합을 실시하였다. 실험사료의 대사에너지 (ME : Metabolizable Energy)는 모든 실험기간 동안 3,265.00 kcal/kg 이었다. 라이신 (lysine)의 총 함량은 자돈 전기와 자돈 후기에 각각 1.35 %, 1.15

%이었으며, CP는 각각 23.70 %, 20.90%로 설정하였다. 유제품을 수준별로 감소함에 따라 조단백질 함량을 맞추어주면서 옥수수과 콩기름으로 대체하였다. 주요 실험사료의 원료 및 성분은 표 24, 25에 각각 제시하였다.

표 24. 자돈 전기 실험 사료 배합비 (0-2주)

	Treatment			
	HM	MM	LM	ZM
Ingredients, %				
Corn	8.51	18.61	28.79	38.93
SBM	39.64	38.98	38.30	37.62
Wheat bran	1.68	1.71	1.72	1.76
Whey powder	12.00	8.00	4.00	0.00
Lactose	18.00	12.00	6.00	0.00
Fish meal	2.83	2.83	2.83	2.83
Barley	10.13	10.13	10.13	10.13
PKM	3.00	3.00	3.00	3.00
Soy-oil	1.61	2.01	2.38	2.76
MDCP	1.32	1.37	1.40	1.43
Limestone	0.53	0.59	0.65	0.71
L-Lysine-HCl	0.06	0.09	0.13	0.16
DL-met	0.04	0.03	0.02	0.02
Vit. Mix ¹	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.20	0.20	0.20	0.20
Choline · Cl (50%)	0.10	0.10	0.10	0.10
ZnO	0.10	0.10	0.10	0.10
CTCZYME [®]	0.05	0.05	0.05	0.05
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated composition				
Total ME, kcal/kg	3,265.00	3,265.09	3,265.06	3,265.00
Total crude protein, %	23.70	23.70	23.70	23.70
Total lysine, %	1.35	1.35	1.35	1.35
Total methionine, %	0.35	0.35	0.35	0.35
Total Ca, %	0.80	0.80	0.80	0.80
Total P, %	0.65	0.65	0.65	0.65

¹ Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000 IU; Vit D₃, 3,200 IU; Vit. E, 35 IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug.

² Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet : Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

표 25. 자돈 전기 실험 사료 배합비 (3-5주)

	Treatment			
	HM	MM	LM	ZM
Ingredients, %				
Corn	30.06	35.26	40.46	45.64
SBM	30.56	30.41	30.23	30.06
Wheat bran	2.48	2.28	2.12	1.98
Whey powder	6.00	4.00	2.00	0.00
Lactose	9.00	6.00	3.00	0.00
Fish meal	2.95	2.85	2.75	2.65
Barley	12.00	12.00	12.00	12.00
PKM	3.00	3.00	3.00	3.00
Soy-oil	1.68	1.84	2.00	2.16
MDCP	1.20	1.23	1.25	1.26
Limestone	0.45	0.49	0.53	0.57
L-Lysine-HCl	0.07	0.09	0.11	0.13
DL-met	0.00	0.00	0.00	0.00
Vit. Mix ¹	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.20	0.20	0.20	0.20
Choline · Cl (50%)	0.10	0.10	0.10	0.10
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00
CTCZYME [®]	0.05	0.05	0.05	0.05
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

Calculated composition

Total ME, kcal/kg	3,265.00	3,265.08	3,265.07	3,265.02
Total crude protein, %	20.90	20.90	20.90	20.90
Total lysine, %	1.15	1.15	1.15	1.15
Total methionine, %	0.30	0.30	0.31	0.31
Total Ca, %	0.70	0.70	0.70	0.70
Total P, %	0.60	0.60	0.60	0.60

¹ Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000 IU; Vit D₃, 3,200 IU; Vit. E, 35 IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoiflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug.

² Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet : Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

다. 사양실험 (Feeding trial)

사양실험은 자돈기 5주, 육성비육기 14주로 총 19주간 진행되었다. 전체 실험 기간 동안 물과 사료는 무제한 자유채식 (*ad libitum*)하도록 하였다. 자돈기에 돈방 온도는 26-28℃ 정도를 유지하였으며, 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료의 변동 시점을 고려하여 개시 시점 (initial), 자돈전기 (0-2주), 자돈후기 (3-5주), 육성전기 (6-9주), 육성후기 (10-13주), 비육전기 (14-17주), 비육후기 (18-19주)의 종료일에 측정하였으며, 각 사육 단계에 맞추어 일당증체량 (ADG : average daily gain), 일당사료섭취량 (ADFI : average daily feed intake), 사료효율 (G:F ratio : gain to feed ratio)을 측정하였다.

라. 혈액 정상 (Blood profiles)

혈액은 실험 개시, 2주, 5주, 9주, 13주, 17주, 19주에 처리구별로 6두씩을 선발하여 목 부위에 있는 경정맥에서 채취하였으며, 채혈 후 4℃에서 3,000 rpm으로 15분간 원심 분리하였다. 원심분리 후 혈청을 분리하여 microtube에 담아 -20℃ 냉동고에 보관하였다. Blood urea nitrogen (BUN)은 혈액분석기 (Ciba-Corning model, Ciba Corning Diagnostics Co.)를 이용하여 분석하였고, 면역 성상을 알아보기 위하여 ELISA를 이용하여 혈액 내 immunoglobulin의 농도를 측정하였다.

마. 설사빈도 (Diarrhea incidence)

설사빈도 측정을 실험 개시 후 매일 오전 8시에 사양 실험돈을 대상 설사발생을 측정하였다. 각 돈방 별로 4두의 자돈들을 대상으로 항문 주위의 수양성 설사 (watery diarrhea) 흔적을 가진 개체 수를 파악하여 설사빈도를 측정하였다. 수양성 설사 흔적이 없는 돈방의 설사 빈도를 0으로 측정하였으며, 모든 개체의 항문 주위가 수양성 설사 흔적을 보였을 때의 설사빈도를 4로 하여 이유 자돈 실험기간 35일 동안 측정하였으며, 설사빈도의 전체적인 경향 파악을 위하여, 각 실험단계별 (자돈전기, 자돈후기)로 나누어 정리하였다.

바. 돈육의 pH 및 육색 (pH and meat color)

19주간의 사양실험 종료 후 각 처리구별로 비육돈 5두씩 총 20두를 선발하여 돈육 품질을 조사하기 위하여 등심근을 채취하였다. 도축 후에 미추골로부터 아래로 5개 척추사이의 등심을 샘플링하여, 0, 3, 6, 12 그리고 24 시간에 육색의 경우 chromameter (Minolta CM-508i, Japan)을 이용하여, pH는 pH meter (Bechman Coulter Φ 500 Series, USA)를 이용하여 측정하였다.

사. 돈육 품질 (Pork quality)

(1) 보수력 (Water holding capacity)

보수력 (WHC; Water holding capacity)은 원심분리법 (Ryoichi 등, 1993)으로 측정하였다. 보수력 측정은 Laakkonen 등 (1970)의 방법에 따라 미세한 구멍이 있는 2ml filter관의 무게를 칭량하고, 공시육을 분쇄하여 지방과 근막 (힘줄)을 제거한 후 시료를 정확히 0.5 ± 0.05 g을 원심분리관의 상부에 filter관에 넣고 무게를 잰다. Filter관을 80 °C의 Water bath에서 20분간 가열한 후 10분간 실온에서 냉각시킨다. Filter관을 원심 분리관 하부에 넣고 4°C에서 2,000 rpm, 10분 동안 원심분리 한 후 상부 filter관을 꺼내어 무게를 측정하였으며 다음 공식에 의해 보수력을 구하였다.

$$\text{보 수 력} = \frac{\text{수분 (\%)} - \text{유리수분 (\%)}}{\text{수분 (\%)}} \times 100$$

(2) 전단력 (Shear force)

채취한 샘플을 채끝 3 cm 두께의 스테이크 모양으로 근섬유방향과 직각이 되도록 근육을 절단하여 육 내부온도 70 °C까지 가열한 후 흐르는 물에 30분간 방냉 하였다. 방냉 한 시료에서 직경 0.5 inch 코어 (core)를 근섬유 방향에 따라 원통형으로 뚫어 시료를 채취한 후 Instron Universal Testing Machine (Model 4465, UK)를 이용하여 근섬유 방향과 직각 방향으로 절단하여 전단력을 측정하여 8회 이상 반복 측정하였다.

(3) 가열감량 (Cooking loss)

가열감량 (Cooking loss, %)은 시료를 두께 3 cm 스테이크 모양으로 절단하여 무게를 측정하고 80 °C 항온수조에서 시료의 심부온도가 70 °C 도달 후 10분간 가열하여 냉각시킨 다음 무게를 측정하여 다음 공식에 의하여 계산하였다 (Honikel, 1998).

$$\text{가열감량 (\%)} = \frac{\text{가열 전 시료무게 (g)} - \text{가열 후 시료무게 (g)}}{\text{가열 전 시료 무게 (g)}} \times 100$$

아. 경제성 분석 (Economic analysis)

경제성 분석은 시험 사료 주문시의 사료 업체의 원료 도입 가격 (2014년 10월)을 기준으로 산출하였으며, 시험 사료 배합비에 맞추어 각각 Phase의 1kg당 단가를 계산하였다. 그리고 자돈기 이후 경제성은 제조업체의 2015년 1사분기 판매단가를 기준으로 하였다. 전 사양 기간 동안 이유 자돈의 1kg 단위증체에 소요되는 사료비용은 본 시험의 성장 성적에서

나온 사료 섭취량과 증체량을 기준으로 분석하였다.

자. 화학 분석 및 통계 분석 (Chemical and statistical analysis)

사료의 일반성분 분석은 AOAC (1995) 방법에 따라 실시하였다. 통계분석은 SAS의 일반선형모형 (GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였다. 사양실험에서 돈방을 실험단위로 하여 최소유의차 (LSD) 다중 검정법에 의해 처리구간의 결과를 비교하였으며, $P < 0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로, $P < 0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 고려하였다. 또한 linear, quadratic response를 분석하기 위해 orthogonal polynomial contrasts를 실시하였다.

III. 실험 결과 및 고찰 (Results and discussion)

가. 성장 성적 (Growth performance)

유제품 첨가 수준에 따른, 자돈의 성장 성적에 미치는 영향을 표 26에 나타내었다. 5주간의 자돈 사양실험 결과, 체중의 경우 자돈전기 (linear, $P < 0.05$) 자돈후기 (linear $P < 0.01$) 기간 동안 사료 내 유제품 첨가수준이 감소함에 따른 통계적인 유의적 차이를 보였다. ADG (일당평균증체량) 또한 자돈 전기 (linear, $P < 0.05$) 자돈 후기 (linear, $P < 0.01$) 기간 동안 유제품의 첨가수준의 감소에 따라 유의적으로 감소하는 효과를 보였다. ADFI (일당평균사료섭취량)의 경우도 자돈 전기 (linear, $P < 0.05$) 자돈 후기 (linear, $P < 0.01$) 구간에 통계적인 유의차가 나타났으며, 자돈 전기와 후기 모두 유제품을 첨가하지 않은 ZM 처리구에서 가장 낮은 사료섭취량을 보였다 ($P < 0.01$). 자돈구간의 사료 효율은 처리구별 차이가 발견되지 않았다. 자돈 구간 (0-5주)을 종합한 결과 G:F ratio를 제외한 모든 항목에 있어서 유제품을 가장 많이 첨가한 HM 처리구가 유의적으로 가장 높았다 ($P < 0.01$). 자돈 폐사율에 있어서는 자돈 전기에 유제품을 첨가하지 않은 사료를 급여 받은 ZM 처리구에서만 폐사가 일어났으며, 10%의 폐사율을 나타내었다. 따라서 이유 자돈 사료 내 유제품 사용은 생산성을 높이고, 건물 섭취량 및 질소와 에너지 소화율을 향상시키는 효과가 있다는 기존의 연구들과 유사한 결과가 도출되었다 (Cera 등, 1988; Mahan, 1993; Tokach 등, 1995). 또한 Nessmith 등 (1977)과 Cromwell 등 (2008)에 따르면 높은 수준의 락토오즈는 사료섭취량을 개선시킨다는 보고와 일치한다고 사료된다.

자돈 사료 내 유제품을 수준별로 급여 받은 돼지의 육성, 비육기의 성장 성적을 표 27에 나타내었다. 체중에서는 육성전기, 육성후기 종료 시 유의적인 차이가 나타났으며 ($P < 0.05$), 유제품이 첨가되지 않은 사료를 급여한 ZM 처리구는 개시체중이 다른 처리구에 비해 가장 낮았고 실험종료 시 유의차는 없었으나 다른 처리구보다 낮은 체중을 기록하였다.

ZM 처리구 다음으로 유제품을 적게 섭취시킨 LM처리구의 경우 자돈기 종료 체중이 HM 처리구에 비해 유의적으로 낮았으나, 9주차에는 모든 처리구 중에 가장 높은 체중을 나타냈다. ADG (일당증체량)는 육성비육기 실험 전 기간 동안 통계적 유의차는 나타나지 않았다. ADFI (일당사료섭취량)에서는 육성전기 기간에 통계적인 유의차가 나타났으며, 유제품을 첨가하지 않은 ZM 처리구에서 가장 낮은 사료섭취량을 보였다 (P<0.05). G:F ratio에서는 육성전기 기간 동안 유제품을 첨가한 수준이 감소함에 따라 사료효율은 linear 하게 증가하는 결과를 나타내었다 (linear, P<0.05). 이러한 결과는 Fraser 등 (1993)의 연구에 따르면, 자돈기의 유제품을 첨가한 사료를 급여한 처리구가 육성기에 곡물을 첨가한 사료로 바뀌면서 사료에 대한 적응성 때문에 G:F ratio가 감소할 수 있다는 결과와 일치한다고 사료된다. 또한 Cromwell 등 (2008) 등의 연구에서도 자돈구간에서 본 실험과 같은 결과가 나타났지만, 육성구간에는 사료 내 유제품 첨가량이 적은 처리구에서 더 높은 성장 성적을 보였다.

결론적으로 본 실험결과 유제품 첨가 수준이 감소함에 따라서 이유 자돈기의 성장 성적 또한 linear하게 감소하지만, 비육 종료체중에서는 유제품 첨가 수준에 따른 유의적인 효과가 나타나지 않았으며, 유제품을 자돈전기 10%, 자돈후기 5%만 사용하여도 이보다 많은 유제품을 사용한 돼지들에 비해 충분한 성장이 가능하며 과도한 유제품의 사용은 성장에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 따라서 자돈기 사료 내 고수준의 유제품 첨가는 장기적인 관점에서 볼 때 지양해야 할 사료 급여 방식이라 생각된다.

표 26. 이유 자돈 사료 내 유제품 절감 수준이 자돈의 성장에 미치는 영향

Criteria	Treatment				SEM ¹	P - value	
	HM	MM	LM	ZM		Linear	Quadratic
Body weight, kg							
Initial	7.01	7.01	7.01	7.01	0.288		
2 week	12.64	12.24	12.28	11.50	0.502	0.031	0.920
5 week	25.27 ^a	24.37 ^{ab}	24.00 ^b	21.63 ^c	0.919	<0.01	0.184
ADG, g							
0-2 week	402	381	370	317	18.4	0.018	0.736
3-5 week	601 ^A	577 ^{AB}	558 ^B	482 ^C	23.4	0.005	0.248
0-5 week	522 ^a	499 ^a	483 ^{ab}	416 ^b	19.3	<0.01	0.145
ADFI, g							
0-2 week	507	503	474	436	21.7	0.014	0.397
3-5 week	1,051 ^a	955 ^a	978 ^a	801 ^b	39.8	<0.01	0.224
0-5 week	834 ^a	774 ^a	776 ^a	655 ^b	31.6	<0.01	0.186
G:F ratio							
0-2 week	0.790	0.757	0.771	0.737	0.0158	0.403	0.812
3-5 week	0.576	0.604	0.566	0.603	0.0178	0.812	0.883
0-5 week	0.628	0.642	0.616	0.640	0.0119	0.930	0.997

¹ Standard error of the mean

^{abc} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.01)

^{A,B} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.05)

표 27. 이유 자돈 사료 내 유제품 절감 수준이 육성·비육돈의 성장에 미치는 영향

Criteria	Treatment				SEM ¹	P - value	
	HM	MM	LM	ZM		Linear	Quadratic
Body weight, kg							
9 week	44.62 ^B	44.61 ^B	46.86 ^A	40.80 ^B	1.099	0.143	0.039
13 week	73.73 ^A	72.40 ^A	73.45 ^A	67.03 ^B	1.341	0.008	0.082
17 week	93.01	90.76	95.34	89.89	1.492	0.554	0.444
19 week	109.71	108.32	112.46	98.71	2.274	0.183	0.203
ADG, g							
5-9 week	691	723	816	685	25.2	0.768	0.113
10-13 week	970	926	886	874	22.7	0.097	0.784
14-17 week	742	706	842	879	30.3	0.080	0.677
18-19 week	982	1,033	1,007	934	42.3	0.562	0.490
5-13 week	836	828	853	783	12.7	0.173	0.170
14-19 week	837	835	907	901	26.8	0.422	0.862
5-19 week	836	831	876	833	15.4	0.998	0.467
0-19 week	755	746	775	726	12.9	0.447	0.352
ADFI, g							
5-9 week	1,955 ^A	1,853 ^{AB}	2,017 ^A	1,655 ^B	62.6	0.084	0.162
10-13 week	2,880	2,636	2,823	2,614	61.4	0.261	0.884
14-17 week	2,584	2,678	2,976	2,719	100.3	0.488	0.439
18-19 week	3,079	3,240	3,387	3,161	104.2	0.712	0.425
5-13 week	2,433	2,258	2,434	2,151	53.2	0.120	0.561
14-19 week	2,780	2,900	3,139	2,894	92.1	0.526	0.375
5-19 week	2,581	2,532	2,734	2,467	57.9	0.792	0.360
0-19 week	2,131	2,079	2,230	2,001	46.1	0.545	0.323
G:F ratio							
5-9 week	0.356	0.390	0.407	0.415	0.0137	0.026	0.400
10-13 week	0.342	0.350	0.313	0.333	0.0090	0.394	0.783
14-17 week	0.292	0.267	0.281	0.321	0.0072	0.097	0.029
18-19 week	0.325	0.326	0.292	0.294	0.0119	0.231	0.985
5-13 week	0.346	0.366	0.350	0.361	0.0054	0.572	0.610
14-19 week	0.305	0.294	0.287	0.309	0.0064	0.995	0.310
5-19 week	0.327	0.330	0.319	0.335	0.0050	0.831	0.671
0-19 week	0.357	0.360	0.346	0.361	0.0052	0.925	0.716

¹ Standard error of the mean

^{abc} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.01)

^{A,B} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.05)

나. 설사빈도 (Diarrhea incidence)

총 5주간의 사양 실험을 통해 각 처리별로 설사의 빈도 또는 설사의 정도를 조사하였으나 전 실험기간 동안 설사로 분류할 만한 특이성을 보인 실험 돈군이 없었으며, 설사빈도 측정 시 설사 측정자의 개인적인 의견이 들어갈 수 있으므로 최대한 주관적인 생각은 배제하고 객관적으로 설사빈도를 조사하였다. 표 28에 총 5주간의 이유 자돈 사양 실험을 통해 각 처리별로 설사의 빈도 또는 설사의 정도를 조사하였다. 이유 자돈 사양시험 기간 동안 수양성 설사의 발생빈도가 낮았으며, 모든 처리구에서 유의적인 차이 또한 나타나지 않았다.

McDonald 등 (1999, 2001)의 연구결과에서는 이유 자돈 사료에 대한 식이섬유의 첨가는 장내에서 대장균 증식을 감소시킬 수 있어 설사발생을 크게 줄일 수 있다고 하였고, Ewaschuk 등 (2011)은 보리내의 식이섬유 β -glucan의 장내의 영양소 흡수율을 증가시키고, 면역을 증가시키는 장점이 있다고 하였는데, 사료 내의 보리의 첨가로 인한 효과로 모든 처리구의 설사빈도를 낮추는 효과가 나타났을 가능성이 있다.

다. 혈액 정상 (Blood urea nitrogen)

자돈 사료 내 유제품의 절감수준이 돼지의 BUN (blood urea nitrogen)에 미치는 영향을 표 29에 나타내었다. 혈액 내의 BUN (blood urea nitrogen) 함량은 인체 내의 필수 영양소 중 하나인 아미노산의 이용에 대한 대표적인 지표 (Eggum, 1970)로 쓰이는 분석 항목으로 단백질 섭취와 품질에 직접적인 연관성을 가지며, 섭취한 질소의 체내 유지와 관련이 있는 것으로 알려져 있다 (Whang과 Easter, 2000). 또한 Bergner (1977)는 혈청 내 Urea 농도와 사료의 생물가 (biological value)에 역의 상관관계가 있다고 밝힘으로써 BUN이 동물의 단백질 요구량을 결정하거나 (Hatori 등, 1994; Cai 등, 1996), 단일 아미노산의 요구량을 결정하는데 (Taylor 등, 1982; Coma 등 1995), 지표로 사용될 수 있도록 기틀을 마련하였다.

BUN value는 일당증체량 및 사료효율과 negative correlation을 갖는다 (Hahn 등, 1995). 전체 사양실험 기간 동안 BUN 농도는 7.3 - 19.6 mg/dl 정도로 일반적인 수치를 나타내었고, 통계 분석결과 이유 자돈기의 BUN농도는 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 육성후기 종료 시점인 13주차에 이유 자돈 사료 내 유제품 첨가 수준이 낮아질수록 BUN의 농도가 linear하게 증가하는 결과가 나타났다 ($P < 0.05$). 유제품이 상대적으로 적게 첨가된 LM과 ZM처리구가 다른 처리구보다 높게 나타났고 사료 내 유제품 함량이 가장 높은 HM처리구에서 가장 낮게 나타났다. ($P < 0.05$) 이는 육성전기에 ZM, LM 처리구의 성장 성적이 떨어진 것과 연관이 있으나 종료 체중이나 비육전기의 성장 성적에는 영향을 미치지 않은 것으로 미루어보아 이유 자돈 사료 내 유제품의 절감에 따른 BUN 농도는 큰 문제가 없을 것으로 사료된다.

라. 돈육의 일반성분 및 이화학적 분석 (Proximate and physiochemical analysis)

자돈 사료 내 유제품의 절감수준에 따른 돈육의 일반성분 및 이화학적 특성에 미치는 영향에 대해서 표 30에 나타내었다. 돈육의 일반 성분 분석 결과, 처리구간의 통계적인 유의차는 발견되지 않았다. 이는 사료 내 유제품의 절감 수준에 따른 첨가가 돈육의 일반성분(수분, 회분, 단백질, 지방)에 유해한 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

가열감량은 간접적인 보수력의 지표 중 하나로 일반적으로 보수력과 역의 상관관계를 갖는 것으로 알려져 있으며, 전단력은 고기의 질긴 정도를 기계적으로 측정된 수치로 보수력과 연관이 큰 것으로 알려져 있다 (Hamm, 1986). Bouton 등 (1983)은 보수력이 낮아지면 고기의 전단력은 높아진다고 보고하였고 Goerl 등 (1995)의 연구에 의하면 지방함량이 증가함에 따라 보수력이 증가하여 육즙감량이 낮아지고, 전단력이 약해지는 것으로 밝혀졌다. 보수력은 내외적 환경변화에 따른 고기의 수분 보유 능력에 대한 척도로서, 고기의 미세구조 또는 세질시 나타나는 수분함량의 변화로 결정되며, 고기의 pH 변화와 밀접한 연관성을 가지는 것으로 알려져 있다. 돈육의 이화학적 특성에 대해 분석해본 결과, 이유 자돈 사료 내 유제품의 첨가수준이 감소함에 따라 돈육의 가열감량이 linear하게 감소하는 결과가 나타났고 (linear, $P < 0.01$), 이와 반대로 보수력의 경우, 유제품의 첨가수준이 감소함에 따라 증가하는 결과가 나타났다 (linear, $P = 0.04$). 전단력은 처리구간 통계적인 유의차는 발생하지 않았다.

결론적으로 이유 자돈 사료 내 유제품의 첨가는 돈육의 일반성분에 유해한 영향을 미치지 않으며, 유제품의 첨가수준이 감소함에 따라 가열감량은 감소하며, 보수력이 증가하여 돈육 품질에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 사료된다.

표 28. 이유 자돈 사료 내 유제품 절감 수준이 이유 자돈의 설사빈도에 미치는 영향

Criteria	Treatment				SEM ¹	P-value	
	HM	MM	LM	ZM		Linear	Quadratic
Diarrhea incidence²							
0-2 week	1.64	1.68	1.29	1.09	0.133	0.118	0.670
3-5 week	0.66	0.45	0.49	0.57	0.064	0.689	0.316
0-5 week	1.09	0.99	0.85	0.80	0.080	0.217	0.877

¹ Standard error of means.

² Diarrhea incidence : 0 (no occurrence) to 4 (diarrhea on all pigs): Data were measured by average total diarrhea incidence during each phases.

표 29. 이유 자돈 사료 내 유제품 절감 수준이 돼지의 혈액 성상에 미치는 영향

Criteria	Treatment				SEM ¹	P-value	
	HM	MM	LM	ZM		Linear	Quadratic
Blood urea nitrogen, mg/dL							
Initial	14.7	14.7	14.7	14.7	—	—	—
2 week	18.9	18.7	19.6	19.6	0.47	0.533	0.932
5 week	12.7	15.3	14.9	14.8	0.65	0.357	0.368
9 week	11.7	9.4	10.1	10.3	0.50	0.375	0.147
13 week	9.6 ^A	10.3 ^A	12.7 ^B	12.9 ^B	0.52	0.003	0.744
17 week	8.4	9.5	8.4	9.3	0.44	0.693	0.934
19 week	7.3	9.2	10.9	10.7	0.66	0.070	0.446

¹ Standard error of means.

^{A,B} Means with different superscripts significant difference (P<0.05).

표 30. 이유 자돈 사료 내 유제품 절감 수준이 돈육 품질에 미치는 영향

Criteria	Treatment				SEM ¹	P-value	
	HM	MM	LM	ZM		Linear	Quadratic
Proximate analysis, %							
Moisture	71.64	71.35	70.14	71.70	0.433	0.558	0.318
Crude protein	20.69	22.41	21.62	21.53	0.066	0.373	0.050
Crude fat	3.21	2.27	2.72	3.46	0.254	0.581	0.110
Crude ash	1.13	1.46	1.46	1.18	0.236	0.796	0.040
Physiochemical property							
Cooking loss, %	37.08 ^A	35.05 ^A	30.59 ^C	34.10 ^B	0.608	<0.001	<0.001
Shear force, kg/0.5 inch ²	7.45	6.85	6.49	6.67	0.167	0.074	0.230
WHC ² , %	95.40 ^B	96.46 ^A	96.97 ^A	95.79 ^B	0.164	0.046	<0.001

¹ Standard error of means.

² Water holding capacity

^{A,B} Means with different superscripts significant difference (P<0.05).

마. 도축 후 pH의 변화 (pH assay after slaughter)

돈육의 pH 변화는 돈육의 품질을 결정하는 중요한 요인으로 신선도, 보수력, 연도, 결착력, 육색, 조직감 등의 돈육 품질에 영향을 미치며, 돈육의 저장성 측면에서도 깊은 연관성을 가진다. 일반적으로 도축 후 돈육의 초기 pH는 PSE육의 예측치로, 최종 pH는 DFD의 예측치로 그 효용성이 인정되고 있다. Bole 등 (1993)은 pH 수치가 돈육의 질과 보수성 및 연도에 밀접한 관련이 있다고 하였으며, Palansky와 Nosal (1991)은 pH가 증가하면 조리 감량이 감소된다고 보고하였다. 일반적으로 도축 후 돈육에서 glycogen의 혐기적 해당작용에 의하여 젖산 (lactic acid)이 생성되어 pH는 떨어지게 된다. 하지만 과도한 운송스트레스를 받거나 도축 시 과도한 스트레스를 받을 경우 glycogen 이용에 변화가 생겨 pH가 정상적인 경향을 나타내지 않을 수도 있는데, 이러한 경우 DFD육이나 PSE육이 발생할 위험성이 높아지게 된다.

본 실험에서는 돈육의 pH 변화를 측정하기 위해 도축 후 총 6번 0, 3, 6, 12, 24 시간에 pH를 측정하였고, 보관 시에는 4℃ 냉장상태로 보관하였다. 이유 자돈 사료 내 유제품 절감이 도축 후 돈육의 pH 변화에 미치는 영향을 아래의 표 31에 나타내었다. 실험결과 모든 측정 시간동안 처리구간 통계적으로 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이는 곧 이유 자돈 사료 내 유제품의 절감은 돈육의 pH에 유해한 영향을 미치지 않는 것으로 저장성, 연도, 신선도, 보수력 등의 여러 측면에서 기존의 이유 자돈 사료 내 유제품의 첨가 수준이 높은 사료를 급여한 경우와 차이가 없다는 것을 의미한다.

표 31. 이유 자돈 사료 내 유제품 절감 수준이 돈육의 pH에 미치는 영향

Criteria	Treatment				SEM ¹	P-value	
	HM	MM	LM	ZM		Linear	Quadratic
Time after slaughter							
0 hour	5.68	5.75	5.77	5.72	0.046	0.712	0.539
3 hour	5.50	5.42	5.51	5.49	0.018	0.891	0.365
6 hour	5.63	5.52	5.62	5.63	0.028	0.676	0.204
12 hour	5.65	5.53	5.62	5.64	0.025	0.561	0.206
24 hour	5.63	5.51	5.63	5.69	0.028	0.234	0.062

¹ Standard error of means.

바. 돈육의 육색 (Meat color)

소비자가 매장에서 돈육을 구매할 때 가장 먼저 보는 것은 바로 육색이다. 이러한 특징 때문에 육색은 소비자가 돈육의 품질을 파악하고, 구매를 결정하는 데에 가장 큰 영향을 미치게 된다. 표 32에 이유 자돈 사료 내 유제품 절감이 도축 후 돈육의 육색변화에 미치는 영향에 대하여 나타내었다. 실험결과 전 측정 시간동안 모든 처리구에서 통계적으로 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

돈육의 급격한 pH 저하는 근육의 단백질 구조를 변형시켜 육즙의 유출을 촉진하고 표면의 육즙 유출은 빛을 산란시켜 돈육을 창백하게 보이게 하며 결과적으로 PSE육이 발생하게 된다. 일반적으로 Hunter a value가 너무 낮으면 PSE (pale, soft, exudative)육을 의심해야 하며, 너무 높으면 DFD (dark, firm, dry)육일 수 있다. Hunter a value를 적색도라고 하고 Hunter b value를 황색도라고 하는데, 적색도가 감소하고, 황색도가 증가하면 돈육의 신선도를 평가할 때 좋지 않은 영향을 미친다고 알려져 있다. 전체적으로 유제품의 절감 수준에 따른 육색의 변화는 정상적인 수치를 기록하였으며, 모든 처리구에서 통계적인 유의차가 나타나지 않았다.

표 32. 이유 자돈 사료 내 유제품 절감 수준이 돈육의 육색에 미치는 영향

Criteria	Treatment				SEM ¹	P-value	
	HM	MM	LM	ZM		Linear	Quadratic
Hunter value, L²							
0 hour	42.33	43.19	41.89	41.49	0.546	0.505	0.611
3 hour	42.62	43.38	42.46	41.46	0.670	0.540	0.575
6 hour	44.50	45.45	44.56	42.81	0.676	0.413	0.403
12 hour	46.00	46.83	45.33	43.84	0.609	0.186	0.377
24 hour	46.97	48.36	46.61	45.25	0.516	0.158	0.198
Hunter value, a³							
0 hour	3.17	2.32	3.18	2.29	0.224	0.411	0.951
3 hour	3.28	3.03	3.06	2.39	0.210	0.152	0.614
6 hour	3.76	4.26	3.71	3.62	0.237	0.678	0.579
12 hour	4.17	3.82	3.92	3.74	0.196	0.541	0.849
24 hour	4.83	4.10	3.90	4.31	0.169	0.296	0.144
Hunter value, b⁴							
0 hour	5.23	4.93	5.12	4.60	0.187	0.372	0.822
3 hour	5.55	5.59	5.47	4.65	0.210	0.142	0.284
6 hour	6.36	6.93	6.13	5.86	0.232	0.356	0.444
12 hour	6.75	6.68	6.35	6.00	0.197	0.232	0.763
24 hour	7.25	7.10	6.41	6.44	0.153	0.195	0.944

¹ Standard error of mean.

² L - luminance or brightness (vary from black to white).

³ a - red · green component (+a=red, -a=green).

⁴ b - yellow · blue component (+b=yellow, -b=blue).

사. 면역 분석 (Immune response)

자돈 사료 내 유제품의 함량이 이유 자돈 및 육성비육돈의 면역성분 (IgG, IgA)에 미치는 영향을 표 33에 나타내었다. 혈중 IgG와 IgA는 일반적인 돼지의 면역력을 나타내는 지표로 사용 된다 (Heo, 2013). 면역글로불린G는 일반적으로 혈액순환 중에 들어있는 일반적인 타입의 면역글로불린으로 여겨지며, 체내에서 박테리아의 감염을 조절하는 중요한 역할을 한다고 알려져 있다 (Haye and Karnegay 등., 1979; Hankins 등., 1994). IgG는 설사를 조절하고 감염에 관여하는 독성항원들을 조절하는데 효과적이다 (Bourne, 1973). 많은 연구에서 면역글로불린A는 인간의 체내 항체시스템에서 점막을 보호하는 역할을 하는 것으로 알려져 있다 (Cate 등., 1966; Smith 등., 1966). 분비되는 IgA는 호흡기 바이러스에 작용하는 중화항체를 활성화 시키는 기능을 가지고 있다 (Waldman 등., 1969; Orga 등., 1971). Orga (1971)에 따르면 분비되는 IgA는 polioviurs로부터 체내 면역시스템을 지키는 역할을 한다고 하였다. 본 실험기간 동안 IgG, IgA를 측정한 결과, 자돈 사료 내 유제품 함량을 감량하여도 이유 자돈기 및 육성-비육기의 혈중 IgG, IgA 농도에서는 처리구간의 유의차가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 자돈 사료 내 유제품 함량을 낮은 수준으로 감량하여도 이유 자돈 및 육성비육돈의 면역력 및 면역반응에는 부정적인 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있다.

표 33. 이유 자돈 사료 내 유제품 절감 수준이 면역 성분에 미치는 영향¹

Criteria	Treatment				SEM ²	P-value	
	ZM	LM	MM	HM		Linear	Quadratic
IgG, mg/ml	----- 4.42 -----						
Initial							
2 week	1.29	1.28	1.27	1.27	0.015	0.97	0.75
5 week	1.33	1.29	1.25	1.27	0.018	0.10	0.28
9 week	1.33	1.34	1.29	1.32	0.012	0.43	0.73
13 week	1.34	1.24	1.28	1.27	0.020	0.70	0.57
17 week	1.34	1.34	1.28	1.28	0.016	0.17	0.74
19 week	1.24	1.28	1.26	1.29	0.014	0.27	0.96
IgA, mg/ml	----- 0.44 -----						
Initial							
2 week	3.98	2.9	1.78	1.63	0.610	0.20	0.68
5 week	1.92	2.22	1.5	1.25	0.234	0.22	0.54
9 week	3.13	4.84	5.23	4.39	0.450	0.43	0.35
13 week	5.99	4.92	4.88	3.42	0.467	0.17	0.86
17 week	3.10	4.77	4.41	4.40	0.460	0.86	0.72
19 week	5.32	4.89	4.86	3.40	0.422	0.27	0.70

¹ Least squares means of 6 observations per treatment.

² Standard error of means.

아. 경제성 분석 (Economic analysis)

표 34에는 이유 자돈 사료 내 유제품 절감 수준이 경제성에 미치는 영향에 대해 나타내었다. 본 실험의 분석에 사용된 원료 가격은 실험 당시 사료의 공급단가를 기준으로 하였으며, 실험의 특성상 가공비용, 인건비용 등을 모두 제외하고 원료사료에 의한 사료가격을 기준으로 비교하였다. 실험기간 동안 총 사료비용은 LM처리구가 가장 높게 나타났으며 ZM처리구가 가장 낮게 나타났지만 종료 체중의 차이가 있으므로 출하 체중 115kg 도달일령을 비육기 사료효율을 기준으로 추산했을 시 비육돈 두당 총 사료비용은 HM 처리구가 134,884 원, MM처리구가 132,075 원, LM처리구가 133,2904 원으로 나타났다. 그리고 ZM 처리구는 성장정체로 인해 136,610원으로 가장 높은 값을 기록하였다. 결과적으로 자돈기 유제품의 감소는 자돈구간의 사료비 절감에 효과가 있는 것으로 나타났지만, 전 사양구간 동안의 최종적인 사료비의 절감효과는 크지 않은 것으로 나타났다.

최종 체중에 있어 유의적인 차이가 나타나지 않았으므로 115kg 도달 일령이 같다고 가정하였을 때 총 사료비를 바탕으로 계산을 하면, 모든 500두 규모, 모든 회전율 2.3인 농가에서 HM 사료를 먹일 경우 MM과 LM 사료를 먹였을 경우에 비해 각각 3,230만원과 1,833만원의 사료비 절감이 예상된다. 다만 ZM 처리구의 경우 오히려 1,985만원의 추가 사료비가 들 것으로 예상되어 경제성을 바탕으로 생각해 보았을 때 부정적인 결과를 보인다고 할 수 있다.

표 34. 이유 자돈 사료 내 유제품 절감 수준이 이유 자돈의 경제성에 미치는 영향 (단위, 원)

Criteria	Treatment			
	HM	MM	LM	ZM
0-2 week	6,831	5,877	4,688	3,531
3-5 week	10,838	8,975	8,295	6,060
6-9 week	24,742	23,452	25,527	20,946
10-13 week	35,804	32,771	35,096	32,497
14-17 week	31,401	32,543	36,164	33,041
18-19 week	18,018	18,960	19,821	18,498
Total feed cost (0-19 week)	127,634	122,577	129,590	114,573
Estimated feed cost+ to 115kg	7,250	9,497	3,699	22,036
Total	134,884	132,075	133,290	136,610

IV. 결론 (Conclusion)

본 연구는 이유 자돈 사료 내 유제품의 절감 수준이 자돈구간 뿐만 아니라 육성·비육돈까지의 성장능력, 혈액 성분, 육질 및 도체특성, 경제성 분석 등에 악영향을 미치지 않고 어느 정도 수준까지 절감 가능한지 규명하기 위해 수행되었다. 실험은 이유 자돈 사료 내 유제품을 수준별로 절감하여 4개의 처리구로 사양 실험이 진행되었다.

사양실험 결과, 자돈구간에 유제품 첨가수준이 감소함에 따라 체중, ADG, ADFI가 감소하는 결과를 보였다. 육성·비육기에는 자돈구간에 발생한 통계적인 유의차가 줄어들기 시작하여, 실험 종료 시 성장 성적에 있어서 모든 처리구에서 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. 하지만, ZM 처리구의 높은 폐사율을 고려해볼 때 자돈기 사료 내 유제품을 첨가하지 않는 것은 다소 무리가 있다고 사료된다.

혈액 성분에서는 BUN (혈중 요소태 질소)는 자돈구간에서는 유제품의 첨가수준에 따른 처리구간 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. 이는 자돈 사료의 유제품의 첨가수준이 감소하여도 사료 내 아미노산 이용률에는 부정적인 영향을 미치지 않음을 의미한다.

돈육의 품질과 성상을 분석한 결과 자돈기의 유제품 감소는 돈육의 보수력을 개선시키는 것으로 나타났고 기타 분석항목에서는 유의적인 차이는 발견되지 않았다.

경제성 분석결과 유제품의 감소는 자돈구간의 경제성을 개선시킬 수 있는 것으로 나타났지만 총 출하도달일령까지의 사료비용을 크게 절감하지는 못하는 것으로 나타났다. 하지만 경제성 부분은 유제품 및 기타원료의 가격변화에 따라 다른 결과가 도출될 수 있다.

결론적으로 이유 자돈 사료 내 유제품의 첨가는 자돈 전기 10%, 자돈후기 5%만 첨가해도 출하까지의 성장에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, 경제성 분석결과 자돈구간의 경제성을 개선시킬 수 있는 것으로 사료된다.

연구 3-1. 자돈 사료 내 유제품의 절감 수준이 자돈-육성-비육돈에 미치는 영향의 자 돈구간 보충연구

I. 서론 (Introduction)

국내 양돈 산업의 가격경쟁력이 양돈선진국에 비해 크게 뒤처지는 점은 부인할 수 없는 현실이다. 생산비에 있어, 가장 많은 부분을 차지하고 있는 사료비는, 제조비용 중 원 재료비 비중이 80% 정도를 차지하고 있고, 그 대부분을 수입에 의존하고 있다. 따라서 수입원료의 가격변동과 폭등, 폭락이 국내 배합사료의 원가 상승 및 국내 축산관련 여러 분야에 큰 영향을 주게 된다. 우리나라뿐만 아니라 세계 여러 나라에서 위와 같은 문제를 해결하고 대비하기 위해 대안을 찾고 있고, 그 중 현실적으로 받아들여지고 있는 해결책이 원료사료 중 고가의 비중을 차지하고 있는 원료들을 대체하고 한두 가지 원료에 주력하지 않을 수 있는 대체원료의 이용이다.

이유 자돈의 경우 유당분해효소의 활성이 높으므로 이유 자돈 사료 내 고가의 유제품의 사용이 일반화 되어있다. 이러한 유제품의 수요는 생산량보다 감소되어 유당의 가격은 예전과 비슷한 가격대를 형성하고 있으나 2007-2008년의 경우 유당가격 폭등으로 인하여 2006년에 비해 2-3배가 폭등하였으며, 현재 주요 생산국인 오세아니아와 유럽의 경우 생산량이 감소하고 있어 이들의 수요가 증가하거나 주요 생산국에서 가뭄 발생 시 유당 가격이 또다시 폭등할 수 있는 불안정한 원료이다. 수요부족으로 인한 가격 상승은 유당의 품질 저하 및 수급의 불균형 문제를 초래하여 자돈 사료에 유제품의 첨가가 매우 유동적으로 될 수밖에 없으므로, 유제품의 가격 변화를 쉽게 예측하기 어려운 상황에서는 앞으로의 원료사료 공급에 있어서 에너지 공급원인 유당의 대체 원료사료 개발이 매우 절실한 실정이다. 이유 자돈 사료의 경우 가장 고가의 주요원료는 우유 가공 원료들로 이중 유당 및 whey powder의 2014년 국내에서 1kg당 가격은 각각 1,400원 정도였다. 현재 유제품의 수요가 생산량보다 감소되어 유당의 가격은 예전과 비슷한 가격대를 형성하고 있으나 여전히 높은 가격대이고, 사료 연구 분야에서 이를 부산물이나 더 저렴한 물질로 대체하려는 연구가 활발히 진행 중에 있다. 그러나 현실적으로 이유 자돈용 사료 내에서 유제품을 영양적, 경제적으로 모두 완전히 대체 할 수 있는 물질들이 보편적으로 사용되기까지는 아직 많은 시간이 필요한 실정이다. 그러한 물질들의 대표적인 예로는 SDPP (Spray Dried Porcine Plasma), Sucrose, Enzyme-Hydrolyzed, Extruded rice 등이 있으며, 현재 이들 대부분은 생산비가 높고, 수급 가능한 물량이 많지 않은 등 여러 문제점을 갖고 있다.

양돈 사료에 있어서 유당은 이유 자돈 사료에 있어서 주요 원료로 사용되고 있으며, 이유 자돈 소화기관의 환경과 성장능력 및 사료 섭취량을 향상시키는 것으로 널리 알려져 왔다 (Graham 등, 1981). 그리고 Frobish 등 (1970)과 Lawrence 등 (1983)은 이유 자돈에 지방과 유제품의 공급은 이유로 인한 이유 자돈의 사료섭취량의 감소 및 성장지연을 줄일

수 있고, 지방의 첨가는 지방산 소화율 개선, 증체율 및 사료 효율을 개선시킨다고 보고하였다. 그러나 Mahan 등 (2004)은, 이유 자돈 일령이 증가 할수록 사료 내 유당을 증가시켰을 때 자돈의 성장능력을 개선시키는데 있어서 큰 영향을 미치지 못한다고 보고 하였는데, 이는 소화기관내 다른 탄수화물 소화효소의 발달이 급격히 이루어지는 이유 후 1-2주부터는 이유 자돈 사료 내 유당 함량을 감소시킬 수 있다는 사실을 설명하고 있다. 최근 이유 자돈 사료 내 유제품의 함량을 줄이는 대신 자돈이 소화하기 쉬운 곡류 대체물질들을 개발하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

따라서 본 연구는 선행연구에서의 보충적인 실험으로 이유 자돈기의 사료에 특정유제품 함량의 사용이 자돈에 미치는 영향을 구체적으로 평가해보고 제품화가능성을 확인하기 위해 수행되었다.

II. 실험 재료 및 방법 (Materials and methods)

가. 실험 동물 및 실험 설계 (Experimental animal and design)

연구1은 평균 체중 6.81 ± 1.33 kg , 연구2는 5.50 ± 1.13 kg, 연구3은 6.02 ± 1.04 kg 의 3원 교잡종 ([Yorkshire \times Landrace] \times Duroc)인 이유 자돈을 공시하였으며, 농장의 위치는 김해지역인근 농장에 진행하였다. 자돈 전기 2주, 자돈 후기 2주 동안 사양실험을 수행하였다. 사양실험은 농장별 환경에 따라 120두의 4처리 (연구1), 120두 4처리 (연구2), 145두 5처리 (연구3)씩 배치하였다. 실험의 처리구는 시판중인 commercial 사료는 고영양 일반사료 (HC), 중영양 일반사료 (MC), 저영양 일반사료 (LC)로 구분하였으며 실험용사료는 NRC (1998)의 영양소 요구량을 충족하는 옥수수-대두박 위주의 기초 사료로서 15/4 처리구 : 기초사료 + 유제품 자돈전기 15%, 자돈후기 4%, 10/5처리구 : 기초사료 + 유제품 자돈전기 10%, 자돈후기 5%로 급여하였다. 실험돈은 사료와 물의 자유 급이가 가능하고, 온도 조절이 용이한 돈사에서 사육되었으며, 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율을 측정하기 위하여 자돈전기 (0-2주), 자돈후기 (3-4주)로 나누어 각 시기별로 체중과 사료 섭취량을 측정하였다.

나. 실험사료 (Experimental diet)

옥수수-대두박을 실험사료의 기초사료 (basal diet)로 이용하였으며, 자돈전기 및 자돈 후기에 사육 시기에 맞추어 유제품을 수준별로 첨가하여 실험사료의 배합을 실시하였다. 실험사료의 대사에너지 (ME : Metabolizable Energy)는 모든 실험기간 동안 3,265.00 kcal/kg 이었다. 라이신 (lysine)의 총 함량은 자돈 전기와 자돈 후기에 각각 1.35 %, 1.15 %이었으며, CP는 각각 23.70 %, 20.90%로 설정하였다. 유제품을 수준별로 감소함에 따라

조단백질 함량을 맞추어주면서 옥수수과 대두유로 대체하였다. 자돈구간에 사용한 사료의 배합비 및 영양소 함량을 표 35, 36 및 37에서 제시하였다.

표 35. Commercial 사료 조단백질 함량 (등록성분기준, 이상)

	Treatment		
	HC (엄마)	MC (예코)	LC (하이)
Phase I	CP:20.0%	CP:19.0%	CP:19.0%
	Fat: 6.0%	Fat: 5.0%	Fat: 6.0%
	3,600 DE	3,500 DE	3,400 DE
	Lys:1.3%	Lys:1.3%	Lys:1.3%
Phase II	CP:19.0%	CP:19.0%	CP:17.0%
	Fat: 5.0%	Fat: 5.8%	Fat: 6.0%
	3,500 DE	3,400 DE	3,400 DE
	Lys:1.2%	Lys:1.20%	Lys:1.10%

표 36. 자돈 전기 (Phase I) 실험 사료 배합비 (0-2주)

Ingredients, %	Treatment	
	15/4	10/5
Corn	30.07	36.45
SBM	32.06	30.32
Wheat bran	2.00	2.00
Whey powder	7.00	4.00
Lactose	8.00	6.00
Fish meal	3.00	3.00
Barley	7.00	7.00
Oat	6.00	6.00
Soy-oil	2.00	2.38
MDCP	1.37	1.40
Limestone	0.63	0.65
L-Lysine · HCl	0.10	0.13
DL-met	0.07	0.02
Vit. Mix ¹	0.10	0.10
Min. Mix ²	0.10	0.10
Salt	0.20	0.20
Choline · Cl (50%)	0.10	0.10
ZnO	0.10	0.10
BIOZYME	0.10	0.05
Total	100.00	100.00
Chemical composition		
Total ME, kcal/kg	3,265.05	3,265.00
Total crude protein, %	23.70	23.70
Total lysine, %	1.35	1.35
Total methionine, %	0.35	0.35
Total Ca, %	0.80	0.80
Total P, %	0.65	0.65

¹ Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000 IU; Vit D₃, 3,200 IU; Vit. E, 35 IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoiflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug.

² Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet : Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

표 37. 자돈 후기 (Phase II) 실험 사료 배합비 (3-4주)

	Treatment	
	154	105
Ingredients, %		
Corn	43.61	42.48
SBM	30.20	30.23
Wheat bran	2.04	2.12
Whey powder	1.50	2.00
Lactose	2.50	3.00
Fish meal	2.64	2.68
Barley	7.00	7.00
Oat	6.00	6.00
Soy-oil	2.01	2.00
MDCP	1.26	1.25
Limestone	0.53	0.53
L-Lysine-HCl	0.11	0.11
DL-met	0.00	0.00
Vit. Mix ¹	0.10	0.10
Min. Mix ²	0.10	0.10
Salt	0.20	0.20
Choline · Cl (50%)	0.10	0.10
ZnO	0.00	0.00
BIOZYME	0.10	0.10
Total	100.00	100.00
Chemical composition		
Total ME, kcal/kg	3,265.07	3,265.08
Total crude protein, %	20.90	20.90
Total lysine, %	1.15	1.15
Total methionine, %	0.30	0.30
Total Ca, %	0.70	0.70
Total P, %	0.60	0.60

¹ Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000 IU; Vit D₃, 3,200 IU; Vit. E, 35 IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoiflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug.

² Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet : Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

다. 사양실험 (Feeding trial)

사양실험은 자돈전기 2주, 자돈후기 2주로 총 4주간 진행되었다. 전체 실험 기간 동안 물과 사료는 무제한 자유채식 (*ad libitum*)하도록 하였다. 자돈기에 돈방 온도는 26-28℃ 정도를 유지하였으며, 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료의 변동 시점을 고려하여 개시 시점 (initial), 자돈전기 (0-2주), 자돈후기 (3-4주) 종료일에 측정하였으며, 각 사육 단계에 맞추어 일당증체량 (ADG : Average Daily Gain), 일당사료섭취량 (ADFI : Average Daily Feed Intake), 사료효율 (FCR : feed conversion ratio)을 측정하였다.

라. 설사와 선호도 빈도 (Diarrhea and preference)

1단계 사료 (자돈전기) 에 대하여 일반사료와 실험사료 중 실험기간 동안 농장주의 의견으로 선호도를 1-5까지로 하고 연변 없이 매우만족하면 5, 보통으로 만족하면 4, 보통이면 3, 불만족하면 2, 매우불만족하면 1 및 급여 불가 시 0으로 표기 하였다.

마. 경제성 분석 (Economic analysis)

경제성 분석은 시험 사료 주문시의 사료 업체의 원료 도입 가격당시의 제조업체의 현지 점판매가격을 기준으로 산출하였으며, 시험 사료 배합비에 맞추어 각각 Phase의 1kg당 단가를 계산하였다. 사양 기간 동안 이유 자돈의 1kg 당 증체에 소요되는 사료비용은 본 시험의 성장 성적에서 나온 사료 섭취량과 증체량을 기준으로 분석하였다.

III. 실험 결과 및 고찰 (Results and discussion)

가. 성장 성적 (Growth performance)

연구1 의 결과에서는 2주까지 일당증체량은 고영양 일반사료인 HC구가 개시체중이 저조하여 정확하게 설명하기는 어려우나 중영양 일반사료인 MC와 대용유가장 적은 10/5처리구 (1단계대용유10%, 2단계대용유5% 이하 10/5)에서 성장 성적이 가장 높게 나타났다. 3-4주에서 일당증체량 일반사료에서는 고영양인 HC처리구와 대용유를 조절한 처리구에서는 대용유비율이 가장 낮은 10/5 처리구가 일당증체량이 가장 좋았다. 25kg도달비용을 보면 HC는 36,394원, MC는 23,722원, 15/5는 33,502원 및 10/5구는 24,388원으로 나타났다. 경제성은 고영양 일반사료인 HC처리구와 15/4처리구 (1단계대용유15%, 2단계대용유4% 이하)보다 중영양 일반사료인 MC구와 대용유비율이 가장적은 10/5처리구가 더 경제성이 있는 것으로 보인다. 특히 10/5구가 MC대비 성장은 좋았고 25kg도달 사료비는 666원 높았

다. 하지만 고영양 일반사료인 HC 처리구보다는 12,006원 절감되는 것으로 확인되었다. 연구2의 결과에서는 2주까지 일당증체량은 HC처리구와 MC처리구가 높게 나타났으며, 3-4주는 MC처리구의 일당증체량이 가장 높게 나타났다. 25kg도달비용을 보면 HC는 28,862원, MC는 19,396원, 15/5는 25,211원 및 10/5구는 20,728원으로 나타났다. 유제품 처리구들 중에서는 15/4 처리구보다는 10/5처리구의 성장률 및 사료효율이 더 우수하게 나타났다. 경제성은 고영양 일반사료인 HC처리구 가장 떨어졌으며, 가장 경제적인 것은 중영양 일반사료인 MC처리구이며 다음으로는 대용유를 가장 적게 사용한 10/5 처리구로 나타났다. 본 연구 2를 통해서 성장 성적 측면에서는 고영양 처리구인 HC처리구가 가장 좋으며, 경제성을 고려 시에는 유제품이 적게 포함된 10/5처리구가 가장 농가의 경제성을 높여주는 것으로 사료되며, 이는 HC처리구보다 8,134원 절감되는 효과를 가지는 것으로 확인되었다.

연구 3의 사양실험의 결과에 따르면, 2주까지 일당증체량은 일반사료 중에서 고영양 일반사료인 HC처리구의 성장 성적이 가장 높게 나타났으며, 저영양 일반사료 (LC 처리구)가 가장 저조하였다. 대용유를 조절한 사료 중에서는 10/5 처리구 (1단계 10%, 2단계 5%)의 성장 성적이 가장 우수하게 나타났다. 25kg도달비용을 보면 고영양 사료인 HC처리구는 28,956원, 중영양 사료인 MC 처리구는 24,726원, 저영양 사료인 LC 처리구는 29,163원, 유제품 함량 조절 사료인 15/5 처리구는 30,109원 및 10/5 처리구는 20,997원으로 나타났다. 사료비용의 측면으로 보았을 때 고영양 일반사료인 HC처리구보다 저영양 일반사료인 LC처리구의 사료비용이 가장 낮았으며, 대용유를 조절한 사료 중에서는 대용유를 가장 적게 사용한 10/5처리구가 가장 사료비용이 덜 드는 것으로 확인되었다. 본 연구3의 사양실험 성장 성적만으로는 중영양 사료인 MC처리구가 가장 좋으며 경제성에서는 대용유를 가장 적게 사용한 10/5 처리구가 가장 우수하였으며, HC처리구보다 7,959원 절감되는 것으로 확인되었다.

표 38. 유제품 절감 수준이 자돈의 성장 과 경제성에 미치는 영향 (연구1. 진○ 농장)

Criteria	Treatment ¹			
	HC	MC	15/4	10/5
Body weight, kg				
Initial	5.47	8.14	6.82	8.02
2 week	10.12	13.66	11.69	14.32
4 week	16.15	19.49	18.30	20.09
ADG, g				
0-2 week	333	395	348	450
3-4 week	430	416	473	412
0-4 week	382	405	410	431
ADFI, g				
0-2 week	609	580	624	605
3-4 week	690	682	903	730
0-4 week	650	631	764	668
FCR				
0-2 week	1.83	1.47	1.79	1.34
3-4 week	1.60	1.64	1.91	1.77
0-4 week	1.70	1.56	1.86	1.55
Feed cost, won				
0-2 week	13,055	9,864	11,514	10,293
3-4 week	9,453	7,117	10,928	7,614
Total feed cost (0-4 week)	22,508	16,981	22,442	17,907
Estimated feed cost+ to 25kg	13,886	6,741	11,060	6,481
Total	36,394	23,722	33,502	24,388

¹ HC: high-Spec. commercial diet, MC: middle-Spec. commercial diet.

표 39. 유제품 절감 수준이 자돈의 성장 과 경제성에 미치는 영향 (연구 2. 성○ 농장)

Criteria	Treatment ¹			
	HC	MC	15/4	10/5
Body weight, kg				
Initial	4.37	6.63	5.32	6.23
2 week	7.21	9.31	7.62	8.85
4 week	11.20	13.39	11.65	12.86
ADG, g				
0-2 week	203	192	164	187
3-4 week	287	291	288	287
0-4 week	244	241	226	237
ADFI, g				
0-2 week	304	231	313	279
3-4 week	366	385	372	351
0-4 week	335	308	343	315
FCR				
0-2 week	1.50	1.21	1.91	1.49
3-4 week	1.29	1.32	1.29	1.23
0-4 week	1.37	1.28	1.52	1.33
Feed cost, won				
0-2 week	6,518	3,935	5,777	5,979
3-4 week	5,005	4,018	4,505	3,663
Total feed cost (0-4 week)	11,523	7,953	10,282	9,642
Estimated feed cost+ to 25kg	17,339	11,443	14,929	11,086
Total	28,862	19,396	25,211	20,728

¹ HC: high-Spec. commercial diet, MC: middle-Spec. commercial diet.

표 40. 유제품 절감 수준이 자돈의 성장과 경제성에 미치는 영향 (연구 3. 금○ 농장)

Criteria	Treatment ¹				
	HC	MC	LC	15/4	10/5
Body weight, kg					
Initial	4.98	7.06	6.12	5.28	6.41
2 week	9.08	9.91	8.40	8.27	9.86
4 week	14.69	15.55	13.28	12.41	14.18
ADG, g					
0-2 week	293	204	163	213	246
3-4 week	401	403	348	296	309
0-4 week	347	367	296	225	278
ADFI, g					
0-2 week	346	327	280	318	259
3-4 week	563	687	477	497	455
0-4 week	454	507	378	407	357
FCR					
0-2 week	1.18	1.61	1.72	1.49	1.05
3-4 week	1.41	1.70	1.37	1.68	1.47
0-4 week	1.31	1.66	1.54	1.58	1.26
Feed cost, won					
0-2 week	7,401	5,562	5,160	5,857	4,401
3-4 week	7,705	7,165	5,764	6,013	4,744
Total feed cost (0-4 week)	15,106	12,727	10,924	11,870	9,145
Estimated feed cost+ to 25kg	13,850	11,999	18,239	18,239	11,852
Total	28,956	24,726	29,163	30,109	20,997

¹ HC: high-Spec. commercial diet, MC: middle-Spec. commercial diet, LC: low-Spec. commercial diet

나. 설사와 선호도 빈도 (Diarrhea and preference)

고급영양 일반사료 급여한 농장의 경우 연구에 참여한 6개의 농장을 포함하여 대용유비를 조절한 사료중 10%대용유사료 11농장 중 5농장에서 “만족한다 (4이상)” 는 긍정적인 답을 얻을 수 있었다. 이 중에서 성장정도는 고영양 일반사료인 HC 처리구에 미치지 못한 결과이나, 중영양 사료인 MC처리구나 저영양 사료인 LC 처리구를 급여 중인 농장의 경우 대체적으로 10%대용유 처리구에 만족하는 결과가 나왔다. 특이하게도 한 농장에서는 15%급여구가 “만족한다” 고 답한 경우도 있었다. 선행 연구한 10%대용유를 사용하여 농장주의 반응을 지켜본 결과 고영양구를 제외하다면 경쟁력이 있는 것으로 보인다. 이 결과를 바탕으로 현장의 제품화 적용 시 긍정적인 결과가 가능할 것으로 판단된다.

표 41. 다양한 환경변화에 따른 농장별 기호성 조사 (전체)

Criteria	Treatment ¹⁾				
	HC	MC	LC	15%	10%
농장명 (1차)					
가○ 육종		3			5
금○ 농장	5				3
청○ 축산	5				3
무○ 농장	5				3
진○ 농장	5				3
해○ 농장	5				3
농장명 (2차)					
조○ 축산		3	3	4	4
선○ 축산		3	3	3	4
동○ 축산	5		3		0
한○ 축산			3		3
오○ 농장			3		4
화○ 농장			3		4

¹ HC: high-Spec. commercial diet, MC: middle-Spec. commercial diet, LC: low-Spec. commercial diet, 15% 대용유, 10% 대용유

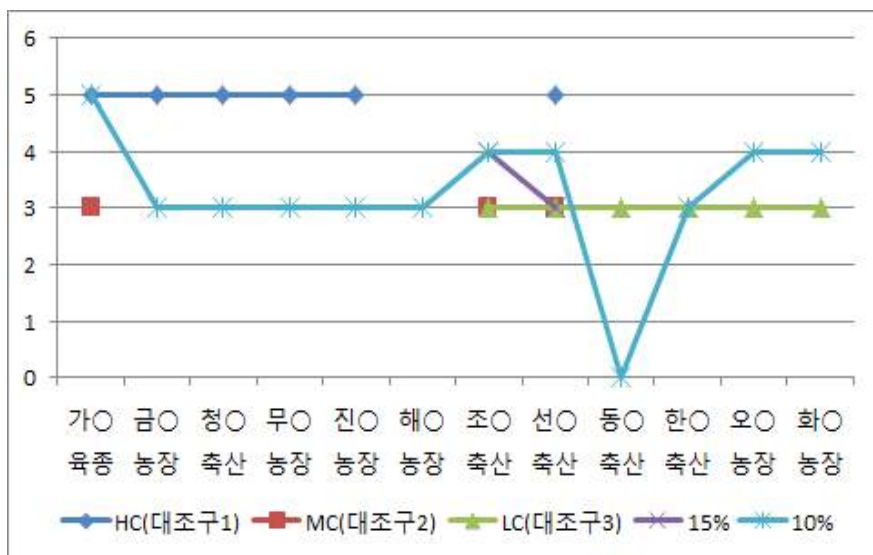


그림1. 다양한 환경변화에 따른 농장별 기호성 조사

IV. 결론 (Conclusion)

본 연구는 이유 자돈 사료 내 일반사료와 비교하여 유제품의 절감 수준이 자돈구간에 성장능력, 경제성 분석 등에 악영향을 미치지 않고 어느 정도 수준까지 절감 가능한지 규명하기 위해 수행되었다. 경제성 분석결과 유제품의 감소가 실험한 모든 실험농장에서 25kg도달 일령까지 자돈구간의 사료비용 절감을 통한 농가의 경제성 및 생산비를 개선시킬 수 있는 것으로 나타났다. 하지만 성장 성적은 1곳 농장만이 성적이 좋았고 나머지 2농장은 부정적인 결과가 도출되어 성장 성적에 영향을 주는 것으로 생각된다. 농장 만족도는 이유전기 대용유 10%에서 고영양 일반사료 보다는 못하지만 중영양 일반사료나 유제품 15%사용 실험사료보다도 만족정도가 높아 제품화가 가능할 것으로 생각된다.

결론적으로 이유 자돈 사료 내 유제품의 첨가는 자돈 전기 10%, 자돈후기 5%만 첨가해도 성장에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, 경제성 분석결과 자돈구간의 경제성을 개선시킬 수 있는 것으로 사료된다.

연구 4. 임신돈의 1일 1회 사료급여가 임신돈에 미치는 영향

I. 서론 (Introduction)

최근 밀사로 인한 축산의 부정적인 영향이 점차 증가함에 따라, 소비자들의 관심은 상품 안정성과 동물 복지뿐만 아니라 축산업 종사자들의 도덕적인 책임감까지 광범위해졌다. 따라서 현재 축산업자들은 경제적인 효율성을 높이는 노력을 함과 동시에 이러한 문제들도 해결해야하는 상황 속에 있다.

양돈 산업에서 농가의 생산성에는 다양한 요소들이 영향을 미침에도 불구하고, 많은 수의 지표들이 모돈에 의해 결정되고 있다 (Litter/Sow/Year; LSY, Piglet weaned/Sow/Year; PSY, Marketted pig/Sow/Year; MSY 등). 특히, 임신기에는 수정, 착상, 분만부터 뒤에 이어지는 포유 성적까지 영향을 미치는 요소들이 많다. 때문에, 대부분의 양돈 농가에서는 일정 수준의 번식 성적을 얻기 위해 스톨 사육이나 제한 급여 같이 제한된 상황에서 모돈을 사육해 왔다. 그러나 이러한 사육 환경은 개별 관리가 가능하고 공격적인 성향을 막을 수 있다는 장점을 가지고 있으나, 한정된 공간으로 인해 모돈의 움직임과 사회적인 행동이 억압될 수 있다는 단점을 가지고 있다. 또한, 제한 급여는 모돈의 체형을 조절하고 포유기 사료 섭취량을 증가시킬 수 있는 반면, 특정 시간에 정해진 양의 사료만 급여하기 때문에 모돈의 공복감을 가중시키고 이상행동을 야기할 수 있다는 단점이 있다. 임신기의 이러한 환경들은 모돈의 복지에도 부정적인 영향을 미칠 수 있기 때문에 농장의 경영과 동물 복지를 위한 대안이 필요한 상황이다. 선행 연구에 따르면, 임신기 적정 사료 급여 횟수는 스톨사육이나 제한 급여로 인한 부정적인 영향들을 감소시킬 수 있으며, 모돈의 복지 향상에도 긍정적으로 작용한다고 보고된 바 있다. Robert 등 (2002)은 1일 1회 급여는 2회 급여에 비해 식욕을 억제하고 부정적인 행동들을 감소시킨다고 하였고, Wittman (1986) 역시 모돈의 번식 성적이 적정 급여횟수에 의해서 향상된다고 하였다. 또한, Lawrence 와 Terlouw (1993)에 따르면, 급여 수준을 감소시켰을 때 모돈이 급여 후 활동이 더 활발해졌으며, 위의 팽창에 따른 포만감 증가로 인해 더 많은 양의 물을 섭취한다고 보고하였다. 하지만 국내 사료 급여 횟수에 따른 임신 모돈의 생산성 및 복지에 관한 연구는 전무한 실정이며, 소비자의 동물복지에 대한 관심과 생산자의 모돈의 생산성 향상이라는 두 가지 요건을 모두 충족시키기 위해서 임신돈의 사료 급여 횟수에 대한 검증이 시급한 상황이다.

따라서 본 실험은 이러한 배경을 바탕으로 임신 모돈의 사료 급여 횟수가 모돈의 생산성과 스트레스에 미치는 영향을 규명하기 위해 수행되었다.

II. 실험 재료 및 방법 (Materials and methods)

가. 실험동물 및 실험환경 (Experimental animal and housing)

평균 체중 201.8 ± 12.54 kg의 2원 교잡종 (Yorkshire \times Landrace, Darby, Icheon, Korea; 평균 산차 = 2.5) 임신돈 20두를 공시하였으며, 산차, 체중, 등지방 두께 및 재귀발정일을 고려하여 2처리 10반복 및 반복 당 1두씩 완전임의 배치법 (CRD: complete randomized design)에 따라 배치하여 실험을 실시하였다. 발정이 감지된 개체는 발정개시시점을 기준으로 12시간 후에 1차 인공수정을 하고 다시 12시간이 경과한 뒤에 2차 인공수정 (Darby AI center, Choongju, Korea)을 실시하였다. 임신돈은 110일령에 온도 조절이 용이한 분만사로 이동하였으며, 2.5×1.8 m²의 사료와 물의 자유섭취가 가능한 분만 틀 내에서 실험기간 동안 사육되었다. 포유자돈을 대상으로 출생 후 24시간 이내에 견치, 단미, 철분주사, 이각 및 양자 전출입을 실시하였으며, 거세는 3일령에, 이유는 3주간의 포유기 실험이 종료된 후 24 ± 2 일경에 수행하였다. 이유한 모돈은 교배사로 이동시켜 강정사양 및 1일 2회 웅돈 접촉을 통해 발정을 유도하였다.

나. 실험 사료 (Experimental diet)

실험 기간은 임신기 및 포유기로 분류하였고, 처리구는 일일 사료 급이 횟수에 따라 1) 1회 급여 2) 2회 급여 로 설정하였다. 실험 사료는 시판중인 에너지 함량 3,265 kcal ME/kg, 조단백질 함량 12.90%, 그리고 라이신 함량 0.75%의 임신 모돈용 사료를 사용하였고, 포유돈 사료도 시판중인 에너지 함량 3,265 kcal ME/kg, 조단백질 함량 16.80%, 그리고 라이신 함량 1.08%의 포유 모돈용 사료를 무제한 급여하였다.

다. 사양 실험 및 혈액 채취 (Feeding trial and blood sampling)

본 실험에서 온도와 환기량은 환기팬과 자동제어장치에 의하여 자동으로 조절되었으며, 전체 실험기간 동안 물은 자유채식하게 하였다. 사료는 1회 급여 처리구는 오전 (08:00)에만 1일 1회 사료를 제공하였고, 2회 급여 처리구는 오전과 오후 (8:00 및 16:00)로 나누어 1일 2회 급여하였다. 사료 제공량은 2산차 모돈은 2.2 kg/day, 3산차 모돈은 2.4 kg/day로 임신 110일령까지 정량 급이 하였다. 임신진단은 종부 후 21일령 전후에 재발정 확인을 하고 35일령에 초음파 임신진단기를 이용하여 최종적으로 임신을 확인하였다. 임신 110일령에는 임신 모돈을 분만사로 옮겨 분만을 준비하였다. 체중 및 등지방 두께 (P₂) 측정은 교배 직 후, 교배 110일령, 분만 후 24시간 이내 및 이유 21일령에 시행되었으며 각 실험일령에 경정맥에서 혈액을 채취하였으며 자돈의 경우 대정맥에서 혈액을 채취한 후 1,700 g,

4℃에서 15분간 원심 분리하였다 (Eppendorf centrifuge 5810R, Hamburg, Germany). 원심 분리 후 혈청을 분리하여 분석 전까지 냉동보관 (-20℃)하였다.

라. 분석방법 (Analysis)

(1) 스트레스 측정 (Stress measurements)

Cortisol 측정은 사료를 섭취하기 전과 후 3시간 간격 (08:00, 11:00)으로 실시하였으며, 모든의 구강 내 cotton roll (Salivette®) 을 삽입하여 2-3분간 저작시킨 후 샘플을 냉동보관 (-20℃) 하여 salivary cortisol kit로 효소 면역 분석을 실시하였다 (Salimetrics, State College, PA, USA).

(2) 음수 섭취량 측정 (Water consumption)

임신 스톨의 음수 급이 호스에 water meter (Sewha Precision co. ltd, Korea)를 설치하여 임신 35일, 70일, 105일령에 음수량을 측정하였다. 이상행동 및 장난에 의한 물의 소비는 대부분 사료통에서 소실되지 않고 저장되어 결국엔 모든이 섭취하게 되므로, 총 음수 섭취량으로 계산한 후 일당 평균 음수 섭취량으로 계산하였다.

(3) 행동관찰 (Behavior observation)

모든의 행동을 관찰하기 위하여 처리구 당 4두의 모든을 선발하였다. 관찰은 CCTV (Samsung Techwin co., ltd) 에 의하여 낮 시간대 (06:00-18:00)에 녹화된 화면을 분석하여 이상행동 (bar biting, sham chewing and nosing the floor or feeder), 활동 (standing and moving without stereotypes, feeding and drinking behaviors)과 비활동 (lying and sitting)으로 분류하여 기록하였다.

(4) 모든의 유성분 분석 (chemical composition of milk)

모든의 모유허성을 조사하기 위해 분만 후 24시간 이내 (초유) 및 21일령에 혈관에 옥시토신 0.5 ml를 주사하여 젖분비를 촉진한 후 돈유 샘플을 채취하였다. 채취한 돈유는 보관용기 (Conical tube, 50ml)에 담아 분석 시까지 -20℃의 냉동고에 보관하였다가 유성분 분석기 (MilkoScan FT20, FOSS Electric Co., Denmark)로 유지방 (fat), 유단백질 (protein), 락토오스 (lactose), 총고형분 (total solid) 및 무지유고형분 (Solids Not Fat: SNF)의 함량을 측정하였다.

(5) 통계 분석 (Statistical analysis)

통계분석은 SAS (SAS Institute, 2004)의 Student's *t*-test procedure를 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였으며, 모든 1두를 실험단위 (experimental unit)

로 하여 수집된 자료에 대한 처리구 효과의 유의성 검정을 실시하였다.

III. 실험 결과 및 고찰 (Results and discussion)

가. 임신기 모돈의 체중 및 등지방 두께 변화 (Body condition of gestating sows)

임신돈 사료 급여 횟수가 임신돈의 성장 성적에 미치는 효과를 표 42에 나타내었다. 임신 초기와 중기, 말기의 체중 측정 결과 처리구 간 통계적 유의차는 나타나지 않았다. 하지만, 1회 급여 처리구는 임신 중기에서 2회 급여 처리구에 비하여 유의적으로 높은 체중 증가량을 나타내었으며 ($P < 0.05$), 총 임신기간에서도 1회 급여 처리구 모돈의 체중 증가량이 높은 경향을 나타내었다 ($P < 0.10$). 등지방 두께에서는 전 구간에서 통계적 유의차가 나타나지 않았으며, 등지방 두께 변화량에서도 처리구 간 차이는 발견되지 않았다. 이러한 결과는 임신기 사료를 1회 급여한 처리구보다 2회 급여한 처리구의 임신기 증체량을 향상시키며 (Holt 등, 2006), 사료 급여 횟수의 증가는 모돈의 소화율에 긍정적으로 작용한다는 (Sharma 등, 1973) 선행 연구와 상반된 결과를 나타내었다.

위와 같은 연구 결과는 두 가지 이유로 설명될 수 있다. 첫 번째는 사료 급여 횟수에 따른 모돈의 활동량 변화이다. Cronin (1985)은 활동이 많은 모돈은 체열이 상승되어 결과적으로 에너지의 이용이 높아진다고 하였다. Noblet 등 (1990)은 모돈이 서 있는 것은 앉아 있는 것보다 100분 당 180 Kcal의 열을 발생시킨다고 보고하였다. Bergeron 과 Gonyou (1997)의 연구결과에 따르면, 활동성이 강한 모돈들은 그렇지 않은 모돈들에 비하여 임신기 증체량의 폭이 좁다고 보고하였다 (활동성이 강한 그룹의 임신기 증체량: 32.0 kg, 비활동적인 그룹의 임신기 증체량: 45.7 kg).

두 번째 이유는 두 처리구 간 음수 섭취량의 차이로 설명될 수 있다. van der Peet-Schwering 등 (1996)의 보고에 따르면, 모돈은 음수 섭취량에 따라 분류되는데, 음수 섭취량이 적은 모돈은 증체량이 크며, 음수 빈도가 적고 임신 기간 음수 섭취시간이 짧다고 하였다. 왜냐하면, 임신기 음수 섭취량이 많은 모돈은 그들의 생리학적 요구량보다 많은 물을 섭취하기 때문에 상대적으로 음수 섭취량이 적은 모돈에 비해 사료섭취량이 감소하여 증체량에 부정적으로 작용하기 때문이다.

따라서 위와 같은 요소들 (활동성의 감소와 물 섭취량의 감소)이 복합적으로 작용하여 1회 급여 처리구 모돈의 영양소 섭취량과 이용성을 증가시켜 결과적으로 증체량을 증가시킨 것으로 사료된다.

표 42. 임신돈의 일회 사료급여가 임신기 체중 및 등지방 두께에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹		SEM ²
	OF	TF	
No. of Sows	10	10	—
Body weight, kg			
d 35	202.0	201.7	2.96
d 90	228.4	222.2	2.93
d 110	243.1	237.3	3.19
Body weight gains, kg			
d 35-90	26.4 ^a	20.6 ^b	1.23
d 90-110	14.6	15.1	0.74
d 35-110	41.1 ^c	35.7 ^d	1.45
Back-fat thickness, mm			
d 35	19.0	19.0	0.99
d 90	20.2	20.7	0.92
d 110	21.1	22.0	0.91
Back-fat changes, mm			
d 35-90	1.2	1.7	0.48
d 90-110	0.9	1.3	0.43
d 35-110	2.1	3.0	0.60

¹ OF: Once daily Feeding, TF: Twice daily Feeding

² Standard error of the means

^{a,b} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.05)

^{c,d} Means with different superscripts in the same row numerically differ (P<0.10)

표 43. 임신돈의 일회 사료급여가 포유기 체중, 등지방, 사료섭취량, 재귀발정일에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹		SEM ²
	OF	TF	
No. of Sows	10	10	—
Body weight, kg			
12 h postpartum	220.2	215.3	2.66
d 21 of lactation	219.5	217.9	3.00
Body weight gain, kg			
d 0-21	-0.7	2.6	1.24
Back-fat thickness, mm			
12h postpartum	20.2	22.3	1.07
d 21	17.5	18.8	0.92
Back-fat changes, mm			
d 0-21	-2.7	-3.6	0.65
Average daily feed intake, kg/d			
d 0-7	5.98	5.81	0.120
d 8-14	6.76	6.88	0.157
d 15-21	7.01	6.75	0.175
Overall	6.58	6.48	0.098
Weaning to estrus interval, day			
	4.5	4.5	0.28

¹ OF: Once daily Feeding, TF: Twice daily Feeding

² Standard error of means

다. 분만성적 (Reproductive performance)

임신기 모돈의 사료 급여 횟수에 따른 litter size 및 포유자돈의 성장 성적에 미치는 영향에 대해 표 44에 나타내었다. 실험 결과, 생시 자돈 두수, 사산, 미이라, 생존 산자수, 포유 중 폐사 및 이유두수에서 처리구 간 통계적 유의차를 나타내지 않았다. 포유자돈 체중에서도 위와 같은 결과를 나타내었으나, 1회 급여 처리구의 복당 생시체중이 2회 급여 처리구보다 유의적으로 높은 결과를 나타내었다 ($P<0.05$).

일반적으로 임신기 사료 급여 횟수는 분만성적에 영향을 미치지 않는다고 하였으며, 이는 모든 복 당 체중과 자돈 생시 체중에도 동일한 결과를 나타낸다고 보고하여 (Wittman, 1986; Holt 등, 2006), 본 실험과 동일한 결과를 나타냈다. 하지만, 모든 복 당 생시체중에서 임신기 1회 급여가 2회 급여에 비하여 유의적으로 높은 수치를 보였는데 ($P<0.05$), 이는 임신기 사료급여횟수의 효과보단, 1회 급여 처리구의 총 산자수가 0.8두 더 많았던 것에 의한 효과 때문인 것으로 생각된다. 따라서 One feeding이 two feeding에 비해 0.8두의 추가적인 자돈 생산을 이끌어낸다고 가정하였을 때 모든 500두 규모, 모든 회전을 2.3의 농장에서 연간 920마리의 추가 돼지가 분만한다고 할 수 있으며 돼지 1두당 수익을 100,000 원으로 계산하였을 때 연간 9,200만원의 추가 수익이 발생한다고 할 수 있다.

표 44. 임신돈의 일회 사료급여가 분만성적에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹		SEM ²
	OF	TF	
No. of Sows	10	10	-
Litter size, no. of piglets			
Total born	12.7	11.9	0.76
Stillborn	1.3	1.2	0.40
Mummy	0.0	0.0	0.00
Born alive	11.4	10.6	0.53
After-cross-fostering death	10.8	10.8	0.14
weaning pigs	0.3	0.4	0.13
	10.5	10.4	0.17
Litter weight, kg			
At birth	19.82 ^a	17.34 ^b	1.054
After-cross-fostering d 21	17.34	17.29	0.653
Litter weight gain (d 0-21)	71.08	70.08	1.653
	2.56	2.51	1.442
Piglet weight, kg			
At birth	1.58	1.53	0.071
After-cross-fostering d 21	1.60	1.61	0.063
Piglet weight gain (d 0-21)	6.77	6.75	0.130
	0.25	0.25	0.100

¹ OF: Once daily Feeding, TF: Twice daily Feeding

² Standard error of the means

^{a,b} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P<0.05$)

라. 초유 및 돈유성분 (Chemical composition of colostrum and milk)

임신기 모돈의 사료 급여 횟수가 돈유성분과 면역 성상에 미치는 영향을 표 45에 나타내었다. 실험 결과, 처리구 간 초유와 모유 성분에서 대부분의 성분에서 1회 급여 처리구의 초유와 모유 성분이 2회 급여 처리구보다 높게 나타났다. 하지만 유의적인 차이는 발견되지 않았다. 체중이 무겁거나 보다 활력이 더 좋은 자돈들이 가볍고 허약한 자돈에 비해 모돈이 더 많은 모유를 생산할 수 있도록 한다 (Hartman 등, 1962; Hemsworth 등, 1976). 따라서 자돈의 생시체중은 모유의 생산 (lactogenesis)과 관련이 있으며 결과적으로 자돈의 모유섭취 및 성장과 관계가 있다 (Auldist와 King, 1995). 모유의 생산은 또한 자돈의 모유섭취 빈도수와도 관계가 있다 (Auldist와 King, 1995). 즉, 모돈의 모유 생산능력이 포유자돈의 성장속도를 결정하게 되며 (Noblet과 Etienne, 1989), 자돈의 모유 섭취가 모돈의 모유 생산을 결정하는 (Van der Steen과 degroot, 1992) 양의 상관관계가 존재한다. 따라서 본 연구결과에서는 1회 급여 처리구들의 복 당 생시체중이 높았기 때문에, 2회 급여 처리구와 차이가 발생하였을 가능성은 있으나 유의적 차이는 없었다.

표 45. 임신돈 일회 사료급여가 초유 및 돈유 성상에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹		SEM ²
	OF	TF	
Fat, %			
Colostrum	6.78	6.77	0.567
Milk (d 21)	7.17	6.76	0.289
Lactose, %			
Colostrum	4.02	4.42	0.168
Milk (d 21)	5.82	5.95	0.074
Protein, %			
Colostrum	8.96	6.94	0.936
Milk (d 21)	4.80	4.59	0.107
Solid-not-fat, %			
Colostrum	13.43	11.84	0.785
Milk (d 21)	10.83	10.76	0.084
Total solid, %			
Colostrum	21.71	20.22	0.915
Milk (d 21)	19.26	18.65	0.362

¹ OF: Once daily Feeding, TF: Twice daily Feeding

² Standard error of the means

마. 면역 성상 (Immune response)

임신기 모돈의 사료 급여 횟수가 포유 모돈과 자돈의 면역 성상에 미치는 영향을 표 46에 나타내었다. 분만 후 24시간과 포유 21일령에 측정된 IgG 수치를 통계 분석한 결과 포유 모돈과 자돈 모두 처리구 별다른 차이점은 발견되지 않았다.

자돈이 병원체에 감염 시 대표 증상은 바로 설사병으로, 주로 장의 문제이기 때문에 장에 부착하여 증식하는 병원체로부터 장 융모세포의 손상을 방지하는 것이 질병예방의 최선의 방법이다. 장 융모세포의 손상을 막는 역할은 주로 항체가 수행하는데 가장 효과적인 것이 IgA (Tomasi, 1967)와 그 다음으로 IgG이다. 돼지의 태아는 태반을 통해 항체를 공급받을 수 없고 (Sterzl, 1966), 모돈으로부터 분만 후 초유를 통해서만 여러 질병에 대한 항체를 이행 받아 자신을 보호할 수 있게 된다. 그러나 초유는 분만 후 24-36시간에 가장 많은 분비량을 보이다가 이후 점차 감소하기 때문에 초기 포유자돈의 건강성을 확립하는 데 있어 모돈의 초유 내 IgG는 매우 중요한 역할을 한다고 볼 수 있다 (Speer 등, 1959; Brown 등, 1960). 본 실험에서 면역항체 분석 결과 두 처리구 간 초유 성상에 차이가 없었고, IgG 농도 또한 통계적 유의차를 나타내지 않아 자돈이 비교적 동등한 면역 체계를 형성했다고 해석할 수 있다. 또한 포유 21일 후 자돈의 혈중 IgG 농도에도 처리구 간 차이가 없었고, 폐사율에서도 비슷한 수치를 나타낸 것으로 종합해볼 때, 임신기 사료급여 빈도는 포유기 모돈과 자돈의 면역 성상에 별다른 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

표 46. 임신돈 일회 사료급여가 모돈 및 자돈의 면역 성상에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹		SEM ²
	OF	TF	
IgG of colostrum, mg/ml			
12 h postpartum	0.35	0.26	0.032
Serum IgG of piglet, mg/ml			
12 h postpartum	0.93	1.00	0.151
21 d postpartum	0.63	0.57	0.030

¹ OF: Once daily Feeding, TF: Twice daily Feeding

² Standard error of the means

바. 음수 섭취량 (Water consumption)

임신기 모돈의 사료 급여 횟수가 모돈의 음수 섭취량에 미치는 영향을 표 47에 나타내었다. 임신 35일령부터 전체 임신 기간의 음수 섭취량을 측정하여 일당 평균 음수 섭취량으로 나타내 본 결과, 처리구간 통계적인 유의차 또는 유의적인 경향이 발견되었다. 임신 35일령에서 70일령까지의 일당 평균 음수 섭취량은 1회 급여 처리구가 2회 급여 처리구에 비해 유의적으로 낮게 나타났다 ($P<0.05$). 또한 일당 평균 음수 섭취량은 임신 70일령에서 105일령까지 1회 급여 처리구가 더 낮은 경향이 나타났으며 ($P=0.08$), 전체 기간에 있어서도 1회 급여 처리구가 유의적으로 더 낮은 결과가 나타났다 ($P<0.05$).

Rushen 등 (1984)은 더 적은 양의 사료를 섭취하는 모돈의 경우 더 많은 양의 물을 섭취하여 포만감을 느낀다고 보고하였으며, Douglas 등 (1998)은 1일 1회 급여와 1일 3회 급여의 비교를 통해 모돈의 사료 섭취 간격이 길어질수록 음수 이용이 줄어든다고 보고하였다. 또한 Robert 등 (2002)은 1회 급여 처리구의 모돈이 사료를 섭취하지 않는 오후 시간동안 물을 마시는 빈도가 2회 이상 사료를 섭취하는 모돈보다 적기 때문에 음수 섭취량이 감소될 가능성이 있다고 보고하였다. 이러한 결과로 볼 때 1일 1회 급여로 더 많은 사료를 급여하면 음수 섭취량이 감소하는 것이 관찰되었다.

표 47. 임신돈 일회 사료급여가 임신기 음수 섭취량에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹		SEM ²
	OF	TF	
Average daily water consumption, L/day			
d 35 - 70 postcoitium	9.46 ^a	12.44 ^b	0.745
d 70 - 105 postcoitium	11.88 ^c	14.81 ^d	0.790
d 35 - 105 postcoitium	10.67 ^a	13.62 ^b	0.625

¹ OF: Once daily Feeding, TF: Twice daily Feeding

² Standard error of the means

^{a,b} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P<0.05$)

^{c,d} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P<0.10$)

사. 모든 행동 (Sow behavior)

임신기 모든의 사료 급여 횟수가 낮 시간 (06:00-18:00) 동안 임신돈의 행동에 미치는 영향을 그림 2에 나타내었다. 실험 결과, 임신기 모든의 연관행동 (stereotypic behaviors)은 처리구에 관계없이 증가하는 경향을 보였지만, 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이와 대조적으로, 임신기 70일 ($P<0.10$)과 105일 ($P<0.05$)에 1회 급여 처리구가 2회 급여 처리구에 비해 수치적 또는 유의적으로 낮은 활동성이 관찰되었다. 또한, 임신기 70일과 105일에 1회 급여 처리구에서 비활동성이 수치적으로 증가하였다 ($P<0.10$).

일반적으로 제한급여를 실시하는 모든의 이상행동은 포만감과 영양소 요구량을 충족하지 못할 때 발생한다고 보고되었다 (Lawrence와 Terlouw, 1993; Whittaker 등, 1998). Robert 등 (1993)과 Terlouw 등 (1993)은 임신기동안 이런 연관행동이 섭취량 및 식후 포만감에 의해 자극을 받는다고 보고하였다. 또한 Robert 등 (2002)은 후보돈이 2회 급여를 실시할 경우 후보돈에게 완전한 포만감을 주지 못하기 때문에 식사 전과 식사 후에는 이상행동을 포함한 많은 움직임이 있다고 보고하였다. 이와 대조적으로, 하루에 사료를 1회 급여 할 시에는 모든이 사료를 섭취 후 추가적인 공급을 기대하지 않기 때문에 비교적 움직임이 적다고 보고하였다. Holt 등 (2006)은 모든에 일회 급여를 할 경우, 섭취활동과 섭취 전후시간에 이뤄지는 활동이 줄어들기 때문에 낮은 활동성을 보인다고 보고하였다 (즉 섭취, 기립 그리고 연관행동). 또한 제한급여를 실시하는 육성·비육돈의 경우, 사료 섭취횟수가 많은 처리구의 돼지에 있어서 공격적인 행동 (belly-nosing, skin lesion)이 증가하고 눕는 행동과 휴식이 감소된다고 알려져 있으며, 본 실험에서는 비록 모든의 연관행동은 처리구간의 통계적인 차이는 나타나지 않았지만, 1회 급여를 실시한 모든에 있어서 임신기간 중 비교적 높은 비활동성과 휴식이 나타났으므로 부분적으로 이전의 연구와 동일한 결과를 나타내었다고 볼 수 있다.

따라서 1회 급여는 임신기 모든의 활동과 섭취의 욕구를 줄임과 동시에 근무자의 노동량을 경감시키는 효과가 있을 것이라 사료된다.

아. 타액 내 cortisol 농도 (Cortisol concentration in saliva)

임신기 모든의 사료 급여 횟수가 모든의 구강에서 채취한 타액 내 cortisol의 농도에 미치는 영향을 그림 3에 나타내었다. Cortisol의 농도는 모든의 스트레스 변화를 측정하기 위해 분석하였다. 실험 결과, 타액 내 cortisol의 농도는 사료 급여 횟수에 관계없이 아침에 사료를 섭취하기 전이 사료 섭취 2시간 후보다 높았으며, 임신기가 진행됨에 따라 점차 낮아지는 경향을 보였으며, 이는 공복 시 모든이 스트레스를 더 많이

받고 있었음을 의미한다. 하지만 타액 내 cortisol 농도에 있어서 처리구간 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 따라서 급여 횟수는 모돈의 스트레스에 영향을 주지 않는 것으로 사료된다.

Farmer 등 (2002)은 사료 급여 횟수가 내분비 성상에 미치는 효과에 대해 연구하였으며, 실험 결과 모돈에게 1일 2회 사료를 급여하였을 때 cortisol 농도가 증가하였다고 보고하였다. 또한 1일 1회 급여는 아침 식사 후 모돈의 cortisol 농도를 증가시킬 수 있으며, 이는 사료로 인해 흥분이 증가했기 때문이라고 보고하였다. 이와 대조적으로 Holt 등 (2006)은 모돈의 타액 내 cortisol의 농도는 모돈의 사료 급여 횟수에 의해 영향을 받지 않는다고 보고하여, 본 실험과 유사한 결과를 나타내었다.

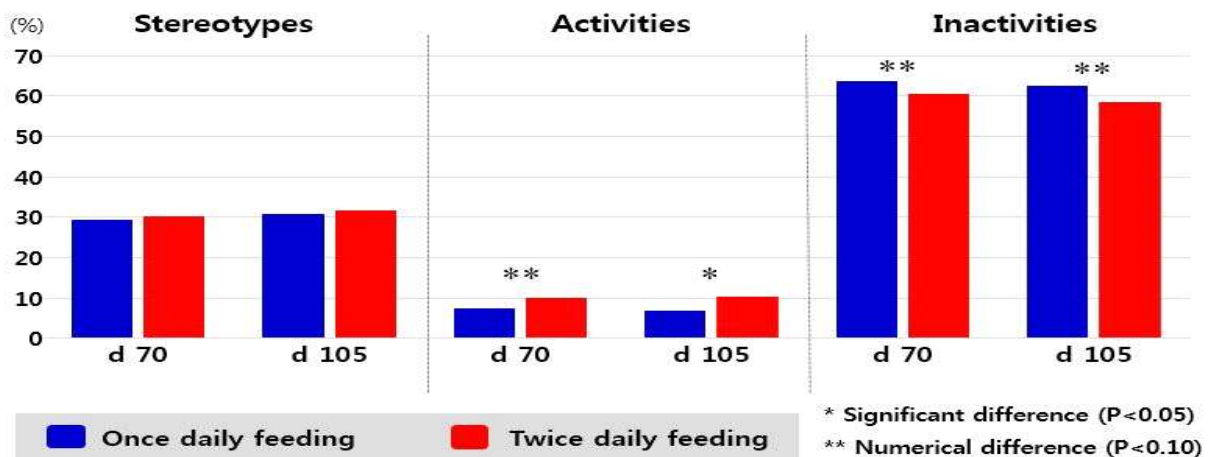


그림 2. 임신돈 일회 사료급여가 낮시간 행동양상에 미치는 영향

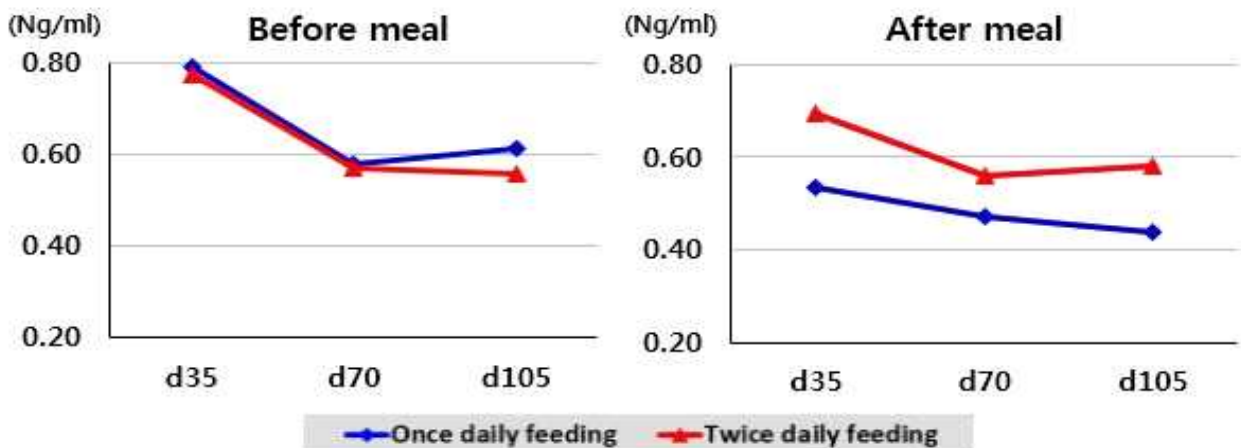


그림 3. 임신돈 일회 사료급여가 사료 섭취 전 후의 타액 내 코르티졸 농도에 미치는 영향

IV. 결론 (Conclusion)

본 연구 결과, 스톨사육환경에서 사육되는 모돈에게 1일 1회 급여의 실시는 모돈의 복당 산자수와 번식 성적 및 자돈의 성장에 부정적인 영향을 미치지 않았다. 또한, 1회 급여는 2회 급여에 비해 모돈의 이상행동 및 cortisol 수치 및 면역 성상에서도 처리구 간 차이점을 나타내지 않았으며, 모돈의 휴식 활동 증가와 물 섭취량을 줄여 추가적인 생산비를 절감하는데 효과적이었다. 이러한 결과는 임신기에 1회 급여를 실시한 모돈의 체중이 더 높은 것과 연관이 있다고 생각되지만, 1회 급여가 모돈의 영양소 소화율 및 이용률에 미치는 효과에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한 임신돈사에서 사료를 2회 급여할 때에는 사료급여 시간마다 임신돈이 사료통이나 임신틀을 기어오르는 행동을 하면서 부상이 많은데, 2회 급여할 분량의 사료를 오전에 1회 급여하면 오후에 관리자가 임신사를 들어가도 임신돈이 이상행동을 하지 않아 부상의 위험이 줄어들 수 있는 것이 관찰되었다. 또한 임신돈에게 사료급여횟수를 2회에서 1회로 급여할 때 약 한달 동안의 훈련기간이 필요한 것도 알 수 있었다. 결론적으로 양돈 농가에서 1일 1회 급여는 노동시간 및 인건비를 줄여 생산비 절감효과를 기대할 수 있음은 물론, 소규모 양돈 농가에도 임신 모돈에게 쉽게 적용 가능한 동물복지방법 중 하나가 될 수 있을 것이라 판단된다.

연구 5. 임신돈의 적정 인공수정 횟수가 모돈의 번식 성적에 미치는 영향

I. 서론 (Introduction)

양돈 산업은 대한민국 농업 총 생산액 중 미곡 다음으로 큰 비중을 차지하고 있다. 하지만 현재 FTA여파, 곡물가격 상승, 질병, 돈가 불안정 등으로 인하여 많은 축산 농가들이 큰 어려움을 겪고 있으며 이를 개선하기 위하여 농가의 생산성을 최대화하고 생산비를 줄이기 위한 사양기술들이 개발되고 있으며 양돈 산업이 점점 전업화 됨에 따라 농가의 기술력 확보는 그 어느 때 보다도 요구되고 있다.

인공 수정은 농장의 생산성과 밀접한 연관성을 가지며, 특히 모돈의 회전율과 산자 수에 아주 중요한 영향을 끼친다. 한국의 인공수정 산업은 1994년에 ‘정액 등 처리업에 대한 허가’ 규정에 의해 상업용 인공수정센터 5개소가 농림부 허가로 정액을 판매하면서 본격적으로 보급이 확대되기 시작하여 지난 15년간 급속한 발전을 이뤄왔다 (김, 2005). 현재 한국 인공수정 보급률은 98%에 달하고 있으며, 양돈 산업에서 번식분야 핵심 요소로 자리하고 있다. 인공수정 결과에 영향을 주는 요인은 크게 모돈의 발정시간과 배란시간, 인공수정 시기와 횟수, 정액 농도, 인공수정 방법 등 네 가지가 있는데 이중에서도 모돈의 배란시간을 기준으로 인공수정을 실시하는 시간이 제일 중요하다고 할 수 있다. 돼지의 생리적 특징은 산차, 유전적 요인, 건강상태, 등에 따라 차이가 날수 있지만, 일반적으로 돼지의 발정주기는 17-24 (평균 21)일 사이 이고 발정 지속시간은 48-72h 이며, 발정이 시작 되어서부터 30-40 시간 후에 배란이 시작 된다고 알려져 있다 (Bartol 등, 2008). 모돈의 배란 시점은 이유 후 재귀발정일령과 연관이 있으며, 재귀발정일령이 길어질수록 발정지속기간은 감소하게 된다 (Knox 등 2002). 이같이 모돈의 발정개시 시점을 정확하게 체크 할 수만 있다면 정확한 배란시간을 알 수 있게 되고, 정확한 인공 수정 시기 측정이 가능하게 되어 추가적인 중부 횟수를 줄일 수 있어 농가의 생산성 향상을 도모할 수 있다.

인공 수정 횟수에 따른 해외 선행 연구 결과를 살펴보면, Soede (1995) 와 Kemp (1996) 는 이유 후 재귀발정 일령을 불문하고 배란 24 시간 전에 인공수정을 하였을 때 제일 높은 수태율을 보였다고 하였다. 또한 Xue 등 (1998)은 중부 횟수를 1회, 2회, 3회로 늘려도 수태율, 임신율, 분만율이 향상되지 않는다고 하였다. Tarocco 등 (2001)은 후보돈과 경산돈에 각각 1회 중부와 2회 중부 결과 후보돈에서는 분만율과 총 산자 수에서 유의적인 차이를 보이지 않았고, 경산돈에서는 1회 중부를 실시한 처리구가 유의적으로 낮은 분만율을 나타내었으나, 총 산자 수에서는 처리구간 차이가 없다고 발표하였다. 이렇듯 인공수정에 대한 해외 연구는 활발하게 진행되고 있으나, 상대적으로 국내 연구는 미비한 실정이다.

따라서, 본 실험은 이러한 배경을 바탕으로 모돈 사양 기술의 핵심이라 할 수 있는 인공수정 횟수가 모돈의 번식 성적에 미치는 영향을 조사하여 양돈농가들에게 생산비를 절감하기 위한 방안을 제공하기 위해 진행 되었다.

II. 실험방법 (Materials and methods)

가. 시험동물 및 실험설계 (Experimental animal and design)

평균 체중 224.01 ± 2.27 kg, 등지방 두께 21.18 ± 0.59 mm, 평균 산차 4.6인 Yorkshire×Landrace F1 모돈 48두를 공시하여 총 4개의 처리구에 각각 12두씩 배치하였다. 처리구는 인공수정 회수에 따라 1) A (1회) 2) B (2회) 3) C (3회) 4) D (4회)로 나뉘었으며, 처리 당 12반복씩 완전임의배치법 (CRD, complete randomized design)에 따라 배치하였고, 반복 당 1두의 모돈을 이용하여 실험을 실시하였다. 이유한 모돈은 오전 9시와 저녁 9시 하루에 두 번씩 각각 발정 체크를 진행 하였으며 웅돈 허용 후 12시간을 주기로 종부를 실시하였다. 측정항목으로는 모돈의 수태율, 분만율, 총산자수, 생존자돈 수, 폐사자돈 수, 생시자돈복당체중, 자돈 생시 평균체중 등을 기록하였다.

나. 돈사 및 임신스톨 (Housing and gestating stall)

사양시험은 충북 음성군 생극면에 위치한 서울대학교 동물영양생화학실의 실험농장 (야곱농장)에서 실시되었다. 무창 돈사였으며, 돈사 내 온도는 흡기팬을 설치하여 실내 환경에 따라 자동으로 조절되는 강제 환풍 및 음압형성에 의해 일정하게 유지되었다. 임신 스톨 내 바닥재질은 콘크리트 (2.4×0.64 m²)였으며, 분만틀의 경우 플라스틱 재질 (2.2×0.64 m²)에 압사 방지틀 (1.8×2.4 m²)이 설치된 형태였다.

다. 사양관리 (Management)

종부시부터 하루에 2회씩 (08:00 및 16:00; 회당 1,200g) 총 2,400g의 영양소 함량이 배합된 시판중인 임신돈 사료를 제공했으며, 음수는 실험종료 시까지 무제한 급여하였다. 이유 후 모돈의 재귀발정 일령은 5-6일 이었으며 발정 개시 후 12시간 후에 첫 종부를 실시하였다. 종부 후 17일령부터 재발정 체크를 진행하였으며, 임신 30일령과 60일령에 각각 임신진단을 진행하였다. 임신 110일째 되는 날에 분만틀로 옮겨 임신돈 사료를 하루에 200g씩 감소시켜 급여하였다.

라. 통계분석 (Statistic analysis)

통계분석은 SAS (1989)의 일반선형모형 (GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였고 $P < 0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로, $P < 0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 고려하였으며, $0.05 \leq P < 0.10$ 일 경우 경향이 있는 것으로 간주하

였다.

III. 실험 결과 및 고찰 (Results and discussion)

가. 임신기 수태율, 임신율과 분만율 (Conception, gestation and partum rate)

표 48에 인공수정 횟수에 따른 수태율, 임신율, 분만율을 나타내었다. 인공수정을 3회 진행한 처리구에서 수태율이 제일 낮은 수치를 보였으며 임신율, 분만율은 차이를 보이지 않았다. 돼지는 발정이 시작 되고 36-44 시간 후 배란이 시작되며, 수정 후 정자가 수란관에서 생존 할 수 있는 시간은 24-72 시간 정도이다 (Garner and Hafez, 1993). 하지만 또 다른 보고에 의하면 위에서 보고한 시간대에 맞추어 종부를 진행 하였을 때 분만율은 65-90%, 산자수는 7.5-11두로 변이가 큰 결과를 나타냈다 (Flowers, 1996a). 따라서 돼지의 발정과 배란 시점 사이의 변화는 다양하므로 성공적인 종부를 진행하기 위해서는 돼지의 생리적 특징에 맞추어 정확한 배란시간을 측정할 수 있어야 한다. 모돈의 배란시간은 이유 후 재귀 발정일과 밀접한 관계가 있는데, 재귀발정일령이 짧을수록 발정지속시간은 길어지게 되며 배란이 시작되는 시점도 길어진다. 반대로 재귀발정일령이 길어질수록 발정 지속기간이 짧아져 배란이 시작되는 시점도 단축된다. Knox 등 (2002)은 이유 후 재귀 발정일령이 5.5일 일 경우 발정개시부터 배란까지 시간은 38 ± 2.5 이고 Kemp 등 (1996)은 재귀 발정일령이 5일 일 경우 발정개시 시점부터 배란까지의 시간은 24-40 사이라고 하였다. 이와 같이 배란되는 시기에 맞추어 최적의 종부시간대를 찾는 것은 매우 중요하다고 할 수 있는데, Soede (1995) 와 Kemp (1996)는 이유 후 재귀발정일에 관계없이 배란 24 시간 전에 인공수정을 했을 때 가장 높은 수태율을 보인다고 보고한 반면, Waberski (1997)는 배란 12 시간 전에 인공수정을 했을 때 높은 수태율을 기록한다고 하였다.

본 실험에서는 발정 개시 12시간 후에 1회 종부를 진행한 결과 수태율과 분만율에서 다른 처리구에 비해 차이를 보이지 않았다. 이는 Xue 등 (1998)의 종부회수를 1회, 2회, 3회로 나누어 비교하였을 때 수태율, 임신율, 분만율에서 모두 차이를 보이지 않은 연구와 비슷한 결과 이다. 하지만, Flowers 과 Alhusen (1992)의 보고에 의하면 발정지속기간이 48 시간 일 때 발정 후 12시간 간격으로 각각 1회, 2회 종부를 실시한 결과 1회 종부를 실시한 처리구의 분만율이 가장 낮은 결과를 나타내었다. 본 실험 결과 각 처리구간 수태율에서 큰 차이를 보이지 않은 것은 재귀발정 일령이 5-6일 사이였고 발정개시 후 1차 인공수정 시기가 배란 24시간 과 거의 일치했기 때문인 것으로 사료된다.

나. 분만성적 (Reproductive performance)

인공 수정 횟수에 따른 분만성적 변화를 표 49에 나타내었다. 실험결과, 산자수, 생존자돈 수, 생시 복당 체중 등에서 처리구간 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

수정란의 수량, 정상적 수정란의 비율, 임신율 (Hunter 와 Dziuk, 1968; Soede 등 1995), 분만율 (Nissen 등 1997), 산자수 (Kemp와 Soede,1996; Rozeboom 등 1997) 등은 모두 종부시간, 배란시점과 연관이 있다. Kemp와 Soede (1996), Nissen 등 (1997)은 배란 24 시간 전에 인공수정을 실시했을 때 가장 높은 임신율과 산자수를 나타냈다고 보고 하였다. 하지만 이 결과를 현장에 접목하는 것은 무리가 있다. 실제 양돈 농가에서는 모돈을 그룹별로 관리한다고 해도 발정이 모두 동일한 시점에 시작되는 것은 아니므로, 정확한 배란시점을 측정하기는 사실상 불가능하다. 실제로 모돈 개체별로 발정 개시부터 배란까지 24-60 시간 사이로 범위가 아주 크다 (Soede 등 1992). 그리하여 번식 성적을 높이기 위해서 인공수정 횟수를 증가시킴으로써 최대한 배란 전 24시간 시점을 맞추는 것이다. Knox 등 (2002)의 보고에 의하면 이유 후 재귀 발정일령이 5.5일 일 때 발정부터 배란까지 시간은 38 ± 2.5 이라고 하였으며, Kemp 등 (1996)은 재귀발정일령이 5일 일 경우 발정부터 배란까지는 24-40시간 사이라고 하였다. 일반적인 농장일 경우 이유 후 5-6일 사이에 90% 정도의 모돈이 발정이 개시된다고 간주하므로 발정개시 12시간 후 1차 종부를 시키면 배란 24시간 전과 일치한다.

Tarocco 등 (2001)의 후보돈과 경산돈에서 종부 횟수에 따른 분만성적 변화 실험에서는, 각각 1회와 2회 종부를 실시하였을 때 2회 종부 처리구의 분만율이나 총 산자수는 1회 종부보다 개선되지 않았다고 보고 하였으며, Xue 등 (1998)도 3회 종부를 실시하였을 때 1회 종부, 2회 종부에 비해 총산자수와 생존자돈 수는 개선되는 효과를 보이지 않았다고 하였고 O' Grady 등 (1983) 과 Dewey 등 (1995)의 연구에서도 이와 비슷한 결과가 도출되었었다. 본 실험에서도 위의 선행 연구와 유사한 결과가 관찰되었다.

다. 경제성 분석 (Economic analysis)

그림 4는 모돈 한 마리당 종부 횟수에 따른 비용을 계산한 것이다. 종부 횟수에 따른 비용절감 효과를 계산해본 결과 모돈 한 마리 종부 회수가 1회 증가함에 따라 정액 사용 비용은 약 7,000원 정도 증가하게 된다. 따라서 모돈 500두 농장의 경우 모돈 회전율이 2.3이라고 가정하였을 때, 종부회수가 1회 증가할수록 연 840 만원의 추가적인 지출을 하게 되고, 이는 본 실험에서 1회와 4회 종부를 처리구 비교 시 연간 3,300 만원의 추가적인 생산비를 절감할 수 있음을 시사한다. 물론 적정 종부시기를 정확히 파악한다는 조건이 전제되어야 하겠지만, 1회 종부를 통하여 추가적인 생산비 지출을 예방하는 것이 생산성을 증대할 수 있는 방안이라 사료된다.

표 48. 종부 횟수가 임신돈의 수태율, 임신율 및 분만율에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹				SEM	P-value
	A	B	C	D		
No. of sows	12	12	12	12		
Conception^a						
No. of conception	11	11	10	11	—	—
Conception rate, %	91.67	91.67	83.33	91.67	—	—
Pregnancy^b						
No. of pregnancy	11	11	10	11	—	—
Pregnancy rate, %	100	100	100	100	—	—
Farrowing						
No. of farrowing	11	11	10	11	—	—
Farrowing rate, %	100	100	100	100	—	—

¹ Treatment: AI frequency (A: once AI, B: twice AI, C: thrice times AI, D: four times AI)

^a Non-return on d21 after breeding.

^b Positive pregnancy test on d30 after breeding.

표 49. 종부 횟수가 모든의 분만성적에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹				SEM ²	P-value
	A	B	C	D		
Reproductive performance						
No. of born / litter ³	14.45	14.09	14.80	13.73	0.52	0.93
Piglet mortality, no.	0.9	2.0	0.8	0.9	0.09	0.19
No. of born alive / litter	13.55	12.09	14.00	12.82	0.47	0.57
Litter weight on lactation						
Litter birth weight, kg	18.77	19.70	20.67	20.18	0.60	0.74
Litter born alive weight ⁴ , kg	18.11	17.82	19.98	19.08	0.57	0.57

¹ Treatment: AI frequency (A: once AI, B: twice AI, C: thrice times AI, D: four times AI)

² Standard error of mean.

³ Registered litter size.

⁴ After cross-fostering day at d1 postpartum

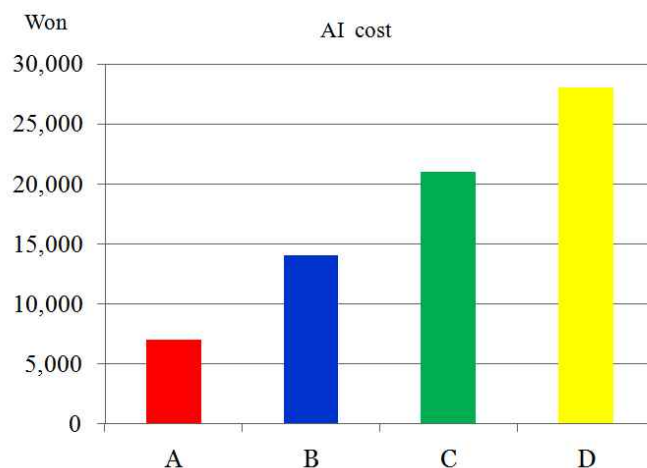
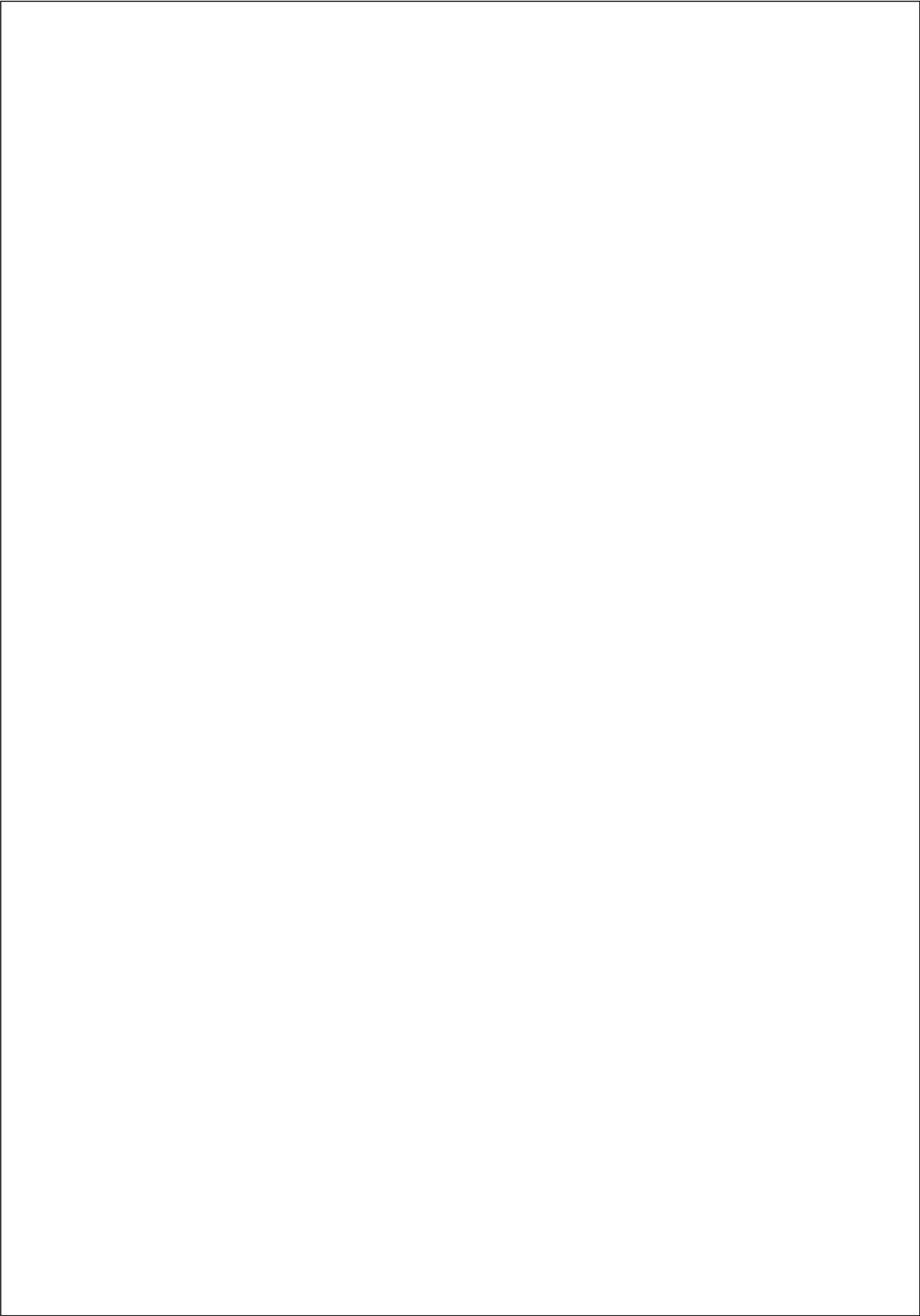


그림 4. 종부횟수에 따른 모든 두 당 정액 사용 비용

IV. 결론 (Conclusion)

인공수정 시간, 횟수에 관해서 다양한 실험들이 진행되었고 또 다양한 결과들이 보고되었다. 하지만 모돈의 품종, 유전적 요인, 사양 환경, 사육방식에 따라서 모돈의 생리적 특징도 다양하게 변화 할 수 있다. 1회 종부에 성공 하려면 정확한 배란시점을 측정할 수 있다는 조건이 전제 되어야 한다. 하지만 현실적으로 많은 양돈농가에서는 대단위의 모돈을 돈군별로 나누어 관리하기 때문에 정확한 발정시점을 찾는데 한계가 있으므로 정확한 배란시점을 측정하는데 어려움이 있다. 비록 발정 체크의 빈도를 늘리면 배란시점을 찾을 수 있는 확률이 높아질 수 있겠지만, 현실적으로 불가능하므로 최대한 배란 24시간 전에 근접하기 위해 종부 횟수를 증가시키는 것이다. 본 실험 결과 정확한 종부 적기를 파악하여 인공수정을 1회만 실시하여도 모돈의 임신율, 분만율 및 분만성적에 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 1회 종부를 통하여 추가적인 정액 구입비용에 따른 생산비 절감과 효율적인 노동력 이용 효과를 도모할 수 있을 것으로 사료된다.



3-2. 2차년도 (2015년)

<제1 세부: 부경양돈농협>

연구 1. 개발된 경제 사료의 자돈-육성-비육돈 연계 사양효과 검증 연구 I

I. 서론 (Introduction)

이유 자돈의 경우 사료 내 높은 비율의 유제품을 사용하는 것이 일반화 되어있다. 이러한 유제품의 사용은 전적으로 수입에 의존하고 있고, 2007-2008년 가격 폭등이 있었으며, 앞으로도 가격이 언제든지 가격 변동이 있을 수 있는 상황이다. 유당은 미성숙한 자돈의 소화 체계에서도 쉽게 소화되고 쉽게 흡수되는 간단한 구조의 에너지원이다. 대조적으로 전분은 충분한 시간을 거쳐 성숙해진 소화기관을 필요로 하는 복잡한 구조를 가진 탄수화물이다. 유당은 성장을 촉진하고, 장내 환경을 산성으로 유지시켜 E. coli와 같은 병원균의 성장을 막는 젖산균의 정착을 돕는 등의 이점을 가진다. 그러나 유당의 공급 수준이 높아지게 되면 설사를 유발하는데 특히 E. coli와 같은 병원균의 2차 감염으로 이어지면 세균성, 병원성 설사를 유발하게 된다. 따라서 유당은 자돈에게 있어 필수적인 원료이지만 설사를 방지하고, 사료비를 낮추기 위해 적정 비율을 정할 필요가 있다 (Cera 등 1988). Mahan 등 (2004)은 이유 자돈 일령이 증가 할수록 사료 내 유당을 증가시켰을 때 자돈의 성장능력을 개선시키는데 있어서 큰 영향을 미치지 못한다고 보고 하였다. 이는 소화기관내 다른 탄수화물 소화 효소의 발달이 급격히 이루어지는 이유 후 1-2주부터는 이유 자돈 사료 내 유당함량을 감소시킬 수 있다는 사실을 설명하고 있다. 이러한 근거를 바탕으로 이유 자돈 사료 내 유제품 대체 및 절감 방안이 활발히 연구가 이루어지고 있는 현황이다.

따라서 본 연구는 이유 자돈기의 사료에 유제품 함량의 절감이 실제 양돈농가에 적용가능한지 평가해보기 위해 수행되었다.

II. 재료 및 방법 (Materials and Methods)

가. 실험 동물 및 실험 설계 (Experimental animal and design)

28 ± 3일령에 이유했던 평균 체중 7.87 ± 1.283kg인 삼원 교잡종 ([Yorkshire x Landrace] x Duroc) 이유 자돈 100두를 공시하여, 자돈전기 (0-3주), 자돈후기 (4-6주), 육성전기 (7-9주), 육성후기 (10-14주), 비육전기 (15-18주), 비육후기 (19-21주)로 총 21주 동안 사양실험을 수행하였다. 전체 2처리로 돈방 당 25두씩 배치하였다. 실험

가능한 농장 여건상 돈사에서 한 펜에 수용 가능한 마릿수가 최대 25두로 한계가 있었기 때문에 실험동물 마릿수를 하향조정하여 설정하였다.

나. 실험 사료 (Experimental diet)

옥수수-대두박 위주로 실험사료의 기초사료 (basal diet)를 배합하였으며, 사육단계에 따라 영양소 요구량 (NRC, 1998)을 고려하여 배합을 실시하였으나 CP는 예외적으로 NRC, 2012 기준 Total nitrogen에 6.25를 곱한 값을 요구량으로 설정하였다. 실험사료의 대사에너지 (ME; metabolizable energy)는 Phase I (0-3주), Phase II (4-6주) 모두 3,265kcal/kg 이었다. 단백질 함량은 Phase I에서 20.56%, Phase II에서 18.88%로, 라이신 (lysine)의 함량은 phase I에서 1.35%, Phase II에서 1.15%에 맞춰 배합하였다. Phase I에서 처리구별 유제품 함량은 10% 함유되었으며, Phase II에서는 유제품 함량 5%가 함유되었다. 주요 실험사료의 원료 및 화학적 조성은 표 50 (phase I) (phase II)에 제시된 바와 같다. 육성 비육기에는 각각 시판되는 경제 사료, 고스펙 사료를 급여하였다.

다. 사양 실험 (Feeding trial)

사양실험 기간은 자돈기 6주, 육성비육기 15주로 총 21주간 진행 될 예정이며, 현재 비육전기 실험중이다. 자돈기 실험돈은 플라스틱 베드가 설치된 컨테이너 돈사에서 사육되었으며, 육성-비육기에는 콘크리트 바닥이 있는 돈사로 이동하여 사육되었다. 자돈기에는 각 돈방에 하나의 사료급이기와 두 개의 니플 급수기가 설치되어 있었으며, 육성-비육기에는 각 돈방에 하나의 사료급이기와 한 개의 니플 급수기가 설치되어 있었다. 전체 실험 기간 동안 물과 사료는 무제한 자유 채식 (*ad libitum*)하도록 하였다. 돈방 온도는 실험 개시 후 첫 일주일간은 31℃를 유지하였으며, 매주 1℃씩 낮추어 6주차에는 25℃를 유지하게 하였다. 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료 종류의 변동 시점을 고려하여, 실험 개시 (Initial) 기간을 기점으로 자돈전기 (0-3주), 자돈후기 (4-6주), 육성전기 (7-9주), 육성후기 (10-14주), 비육전기 (15-18주), 비육후기 (19-21주)의 종료일에 측정하여 일당증체량 (average daily gain; ADG), 일일사료섭취량 (average daily feed intake; ADFI), 사료효율 (gain/feed ratio; G:F ratio)을 계산하였다.

라. 설사빈도 (Diarrhea incidence)

설사빈도 측정은 시험 개시 후 매일 오전 8시에 사양 실험돈을 대상으로 측정하였으며, 각 돈방의 모든 자돈들을 대상으로 항문주위의 수양성 설사 (watery diarrhea)흔적을 가진 개체 수를 파악하였다. 설사빈도는 수양성 설사 흔적이 없는 돈방의 설사빈도를 1로 측정하

였으며, 모든 개체의 항문 주위가 수양성 설사 흔적을 보였을 때의 설사빈도를 5로 하여 전 시험기간 동안 측정하였다.

마. 돈육의 pH 및 육색 (pH and Hunter value)

13주간의 육성·비육기 사양실험 종료 후 각 처리구별로 비육돈 5두씩 총 25두를 선발하여 돈육 품질을 조사하기 위하여 등심근을 채취하였다. 선발된 실험돈들의 평균체중은 111.2 ± 3.00 kg 이었고, 도축 후에 미추골로부터 아래로 5개 척추사이의 등심을 샘플링하여, 0, 3, 6, 12, 24 시간에 육색의 경우 Hunter system의 L, a, b 값을 chromameter (Minolta CM-508i, Japan)을 이용하여, pH는 pH meter (Bechman Coulter Φ 500 Series, USA)를 이용하여 측정하였다.

바. 보수력 (Water holding capacity)

Filter관 (VIDAS tubes, BIOMERIEUX, France)에 시료를 넣고 80 °C water bath에서 20분간 가열한 후, 10분간 상온에서 방냉시켰다. Filter관을 원심분리기를 이용하여 10 °C에서 2,000 rpm으로 10분간 원심분리 하고 시료의 감량을 측정하여 보수력을 계산하였다.

사. 전단력 (Shear force)

가열감량을 측정한 시료에서 근섬유 결 방향으로 core를 채취한 후 Warner-Bratzler sheat meter (G-R Elec. Mfg. CO., USA)로 전단력을 측정하였다.

아. 가열감량 (Cooking loss)

일정한 크기로 등심근을 잘라내어 무게를 잰 후 polyethylene bag에 넣고 80 °C water bath에서 40분간 가열한 후 20분간 수냉한 후 시료의 감량치를 계산하였다.

자. 경제성 분석 (Economic analysis)

경제성 분석은 제조업체의 판매단가를 기준으로 개시부터 출하체중 도달까지 소요된 총 사료비용에 근거하여 결정되었다. 총 사료섭취량과 사료가격을 통해 증체량 당 사료가격 (원)을 계산하고 이를 통해 각 성장단계 및 115kg 출하체중 도달까지 총 사료비용을 산출하였다.

차. 통계 분석 (Statistic analysis)

사료 및 돈육의 일반성분 분석은 AOAC (1995) 방법에 따라 실시하였다. 본 실험의 data는 SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC)의 일반선형모형 (GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였다. 성장 성적 data의 경우 한 돈방이 experimental unit으로 설정하였으며, 혈액분석의 경우 실험돈 각 개체를 unit으로 설정하였다. 모든 통계적 분석에 있어 $P < 0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로, $P < 0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 간주하였다.

표 50. 실험사료의 사료배합비와 성분표 (Phase I) (Phase II)

Ingredients	Phase I (유제품 10%)	Phase I (유제품 5%)
Corn	36.68	47.13
SBM	32.06	26.62
Barley	15.00	15.00
Whey powder	4.00	2.00
Lactose	6.00	3.00
Soypeptide	1.46	2.31
Soy-oil	1.37	1.09
MDCP	1.35	1.17
Limestone	1.06	0.91
L-lysine-HCl, 78%	0.28	0.18
DL-met, 80%	0.07	0.03
L-threonine, 99%	0.08	0.01
Vit. Mix	0.10	0.10
Min. Mix	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30
ZnO	0.10	0.05
Sum	100.00	100.00
Chemical composition³⁾		
ME, kcal/kg	3,265.03	3,265.00
CP, %	20.56	18.88
Lysine, %	1.35	1.15
Methionine, %	0.35	0.30
Ca, %	0.80	0.70
Total P, %	0.65	0.60

¹⁾ Provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 8,000 IU; vitamin D₃, 1,800 IU; vitamin E, 60 IU; thiamine, 2mg; riboflavin, 7mg; calcium pantothenic acid, 25mg; niacin, 27mg; pyridoxine, 3mg; biotin, 0.2mg; folic acid, 1mg; vitamin B₁₂, 0.03mg

²⁾ Provided the following per kilogram of diet : Se, 0.3mg; I, 1mg; Mn, 51.6mg; CuSO₄, 105mg; Fe, 150mg; Zn, 72mg; Co, 0.5mg

³⁾ Calculated values

III. 실험 결과 및 고찰 (Results and discussion)

가. 사양성적 (Growth performance)

이유 자돈 사료 내 유제품의 절감에 따른 자돈의 성장 성적 그리고 육성, 비육기의 성장 성적을 표 51에 나타내었다

표 51. 이유 자돈 사료 내 유제품 절감에 따른 성장 성적

Criteria	Treatment	
	Commercial feed	Experimental feed
Body weight, kg		
Initial	7.87	7.87
3 week	13.48	14.02
6 week	22.79	23.34
9 week	32.95	32.76
13 week	53.73	58.67
17 week	77.18	84.98
21 week	104.79	110.64
ADG, g		
0-3 week	261	293
4-6 week	449	444
0-6 week	355	368
7-9 week	500	450
10-13 week	718	897
7-13 week	627	718
14-17 week	895	941
18-21 week	997	917
14-21 week	1074	1084
0-21 week	662	699
ADFI, g		
0-3 week	342	400
4-6 week	819	876
0-6 week	581	638
6-9 week	1163	1013
10-13 week	2435	2262
6-13 week	1890	1746
14-17 week	3267	3234
18-21 week	3409	3333
14-21 week	3894	3831
0-21 week	2090	2035
G:F ratio		
0-3 week	0.763	0.733
4-6 week	0.548	0.507
0-6 week	0.611	0.577
6-9 week	0.430	0.444
10-13 week	0.295	0.397
6-13 week	0.332	0.411
14-17 week	0.274	0.291
18-21 week	0.292	0.275
14-21 week	0.276	0.283
0-21 week	0.317	0.343

자돈기 사양실험 결과, 시판되는 commercial 사료보다 유제품함량을 줄인 경제 사료가 수치적으로 더 좋은 결과를 보였다. 육성기에서도 자돈기에 유제품함량을 적게 먹인 자돈의 성장 성적이 수치적으로 더 높았다.

결과적으로 이유 자돈 사료 내 유제품 함량을 줄여 일반농가에 적용가능 할 것으로 사료되며, 궁극적으로 사료비를 낮춰 농가의 수익에 긍정적인 영향을 줄 것으로 생각된다.

나. 설사빈도 (Diarrhea incidence)

자돈 사료 내 유제품 저감이 이유 자돈의 설사빈도에 미치는 영향을 표 52에 제시하였다. 실험 결과, 설사빈도에서 자돈기 전 기간 동안 모든 처리구에서 통계적인 유의차를 보이지 않았다.

자돈은 이유를 하면서 급격한 환경의 변화와 수송스트레스, 사료교체에 따른 영양 스트레스로 인하여 이유 초기에 설사가 많이 발생한다 (Monjan 등. 1977).병원성 미생물 (대장균 등)이 장 용모에 부착되어 기생하면서 독소를 배출하고 용모를 탈락시킨다. 그로 인해 용모가 짧아지고 용모에서 분비되는 소화효소의 양도 감소하며, 영양소를 흡수할 수 있는 면적도 감소하게 되어 설사가 발생하게 된다 (Monjan 등. 1977).

본 실험결과 자돈 사료 내 유제품을 전기 10%, 후기 5%까지 저감하여도 자돈의 설사빈도에 부정적인 영향을 주지 않는다고 사료된다.

다. 돈육의 일반성분 및 이화학적 분석 (Proximate and physiochemical analysis)

자돈 사료 내 유제품 저감이 돈육의 일반성분 및 이화학적 특성에 미치는 영향을 표 53에 제시하였다. 돈육의 일반 성분 (수분, 단백질, 지방, 회분) 분석 결과, 처리구간의 통계적인 유의차는 발견되지 않았다. 이는 자돈 사료 내 유제품 함량을 저감하여도 돈육의 일반성분에 유해한 영향을 미치지 않는 것으로 보인다.

가열감량은 간접적인 보수력의 지표 중 하나로 일반적으로 보수력과 역의 상관관계를 갖는 것으로 알려져 있으며, 전단력은 고기의 질긴 정도를 기계적으로 측정된 수치로 보수력과 연관이 큰 것으로 알려져 있다 (Hamm, 1986). Bouton 등 (1983)은 보수력이 낮아지면 고기의 전단력은 높아진다고 보고하였고 Goerl 등 (1995)의 연구에 의하면 지방함량이 증가함에 따라 보수력이 증가하여 육즙감량이 낮아지고, 전단력이 약해지는 것으로 밝혀졌다. 보수력은 내외적 환경변화에 따른 고기의 수분 보유 능력에 대한 척도로서, 고기의 미세구조 또는 세질시 나타나는 수분함량의 변화로 결정되며, 고기의 pH 변화와 밀접한 연관성을 가지는 것으로 알려져 있다.

본 실험결과 자돈 사료 내 유제품을 전기 10%, 후기 5%까지 저감하여도 돈육의 일반성

분 및 이화학적 특성에 부정적인 영향을 주지 않는다고 사료된다.

표 52. 이유 자돈 사료 내 유제품 절감에 따른 설사빈도 분석

Criteria	Treatment		SEM ¹	P-value
	Commercial feed	Experimental feed		
Diarrhea scores²				
0-3 week	1.838	1.800	0.039	0.70
4-6 week	1.845	1.861	0.029	0.69
0-6 week	1.841	1.831	0.027	0.85

¹ Standard error of the mean.

² 0: No signs of diarrhea in pen, 5: All objects have signs of diarrhea in pen

표 53. 이유 자돈 사료 내 유제품 절감에 따른 돈육 품질 분석

Criteria	Treatment		SEM ¹	P-value
	Commercial feed	Experimental feed		
Proximate analysis, %				
Moisture	74.64	73.75	0.450	0.40
Crude protein	23.29	23.22	0.266	0.92
Crude fat	1.57	2.31	0.597	0.63
Crude ash	1.33	1.28	0.036	0.38
Physiochemical property				
Cooking loss, %	31.89	33.32	0.556	0.19
Shear force, kg/0.5 inch ²	69.40	74.89	4.371	0.63
WHC ² , %	74.08	71.54	0.758	0.18

¹ Standard error of the mean.

² Water holding capacity

라. 도축 후 pH 변화 (Pork pH)

자돈 사료 내 유제품 저감이 돈육의 pH에 미치는 영향을 표 54에 제시하였다. 실험결과, 도축 후 0, 3, 6, 12 시간 때 돈육의 pH변화에서 통계적인 유의차를 보이지 않았다. 식육은 pH의 고저에 따라 신선도, 보수력, 연도, 결착력, 육색, 조직감 등에 크게 영향을 받으며, 저장성에 있어서도 매우 중요한 요인으로 작용한다. Bole 등 (1993)은 pH는 돈육의 질과 보수성 및 연도에 밀접한 관련이 있다고 하였으며, Palansky와 Nosal (1991)은 pH가 증가하면 조리 감량이 감소된다고 보고하였다. 또한 pH는 초기 pH와 최종 pH가 돈육의 육질을 판단하는데 있어서 기준으로 사용되고 있으며, 초기 pH는 PSE육의 예측치로, 최종 pH는 DFD의 예측치로 그 실용성이 인정되고 있다. 도축 후 근육에 혈액 공급이 중단되면 산소 공급이 차단되어 근육 내 저장되어 있던 glycogen이 산화적으로 분해되지 못하고 혐기적 해당작용이 일어나게 되고, 최종 산물로 젖산 (Lactate)이 생성되어 도축 후 일정기간 동안 근육의 pH를 떨어뜨리게 된다.

본 실험결과 자돈 사료 내 유제품을 전기 10%, 후기 5%까지 저감하여도 돈육의 pH변화에 부정적인 영향을 주지 않는다고 사료된다.

마. 돈육의 육색 (Pork color)

자돈 사료 내 유제품 저감이 돈육의 육색에 미치는 영향을 표 55에 제시하였다. 측정결과 0, 3, 6, 12 시간 후의 돈육의 육색에서 처리구간의 통계적 유의차가 발생되지 않았다. 육색은 소비자가 돈육의 품질을 파악하고, 구매를 결정하는 데에 가장 큰 영향을 미친다. 일반적으로 pH가 낮으면 drip loss의 증가로 인한 빛의 산란율이 증가하고, 육색이 창백하게 된다. 특히 육색은 돈육의 색소의 80-90%를 차지하는 미오글로빈 (myoglobin)의 양에 의해서 결정된다. 여기서 소비자들은 미오글로빈의 산화정도에 의해 선홍색을 신선육, 갈색 및 적자색을 오래되거나 부패된 것으로 판단한다. 이러한 색의 변성은 미생물의 작용, 지질산화, 온도, pH 변화 등에 의해 영향을 받으며, 식육의 품질을 결정하는 육색을 선홍색으로 유지하는 것이 매우 중요하다고 할 수 있다 (McDonnell 등, 2010).

본 실험결과 자돈 사료 내 유제품을 전기 10%, 후기 5%까지 저감하여도 돈육의 육색에 부정적인 영향을 주지 않는다고 사료된다.

표 54. 이유 자돈 사료 내 유제품 절감에 따른 pH변화 분석

Criteria	Treatment		SEM ¹	P-value
	Commercial feed	Experimental feed		
Time after slaughter				
0 hour	5.64	5.69	0.023	0.39
3 hour	5.52	5.50	0.038	0.88
6 hour	5.58	5.55	0.049	0.55
12 hour	5.74	5.57	0.083	0.54
24 hour	5.85	5.75	0.077	0.68

¹Standard error of the mean.

표 55. 이유 자돈 사료 내 유제품 절감에 따른 육색변화 분석

Criteria	Treatment		SEM ¹	P-value
	Commercial feed	Experimental feed		
Hunter value, L²				
0 hour	40.25	39.44	0.432	0.54
3 hour	38.68	40.27	0.810	0.49
6 hour	41.49	41.63	1.119	0.97
12 hour	43.35	42.35	0.935	0.76
24 hour	45.13	45.24	1.209	0.98
Hunter value, a³				
0 hour	2.98	2.59	0.239	0.54
3 hour	2.31	2.03	0.184	0.19
6 hour	3.14	2.55	0.378	0.38
12 hour	3.94	3.05	0.3100	0.12
24 hour	4.64	4.31	0.684	0.82
Hunter value, b⁴				
0 hour	4.26	4.11	0.075	0.26
3 hour	3.95	4.20	0.148	0.57
6 hour	5.17	5.09	0.311	0.93
12 hour	5.53	5.02	0.316	0.59
24 hour	6.05	6.26	0.479	0.85

¹ Standard error of the mean.

² L - luminance or brightness (vary from black to white).

³ a - red · green component (+a=red, -a=green).

⁴ b - yellow · blue component (+b=yellow, -b=blue).

바. 경제성 분석 (Economic analysis)

자돈 사료 내 유제품 저감이 경제성에 미치는 영향을 표 56에 제시하였다. 본 실험의 분석에 사용된 원료 가격은 실험 당시 사료의 공급단가를 기준으로 하였으며, 실험의 특성상 가공비용, 인건비 등을 제외하고 원료사료에 의한 사료가격을 기준으로 비교하였다. commercial 사료가 일반 유제품함량을 줄인 경제 사료에 비해 증체량 사료비, 출하 도달 일령에서 가장 높은 수치를 보였으며, 출하일령 또한 유제품 함량을 줄인 경제 사료에 비해 10일 늦게 출하일령에 도달하였다. 모든 500두 규모, 모든 회전율 2.3인 농가를 기준으로 생각해 보았을 때 1 cycle 기준 10일의 단축 효과와 두당 사료비 절감 (39,850 원)을 고려하면 유제품을 절감할 경우 연간 4,891만원의 생산비 절감을 기대할 수 있다.

본 실험결과 자돈 사료 내 유제품 함량을 저감하여 일반농가에 경제적인 효과를 가져다 줄 것으로 사료된다.

표 56. 이유 자돈 사료 내 유제품 절감에 따른 경제성 분석

Criteria	Treatment	
	Commercial feed	Experimental feed
Feed cost per weight gain, won/kg		
0-3 week	1,178	660
4-6 week	1,284	850
7-9 week	1,142	891
10-13 week	1,526	978
14-17 week	1,547	1,299
18-21 week	1,449	1,315
0-21 week	1,354	999
Total feed cost per pig, won/head		
0-3 week	6,456	4,065
4-6 week	12,108	7,928
7-9 week	11,991	11,232
10-13 week	30,681	24,574
14-17 week	38,785	34,228
18-21 week	40,471	33,783
0-21 week	140,494	115,812
Total feed cost per pig, won/head (reached 115kg)		
	162,241	122,391
Days to market weight (reached 115kg)		
	162	152

IV. 결론 (Conclusion)

본 연구는 자돈 사료 내 유제품 함량을 저감시켜 실제 농가에 적용가능한지 그 가능성을 규명하고자 수행 되었다. 자돈 전기 유제품 함량은 10%, 후기에는 5%의 경제 사료와 일반 commercial diet를 급여하여 2개의 처리구로 사양실험이 진행되었다.

사양실험 결과, 시판되는 commercial 사료보다 유제품함량을 줄인 경제 사료가 수치적으로 더 좋은 결과를 보였다. 육성기에서도 자돈기에 유제품함량을 적게 먹인 자돈의 성장 성적이 수치적으로 더 높았다. 따라서 유제품함량을 줄여도 성장 성적에 부정적인 영향은 끼치지 않은 것으로 생각된다.

자돈기 설사빈도에서 통계적으로 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 돈육 분석 결과에서도 pH, 육색, 일반성분 및 이화학적 특성에서 처리구간의 통계적 유의차가 발생되지 않았다.

경제성 분석결과 commercial diet를 급여한 처리구가 유제품 함량을 줄인 처리구 (A)보다 출하일령 도달까지의 총 사료비에서 약 39,000원의 비용이 추가적으로 발생하였으며, 출하일령까지 약 10일정도 더 지연되었다. 따라서 commercial diet를 급여하는 것보다 유제품함량을 줄인 경제 사료를 자돈기에 먹이는 것이 농가에 있어 더 경제적인 것으로 생각된다.

결론적으로 자돈 사료 내 유제품 함량을 10%, 5% 까지 저감하여도 자돈, 육성·비육돈의 성장 성적, 설사지수, 돈육 품질에 부정적인 영향을 미치지 않을 것으로 사료되며 경제성 측면에서는 오히려 유제품 함량을 줄였을 때 더 효과적인 것으로 나타났다.

연구 1-1. 개발된 경제 사료의 자돈-육성-비육돈 연계 사양효과 검증 연구II

I. 서 론 (Introduction)

이유 자돈의 경우 사료 내 높은 비율의 유제품을 사용하는 것이 일반화 되어있다. 이러한 유제품의 사용은 전적으로 수입에 의존하고 있고, 2007-2008년 가격 폭등이 있었으며, 앞으로도 가격이 언제든지 가격 변동이 있을 수 있는 상황이다. 유당은 미성숙한 자돈의 소화 체계에서도 쉽게 소화되고 쉽게 흡수되는 간단한 구조의 에너지원이다. 대조적으로 전분은 충분한 시간을 거쳐 성숙해진 소화기관을 필요로 하는 복잡한 구조를 가진 탄수화물이다. 유당은 성장을 촉진하고, 장내 환경을 산성으로 유지시켜 E. coli와 같은 병원균의 성장을 막는 젖산균의 정착을 돕는 등의 이점을 가진다. 그러나 유당의 공급 수준이 높아지게 되면 설사를 유발하는데 특히 E. coli와 같은 병원균의 2차 감염으로 이어지면 세균성, 병원성 설사를 유발하게 된다. 따라서 유당은 자돈에게 있어 필수적인 원료이지만 설사를 방지하고, 사료비를 낮추기 위해 적정 비율을 정할 필요가 있다 (Cera 등 1988). Mahan 등 (2004)은 이유 자돈 일령이 증가 할수록 사료 내 유당을 증가시켰을 때 자돈의 성장능력을 개선시키는데 있어서 큰 영향을 미치지 못한다고 보고 하였다. 이는 소화기관내 다른 탄수화물 소화 효소의 발달이 급격히 이루어지는 이유 후 1-2주부터는 이유 자돈 사료 내 유당함량을 감소시킬 수 있다는 사실을 설명하고 있다. 이러한 근거를 바탕으로 이유 자돈 사료 내 유제품 대체 및 절감 방안이 활발히 연구가 이루어지고 있는 현황이다.

본 실험은 1차년도 연구3과 2차년도의 연구1의 유제품 선행연구 결과를 바탕으로 실제 양돈농가에 적용하기 위해서 연구1의 대용유 함량보다는 다소 상향하여 양돈농가 현장실증 연구를 수행하고자 하였다. 연구1의 대용유 함량보다 다소 상향한 이유는 기존의 양돈농가에서 사용하고 있는 사료의 유제품 함량에 비해 너무 큰 비율로 감소시켰을 경우 양돈농가의 피해가 커질 수 있으므로, 연구1의 수행결과를 그대로 적용하기 보다는 유제품 절감이라는 연구목적에 부합하게 유제품 함량을 조절하였다. 사양실험은 본 조합 소속의 조합원 농장을 대상으로 이유 자돈기의 사료에 유제품 함량이 절감이 실제 현장 적용이 가능한지를 평가해보기 위해 수행되었다.

II. 재료 및 방법 (Materials and methods)

가. 실험 동물 및 실험 설계 (Experimental animal and design)

24 ± 3일령에 이유한 평균 체중 6.50 ± 0.02kg인 삼원 교잡종 ([Yorkshire x Landrace] x Duroc) 이유 자돈 300두를 공시하여, 김해인근의 조합원 농장에서 수행하였다. 실험의 처리구는 자돈기의 고영양 사료 처리구 (commerical 사료 처리구), 자돈기의 저

영양 사료 처리구로 설정하였으며, 대조구인 고영양 commercial 사료 처리구는 2반복으로 수행하였으며, 자돈기 저영양 사료 처리구는 농장 상황을 고려하여 1반복으로 수행하였다. 실험 돼지들은 콘테이너형 자돈사 단위당 100두씩 3대를 처리구에 배치하였다. 실험 가능한 농장 여건상 콘테이너 당 수용 가능한 마릿수가 최대 100두로 구분되었기 때문에 실험동물 마릿수를 상향조정하여 설정하였다.

실험기간은 자돈전기 (0-2주), 자돈후기 (3-5주), 육성전기 (6-10주), 육성후기 (11-17주) 총 17주 동안 사양실험을 수행하였다. 당초 계획은 출하까지 진행하려고 하였으나 농장의 질병발생 (PED, PRRS 등)으로 더 이상 진행이 어려운관계로 육성후기까지만 조사하였다.

나. 실험 사료 (Experimental diet)

옥수수-대두박 위주로 실험사료의 기초사료 (basal diet)를 배합하였으며, 사육단계에 따라 영양소 요구량 (NRC, 1998)을 고려하여 배합을 실시하였으나 CP는 예외적으로 NRC, 2012 기준 total nitrogen에 6.25를 곱한 값을 요구량으로 설정하였다. 실험사료의 대사에너지 (ME; metabolizable energy)는 Phase I (0-2주), Phase II (3-5주) 모두 3,265 kcal/kg 이었다. 단백질 함량은 Phase I에서 20.56%, Phase II에서 18.88%로, 라이신 (lysine)의 함량은 phase I에서 1.35%, Phase II에서 1.15%에 맞춰 배합하였다. Phase I에서 처리구별 유제품 함량은 15% 함유되었으며, Phase II에서는 유제품 함량 5%가 함유되었다. 주요 실험사료의 원료 및 화학적 조성은 자돈기는 별도로 설계된 표 57 (phase I, phase II)와 예 제시된 바와 같다. commercial 사료는 “엄마의마음”을 이용하였다. 육성전후기에는 저영양 사료 처리구에는 경제 육성돈사료를 급여하였고, 고영양 사료 처리구에는 고스펙 육성돈 사료를 급여하였다.

다. 사양 실험 (Feeding trial)

사양실험 기간은 자돈기 5주, 육성비육기 12주로 총 17주간 진행 되었다. 자돈기 실험돈은 플라스틱 베드가 설치된 컨테이너 돈사에서 사육되었으며, 육성전후기에는 콘크리트 바닥이 있는 돈사로 이동하여 사육되었다. 자돈기에는 한 컨테이너 당 6방으로 구성되어 있고 각 펜스 내 하나의 사료급여기와 2 개의 니플 급수기가 설치되어 있었으며, 육성전후기에는 각 돈방에 하나의 사료급여기와 2개의 니플 급수기가 설치되어 있었다. 전체 실험 기간 동안 물과 사료는 무제한 자유 채식 (*ad libitum*)하도록 하였다. 돈방 온도는 실험 개시 후 첫 일주일간은 31℃를 유지하였으며, 매주 1℃씩 낮추어 5주차에는 25℃를 유지하게 하였다. 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료 종류의 변동 시점을 고려하여, 실험 개시 (Initial)기간을 기점으로 자돈전기 (0-2주), 자돈후기 (3-5주), 육성전기 (6-10주), 육성

후기 (11-17주)의 종료일에 측정하여 일당증체량 (average daily gain; ADG), 일일사료 섭취량 (average daily feed intake; ADFI), 사료효율 (gain/feed ratio; G:F ratio)을 계산하였다.

표 57. 실험사료의 사료배합비와 성분표 (Phase I, II)

Ingredients	Phase I (유제품 15%)	Phase II (유제품 5%)
Corn	29.47	42.91
SBM	32.06	30.21
Oat	8.00	6.00
Wheat	5.00	7.00
Whey powder	7.00	2.00
Lactose	8.00	3.00
Soypeptide	3.00	2.31
Wheat bran	2.00	2.12
Soy-oil	2.00	2.00
MDCP	1.35	1.17
Limestone	0.63	0.53
L-lysine · HCl, 78%	0.28	0.11
DL-met, 80%	0.07	0.03
L-threonine, 99%	0.54	0.01
Vit. Mix ¹	0.10	0.10
Min. Mix ²	0.10	0.10
Salt	0.20	0.20
ZnO	0.10	0.10
BIOZYME	0.10	0.10
Sum	100.00	100.00
Chemical composition³		
ME, kcal/kg	3,265.00	3,265.05
CP, %	20.55	18.73
Lysine, %	1.35	1.15
Methionine, %	0.35	0.30
Ca, %	0.80	0.70
Total P, %	0.65	0.60

¹ Provided the following per kilogram of diet: Vit A, 16,000 IU; Vit D₃, 3,200 IU; Vit. E, 35 IU; Vit. K₃, 5mg; Rivo-flavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug.

² Provided the following per kilogram of diet : Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

³ Calculated values

표 58. 실험사료 처리구 구성 및 급여 프로그램 및 조단백질 함량 (등록성분기준, 이상)

	주령 (이유 후)																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
고영양	자돈2호		자돈3호			젓 떼					육성						
	CP:20.0%		CP:19.0%			CP:18.2%					CP:16.6%						
	CFat6.0%		CFat 5.0%			CFat 6.0%					CFat 5.0%						
	3,600 DE		3,500 DE			3,450 DE					3,450 DE						
	Lys:1.3%		Lys:1.2%			Lys:1.1%					Lys:1.0%						
저영양	표 57					CP:17.5%					CP:16.0%						
						CFat 4.0%					CFat 3.0%						
						3,350 DE					3,300 DE						
						Lys:1.0%					Lys:0.78%						

라. 설사빈도, 돈육의 이화학적 분석 (Diarrhea incidence and pork trait analysis)

전문 실험농장에서 선행연구가 진행되었고, 현장실증연구를 목적으로 조합원 농장에서 현장평가를 하는 연구이고 출하 시까지 급여치 못하였기 때문에 설사빈도나 돈육의 이화학적 분석등의 추가적인 조사는 배제하였다.

마. 경제성 분석 (Economic analysis)

경제성 분석은 제조업체의 판매단가를 기준으로 개시부터 95kg체중 도달까지 소요된 총 사료비용에 근거하여 결정되었다. 총 사료섭취량과 사료가격을 통해 증체량 당 사료가격 (원)을 계산하고 이를 통해 각 성장단계 까지 총 사료비용을 산출하였다.

III. 실험 결과 및 고찰 (Results and discussion)

가. 사양성적 (Growth performance)

이유 자돈 사료 내 유제품의 절감에 따른 자돈의 성장 성적 그리고 육성전후기의 성장 성적을 표 59에 나타내었다. 자돈기 사양실험 결과, 시판되는 commercial 사료를 급여한 처리구 (high milk1, high milk2)보다 유제품 함량을 줄인 경제 사료 처리구 (low milk 처리구)가 수치적으로 성장 성적 (체중, 일당증체량, 사료섭취량, 사료효율)이 더 낮은 결과를 보였다. 육성기의 성장성적에서도 유제품함량이 적은 자돈 사료를 급여한 저스펙 처리구 (low milk)의 성장 성적이 수치적으로 고스펙 사료 처리구에 비해 낮게 나타났다. 이러한 결과는 앞선 실험전문 농장에서 수행했던 사양성적과 다른 결과이다. 이는 이유 자돈 사료 내 유제품함량을 절감하여 일반농가에 적용가능 할 경우 나타날 수 있는 결과 중 하나로 사료되며, 실

험전문 농장과 달리 일반 양돈농가의 사육환경 및 질병상황 등의 차이에 오는 결과로 보인다. 실험전문 농장에서는 실험을 위하여 농장의 소독 및 수세를 수행하고 건강한 실험돼지들을 선발하여 실험을 수행하는 반면, 일반 양돈농가에서는 실험을 위한 위생적인 환경 제공 및 돼지를 선발하여 실험을 수행할 여건이 되지 않기 때문이다. 따라서 본 현장실증 연구를 통해서는 질병이 지속적으로 발생하는 농장에서 유제품 함량을 절감 시에는 돼지의 성장 성적이 양돈농가가 원하는 수준에 못 미칠 수도 있을 것으로 생각되며 나아가 농가의 수익에 부정적인 영향을 줄 수도 있을 것으로 사료된다.

표 59. 이유 자돈 사료 내 유제품 조정에 따른 성장 성적

Criteria	Treatment		
	Commercial High milk 1	High milk 2	Low milk
Body weight, kg			
Initial	6.50	6.48	6.52
2 week	10.90	10.00	9.60
6 week	21.12	18.58	16.86
10 week	42.56	39.76	37.30
17 week	94.60	91.20	85.40
ADG, g			
0-2 week	314	251	220
3-5 week	487	409	346
0-5 week	708	610	568
6-10 week	766	756	730
11-17 week	929	919	859
0-17 week	740	712	663
ADFI, g			
0-2 week	450	400	370
3-5 week	880	750	700
0-5 week	708	610	568
6-10 week	1,900	1,910	1,890
11-17 week	2,499	2,451	2,442
0-17 week	1,831	1,782	1,761
FCR			
0-2 week	1.432	1.591	1.682
3-5 week	1.808	1.836	2.025
0-5 week	1.695	1.764	1.923
6-10 week	2.689	2.668	2.843
11-17 week	2.629	2.626	2.767
0-17 week	2.474	2.503	2.657

표 5. 이유 자돈 사료 내 유제품 절감에 따른 경제성 분석

Criteria	Treatment		
	Commercial		Low milk
	High milk 1	High milk 2	
Feed cost per weight gain, won/kg			
0-2 week	2,189	2,433	2,572
3-5 week	1,767	1,793	1,978
6-10 week	1,219	1,240	1,271
11-17 week	1,210	1,201	1,279
0-17 week	1,326	1,322	1,392
Total feed cost per pig, won/head			
0-2 week	9,633	8,562	7,920
3-5 week	18,055	15,388	14,362
6-10 week	26,121	26,259	25,984
11-17 week	62,975	61,765	61,538
0-17 week	116,784	111,974	109,804
Total feed cost per pig, won/head (reached 95kg)	117,268	116,536	122,086
Days to market weight (reached 95kg), day	120	123	129

IV. 결론 (Conclusion)

본 연구는 자돈 사료 내 유제품 함량을 절감 시켜 실제 양돈농가 현장에 적용가능한지 그 가능성을 규명하고자 수행 되었다. 자돈 전기 유제품 함량은 15%, 후기에는 5%의 경제형사료와 일반 commercial diet를 급여하여 2개의 처리구로 사양실험이 진행되었다.

사양실험 결과, 시판되는 commercial 사료보다 유제품함량을 줄인 경제 사료 처리구가 더 좋은 결과를 보였다고 판단하기 어려웠다. 전반적으로 고스펙 처리구인 commercial diet를 급여한 돼지들의 성장율이 수치적으로는 더 높았다. 따라서 질병이 만연한 일반농장의 경우 유제품함량을 줄였을 경우 그렇지 않을 때보다 성장 성적에 더 부정적인 영향을 주었다. 경제성 분석결과 commercial diet를 급여한 고스펙 처리구가 유제품 함량을 줄인 저스펙 처리구보다 유리했다. 95kg 도달까지의 총 사료비에서 고스펙 처리구1 (high milk 1)보다는 12,000원, 고스펙 처리구2 (high milk 2)보다는 약 8,000원의 추가적으로 발생하였으며, 95kg 도달 일령도 고스펙 사료 처리구 (high milk 1,2)보다 각각 9일과 6일이 지연되는 결과가 나타났다. 따라서 질병이 만연하고 있는 농장의 경우는 유제품함량을 줄인 경제 사료를 자돈기에 먹이는 것은 양돈농가의 수익성 향상에는 기여하지 못할 것으로 생각된다. 결론적으로 자돈 사료 내 유제품 함량을 15%, 5% 까지 절감하였을 때 지속적인 소모성질병에 노출된 양돈농가 현장에서는 자돈, 육성기 돼지의 성장 성적에 부정적인 영향을 미칠 것으로 사료되며 농가의 경제성 측면에서도 유제품 함량을 줄였을 때 효과적이지 못한 것으로 사료된다.

연구 2. 자돈 사료 내 대체원료 (채종박)의 적정 첨가수준 검증 및 사료 배합비 개발

I. 서 론 (Introduction)

생산비의 가장 주요한 요인으로 작용하는 것은 사료비인데 이는 농가 수익과 직접적으로 연결된다. 사료 내 단백질 공급원으로서 대두박을 주로 사용하는데 이는 사료비상승의 원인으로 작용한다. 비록 현 시점에서 국제곡물가격이 안정하여 옥수수과 대두박의 가격이 다른 원료들에 비해 저렴하지만 변동하는 국제곡물가격을 고려한다면 대체원료 탐색이 필요하며, 대두박의 대체원료로서 채종박이 주목을 받고 있다 (Patrick 등, 2010; Smit 등, 2014). 채종박은 채종의 종자에서 기름을 짜고 난 껍묵이다. 근년, 유지자원으로서 채종씨의 생산은 현저히 증가하고 있으며 우리나라에도 상당량이 수입되고 있다. 채종박의 단백질 함량은 35% 정도이고, 아미노산 조성도 매우 양호하다. 약 10%의 조섬유를 함유하고 있으나 에너지는 그다지 높지 않다 (Bell, 1984). 채종박을 사료로서 이용하는 경우에 주로 문제가 되는 것은 그 속에 함유된 갑상선 비대물질인 유리고이트린등의 글루코시놀레이트 (glucosinolate)인데, 이것을 많이 함유하고 있는 채종박을 다량 급여하게 되면 가축 특히 가금에 나쁜 영향을 끼치게 된다. 최근 캐나다에는 유리고이트린 함량이 대단히 적은 채종 품종이 개발되어 이를 카놀라 (canola)라고 하는데, 제유공정에서 적당한 가열처리를 하면 코이트린을 불활성화 할 수 있다. 유리고이트린 함량이 낮은 채종박은 육성기의 가축. 가금에는 사료 중 10% 정도까지 배합할 수 있지만 자돈, 중돈, 산란계에 대해서는 5% 이하로 배합하는 것이 좋다 (Choi 등, 2015). 따라서 사료원료로서 채종박을 활용하기 위해서는 정확하고 구체적인 연구가 필요하다. 본 연구를 통하여 대두박을 대체하기 위한 단백질 원료로서의 채종박을 자돈 사료에 사용하여, 이에 대한 영양적 가치 평가 및 첨가수준을 규명하고자 한다.

II. 재료 및 방법 (Materials and methods)

가. 실험 동물 및 실험 설계 (Experimental animal and design)

28 ± 3일령에 이유한 평균 체중 7.28 ± 0.863kg인 삼원 교잡종 ([Yorkshire x Landrace] x Duroc) 이유 자돈 120두를 공시하여, 자돈전기 (0-3주), 자돈후기 (4-6주), 육성전기 (7-10주), 육성후기 (11-14주), 비육전기 (15-17주), 비육후기 (18-19주)로 나누어 각 시기별로 체중과 사료 섭취량을 측정하였다. 전체 5처리 4반복 돈방 당 6두씩 성별과 체중에 따라 난괴법 (RCBD; Randomized Complete Block Design)으로 배치하였다.

나. 실험 사료 (Experimental diet)

옥수수-대두박 위주로 실험사료의 기초사료 (basal diet)를 배합하였으며, 사육단계에 따라 영양소 요구량 (NRC, 1998)을 고려하여 배합을 실시하였으나 CP는 예외적으로 NRC, 2012 기준 Total nitrogen에 6.25를 곱한 값을 요구량으로 설정하였다. 실험사료의 대사에너지 (ME; metabolizable energy)는 Phase I (0-2주), Phase II (2-5주) 모두 3,265kcal/kg 이었다. 단백질 함량은 Phase I 에서 20.56%, Phase II에서 18.88%로, 라이신 (lysine)의 함량은 phase I 에서 1.35%, Phase II에서 1.15%에 맞춰 배합하였다. 채종박은 4개의 처리구에서 각각 2%씩 수준별로 증가시켜 첨가되었으며, 옥수수와 대두박을 통해 영양소 요구량을 충족시켜 주었다. 주요 실험사료의 원료 및 화학적 조성은 표 60, 61 (phase I) (phase II)에 제시된 바와 같다. 또한 채종박의 주요 항영양인자로 알려진 glucosinolates 및 erucic acid 함량을 표 62에 나타내었다.

다. 사양 실험 (Feeding trial)

사양실험 기간은 자돈기 6주, 육성비육기 13주로 총 19주간 진행되었다. 자돈기 실험돈은 플라스틱 베드가 설치된 컨테이너 돈사에서 사육되었으며, 육성-비육기에는 콘크리트 바닥이 있는 돈사로 이동하여 사육되었다. 자돈기에는 각 돈방에 하나의 사료급이기와 두 개의 니플 급수기가 설치되어 있었으며, 육성-비육기에는 각 돈방에 하나의 사료급이기와 한 개의 니플 급수기가 설치되어 있었다. 전체 실험 기간 동안 물과 사료는 무제한 자유 채식 (*ad libitum*)하도록 하였다. 돈방 온도는 실험 개시 후 첫 일주일간은 31℃를 유지하였으며, 매주 1℃씩 낮추어 6주차에는 25℃를 유지하게 하였다. 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료 종류의 변동 시점을 고려하여, 실험 개시 (Initial)기간을 기점으로 자돈전기 (0-3주), 자돈후기 (4-6주), 육성전기 (7-10주), 육성후기 (11-14주), 비육전기 (15-17주), 비육후기 (18-19주)의 종료일에 측정하여 일당증체량 (average daily gain; ADG), 일일 사료섭취량 (average daily feed intake; ADFI), 사료효율 (gain to feed ratio; G:F ratio)을 계산하였다.

라. 혈액 정상 (Blood profiles)

실험 개시 시점에 임의적으로 경정맥에서 6두의 혈액을 채혈하였으며, 실험 개시 일 이후에는 각 사육단계별 체중 측정 시 처리별로 6두씩 총 24의 혈액을 채취하였다. 혈액은 disposable culture tube에 포집하여 3,000 rpm, 4℃ 상태로 15분 동안 원심분리 하였다. 그 후 micro tube 보관용기에 혈청만을 분리하여 분석 시까지 -20℃로 보관하였다. BUN은 kinetic UV assay 검사법을 (Modular analytics, PE model)를 이용하여 분석하였

고 T3, T4는 ECLIA 검사법 (Modular analytics, PE model), HDL, LDL, Total cholesterol은 enzymatic colorimetric assay 검사법 (Modular analytics, PE model), Glucose는 enzymatic kinetic assay 검사법 (Modular analytics, PE model)을 이용하여 분석하였다.

표 60. 실험사료의 사료배합비와 성분표 (Phase I)

Ingredients	Control	A (2%)	B (4%)	C (6%)	D (8%)
Corn	37.29	36.55	35.79	35.07	34.30
SBM	31.33	29.80	28.28	26.77	25.25
Barley	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Rapeseed meal	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00
Whey powder	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Lactose	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Soypeptide	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81
Soy-oil	1.14	1.44	1.75	2.04	2.35
MDCP	1.38	1.33	1.30	1.24	1.20
Limestone	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01
L-lysine-HCl, 78%	0.28	0.29	0.30	0.30	0.31
DL-met, 80%	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05
L-threonine, 99%	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13
Vit. Mix ¹	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
ZnO	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Sum	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition³					
ME, kcal/kg	3,265.02	3,265.02	3,265.03	3,265.01	3,265.03
CP, %	20.56	20.56	20.56	20.56	20.56
Lysine, %	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Methionine, %	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Ca, %	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Total P, %	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65

¹ Provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 8,000 IU; vitamin D₃, 1,800 IU; vitamin E, 60 IU; thiamine, 2mg; riboflavin, 7mg; calcium pantothenic acid, 25mg; niacin, 27mg; pyridoxine, 3mg; biotin, 0.2mg; folic acid, 1mg; vitamin B₁₂, 0.03mg

² Provided the following per kilogram of diet : Se, 0.3mg; I, 1mg; Mn, 51.6mg; CuSO₄, 105mg; Fe, 150mg; Zn, 72mg; Co, 0.5mg

³ Calculated values

표 61. 실험사료의 사료배합비와 성분표 (Phase II)

Ingredients	Control	A (2%)	B (4%)	C (6%)	D (8%)
Corn	47.25	46.52	45.79	45.03	44.31
SBM	27.08	25.54	24.03	22.51	20.98
Barley	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Rapeseed meal	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00
Whey powder	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Lactose	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Soypeptide	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81
Soy-oil	1.01	1.30	1.60	1.91	2.20
MDCP	1.20	1.15	1.10	1.05	1.00
Limestone	0.89	0.89	0.88	0.89	0.88
L-lysine-HCl, 78%	0.18	0.19	0.19	0.20	0.21
DL-met, 80%	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01
L-threonine, 99%	0.01	0.02	0.03	0.05	0.06
Vit. Mix ¹	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
ZnO	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Sum	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition³					
ME, kcal/kg	3,265.04	3,265.05	3,265.02	3,265.01	3,265.00
CP, %	18.88	18.88	18.88	18.88	18.88
Lysine, %	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Methionine, %	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Ca, %	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Total P, %	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

¹ Provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 8,000 IU; vitamin D₃, 1,800 IU; vitamin E, 60 IU; thiamine, 2mg; riboflavin, 7mg; calcium pantothenic acid, 25mg; niacin, 27mg; pyridoxine, 3mg; biotin, 0.2mg; folic acid, 1mg; vitamin B₁₂, 0.03mg

² Provided the following per kilogram of diet : Se, 0.3mg; I, 1mg; Mn, 51.6mg; CuSO₄, 105mg; Fe, 150mg; Zn, 72mg; Co, 0.5mg

³ Calculated values

표 62. 실험사료 내 glucosinolates 및 erucic acid 함량과 일당 섭취량^{1,2}

Item ³	A (2%)	B (4%)	C (6%)	D (8%)
Glucosinolates in diet, μ mol/g	0.76	1.52	2.28	3.04
Daily glucosinolates intake, μ mol/g	568.48	1,019.92	1,527.60	2,048.96
Erucic acid in diet, mg/g	0.15	0.29	0.44	0.59
Daily Erucic acid intake, mg/g	112.20	194.59	294.80	397.66

¹ A : Basal diet + 2% rapeseed meal, B : Basal diet + 4% rapeseed meal, C : Basal diet + 6% rapeseed meal, D : Basal diet + 8% rapeseed meal

² Glucosinolates content in the diets was equivalent to 0.76, 1.52, 2.28 and 3.04 μ mol/g for 2, 4, 6 and 8 % of RSM supplementation respectively. Erucic acid content in diet was equivalent to 0.15, 0.29, 0.44 and 0.59 mg/g for 2, 4, 6 and 8 % of RSM supplementation respectively

³ Calculated values

마. 면역 성상 (Immune response)

면역글로불린을 조사하기 위해 이유 시, 3주차, 6주차에 경정맥에서 혈액을 채취하였다. 채혈 후 4℃에서 3,000 rpm 으로 15분간 원심 분리하였다. 원심분리 후 혈청을 분리하여 분석 전까지 냉동 보관하였다. 혈청 내 면역글로불린 성상 분석을 위하여 IgG와 IgA를 ELISA 방법을 통해 분석이 진행되었으며, 분석 kit로 ELISA accessory starter kit (E101; Bethyl Laboratories Inc., USA)와 quantitation kit (E100; BETHYL)가 사용되었다. 혈청 내 면역글로불린 함량은 mg/g으로 표시하였다.

바. 영양소 소화율 (Nutrient digestibility)

대두박 대체제로서 자돈기 사료 내 채종박의 수준별 급여가 영양소 소화율에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 거세돈 15두를 5처리 3반복에 완전임의배치법 (Complete randomized design; CRD)으로 대사통에 1마리씩 넣어 배치하였다.

소화율 실험은 전분채취법으로 진행되었으며, 적응기 (adaptation period) 5일과 본 실험기 (collection period) 5일, 총 10일 동안 수행하였다. 5일 간의 본실험기 동안 하루에 한 번씩 동일한 시간 (19:00)에 분과 뇨를 채취하였으며, 실험사료는 평균 체중을 기준으로, 5.0 %를 정량하여, 하루에 두 번으로 나누어 (07:00 과 19:00) 제한 급여하였다. 본 실험 기간 동안 채취된 분은 냉동보관 (-20℃)하였으며, 건조기에서 70℃에서 72시간동안 건조한 후 분쇄하였다. 채취된 뇨는 암모니아의 휘산을 방지하기 위하여 10 % H₂SO₄ 30ml을 미리 부어 놓은 플라스틱 통에 매일 채취하였으며, glass wool을 이용하여 이물질을 걸러내었다. 채취한 뇨는 2000ml 까지 mass up을 하였으며, 즉시 냉동 보관 (-20℃)한 후 질소 이용률 분석을 위해 사용되었다. 사료, 분 및 뇨의 일반성분 (건물, 조단백질, 조지방 및 조회분)은 AOAC (1995) 방법에 따라 분석하였다.

사. 설사빈도 (Diarrhea incidence)

설사빈도 측정은 시험 개시 후 매일 오전 8시에 사양 실험돈을 대상으로 측정하였으며, 각 돈방의 모든 자돈들을 대상으로 향문주위의 수양성 설사 (watery diarrhea) 흔적을 가진 개체 수를 파악하였다. 설사빈도는 수양성 설사 흔적이 없는 돈방의 설사빈도를 1로 측정하였으며, 모든 개체의 향문 주위가 수양성 설사 흔적을 보였을 때의 설사빈도를 5로 하여 전 시험기간 동안 측정하였다.

아. 돈육의 pH 및 육색 (pH and Hunter value)

13주간의 육성·비육기 사양실험 종료 후 각 처리구별로 비육돈 5두씩 총 25두를 선발하여 돈육 품질을 조사하기 위하여 등심근을 채취하였다. 선발된 실험돈들의 평균체중은 111.2 ± 3.00 kg 이었고, 도축 후에 미추골로부터 아래로 5개 척추사이의 등심을 샘플링하여, 0, 3, 6, 12, 24 시간에 육색의 경우 Hunter system의 L, a, b 값을 chromameter (Minolta CM-508i, Japan)을 이용하여, pH는 pH meter (Bechman Coulter Φ 500 Series, USA)를 이용하여 측정하였다.

자. 보수력 (Water holding capacity)

Filter관 (VIDAS tubes, BIOMERIEUX, France)에 시료를 넣고 80 °C water bath에서 20분간 가열한 후, 10분간 상온에서 방냉시켰다. Filter관을 원심분리기를 이용하여 10 °C에서 2,000 rpm으로 10분간 원심분리 하고 시료의 감량을 측정하여 보수력을 계산하였다.

차. 전단력 (Shear force)

가열감량을 측정한 시료에서 근섬유 결 방향으로 core를 채취한 후 Warner-Bratzler sheat meter (G-R Elec. Mfg. CO., USA)로 전단력을 측정하였다.

카. 가열감량 (Cooking loss)

일정한 크기로 등심근을 잘라내어 무게를 잰 후 polyethylene bag에 넣고 80 °C water bath에서 40분간 가열한 후 20분간 수냉한 후 시료의 감량치를 계산하였다.

타. 경제성 분석 (Economic analysis)

경제성 분석은 제조업체의 2015년 12월 판매단가를 기준으로 개시부터 출하체중 도달까지 소요된 총 사료비용에 근거하여 결정되었다. 총 사료섭취량과 사료가격을 통해 증체량 당 사료가격 (원)을 계산하고 이를 통해 각 성장단계 및 115kg 출하체중 도달까지 총 사료비용을 산출하였다.

파. 통계 분석 (Statistic analysis)

사료의 일반성분 분석은 AOAC (1995) 방법에 따라 실시하였다. 본 실험의 data는 SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC)의 일반선형모형 (GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였다. 성장 성적 data의 경우 한 돈방이 experimental unit으로 설정하였으며, 혈액분석의 경우 실험돈 각 개체를 unit으로 설정하였다. 거저리 유충의 첨가에 따른 효과를 추정하기 위해 orthogonal polynomial contrast를 통해 거저리 유충의 첨가수준에 따른 linear 및 quadratic effect를 조사하였으며, 모든 통계적 분석에 있어 $P < 0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로, $P < 0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 간주하였다.

III. 실험 결과 및 고찰 (Results and Discussion)

가. 사양성적 (Growth performance)

자돈 사료 내 채종박의 첨가수준이 이유 자돈의 성장 성적 그리고 자돈기에 채종박을 수준별로 급여 받은 돼지의 육성, 비육기의 성장 성적을 표 63에 제시하였다. 자돈기 사양실험 결과, 성장 성적에서 Body Weight, ADG, ADFI, G:F ratio에서 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. 하지만 G:F ratio는 자돈기 (0-6주)에서 quadratic한 경향을 보였다 ($P=0.06$).

일반적으로 채종박 내에는 erucic acid, glucosinolates (goitrin), sinapine, tannins, pectins, oligosaccharides 등의 항영양인자들이 함유되어 있고, 특히, erucic acid와 glucosinolate의 높은 함량이 돼지의 성장을 저해하는 주 원인으로 작용하는 것으로 알려져 있다 (Bell, 1984). 특히 어린 동물일수록 glucosinolate에 더 민감하게 반응하며, 높은 함량의 glucosinolate는 산란계의 폐사율을 증가시키며 돼지에게도 치명적이다. 물고기로 한 실험에서도 갑상선의 기능과 성장에 해로운 영향을 미친다는 연구 결과도 보고되었다 (Burel 등, 2000a,b,c). Gill (1991)에 의하면 이유 자돈은 사료 내 채종박에 민감하게 반응하고, 사료 섭취와 체중 감소가 이유 첫 주부터 나타났으며 채종박을 자돈 사료 내 5% 이상 첨가할시 부정적인 영향을 보인다고 보고하였다. 하지만 본 실험에서는 이유 자돈 사료 내 채종박을 8%까지 첨가하여도 이유 자돈의 성장 성적에 부정적인 영향을 끼치지 않았다.

자돈기에 채종박을 수준별로 급여 받은 돼지의 육성, 비육기 사양실험 결과, 성장 성적에서 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. 육성기 체중 (14주), ADG (7-14주), G:F ratio (7-14주)에서 linear하게 감소하는 경향 ($P=0.09$)을 보였지만, 14주차 이후 모든 처리구에서 어떠한 경향도 나타나지 않았다.

채종박에는 3%정도의 tannin이 함유되어 있어 기호성과 이용률을 저하시키는 원인이 된다 (Mawson 등, 1994). 하지만 자돈기에 급여한 채종박의 첨가수준이 육성기의 사료섭취량에 어느 정도 영향을 미쳤다고 볼 수 있지만 그 이후에는 어떠한 영향도 볼 수 없었다. 결론적으로 자돈기 사료 내 채종박을 8%까지 첨가함으로써 단백질 원료인 대두박을 어느 정도 대체가능할 것으로 사료된다.

표 63. 자돈 사료 내 채종박 첨가수준에 따른 성장 성적

Criteria	Treatment ¹					SEM ²	P - value	
	Con	A	B	C	D		Lin.	Quad.
Body weight, kg								
Initial	7.28	7.28	7.28	7.28	7.28	-	-	-
3 week	10.75	11.04	10.68	10.55	10.24	0.333	0.27	0.98
6 week	22.18	22.90	22.40	21.91	21.41	0.566	0.20	0.93
10 week	43.32	45.02	44.43	41.81	41.21	0.943	0.10	0.85
14 week	67.20	72.75	69.42	63.68	66.50	1.505	0.09	0.23
17 week	90.23	96.26	93.06	88.52	90.18	1.643	0.12	0.26
19 week	106.63	111.85	109.42	104.74	106.79	1.668	0.18	0.29
ADG, g								
0-3 week	165	178	163	155	142	9.0	0.28	0.97
4-6 week	545	565	558	541	532	11.9	0.19	0.90
0-6 week	355	372	361	348	337	9.9	0.20	0.93
7-10 week	755	790	787	711	716	15.6	0.08	0.67
11-14 week	853	990	892	781	904	31.0	0.33	0.07
7-14 week	803	890	840	773	810	17.9	0.08	0.11
15-17 week	1097	1119	1126	1110	1127	17.9	0.93	0.77
17-19 week	1171	1113	1169	1159	1187	20.0	0.36	0.76
15-19 week	1127	1117	1143	1130	1151	14.1	0.64	0.95
0-19 week	747	786	768	733	749	11.6	0.18	0.29
ADFI, g								
0-3 week	305	314	309	293	290	11.8	0.42	0.92
4-6 week	1042	1181	1032	1047	1059	33.4	0.21	0.16
0-6 week	673	748	671	670	674	21.8	0.23	0.26
7-10 week	1778	1744	1711	1738	1679	31.9	0.72	0.57
11-14 week	2357	2373	2408	2365	2376	67.7	0.94	0.99
7-14 week	2068	2059	2059	2052	2027	45.6	0.87	0.89
15-17 week	2999	2273	2990	3058	2883	86.0	0.81	0.35
17-19 week	3735	3861	4154	3812	3872	81.0	0.45	0.94
15-19 week	3294	3231	3456	3359	3279	76.6	0.90	.050
0-19 week	1950	1953	1988	1960	1929	39.8	0.76	0.78
G:F ratio								
0-3 week	0.540	0.562	0.528	0.530	0.471	0.0147	0.16	0.66
4-6 week	0.524	0.479	0.541	0.525	0.508	0.0089	0.50	0.10
0-6 week	0.528	0.497	0.538	0.526	0.501	0.0072	0.96	0.06
7-10 week	0.425	0.456	0.461	0.409	0.426	0.0076	0.09	0.39
11-14 week	0.368	0.418	0.375	0.328	0.380	0.0112	0.31	0.06
7-14 week	0.392	0.433	0.410	0.378	0.400	0.0071	0.09	0.08
15-17 week	0.373	0.403	0.385	0.370	0.393	0.0113	0.69	0.34
17-19 week	0.316	0.290	0.284	0.304	0.306	0.0058	0.16	0.78
15-19 week	0.350	0.348	0.335	0.339	0.351	0.0072	0.74	0.55
0-19 week	0.386	0.403	0.389	0.375	0.388	0.0054	0.41	0.26

¹ Control : Corn-SBM based diet, A : Basal diet + 2% rapeseed meal, B : Basal diet + 4% rapeseed meal, C : Basal diet + 6% rapeseed meal, D : Basal diet + 8% rapeseed meal

² Standard error of the mean.

나. 혈액 성분 (Blood urea nitrogen, IGF-1)

자돈 사료 내 채종박의 첨가수준이 이유 자돈의 혈액 성상에 미치는 영향을 표 64에 나타내었다. BUN (blood urea nitrogen)은 아미노산의 이용에 대한 대표적인 지표로 사용되어 왔다 (Eggum, 1970). 혈중 BUN 농도를 분석한 결과, 3주차 D 처리구 (채종박 8%)에서 가장 낮은 수치를 보였으며 ($P < 0.05$), 6주차에서는 채종박 첨가수준이 증가 할수록 linear하게 감소했다 ($P < 0.01$). 채종박에 있는 항영양인자인 tannins과 phytic acid는 단백질과 아미노산 소화를 감소시키는 원인으로 작용 한다 (Bell, 1984; Green과 Kiener, 1989). 하지만 본 실험에서는 채종박을 첨가 할수록 체내 단백질합성이 더 활발해지는 결과가 나왔으며 이는 자돈 사료 내 채종박을 8%까지 첨가하여도 혈중 아미노산이용에 부정적인 영향을 끼치지 않는 것으로 사료된다.

Glucose에서는, 처리구간 통계적으로 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 하지만 3주차에서 linear하게 감소하는 경향이 나타났다 ($P = 0.07$). 채종박은 NSPs나 tannin과 같은 조섬유 함량이 높는데 이는 단백질과 에너지 이용성을 저해하는 요인으로 작용 한다 (Rutkowski, 1971). 자돈기 ADFI에서는 유의적인 차이가 나지 않은 것으로 보아 채종박의 체내 이용성이 떨어져서 이러한 결과가 나타난 것으로 사료된다.

Total cholesterol, LDL, HDL 분석결과 통계적으로 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 채종박 내에는 단일불포화지방산의 함량이 높는데 이는 LDL변화 없이 HDL수준을 증가시킨다 (Kratcht 등, 2004). 하지만 본 실험에서 자돈 사료 내 채종박을 8%까지 첨가하여도 Total cholesterol, LDL, HDL에 영향을 미치지 않는 것으로 발견되었다.

T3 (Triiodothyronine), T4 (Thyroxine)에서도 통계적으로 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 채종박 내 항영양인자 중 glucosinolate는 iodine의 결핍을 야기시켜, serum 내 T3와 T4의 농도를 증가시키고, 간과 갑상선의 비대증을 유발한다는 보고가 있었다 (Aumaitre 등, 1989). 본 실험에서는 자돈 사료 내 채종박의 첨가가 T3 와 T4에 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다.

결과적으로 자돈 사료 내 채종박의 첨가는 BUN과 glucose를 감소시키며, Total cholesterol, LDL, HDL, T3, T4에서는 유의적인 효과를 미치지 못하는 것으로 사료된다.

표 64. 자돈 사료 내 채종박 첨가수준이 이유 자돈의 혈액 성상에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹					SEM ²	P - value	
	Con	A	B	C	D		Linear	Quadratic
BUN³, mg/dL								
Initial	11.07	11.07	11.07	11.07	11.07	—	—	—
3 week	14.35 ^A	13.08 ^A	11.80 ^{AB}	12.68 ^A	9.10 ^B	0.632	0.15	0.11
6 week	10.21 ^a	11.08 ^a	9.55 ^{ab}	7.47 ^{bc}	7.00 ^c	0.443	<0.01	0.63
Glucose, mg/dL								
Initial	84.50	84.50	84.50	84.50	84.50	—	—	—
3 week	103.83	107.00	100.67	96.17	96.67	1.425	0.07	0.35
6 week	101.17	104.50	105.17	103.67	107.33	1.095	0.83	0.29
Total cholesterol, mg/dL								
Initial	161.00	161.00	161.00	161.00	161.00	—	—	—
3 week	59.33	60.17	68.67	60.50	66.83	2.007	0.77	0.76
6 week	82.17	80.67	86.83	73.71	85.17	1.941	0.76	0.33
LDL cholesterol, mg/dL								
Initial	106.33	106.33	106.33	106.33	106.33	—	—	—
3 week	29.17	31.00	33.33	31.50	33.83	2.394	0.85	0.68
6 week	45.67	44.17	45.67	40.00	43.50	3.790	0.88	0.71
HDL cholesterol, mg/dL								
Initial	52.50	52.50	52.50	52.50	52.50	—	—	—
3 week	23.00	23.33	27.50	22.33	28.00	0.941	0.46	0.33
6 week	28.83	29.67	32.67	31.33	33.33	0.767	0.55	0.79
T3 ng/mL								
Initial	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	—	—	—
3 week	0.14	0.11	0.24	0.25	0.16	0.027	0.96	0.14
6 week	0.14	0.25	0.29	0.15	0.23	0.032	0.40	0.42
T4 μg/dL								
Initial	24.45	24.45	24.45	24.45	24.45	—	—	—
3 week	23.97	21.60	22.09	23.28	20.76	1.290	0.99	0.53
6 week	19.91	23.33	21.12	23.18	16.57	1.220	0.11	0.48

¹ Control : Corn-SBM based diet

A : Basal diet + 2% rapeseed meal

B : Basal diet + 4% rapeseed meal

C : Basal diet + 6% rapeseed meal

D : Basal diet + 8% rapeseed meal

² Standard error of the mean.

³ Blood urea nitrogen.

^{AB} Means in a same row with different superscript letters significantly differ (P<0.05).

^{abc} Means in a same row with different superscript letters significantly differ (P<0.01).

다. 면역 성상 (Immune response)

자돈 사료 내 채종박의 첨가수준이 이유 자돈의 면역 성상에 미치는 영향을 표 65에 제시하였다. 이유 시점을 기준으로 이유, 3주차, 5주차에 혈액을 채취하여 혈청에서 IgG와 IgA를 분석하였는데, 처리구간에 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 하지만 자돈기 6주차 IgA에서 linear하게 감소하는 결과가 나왔다 (P=0.03).

IgG는 체액 면역을 대표하는 것으로 알려져 있으며 태반을 통해 흡수된 IgG는 자돈 출생 직후 면역체계를 관여하며, 이유 후 발생하는 외부 병원균에 의한 자돈의 설사 방어 기작에 핵심적 역할을 한다 (Rooke와 Bland, 2002). IgA는 모유에서 가장 많은 비율을 차지하고 있으며, 모두가 예전에 만났던 병원균에 대한 방어 기억을 포함하고 있다. 모유에서 분비된 secretory IgA항체는 자돈의 소화기, 호흡기, 비노기 등 병원성 대장균에 노출되기 쉬운 부위에서 점막에서 면역 체계를 형성하여, 자돈이 스스로 항체를 생산하기 전까지 구강을 통해서 감염되는 세균에 대한 방어를 담당 한다 (Brandtzaeg, 2003). 많은 스트레스 요인들은 체액과 세포내 면역에 영향을 주며 자돈에게 스트레스는 행동장애, 면역과 생리작용에 많은 변화를 준다 (Morrow-Tesch 등, 1994). 채종박 내 sunigrin, progoitrin은 쓴맛을 내며 특히 progoitrin은 myrosinase에 의해 쓴맛을 내는 goitrin으로 전변되어 동물의 사료섭취량 저하를 야기하며 이는 자돈에게 있어 큰 스트레스요인으로 작용하게 된다 (Tripathi와 Mishra, 2007). 이러한 스트레스로 인해 6주차 IgA에서 linear하게 감소하는 결과가 나온 것으로 사료된다. 하지만 처리구간 유의적인 차이가 없는 것으로 보아 자돈 사료 내 채종박을 8%까지 첨가하여도 면역 성상에 부정적인 영향을 끼치지 않을 것으로 생각된다.

표 65. 자돈 사료 내 채종박 첨가수준이 이유 자돈의 면역 성상에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹					SEM ²	P-value	
	Con	A	B	C	D		Linear	Quadratic
Serum IgG (mg/ml)								
Weaning	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67	-	-	-
3 week	2.67	2.50	1.97	2.37	2.54	0.088	0.23	0.32
6 week	2.78	3.23	2.73	3.38	3.25	0.180	0.94	0.65
Serum IgA (mg/ml)								
Weaning	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	-	-	-
3 week	5.02	3.91	3.43	3.80	4.16	0.294	0.28	0.97
6 week	0.56	0.82	0.54	0.56	0.48	0.041	0.03	0.34

¹ Control : Corn-SBM based diet
A : Basal diet + 2% rapeseed meal
B : Basal diet + 4% rapeseed meal
C : Basal diet + 6% rapeseed meal
D : Basal diet + 8% rapeseed meal
² Standard error of the mean.

라. 설사빈도 (Diarrhea incidence)

자돈 사료 내 채종박 첨가수준이 이유 자돈의 설사빈도에 미치는 영향을 표 66에 제시하였다. 실험 결과, 설사빈도에서 자돈기 전 기간 동안 모든 처리구에서 통계적인 유의차를 보이지 않았다. 하지만 수치상으로 이유 자돈 전기인 0-3주 동안에서의 설사빈도가 이유 자돈 후기인 4-6주에 비해 높게 나타난 것을 볼 수가 있다.

자돈은 이유를 하면서 급격한 환경의 변화와 수송스트레스, 사료교체에 따른 영양 스트레스로 인하여 이유 초기에 설사가 많이 발생 한다 (Monjan 등., 1977).병원성 미생물 (대장균 등)이 장 용모에 부착되어 기생하면서 독소를 배출하고 용모를 탈락시킨다. 그로 인해 용모가 짧아지고 용모에서 분비되는 소화효소의 양도 감소하며, 영양소를 흡수할 수 있는 면적도 감소하게 되어 설사가 발생하게 된다 (Monjan 등., 1977). 어린 동물일수록 채종박 내 항영양인자인 glucosinolate에 더 민감하게 반응하며, 높은 함량의 glucosinolate는 산란계의 폐사율을 증가시키며 돼지에게도 치명적이다. 또한 단백질과 아미노산 소화를 감소시키는 원인으로 작용하기 때문에 이유 후 자돈의 설사에 부정적인 영향을 미칠 수 있다 (Bell, 1984; Green과 Kiener, 1989).

본 실험결과 자돈 사료 내 채종박을 8%까지 첨가하여도 자돈의 설사빈도에 부정적인 영향을 주지 않는다고 사료된다.

표 66. 자돈 사료 내 채종박의 첨가수준이 이유 자돈의 설사빈도에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹					SEM ²	P - value	
	Con	A	B	C	D		Linear	Quadratic
Diarrhea scores³								
0-3 week	1.86	1.90	2.05	1.90	1.93	0.032	0.62	0.87
4-6 week	1.88	1.93	1.95	1.83	1.83	0.025	0.15	0.91
0-6 week	1.87	1.91	2.01	1.83	1.88	0.025	0.24	0.82

¹ Control : Corn-SBM based diet

A : Basal diet + 2% rapeseed meal

B : Basal diet + 4% rapeseed meal

C : Basal diet + 6% rapeseed meal

D : Basal diet + 8% rapeseed meal

² Standard error of the mean.

³ 0: No signs of diarrhea in pen, 5: All objects have signs of diarrhea in pen

마. 영양소 소화율 (Nutrient digestibility)

자돈 사료 내 채종박을 수준별로 첨가하였을 때 자돈 전기 소화율에 미치는 영향을 표 67에 나타내었다. 영양소 소화율 분석 결과 수분, 조단백, 조회분 및 조지방 소화율에 있어 어떠한 유의적인 차이도 나타내지 않았다. 마찬가지로 질소 retention 및 소화율에 있어서도 처리구간 통계적인 유의차는 나타나지 않았다.

따라서 채종박의 첨가수준은 이유 자돈의 영양소 소화율에 영향을 미치지 않는 것으로 볼 수 있다.

바. 돈육의 일반성분 및 이화학적 분석 (Proximate and physiochemical analysis)

자돈 사료 내 채종박의 첨가수준이 돈육의 일반성분 및 이화학적 특성에 미치는 영향을 표 68에 제시하였다. 돈육의 일반 성분 (수분, 단백질, 지방, 회분) 분석 결과, 처리구간의 통계적인 유의차는 발견되지 않았다. 이는 자돈 사료 내 채종박의 첨가수준이 돈육의 일반성분에 유해한 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

가열감량은 간접적인 보수력의 지표 중 하나로 일반적으로 보수력과 역의 상관관계를 갖는 것으로 알려져 있으며, 전단력은 고기의 질긴 정도를 기계적으로 측정된 수치로 보수력과 연관이 큰 것으로 알려져 있다 (Bouton 등., 1973). 돈육의 이화학적 특성에 대해 분석해본 결과, 자돈 사료 내 채종박의 첨가수준이 돈육의 이화학적 특성에 부정적인 영향을 미치지 않았다.

본 실험결과 자돈 사료 내 채종박을 8%까지 첨가하여도 돈육의 일반성분 및 이화학적 특성에 부정적인 영향을 주지 않는다고 사료된다.

표 67. 자돈 사료 내 채종박의 첨가수준이 이유 자돈의 영양소 소화율에 미치는 영향¹

Criteria	Treatment ²					SEM ³	P-value ⁴	
	Con	A	B	C	D		Linear	Quadratic
Nutrient digestibility, %								
Moisture	91.28	89.94	90.02	88.66	89.79	0.727	0.88	0.91
Crude protein	88.97	86.73	85.98	84.91	87.61	1.026	0.59	0.71
Crude ash	73.82	72.99	71.91	68.73	70.59	2.113	0.87	0.85
Crude fat	86.80	76.39	81.50	83.77	86.13	2.182	0.12	0.54
Nitrogen retention, g/day								
N intake	20.14	19.93	19.58	19.03	19.57	0.197	0.85	0.22
Fecal N	2.22	2.63	2.72	2.88	2.42	0.195	0.60	0.76
Urinary N	3.75	3.20	3.15	4.17	3.57	0.196	0.31	0.29
N retention ⁵	14.17	14.10	13.71	11.97	13.58	0.329	0.79	0.19

¹ Least squares means for 3 pigs per treatment. Initial BW: 13.22kg

² Control : Corn-SBM based diet

A : Basal diet + 2% rapeseed meal

B : Basal diet + 4% rapeseed meal

C : Basal diet + 6% rapeseed meal

D : Basal diet + 8% rapeseed meal

³ Standard error of the mean.

⁴ Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

⁵ N retention=N intake - Fecal N - Urinary N.

표 68. 자돈 사료 내 채종박의 첨가수준이 돈육 품질에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹					SEM ²	P-value	
	Con	A	B	C	D		Linear	Quadratic
Proximate analysis, %								
Moisture	74.31	74.31	73.52	73.70	73.65	0.131	0.57	0.53
Crude protein	24.64	24.41	23.72	23.51	24.11	0.134	0.72	0.12
Crude fat	1.68	1.39	2.12	1.87	1.46	0.150	0.81	0.21
Crude ash	1.17	1.34	1.20	1.25	1.17	0.032	0.17	0.51
Physiochemical property								
Cooking loss, %	30.05	31.97	32.24	31.88	31.85	0.357	0.34	0.59
Shear force, kg/0.5 inch ²	7.64	7.44	5.89	6.71	6.71	0.275	0.89	0.59
WHC ³ , %	68.81	63.67	66.13	66.32	65.48	0.665	0.20	0.12

¹ Control : Corn-SBM based diet

A : Basal diet + 2% rapeseed meal

B : Basal diet + 4% rapeseed meal

C : Basal diet + 6% rapeseed meal

D : Basal diet + 8% rapeseed meal

² Standard error of the mean.

³ Water holding capacity

사. 도축 후 pH 변화 (Pork pH)

돈육의 pH 변화는 돈육의 품질을 결정하는 중요한 요인으로 신선도, 보수력, 연도, 결착력, 육색, 조직감 등의 돈육 품질에 영향을 미치며, 돈육의 저장성 측면에서도 깊은 연관을 가진다. 일반적으로 도축 후 돈육의 초기 pH는 PSE육의 예측치로, 최종 pH는 DFD의 예측치로 그 효용성이 인정되고 있다. 일반적으로 도축 후 돈육에서 glycogen의 혐기적 해당작용에 의하여 젖산 (lactic acid)이 생성되어 pH는 떨어지게 된다 (Joo 등, 1994).

본 실험에서는 돈육의 pH 변화를 측정하기 위해 도축 후 총 6번 0, 3, 6, 12, 24 시간에 pH를 측정하였고, 보관 시에는 4°C 냉장상태로 보관하였다. 대두박 대체제로서 채종박을 자돈기에 급여한 돼지를 도축 후 돈육의 pH 변화에 미치는 영향을 아래의 표 69에 나타내었다. 측정결과 0, 3, 6, 12 시간 후의 돈육의 pH에서는 처리구간의 통계적 유의차가 발생되지 않았지만, 3시간 후의 돈육의 pH에서는 linear하게 감소하는 경향을 보였다 (P=0.08). 하지만 이러한 결과는 자돈기때 급여한 채종박의 첨가에 따른 영향으로 판단하기에는 다소 불분명하며, 24시간 후 pH값이 정상적인 범위 내에 분포하는 것으로 볼 때 PSE육이나 DFD발생의 가능성은 낮은 것으로 나타났다.

결론적으로 자돈기 때 채종박을 급여하여도 도축 후 돈육의 pH 변화에 유해한 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

표 69. 자돈 사료 내 채종박의 첨가수준이 육성, 비육돈의 도축후 pH 변화에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹					SEM ²	P-value	
	Con	A	B	C	D		Linear	Quadratic
Time after slaughter								
0 hour	5.53	5.88	5.90	5.66	5.71	0.056	0.10	0.39
3 hour	5.44	5.73	5.54	5.59	5.42	0.049	0.08	0.74
6 hour	5.46	5.63	5.56	5.49	5.46	0.043	0.23	0.69
12 hour	5.70	5.61	5.61	5.63	5.57	0.026	0.99	0.40
24 hour	5.79	5.68	5.69	5.68	5.63	0.028	0.95	0.36

¹ Control : Corn-SBM based diet
 A : Basal diet + 2% rapeseed meal
 B : Basal diet + 4% rapeseed meal
 C : Basal diet + 6% rapeseed meal
 D : Basal diet + 8% rapeseed meal

² Standard error of the mean.

아. 돈육의 육색 (Pork color)

소비자가 돈육을 매장에서 구매할시 가장 먼저 보는 것은 바로 육색이다. 이러한 특징 때문에 육색은 소비자가 돈육의 품질을 파악하고, 구매를 결정하는 데에 가장 큰 영향을 미치게 된다. 자돈 사료 내 채종박의 첨가수준이 육성, 비육돈의 도축후 육색 변화에 미치는 영향을 표 70에 나타내었다. 실험 결과 도축 후 0, 3hour에서 명도를 나타내는 hunter L value에서 quadratic한 경향을 보였다 (P=0.06;P=0.08). 또한 3, 6 hour에서 적색도를 나타내는 hunter a value에서도 quadratic한 경향을 보였으며 (P=0.06;P=0.06), 12hour에서 linear하게 증가하는 경향을 보였다 (P=0.07). 3hour에서 황색도를 나타내는 hunter b value에서 quadratic한 경향을 보였지만 (P=0.05),

12hour에서 linear하게 증가하는 경향을 보였다 (P=0.09). Joo 등 (1993)은 도축 후 24시간이 경과하였을 때 L 값 이 58이상이면 PSE 돈육이라고 기준을 명시하였는데, 본 실험에서는 모든 처리구에서 이보다 낮은 이상적인 수치를 나타냈다. 또한 육성, 비육돈 사료 내 채종박은 육질에 부정적인 영향을 미치지 않는다는 연구 보고도 있다 (McDonnell 등, 2010). 따라서 자돈기에 급여한 채종박이 육성 비육돈의 육질에 미치는 영향은 미비하다고 볼 수 있으며, 통계적으로 경향이 나왔지만 육색의 변화는 정상적인 수치를 기록한 점을 보아 자돈 사료 내 채종박의 첨가가 돈육의 육색에 부정적인 영향을 미치지 않으며, PSE육 및 DFD육과 같은 이상육 발생에도 직접적인 영향을 미치지 않는 것으로 볼 수 있다.

표 70. 자돈 사료 내 채종박의 첨가수준이 육성, 비육돈의 도축후 육색 변화에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹					SEM ²	P-value	
	Con	A	B	C	D		Linear	Quadratic
Hunter value, L³								
0 hour	40.26	38.78	40.28	40.40	38.92	0.391	0.91	0.06
3 hour	39.45	39.13	40.57	41.54	38.02	0.521	0.40	0.08
6 hour	42.06	40.25	43.84	42.83	41.26	0.634	0.96	0.15
12 hour	43.69	42.03	43.21	44.09	43.46	0.418	0.33	0.31
24 hour	45.52	44.53	45.02	46.39	45.97	0.437	0.37	0.60
Hunter value, a⁴								
0 hour	1.96	1.98	1.62	1.89	1.40	0.085	0.16	0.36
3 hour	2.52	2.28	2.11	2.96	1.75	0.175	0.49	0.06
6 hour	3.46	2.87	3.15	3.61	3.14	0.158	0.27	0.06
12 hour	4.08	3.59	4.11	4.68	4.74	0.210	0.07	0.52
24 hour	4.93	4.68	4.99	4.96	5.07	0.178	0.38	0.73
Hunter value, b⁵								
0 hour	4.20	4.24	4.08	3.88	4.74	0.078	0.97	0.28
3 hour	4.03	4.08	4.24	4.73	3.77	0.112	0.27	0.05
6 hour	5.31	4.74	5.51	5.44	5.20	0.148	0.53	0.20
12 hour	5.65	5.13	5.74	5.95	6.18	0.164	0.09	0.61
24 hour	6.21	6.29	6.68	6.78	6.86	0.165	0.58	0.91

¹ Control : Corn-SBM based diet, A : Basal diet + 2% rapeseed meal, B : Basal diet + 4% rapeseed meal, C : Basal diet + 6% rapeseed meal, D : Basal diet + 8% rapeseed meal

² Standard error of the mean.

³ L - luminance or brightness (vary from black to white).

⁴ a - red · green component (+a=red, -a=green).

⁵ b - yellow · blue component (+b=yellow, -b=blue).

자. 경제성 분석 (Economic analysis)

자돈 사료 내 채종박의 첨가수준이 경제성에 미치는 영향을 표 71에 제시하였다. 본 실험의 분석에 사용된 원료 가격은 실험 당시 사료의 공급단가를 기준으로 하였으며, 실험의 특성상 가공비용, 인건비 등을 제외하고 원료사료에 의한 사료가격을 기준으로 비교하였다. 통계분석 결과 처리구간 유의적인 차이는 나타나지 않았지만 C처리구가 다른 처리구에 비해 증체량 사료비, 출하 도달 일령에서 가장 높은 수치를 보였으며, A처리구가 control 처리구에 비해 증체량 사료비에서 3% 낮은 수치를 보였다. 출하일령 또한 control 처리구에 비해 4일 먼저 출하일령에 도달하였다. 115kg까지의 총 사료비에 있어서도 A 처리구가 Control 처리구에 비해 두당 8,674원 절감하는 결과를 나타내었으며, 이는 모돈 500두 규모, 모돈 회전율 2.3의 농가를 기준으로 하였을 때 연간 9,975만원의 사료비 절감 효과를 보인다고 할 수 있다.

따라서 본 실험결과 자돈 사료 내 채종박을 2%까지 넣었을 때가 가장 경제적인 것으로 사료된다.

표 71. 자돈 사료 내 채종박의 첨가수준이 경제성에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹					SEM ²	P-value	
	Con	A	B	C	D		Linear	Quadratic
Feed cost per weight gain, won/kg								
0-3 week	965	928	993	984	1,142	31.7	0.11	0.45
4-6 week	885	972	859	899	928	16.6	0.59	0.08
7-10 week	1,215	1,133	1,117	1,264	1,212	21.4	0.11	0.35
11-14 week	1,394	1,220	1,371	1,609	1,330	52.1	0.47	0.05
15-17 week	1,356	1,245	1,324	1,382	1,272	43.3	0.78	0.28
18-19 week	1,532	1,666	1,705	1,591	1,569	31.5	0.13	0.85
0-19 week	7,347	7,165	7,368	7,729	7,452	96.2	0.39	0.22
Total feed cost per pig, won/head								
0-3 week	3,298	3,414	3,371	3,201	3,176	128.0	0.45	0.90
4-6 week	10,138	11,500	10,081	10,261	10,410	325.3	0.25	0.16
7-10 week	25,595	22,205	24,625	25,019	24,160	858.1	0.42	0.30
11-14 week	33,400	33,626	34,115	33,512	33,657	959.6	0.94	0.99
15-17 week	31,242	29,287	31,145	31,847	30,033	896.2	0.81	0.35
18-19 week	25,098	25,944	27,916	25,620	26,018	551.0	0.45	0.94
0-19 week	128,771	125,976	131,252	129,460	127,455	2,836.6	0.98	0.62
Total feed cost per pig, won/head (reached 115kg)								
	141,565	132,891	141,808	146,032	141,210	2,242.0	0.30	0.16
Days to market weight (reached 115kg)								
	141	137	138	142	140	1.5	0.27	0.39

¹ Control : Corn-SBM based diet

A : Basal diet + 2% rapeseed meal

B : Basal diet + 4% rapeseed meal

C : Basal diet + 6% rapeseed meal

D : Basal diet + 8% rapeseed meal

² Standard error of the mean.

IV. 결론 (Conclusion)

본 연구는 자돈 사료 내 단백질 공급원인 대두박을 대체하기 위한 원료로서 채종박을 자돈 사료에 사용하여, 이에 대한 영양적 가치 평가 및 첨가수준을 규명하고자 수행 되었다. 채종박의 첨가수준은 0, 2, 4, 6, 8%의 5개 처리구로 사양실험이 진행되었다.

사양실험결과, 자돈기 성장 성적에서 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. 비록 사료효율에서 quadratic한 경향을 보였지만 이유 자돈의 성장 성적에 부정적인 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 자돈기에 채종박을 수준별로 급여한 돼지의 육성, 비육기 사양실험 결과에서도 성장 성적에서 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. 따라서 자돈 사료 내 채종박을 8%까지 첨가하여 기존 단백질 원료인 대두박을 어느 정도 대체가능할 것으로 사료된다.

혈액 성상에서는 채종박의 첨가수준이 증가함에 따라 6주차 BUN농도가 linear하게 감소하였으며, 3주차 glucose농도에서도 linear하게 감소하는 경향을 보였다.

Total cholesterol, LDL, HDL, T3, T4의 분석결과 처리구간 통계적 유의차가 발생하지 않았으며 자돈 사료 내 채종박의 첨가는 돼지의 갑상선 기능 및 혈중 콜레스테롤 농도에도 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

면역 성상 결과에서는 6주차 IgA에서 linear하게 감소하는 결과가 나왔지만 처리구간 유의적인 차이가 없는 것으로 보아 자돈 사료 내 채종박을 8%까지 첨가하여도 면역 성상에 부정적인 영향을 끼치지 않을 것으로 생각된다. 또한 자돈 사료 내 채종박 첨가가 자돈기 설사빈도에도 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

돈육 분석 결과 pH, 육색, 일반성분 및 이화학적 특성에서 처리구간의 통계적 유의차가 발생되지 않았지만, 3시간 후 돈육의 pH에서 linear하게 감소하는 경향을 보였으며 도축 후 0, 3hour에서 명도를 나타내는 hunter L value, 6 hour에서 적색도를 나타내는 hunter a value, 3hour에서 황색도를 나타내는 hunter b value에서는 quadratic한 경향을 보였다. 하지만 육색과 pH 모두 정상적인 수치를 기록한 점을 보아 자돈 사료 내 채종박의 첨가가 돈육에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 경제성 분석에서는 자돈 사료 내 채종박을 2%첨가한 처리구가 다른 처리구에 비해 가장 경제적으로 나왔다.

결론적으로 대두박 대체목적으로 자돈 사료 내 채종박을 8% 까지 첨가하여도 자돈, 육성·비육돈의 성장 성적, 설사지수, 돈육 품질, 혈액 성상 및 면역 성상에 부정적인 영향을 미치지 않을 것으로 사료되지만 경제성 측면에서는 첨가량을 고려해 봐야 할 것이다.

연구3. 일반농가 현장 실증 실험을 통한 경제성 분석

I. 서론 (Introduction)

양돈 사료는 원료에 있어서 국내 부존자원의 부족과 수입의존도 95%를 상회하는 실정이다 (한국사료협회, 2016). 현재는 국제곡물의 풍작으로 인한 공급량 과잉 지속으로 양돈 사료 내에 주요 원료인 옥수수과 대두박의 가격이 낮게 형성 되어 있지만 환율변동 등 다양한 요인에 의해 형성되어 있는 원료 가격을 낙관적으로 볼 수만은 없다. 환율 상승과 국제 사료 원료가격에 매우 민감하게 반응하는 국내 사료 가격의 불안정성은 결국 축산경영의 불안정성으로 이어지고 있다. 이는 축산농가의 축산물 생산비 압박을 더욱 가중시키고 있으며 FTA 진전, 축산물 소비 증가세의 둔화로 현재 축산 농가들은 경영에 어려움이 있다. 이 어려움을 극복하기 위한 일환으로써 축산물 생산비 압박을 최소화하기 위한 대체원료 탐색에 관한 연구가 활발히 이루어지는 중이다.

많은 대체원료 중에서도 최근 대체원료로 각광 받는 것이 팜박 (Palm kenel meal)이다. 팜박은 동남아시아 지역이 주 원산지인 팜 (palm)에서 기름을 짜고 남은 부산물로서 옥수수나 대두박에 비해 원료의 가격이 월등히 낮다. 또한 팜박의 영양학적 측면으로써는 단백질의 함량이 15-18%, Lysine의 함량이 0.49% 정도로 옥수수나 소맥피에 높은 편이다. 하지만 높은 섬유소 함량, 높은 비전분성다당류 (Non-Starch Polysaccharide) 함량, 낮은 기호성, 필수 아미노산의 부족 등으로 단위동물에서는 사용이 제한이 따르고 있다. 팜박의 비전분성 다당류 (Non-Starch Polysaccharide)의 대부분은 만난 (mannan)으로 구성되어 이러한 만난은 단위동물에 있어 항영양인자 (anti-nutritional factor)이며 돼지에 있어서는 포도당 대사 (glucose metabolism)를 방해하고, 인슐린 (insulin)의 분비를 억제하는 부정적인 영향을 갖고 있다 (Leeds 등, 1980). 하지만 미생물이나 곰팡이 등에서 생성되는 Mannanase 효소를 첨가하게 되면 mannan의 부정적인 영향을 줄일 뿐 아니라 팜박의 이용 효율을 높여 사료 효율 및 성장 성적 개선 효과까지 기대 할 수 있다 (jackson 등, 1999). 이미 국내 선행 연구에서도 육성-비육돈에서는 팜박을 16%까지 첨가 하였을 때 성장 성적에 부정적 영향을 미치지 않았으며 출하일령, 생산비 감소의 긍정적인 효과를 보였다 (Yoo, 2016).

국내 선행 연구였던 “자돈 팜박 수준별 첨가 사양 실험”을 통해 자돈에서 팜박 12% 첨가까지 가능함을 선행 연구를 통해 입증되었다. 따라서 본 실험은 이러한 선행연구를 바탕으로 현재 운영되고 있는 양돈농가에서 현장 실증 실험을 통해, 생산비 절감 및 생산성 향상을 기대할 수 있는지에 대한 효과를 평가해 보기 위해 수행되었다.

II. 실험 재료 및 방법 (Materials and methods)

가. 실험 동물 및 실험 설계 (Experimental animal and design)

사양실험을 위해 평균체중 7.06 ± 1.253 kg 의 삼원교잡종 ([Yorkshire \times Landrace] \times Duroc) 자돈 160두를 공시하여, 전라남도 무안군 청계면 송현리 624-9번 지 대우농장에서 수행되었다. 실험돈은 사료와 물의 자유 급이가 가능하고, 온도 조절이 용이한 돈사에서 사육되었으며, 일당중체량, 일당사료섭취량, 사료효율을 측정하기 위하여 자돈전기 (0-3주), 자돈후기 (4-6주)로 나누어 각 시기별로 체중과 사료 섭취량을 측정하였다.

자돈기 6주 동안 전체 2처리 4반복으로 돈방 당 20두씩 (암컷 10두, 수컷 10두씩)을 난괴법 (Randomized complete block design; RCBD)으로 배치하였으며 각 돈방 당 평균 체중을 기준으로 배치하였다. 실험의 처리구는 1) CON : Commercial diet (Dusan) 2) PKM12 : 영양소 요구량은 NRC (1998)기준으로 하였으며, CP는 높다고 생각되어 예외적으로 NRC (2012) 기준 Total nitrogen에 6.25를 곱한 값을 요구량으로 설정하여 옥수수-대두박 위주의 기초 사료에 팜박을 12% 첨가 후 팜박 내 mannan의 이용성을 높이기 위하여 사료에 만난분해효소를 첨가하였다.

나. 실험사료 (Experimental diet)

대조구는 두산사료에서 시판 중인 사료를 이용하여 자돈전기 (0-3주)는 “오리엔탈 W 2호”, 자돈 후기는 (0-6주)는 “오리엔탈 W 3호” 를 이용하였다. 팜박 처리구는 옥수수-대두박 위주의 기초 사료에 팜박을 12%를 첨가하여 실험사료를 배합하였다. 실험사료의 대사에너지 (ME : Metabolizable Energy)는 모든 실험기간 동안 3,265.00 kcal/kg 이었다. 라이신 (lysine)의 총 함량은 자돈 전기와 자돈 후기에 각각 1.35 %, 1.15 %이었으며, CP는 각각 20.56%, 18.88%로 설정하였다. 자돈구간에 사용한 사료의 배합비 및 영양소 함량을 표 72, 73에 제시하였다.

표 72. 자돈 전기 실험 사료 배합비 (0-3주)

Ingredient, %	Treatment
	PKM12
Corn	22.27
SBM	31.43
Barley	15.00
Sweet whey powder	4.00
Wheat bran	0.53
Lactose	8.00
Palm kernel meal	12.00
Soy-oil	3.39
MDCP	1.27
Limestone	1.01
L-lysine · HCl	0.31
DL-methionine	0.05
L-threonine	0.09
Vit. Mix ¹	0.10
Min. Mix ²	0.10
Salt	0.30
ZnO	0.05
CTCZyme	0.10
Sum	100.00
Calculated composition	
Total ME, kcal/kg	3,265.01
Total crude protein, %	20.56
Total lysine, %	1.35
Total methionine, %	0.35
Total Ca, %	0.80
Total P, %	0.65

¹ Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000 IU; Vit D₃, 3,200 IU; Vit. E, 35 IU; Vit. K₃, 5mg; Rivo flavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug.

² Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet : Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

표 73. 자돈 후기 실험 사료 배합비 (4-6주)

Ingredient, %	Treatment
	PKM12
Corn	33.74
SBM	26.85
Barley	15.00
Sweet whey powder	2.00
Wheat bran	0.31
Lactose	4.00
Palm kernel meal	12.00
Soy-oil	3.23
MDCP	1.09
Limestone	0.88
L-lysine · HCl	0.22
DL-methionine	0.02
L-threonine	0.03
Vit. Mix ¹	0.10
Min. Mix ²	0.10
Salt	0.30
ZnO	0.03
CTCZyme	0.10
Sum	100.00
Calculated composition	
Total ME, kcal/kg	3,265.03
Total crude protein, %	18.88
Total lysine, %	1.15
Total methionine, %	0.30
Total Ca, %	0.74
Total P, %	0.60

¹ Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000 IU; Vit D₃, 3,200 IU; Vit. E, 35 IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoiflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug.

² Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet : Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

다. 사양실험 (Feeding trial)

사양실험은 자돈전기 3주, 자돈후기 3주로 총 6주간 진행되었다. 사양실험 동안 실험돈은 플라스틱 베드가 설치된 컨테이너 돈사에서 사육되었으며 각 돈방에는 하나의 사료급이기와 두 개의 니플 급수기가 설치되어 있었다. 전체 실험 기간 동안 물과 사료는 무제한 자유채식 (*ad libitum*)하도록 하였다. 자돈전기에 돈방 온도는 31-29℃, 자돈후기에는 29-27℃를 유지하였다. 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료의 변동 시점을 고려하여 개시 시점 (initial), 자돈전기 (0-3주), 자돈후기 (4-6주)의 종료일에 측정하였으며, 각 사육 단계에 맞추어 일당증체량 (ADG : Average Daily Gain), 일당사료섭취량 (ADFI : Average Daily Feed Intake), 사료효율 (G:F ratio : Gain to Feed ratio)을 측정하였다.

라. 경제성 분석 (Economic analysis)

경제성 분석은 시험 사료 주문시의 사료 업계의 원료 도입 가격 (2016년 4월)을 기준으로 산출하였으며, 시험 사료 배합비에 맞추어 각각 Phase의 1kg당 단가를 계산하였다. 사양 기간 동안 이유 자돈의 1kg 당 증체에 소요되는 사료비용을 본 시험의 성장 성적인 G:F ratio와 사료 가격을 기준으로 분석하였다.

III. 실험 결과 및 고찰 (Results and discussion)

가. 성장 성적 (Growth performance)

대두박 대체제로서 팜박을 자돈 사료 내 첨가하였을 시, 자돈의 성장 성적에 미치는 영향을 표 74에 나타내었다. 실험 결과 3주차와 6주차 체중에 있어서 통계적인 유의차가 나타났으며, 팜박을 12% (PKM12) 첨가한 사료를 급여한 처리구가 CON 처리구에 비해 낮은 체중을 나타내었다 ($P<0.01$). ADG (평균일당증체량)에 있어서도 자돈 전기 (0-3주), 자돈 후기 (4-6주)에서 유의차가 나타나 ($P<0.01$) 부정적인 영향을 나타내었다. ADFI (평균일당사료섭취량)의 경우도 통계적인 유의차가 나타났으며, 자돈 전기와 후기 모두 팜박을 12% 첨가한 사료를 급여한 처리구에서 낮은 사료섭취량을 보였다 (각, $P<0.05$, $P<0.01$). G:F ratio (사료효율) 또한 자돈 전기 (0-3주), 자돈 후기 (4-6주)에서 유의차가 나타나 ($P<0.05$) 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 사료 내 팜박의 첨가 수준이 증가할수록 팜박의 낮은 에너지를 보충하기 위하여 사료 내 더 많은 양의 유지가 들어가게 된다. 그리고 Jaworski 등, (2014)은 팜박의 수준이 증가함에 따라 사료 내 ADF 와 NDF의 농도

가 증가하게 되며 이로 인해 사료의 부피가가 감소하게 되어 상대적으로 포만감을 빨리 느낄 수 있어 사료섭취량이 떨어질 수 있다고 보고하였다. 또한 팜박의 가공 처리 시 생기는 탄화현상으로 인해 기호성이 떨어지게 되는데 이것 또한 사료섭취량을 떨어뜨렸다고 사료된다.

결론적으로 현장에서 자돈 사료 내 팜박 12%첨가는 자돈구간에서 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

나. 경제성 분석 (Economic analysis)

팜박의 12%첨가가 경제성에 미치는 영향을 표 75에 제시하였다. 본 실험의 분석에 사용된 원료 가격은 실험 당시 사료의 공급단가 (두산생물자원, 2016년 4월 22일)를 기준으로 하였으며, 실험의 특성상 가공비용, 인건비용 등을 모두 제외하고 원료사료에 의한 사료가격을 기준으로 비교하였다. CON 처리구의 이유전기 사료인 두산 오리엔탈 W 2호의 가격은 kg당 1,515원, 이유후기 사료 오리엔탈 W 3호의 가격은 kg당 985원으로 경제성을 분석하였다. 또한 팜박 12%를 첨가한 이유전기 사료 가격은 kg당 476원, 이유후기 사료 가격은 kg당 416원으로 경제성을 분석하였다.

성장 성적을 반영하여 이유 자돈 1kg 증체 시 필요한 사료비용을 계산해본 결과, 전 구간에서 통계적으로 유의적인 차이가 나타났다. Feed cost per weight gain 전체 구간에서 CON 처리구의 경우 1,843원인데 반해 PKM12 처리구는 793원으로 고도의 유의차를 보였다. 따라서 팜박 12% 첨가가 경제성을 높인 것으로 사료된다.

다만 성장 성적을 바탕으로 고려하였을 때 PKM12처리구가 Control 처리구에 비해 4.63 kg 체중이 낮고, ADG가 366 g이므로 자돈기가 12.7일 증가함으로써 자돈 사료를 추가적으로 급여해야한다고 하였을 때 추가적으로 5,642원의 사료비가 들 것으로 예상할 수 있다. 그러나 자돈기 전체 사료비는 각각 36,889, 12,194 원이므로 PKM12 처리구가 24,695원 절감하는 효과를 보였으므로 전체적으로 보았을 때 PKM12 처리구가 Control에 비해 19,503원의 사료비 절감효과를 보인다. 반면에 추가 사육기간 12.7일은 모돈 회전율을 2.3으로 잡았을 때 1 cycle, 158.7일의 사육기간 중 약 8%를 차지하므로 두당 순수익을 100,000원이라 할 때 약 8,000원의 손실을 야기한다고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 자돈 두당 생산비를 11,503원 절감할 수 있으므로 모돈 500두 규모의 농장에서 연간 1억 3200만원의 생산비 절감을 통해 고수익을 올릴 수 있을 것으로 예상된다.

표 74. 팜박의 12% 첨가가 자돈의 성장에 미치는 영향

Criteria	Treatment		SEM ¹	P - value
	CON	PKM12		
Body weight, kg				
Initial	8.07	8.07	0.173	—
3 week	15.52	12.83	0.617	<0.01
6 week	28.08	23.45	1.064	<0.01
ADG, g				
0-3 week	354	226	26.1	<0.01
4-6 week	598	505	21.4	<0.01
0-6 week	476	366	23.3	<0.01
ADFI, g				
0-3 week	482	365	27.8	<0.05
4-6 week	1,042	976	23.8	<0.01
0-6 week	762	671	24.3	<0.01
G:F ratio				
0-3 week	0.738	0.622	0.0244	<0.05
4-6 week	0.574	0.518	0.0112	<0.05
0-6 week	0.625	0.546	0.0152	<0.01

¹ Standard error of the mean

표 75. 팜박의 12% 첨가가 경제성에 미치는 영향 (0-6주)

Criteria	Treatment		SEM ¹	P-value
	CON	PKM12		
Weaning phase I (0-3 week)				
Feed cost, ₩/kg ²	1,515	476	—	—
Total weight gain, kg/head	7.45	4.76	0.549	<0.01
Total feed intake, kg/head	10.12	7.66	0.584	<0.05
Feed cost/weight gain, ₩/kg	2,059	766	244.7	<0.01
Weaning phase II (4-6 week)				
Feed cost, ₩/kg	985	416	—	—
Total weight gain, kg/head	12.56	10.61	0.451	<0.01
Total feed intake, kg/head	21.87	20.50	0.500	<0.01
Feed cost/weight gain, ₩/kg	1,715	805	172.7	<0.01
Overall (0-6 week)				
Total feed cost, ₩/kg	36,889	12,194	4,727.2	<0.01
Total weight gain, kg/head	20.01	15.37	0.979	<0.01
Feed cost/weight gain, ₩/kg	1,843	793	198.8	<0.01
Mortality, head	2	1	—	—

¹ Standard error of mean

² Feed cost/weight gain (₩/kg)=[Total feed intake (kg/head) × Total feed cost (₩/head)] ÷ Total weight gain (kg/head)

IV. 결론 (Conclusion)

본 연구는 자돈 사료 내에서 기존의 단백질 공급원인 대두박을 팜박으로 12% 대체하였을 때 실제 운영되고 있는 양돈농가에서 적용하여 생산비 절감 및 생산성 향상을 기대할 수 있는지에 대한 효과를 평가해 보기 위해 수행되었다.

사양실험 결과, 전체 구간에서 팜박을 12%첨가 (PKM12) 사료를 급여한 처리구에서 체중, ADG, ADFI 및 사료효율 등 성장 성적이 모두 떨어지는 결과가 나타났다.

경제성 분석 결과, 성장 성적을 반영하여 이유 자돈 1kg 증체 시 필요한 사료비용을 계산해본 결과, 전 구간에서 통계적으로 유의적인 차이가 나타났다. 증체 당 사료비 전체 구간에서 CON 처리구의 경우 PKM12 처리구에 비해 이유 자돈 1kg 증체 시 1,050원의 비용이 추가적으로 발생하였다.

결론적으로 자돈 사료 내 팜박을 12% 첨가할 경우 이유 자돈의 성장 성적에서 부정적인 영향을 미쳐 현장에서 자돈 사료 내 팜박을 12%첨가하는 것은 어려울 것으로 사료된다.

연구 3-1. 일반농가 현장 실증 실험을 통한 경제성 분석 (자돈편)

I. 서론 (Introduction)

국내 양돈 산업의 가격경쟁력이 양돈선진국에 비해 크게 뒤처지는 점은 부인할 수 없는 현실이다. 생산비에 있어, 가장 많은 부분을 차지하고 있는 사료비는, 제조비용 중 원 재료비 비중이 80% 정도를 차지하고 있고, 그 대부분을 수입에 의존하고 있다. 따라서 수입원료의 가격변동과 폭등, 폭락이 국내 배합사료의 원가 상승 및 국내 축산관련 여러 분야에 큰 영향을 주게 된다. 우리나라뿐만 아니라 세계 여러 나라에서 위와 같은 문제를 해결하고 대비하기 위해 대안을 찾고 있고, 그 중 현실적으로 받아들여지고 있는 해결책이 원료사료 중 고가의 비중을 차지하고 있는 원료들을 대체하고 한두 가지 원료에 주력하지 않을 수 있는 대체원료의 이용이다.

이유 자돈의 경우 유당분해효소의 활성이 높으므로 이유 자돈 사료 내 고가의 유제품의 사용이 일반화 되어있다. 이러한 유제품의 수요는 생산량보다 감소되어 유당의 가격은 예전과 비슷한 가격대를 형성하고 있으나 2007-2008년의 경우 유당가격 폭등으로 인하여 2006년에 비해 2-3배가 폭등하였으며, 현재 주요 생산국인 오세아니아와 유럽의 경우 생산량이 감소하고 있어 이들의 수요가 증가하거나 주요 생산국에서 가뭄 발생 시 유당 가격이 또다시 폭등할 수 있는 불안정한 원료이다. 수요부족으로 인한 가격 상승은 유당의 품질 저하 및 수급의 불균형 문제를 초래하여 자돈 사료에 유제품의 첨가가 매우 유동적으로 될 수밖에 없으므로, 유제품의 가격 변화를 쉽게 예측하기 어려운 상황에서는 앞으로의 원료사료 공급에 있어서 에너지 공급원인 유당의 대체 원료사료 개발이 매우 절실한 실정이다. 이유 자돈 사료의 경우 가장 고가의 주요원료는 우유 가공 원료들로 이중 유당 및 whey powder의 2014년 국내에서 1kg당 가격은 각각 1,400원 정도였다. 현재 유제품의 수요가 생산량보다 감소되어 유당의 가격은 예전과 비슷한 가격대를 형성하고 있으나 여전히 높은 가격대이고, 사료 연구 분야에서 이를 부산물이나 더 저렴한 물질로 대체하려는 연구가 활발히 진행 중에 있다. 그러나 현실적으로 이유 자돈용 사료 내에서 유제품을 영양적, 경제적으로 모두 완전히 대체 할 수 있는 물질들이 보편적으로 사용되기까지는 아직 많은 시간이 필요한 실정이다. 그러한 물질들의 대표적인 예로는 SDPP (Spray Dried Porcine Plasma), Sucrose, Enzyme-Hydrolyzed, Extruded rice등이 있으며, 현재 이들 대부분은 생산비가 높고, 수급 가능한 물량이 많지 않은 등 여러 문제점을 갖고 있다.

양돈 사료에 있어서 유당은 이유 자돈 사료에 있어서 주요 원료로 사용되고 있으며, 이유 자돈 소화기관의 환경과 성장능력 및 사료 섭취량을 향상시키는 것으로 널리 알려져 왔다 (Graham 등, 1981). 그리고 Frobish 등 (1970)과 Lawrence 등 (1983)은 이유 자돈에 지방과 유제품의 공급은 이유로 인한 이유 자돈의 사료섭취량의 감소 및 성장지연을 줄일

수 있고, 지방의 첨가는 지방산 소화율 개선, 증체율 및 사료 효율을 개선시킨다고 보고하였다. 그러나 Mahan 등 (2004)은, 이유 자돈 일령이 증가 할수록 사료 내 유당을 증가시켰을 때 자돈의 성장능력을 개선시키는데 있어서 큰 영향을 미치지 못한다고 보고 하였는데, 이는 소화기관내 다른 탄수화물 소화효소의 발달이 급격히 이루어지는 이유 후 1-2주부터는 이유 자돈 사료 내 유당 함량을 감소시킬 수 있다는 사실을 설명하고 있다. 최근 이유 자돈 사료 내 유제품의 함량을 줄이는 대신 자돈이 소화하기 쉬운 곡류 대체물질들을 개발하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

따라서 본 연구는 실험전문농장과 조합원농장에서 1차년 연구3의 “자돈 사료 내 유제품의 절감 수준이 자돈-육성-비육돈에 미치는 영향” 관련한 선행연구의 결과를 기초로 하여, 실제 양돈농가에 적용하기 위한 적정 유제품 비율을 검증하기 위하여 일반농가대상의 현장 실증실험을 수행하였다.

II. 실험 재료 및 방법 (Materials and methods)

가. 실험 설계 (Experimental design)

본 일반농가 현장실증 실험의 처리구는 다음과 같다 (표 76). 0000농협에서 시판중인 commercial 사료는 ‘부경1’, ‘부경2’, 경쟁사시판중인 자돈 사료를 ‘외부’, 이후 처리구는 NRC (1998)의 영양소 요구량을 충족하는 옥수수-대두박 위주의 기초 사료로서 ‘20/7’ : 기초사료 + 유제품 자돈전기 : 20%, 자돈후기 : 7%, ‘15/5’ : 기초사료 + 유제품 자돈전기 : 15%, 자돈후기 : 5%, ‘15/4’ : 기초사료 + 유제품 자돈전기 : 15%, 자돈후기 : 4%, ‘13/13’ : 기초사료 + 유제품 자돈전기 : 15%, 자돈후기 : 15%, ‘15/3’ : 기초사료 + 유제품 자돈전기 : 15%, 자돈후기 : 3%, ‘13/3’ : 기초사료 + 유제품 자돈전기 : 13%, 자돈후기 : 3%, ‘10/3’ : 기초사료 + 유제품 자돈전기 : 10%, 자돈후기 : 3% 급여하였다.

일반농가 현장실증 실험은 경상남도 김해지역인근 농장과 경남 고성과 산청에 위치한 농장에서 진행하였다. 본 사양실험은 여러 양돈농가들을 대상으로 실험을 수행함으로써 데이터의 신뢰도를 높이고자 처리구간의 반복수를 늘리는 것보다 농가의 수를 증가하는 방식을 사용하였다. 사양실험을 수행한 농장별 실험 수행 현황을 아래의 표 77에 제시하였다.

나. 실험사료 (Experimental diet)

옥수수-대두박을 실험사료의 기초사료 (basal diet)로 이용하였으며, 자돈전기 및 자돈후기에 사육 시기에 맞추어 유제품을 수준별로 첨가하여 실험사료의 배합을 실시하였다. 실험사료의 대사에너지 (ME : Metabolizable Energy)는 모든 실험기간 동안 3,265.00

kcal/kg 이었다. 라이신 (lysine)의 총 함량은 자돈 전기와 자돈 후기에 각각 1.35 %, 1.15 %이었으며, CP는 각각 23.70 %, 20.90%로 설정하였다. 유제품을 수준별로 감소함에 따라 조단백질 함량을 맞추어주면서 옥수수과 대두유로 대체하였다. 자돈구간에 사용한 사료의 배합비 및 영양소 함량을 표 78, 79 및 80에서 제시하였다.

표 76. 실험 처리구

처리구	유제품 함량	사료
부경1	비공개	0000농협에서 시판중인 commercial 사료
부경2	비공개	0000농협에서 시판중인 commercial 사료
외부	-	경쟁사의 시판중인 commercial 사료
20/7	전기 20% 후기 7%	NRC (1998)의 영양소 수준을 충족하는 옥수수-대두박 위주의 배합사료
15/5	전기 15% 후기 5%	NRC (1998)의 영양소 수준을 충족하는 옥수수-대두박 위주의 배합사료
15/4	전기 15% 후기 4%	NRC (1998)의 영양소 수준을 충족하는 옥수수-대두박 위주의 배합사료
13/13	전기 13% 후기 13%	NRC (1998)의 영양소 수준을 충족하는 옥수수-대두박 위주의 배합사료
15/3	전기 15% 후기 3%	NRC (1998)의 영양소 수준을 충족하는 옥수수-대두박 위주의 배합사료
13/3	전기 13% 후기 3%	NRC (1998)의 영양소 수준을 충족하는 옥수수-대두박 위주의 배합사료
10/3	전기 10% 후기 3%	NRC (1998)의 영양소 수준을 충족하는 옥수수-대두박 위주의 배합사료

표 77. 현장 실증 사양 실험 수행 현황

	농장명 (농장주/지역)	공시두수 (두)	처리구 수	처리구당 두수	처리구명	관련 결과 표
검증 1	금○ 농장	120	4	30	부경1, 부경2, 15/5, 10/3	표81
검증 2	금○ 농장	112	4	28	부경1, 15/5, 13/3, 10/3	표82
검증 3	금○ 농장	92	3	30,32,30	부경1, 부경2, 15/5	표83
검증 4	산○ 농장	285	2	140,145	부경1, 10/3	표84
검증 5	진○ 농장	93	3	21	부경1, 15/5, 13/3	표85
검증 6	성○ 농장	92	3	30,32,32	부경1, 15/5, 13/3	표86
검증 7	천○ 농장	180	3	60	부경1,13/13 13/13	표87
검증 8	무○ 농장	75	3	25	부경1, 외부, 15/3	표88
검증 9	금○ 농장	69	3	23	부경1, 외부, 15/3	표89
검증 10	금○ 농장	90	3	30	부경1, 외부, 15/3	표90
검증 11	금○ 농장	148	6	25,25,25,24,24,25	부경1, 외부, 20/7, 15/5, 15/3, 10/3	표91
검증 12	금○ 농장	96	4	24	부경1, 외부, 20/7, 15/5	표92
검증 13	금○ 농장	84	3	28	부경1, 외부, 15/3	표93
검증 14	산○ 농장	120	4	30	부경1, 외부, 20/7, 15/3	표94
검증 15	산○ 농장	295	3	118,88,89	부경1, 15/5, 10/3	표95
검증 16	고○ 농장	326	3	112,110,104	부경1, 15/5, 10/3	표96

표 78. commercial 사료 조단백질 함량 (등록성분기준, 이상)

	처리구		
	부경1 (업마)	부경2 (포키)	외부 (경쟁사)
Phase I	CP:20.0%	CP:18.0%	CP:19.0%
	Fat: 6.0%	Fat: 3.0%	Fat: 7.0%
	3,600 DE	3,300 DE	3,750 DE
	Lys:1.3%	Lys:1.0%	Lys:1.4%
Phase II	CP:19.0%	CP:17.0%	CP:18.5%
	Fat: 5.0%	Fat: 2.8%	Fat: 6.5%
	3,500 DE	3,300 DE	3,650 DE
	Lys:1.2%	Lys:1.00%	Lys:1.35%

표 79. 자돈 전기 (Phase I) 실험 사료 배합비 (0-2주)

	Treatment					
	20/7	15/5	15/3	13/13	13/3	10/3
Ingredients, %						
Corn	18.61	30.07	30.07	32.91	32.91	36.45
SBM	38.98	32.06	32.06	31.05	31.05	30.32
Wheat bran	1.71	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Whey powder	8.00	7.00	7.00	5.50	5.50	4.00
Lactose	12.00	8.00	8.00	7.50	7.50	6.00
Fish meal	2.83	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Barley	7.13	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Oat	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Soy-oil	2.01	2.00	2.00	2.21	2.21	2.38
MDCP	1.37	1.37	1.37	1.39	1.39	1.40
Limestone	0.59	0.63	0.63	0.65	0.65	0.65
L-Lysine-HCl	0.09	0.10	0.10	0.12	0.12	0.13
DL-met	0.03	0.07	0.07	0.02	0.02	0.02
Vit. Mix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Choline · Cl (50%)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
ZnO	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
BIOZYME	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition						
Total ME, kcal/kg	3,265.00	3,265.05	3,265.05	3,265.06	3,265.06	3,265.00
Total crude protein, %	23.70	23.70	23.70	23.70	23.70	23.70
Total lysine, %	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Total methionine, %	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Total Ca, %	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Total P, %	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65

¹ Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000 IU; Vit D₃, 3,200 IU; Vit. E, 35 IU; Vit. K₃, 5mg; Riboflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug.

² Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet : Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

표 80. 자돈 후기 (Phase II) 실험 사료 배합비 (3-4주)

	Treatment					
	20/7	15/5	15/3	13/13	13/3	10/3
Ingredients, %						
Corn	40.41	42.48	44.69	32.91	44.69	44.69
SBM	30.25	30.23	30.04	31.05	30.04	30.04
Wheat bran	2.23	2.12	2.03	2.00	2.03	2.03
Whey powder	3.00	2.00	1.20	5.50	1.20	1.20
Lactose	4.00	3.00	1.80	7.50	1.80	1.80
Fish meal	2.75	2.68	2.64	3.00	2.64	2.64
Barley	7.13	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Oat	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Soy-oil	1.91	2.00	2.04	2.21	2.04	2.04
MDCP	1.20	1.25	1.27	1.39	1.27	1.27
Limestone	0.45	0.53	0.56	0.65	0.56	0.56
L-Lysine-HCl	0.07	0.11	0.13	0.12	0.13	0.13
DL-met	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
Vit. Mix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Choline · Cl (50%)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
BIOZYME	0.10	0.10	0.10	0.05	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition						
Total ME, kcal/kg	3,265.00	3,265.08	3,265.07	3,265.07	3,265.07	3,265.07
Total crude protein, %	20.90	20.90	20.90	20.90	20.90	20.90
Total lysine, %	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Total methionine, %	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Total Ca, %	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Total P, %	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

¹Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000 IU; Vit D₃, 3,200 IU; Vit. E, 35 IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoiflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug.

²Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet : Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

다. 사양실험 (Feeding trial)

사양실험은 자돈전기 2주, 자돈후기 2주로 총 4주간 진행되었다. 전체 실험 기간 동안 물과 사료는 무제한 자유채식 (*ad libitum*)하도록 하였다. 자돈기에 돈방 온도는 26-28℃ 정도를 유지하였으며, 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료의 변동 시점을 고려하여 개시 시점 (initial), 자돈전기 (0-2주), 자돈후기 (3-4주) 종료일에 측정하였으며, 각 사육 단계에 맞추어 일당증체량 (ADG : Average Daily Gain), 일당사료섭취량 (ADFI : Average Daily Feed Intake), 사료효율 (G:F ratio : Gain to Feed ratio)을 측정하였다.

라. 설사빈도 (Diarrhea incidence)

일반 양돈농가를 대상으로 실험을 수행하는 점을 고려하여 설사빈도 측정이 어렵다고 판단하여 측정하지 않았다.

마. 경제성 분석 (Economic analysis)

경제성 분석은 시험 사료 주문시의 사료 업체의 원료 도입 가격당시의 제조업체의 현지 점판매가격을 기준으로 산출하였으며, 시험 사료 배합비에 맞추어 각각 Phase의 1kg당 단가를 계산하였다. 사양 기간 동안 이유 자돈의 1kg 당 증체에 소요되는 사료비용은 본 시험의 성장 성적에서 나온 사료 섭취량과 증체량을 기준으로 분석하였다.

III. 실험 결과 및 고찰 (Results and Discussion)

기존 출시 제품 대비 유제품 수준 절감에 관한 선행연구결과를 적용한 사료들의 현장실증연구를 수행한 결과는 다음과 같다.

금○ 농장에서 실시한 부경1, 부경2, 15/5, 13/3, 10/3, 에 대한 현장 사양실험 결과 (표81, 표82, 표83), 부경1을 급여한 자돈의 성장 성적이 제일 좋았으며 그 다음으로는 유제품 함량이 10/3을 첨가한 처리구의 돼지의 성장이 높게 나타났다. 하지만 부경1 사료의 비용이 높아서 경제성 측면에서는 부경1사용이 가장 큰 사료비용의 지출을 야기하는 것으로 나타났다. 부경1과 부경2, 15/5 처리구를 비교한 실험에서는 (표 83) 부경1을 급여한 처리구의 성장 성적이 제일 좋았으며, 부경2 사료보다는 15/5 처리구의 성장 성적이 좋게 나타났다. 경제성 측면에서는 부경1 > 15/5 > 부경2 순으로 사료비용이 높은 것으로 나타났다. 검증1,2,3 연구를 통하여 부경1사료를 급여한 처리구의 성장 성적이 제일 우수하지만, 그 다음으로는 15/5처리구 보다는 10/3의 성장 성적이 더 우수한 것으로 나타났다. 경제성 측면에서는 부경1사료의 비용이 높은 점을 고려해볼 때, 15/5나 13/3의 유제품 함량 사료를

급여하는 것보다는 10/3 수준의 유제품함량을 사용하는 것의 농가의 경제성 측면에서 좋을 것으로 사료된다. 산0농장에서 실시한 검증4 연구 (표 84)에서는

검증1 실험결과를 기반으로 추가 실험을 수행하였으며 부경1사료를 급여한 처리구의 성장 성적이 10/3처리구보다 더 좋았지만, 사료비용도 높게 나타났다.

진○ 농장, 성○ 농장, 천○ 농장에서 실시한 검증 5, 6, 7 연구들은 부경1 사료와 유제품 함량 15/5, 13/3을 비교 및 현장 적용하기 위한 목적으로 수행하였다. 검증 5 연구 (진○ 농장, 표 85) 결과에서는 부경1사료를 급여한 처리구의 성장 성적이 제일 좋게 나왔으며 그 다음으로는 15/5, 13/3 처리구 순으로 높은 성장 성적을 나타냈다. 하지만 경제성 측면에서는 15/5 처리구의 사료를 급여한 돼지들의 사료비용이 가장 효율적이었다. 검증 6 연구 (성○ 농장, 표 86) 결과에서는 15/5 처리구가 부경1사료와 13/3 처리구보다 높은 성장 성적을 기록하였으며 경제성측면에서도 가장 우수한 결과를 나타냈다. 검증 5 연구와 검증 6 연구의 결과 중 유제품 함량이 13/3인 처리구의 성장 성적의 순위가 상반되는 결과가 나타나서 검증7 (천○ 농장, 표 87)에서 부경1의 1단계와 13을 연속급여 하여 다시 검증실험을 한 결과에서도, 부경1사료를 급여한 처리구가 성장 성적에서 더 좋은 결과를 보였다. 하지만 사료투자 대비 성장 효율면은 고려해볼 때 차라리 13/13적용한 사료를 사용하는 것이 경제성 측면에서는 양돈농가에 더욱 큰 이익을 가져다 줄 것으로 사료된다.

검증 8, 검증 9, 검증 10 연구 (표 88, 표 89, 표 90)는 부경1사료와 외부 경쟁사 제품, 유제품 함량 15/3을 비교 검증하는 연구로서, 경쟁사 및 기존 제품대비 유제품 절감 사료의 효과를 일반 양돈농가에서 검증하기 위해 수행되었다. 검증 8 연구 (표 88)에서는 부경1 처리구와 외부 처리구간의 성장 성적에는 차이가 없었으며, 경제성 측면에서는 외부사료가 더 우수한 것으로 나타났다. 검증 9 연구 (표 89)에서는 부경1>외부>15/3 처리구 순으로 성장 성적이 높게 나타났으며, 경제성 측면에서는 15/3 처리구가 제일 우수하게 나왔으며, 부경1과 외부는 경제성의 큰 차이가 나타나지 않았다. 검증 10 연구 (표 90)에서는 부경1과 외부, 15/3을 비교한 결과, 15/3 처리구가 다른 처리구들에 비해 성장 성적이 우수하게 나왔으며, 경제성 측면에서 우수하게 나타났다. 결론적으로 자돈기 성장 성적은 부경1처리구와 외부처리구, 15/3 처리구의 결과가 유의적으로 뚜렷한 결과가 나오지 않았지만 경제적 측면에서는 유제품함량 15/3 인 처리구를 급여하는 것이 가장 좋은 것으로 사료된다. 금○ 농장에서 수행된 검증 11 연구 (표 91)와 검증 12 연구 (표 92)는 부경1, 외부, 20/7, 15/5, 15/3, 10/3 처리구를 비교검증하여 현장적용하기 위해 수행되었다. 현장실증연구 결과, 15/5처리구와 10/3 처리구의 성장 성적과 경제성 모두 부경1과 외부 사료 처리구보다 우수한 결과가 나타났다. 또한 검증 12연구에서는 15/5 처리구의 성장 성적이 우수하고 경제성도 다른 처리구들에 비해 가장 우수하게 나타났다. 이러한 결과들을 종합하여 볼 때 부경1 사료나 외부 경쟁사 제품보다는 15/5 유제품 함량의 사료가 자돈기의 성장과 경제성 모두를 고려해볼 때 가장 우수하다고 사료된다.

검증 13 (금○ 농장, 표 93)과 검증 14 (산0 농장, 표 94) 연구결과에서는 부경1, 외

부, 15/3을 비교검증하여 현장적용하기 위한 연구로, 부경1>15/3, 20/7>외부 사료 처리구 순으로 성장 성적이 우수하게 나타났으며 경제성 측면에서는 15/3이 부경1과 외부사료에 비해 사료비용을 크게 절감하는 것으로 나타났다. 본 검증연구들을 통하여 부경1사료의 급여를 통하여 자돈기 높은 성장 성적을 기대할 수 있지만, 농가의 사료비용과 같은 경제성을 고려해볼 때 유제품함량이 15/3인 사료의 급여가 농가에게 이익이 될 것으로 사료된다.

검증 15, 검증 16, 검증 17 연구 (표 95, 표 96, 표 97)에서는 부경1, 15/5, 10/3의 현장적용 실증연구로써, 사양실험수행 결과 부경1사료의 성장 성적이 가장 우수하게 나타났으며 그 다음으로는 15/5 처리구, 10/3 처리구 순으로 성장 성적이 높게 나타났다. 하지만 부경 1사료를 급여한 돼지들의 성장 성적은 우수하지만, 사료비용을 고려한 농가의 경제성을 고려해볼 때 유제품 함량 15/5 처리구가 양돈농가의 입장에서 가장 도움이 될 것으로 사료된다.

표 81. 유제품 절감 수준이 자돈의 성장 과 경제성에 미치는 영향 (금○ 농장)

	처리구			
	부경1	부경2	15/5	10/3
체중, kg				
개시	3.94	5.95	4.82	5.64
2 주	7.23	7.82	7.29	7.89
4 주	11.98	11.91	11.50	12.56
일당중체량, g				
0-2 주	235	134	177	161
3-4 주	339	292	301	333
0-4 주	287	213	239	247
일당사료섭취량, g				
0-2 주	258	199	250	268
3-4 주	514	439	454	555
0-4 주	386	319	352	411
사료효율 (FCR)				
0-2 주	1.10	1.49	1.42	1.66
3-4 주	1.51	1.50	1.51	1.67
0-4 주	1.35	1.50	1.48	1.66
경제성 분석, 원				
0-2 주 사료비용	5,537	2,464	4,616	4,557
3-4 주 사료비용	7,035	4,333	5,495	5,787
총 사료비용	12,572	6,797	10,111	10,344
1kg중체당 사료비, 원				
0-2 주 사료비용	1,684	1,317	1,867	2,020
3-4 주 사료비용	1,480	1,059	1,305	1,240
0-4 주 사료비용	1,569	1,140	1,513	1,506

표 82. 유제품 절감 수준이 자돈의 성장 과 경제성에 미치는 영향 (금○ 농장)

	처리구			
	부경1	15/5	13/3	10/3
체중, kg				
개시	6.34	5.32	4.69	6.55
2 주	9.65	6.90	6.82	8.77
4 주	15.61	11.52	11.45	13.03
일당중체량, g				
0-2 주	236	113	152	158
3-4 주	426	330	331	362
0-4 주	331	244	175	260
일당사료섭취량, g				
0-2 주	263	225	243	297
3-4 주	510	472	454	512
0-4 주	387	358	375	404
사료효율 (FCR)				
0-2 주	1.11	2.00	1.60	1.88
3-4 주	1.20	1.43	1.37	1.42
0-4 주	1.17	1.47	2.11	1.56
경제성 분석, 원				
0-2 주 사료비용	5,637	4,153	4,481	5,044
3-4 주 사료비용	6,986	5,710	5,490	5,336
총 사료비용	12,623	9,863	9,971	10,380
1kg중체당 사료비, 원				
0-2 주 사료비용	1,706	2,629	2,102	2,281
3-4 주 사료비용	1,173	1,237	1,185	1,054
0-4 주 사료비용	1,374	1,547	2,043	1,359

표 83. 유제품 절감 수준이 자돈의 성장과 경제성에 미치는 영향 (금○ 농장)

	처리구		
	부경1	부경2	15/5
체중, kg			
개시	5.47	6.87	5.95
2 주	8.28	8.46	8.13
4 주	13.25	13.26	12.70
일당중체량, g			
0-2 주	200	113	155
3-4 주	356	343	327
0-4 주	278	228	241
일당사료섭취량, g			
0-2 주	294	235	241
3-4 주	536	580	538
0-4 주	415	408	390
사료효율 (FCR)			
0-2 주	1.47	2.08	1.55
3-4 주	1.51	1.69	1.65
0-4 주	1.49	1.79	1.62
경제성 분석, 원			
0-2 주 사료비용	6,294	2,958	4,445
3-4 주 사료비용	7,342	5,728	6,514
총 사료비용	13,636	8,686	10,959
1kg중체당 사료비, 원			
0-2 주 사료비용	2,244	1,868	2,042
3-4 주 사료비용	1,475	1,192	1,423
0-4 주 사료비용	1,765	1,433	1,762

표 84. 유제품 절감 수준이 자돈의 성장과 경제성에 미치는 영향 (산○ 농장)

	처리구	
	부경1	10/3
체중, kg		
개시	7.13	6.68
2 주	11.54	9.82
4 주	18.85	15.10
일당증체량, g		
0-2 주	315	224
3-4 주	522	377
0-4 주	427	301
일당사료섭취량, g		
0-2 주	418	385
3-4 주	788	679
0-4 주	603	539
사료효율 (FCR)		
0-2 주	1.33	1.71
3-4 주	1.51	1.80
0-4 주	1.41	1.79
경제성 분석, 원		
0-2 주 사료비용	8,798	6,404
3-4 주 사료비용	10,504	6,834
총 사료비용	19,302	13,238
1kg증체당 사료비, 원		
0-2 주 사료비용	1,996	2,038
3-4 주 사료비용	1,436	1,294
0-4 주 사료비용	1,647	1,599

표 85. 유제품 절감 수준이 자돈의 성장과 경제성에 미치는 영향 (진○ 농장)

	처리구		
	부경1	15/5	13/3
체중, kg			
개시	6.03	8.96	4.68
2 주	12.10	13.62	7.90
4 주	19.27	20.85	14.35
일당증체량, g			
0-2 주	405	310	215
3-4 주	551	556	496
0-4 주	473	424	345
일당사료섭취량, g			
0-2 주	493	467	371
3-4 주	575	645	575
0-4 주	572	596	506
사료효율 (FCR)			
0-2 주	1.22	1.51	1.73
3-4 주	1.04	1.16	1.16
0-4 주	1.21	1.40	1.47
경제성 분석, 원			
0-2 주 사료비용	11,317	9,233	7,326
3-4 주 사료비용	7,315	7,246	6,454
총 사료비용	18,632	16,479	13,780
1kg증체당 사료비, 원			
0-2 주 사료비용	1,863	1,982	2,276
3-4 주 사료비용	1,021	1,003	1,000
0-4 주 사료비용	1,492	1,480	1,528

표 86. 유제품 절감 수준이 자돈의 성장과 경제성에 미치는 영향 (성○ 농장)

	처리구		
	부경1	15/5	13/3
체중, kg			
개시	4.13	7.21	6.08
2 주	8.09	11.18	9.31
4 주	13.40	17.61	14.37
일당중체량, g			
0-2 주	282	284	231
3-4 주	380	459	362
0-4 주	331	372	296
일당사료섭취량, g			
0-2 주	351	350	335
3-4 주	587	670	670
0-4 주	469	510	502
사료효율 (FCR)			
0-2 주	1.25	1.23	1.45
3-4 주	1.55	1.46	1.85
0-4 주	1.42	1.37	1.69
경제성 분석, 원			
0-2 주 사료비용	7,527	6,458	6,170
3-4 주 사료비용	8,041	8,100	8,100
총 사료비용	15,568	14,558	14,270
1kg중체당 사료비, 원			
0-2 주 사료비용	1,904	1,624	1,910
3-4 주 사료비용	1,513	1,260	1,600
0-4 주 사료비용	1,693	1,399	1,720

표 87. 유제품 절감 수준이 자돈의 성장과 경제성에 미치는 영향 (천○ 농장)

	처리구		
	부경1	13/13	13/13
체중, kg			
개시	7.14	7.14	7.14
2 주	13.16	12.04	11.77
4 주	22.67	19.19	17.86
일당중체량, g			
0-2 주	430	350	331
3-4 주	679	511	499
0-4 주	555	430	415
일당사료섭취량, g			
0-2 주	572	561	528
3-4 주	1,164	851	854
0-4 주	868	706	691
사료효율 (FCR)			
0-2 주	1.33	1.60	1.60
3-4 주	1.72	1.67	1.71
0-4 주	1.57	1.64	1.67
경제성 분석, 원			
0-2 주 사료비용	12,252	7,069	6,653
3-4 주 사료비용	24,939	10,725	10,755
총 사료비용	37,191	17,794	17,408
1kg중체당 사료비, 원			
0-2 주 사료비용	2,034	1,443	1,437
3-4 주 사료비용	2,623	1,499	1,538
0-4 주 사료비용	2,395	1,476	1,498

표 88. 유제품 절감 수준이 자돈의 성장과 경제성에 미치는 영향 (무○ 농장)

	처리구		
	부경1	외부	15/3
체중, kg			
개시	5.58	5.55	5.58
2 주	7.15	7.15	7.39
4 주	11.29	11.19	10.89
일당중체량, g			
0-2 주	126	114	127
3-4 주	282	289	252
0-4 주	204	201	190
일당사료섭취량, g			
0-2 주	188	191	199
3-4 주	397	357	406
0-4 주	292	274	303
사료효율 (FCR)			
0-2 주	1.49	1.67	1.56
3-4 주	1.41	1.24	1.62
0-4 주	1.43	1.36	1.60
경제성 분석, 원			
0-2 주 사료비용	4,020	3,513	3,671
3-4 주 사료비용	5,433	4,313	4,917
총 사료비용	9,453	7,826	8,588
1kg중체당 사료비, 원			
0-2 주 사료비용	2,283	2,203	2,060
3-4 주 사료비용	1,376	1,067	1,395
0-4 주 사료비용	1,618	1,389	1,618

표 89. 유제품 절감 수준이 자돈의 성장과 경제성에 미치는 영향 (금○ 농장)

	처리구		
	부경1	외부	15/3
체중, kg			
개시	6.29	6.36	6.35
2 주	10.15	9.10	8.77
4 주	16.75	15.92	14.81
일당중체량, g			
0-2 주	275	196	173
3-4 주	471	487	431
0-4 주	373	265	302
일당사료섭취량, g			
0-2 주	365	332	328
3-4 주	657	721	681
0-4 주	511	526	505
사료효율 (FCR)			
0-2 주	1.32	1.69	1.90
3-4 주	1.39	1.48	1.58
0-4 주	1.37	1.99	1.67
경제성 분석, 원			
0-2 주 사료비용	7,808	7,103	6,056
3-4 주 사료비용	8,990	9,868	8,238
총 사료비용	16,798	16,971	14,294
1kg중체당 사료비, 원			
0-2 주 사료비용	2,026	2,590	2,500
3-4 주 사료비용	1,362	1,447	1,365
0-4 주 사료비용	1,607	2,340	1,690

표 90. 유제품 절감 수준이 자돈의 성장과 경제성에 미치는 영향 (금○ 농장)

	처리구		
	부경1	외부	15/3
체중, kg			
개시	6.80	7.25	7.78
2 주	10.19	10.04	9.84
4 주	14.70	15.16	16.05
일당중체량, g			
0-2 주	242	199	147
3-4 주	322	366	444
0-4 주	282	283	295
일당사료섭취량, g			
0-2 주	342	314	284
3-4 주	521	627	640
0-4 주	431	470	462
사료효율 (FCR)			
0-2 주	1.41	1.57	1.93
3-4 주	1.62	1.71	1.44
0-4 주	1.53	1.66	1.56
경제성 분석, 원			
0-2 주 사료비용	7,328	6,716	5,236
3-4 주 사료비용	7,130	8,579	7,739
총 사료비용	14,458	15,295	12,975
1kg중체당 사료비, 원			
0-2 주 사료비용	2,163	2,405	2,543
3-4 주 사료비용	1,581	1,676	1,246
0-4 주 사료비용	1,837	2,945	1,574

표 91. 유제품 절감 수준이 자돈의 성장과 경제성에 미치는 영향 (금○ 농장)

	처리구					
	부경1	외부	20/7	15/5	15/3	10/3
체중, kg						
개시	5.86	7.30	4.46	8.61	6.57	7.68
2 주	8.12	9.38	6.39	10.74	7.96	9.93
4 주	15.67	17.04	13.17	18.50	13.71	17.67
일당중체량, g						
0-2 주	252	231	215	236	154	250
3-4 주	397	403	357	409	303	407
0-4 주	351	348	311	354	255	357
일당사료섭취량, g						
0-2 주	444	444	444	463	463	444
3-4 주	531	768	474	671	539	617
0-4 주	503	664	464	604	515	561
사료효율 (FCR)						
0-2 주	1.77	1.92	2.07	1.96	3.01	1.78
3-4 주	1.49	2.54	1.33	1.65	1.36	1.53
0-4 주	1.44	1.91	1.49	1.71	2.02	1.57
경제성 분석, 원						
0-2 주 사료비용	6,016	6,016	6,016	5,379	5,379	4,756
3-4 주 사료비용	10,996	16,792	8,802	11,124	6,744	10,247
총 사료비용	17,012	22,808	14,818	16,503	12,123	15,003
1kg중체당 사료비, 원						
0-2 주 사료비용	2,654	2,893	3,111	1,153	3,941	2,113
3-4 주 사료비용	1,275	1,865	1,137	1,257	1,036	1,150
0-4 주 사료비용	1,701	1,916	1,819	1,680	2,102	1,494

표 92. 유제품 절감 수준이 자돈의 성장과 경제성에 미치는 영향 (금○ 농장)

	처리구			
	부경1	외부	20/7	15/5
체중, kg				
개시	4.28	6.56	4.98	6.99
2 주	8.00	10.65	8.71	10.49
4 주	12.88	15.44	14.01	15.62
일당중체량, g				
0-2 주	266	292	267	250
3-4 주	348	342	378	366
0-4 주	307	317	323	308
일당사료섭취량, g				
0-2 주	362	355	399	374
3-4 주	640	592	666	713
0-4 주	501	473	503	544
사료효율 (FCR)				
0-2 주	1.36	1.22	1.27	1.50
3-4 주	1.84	1.73	1.76	1.95
0-4 주	1.63	1.49	1.56	1.77
경제성 분석, 원				
0-2 주 사료비용	7,622	7,474	7,138	6,760
3-4 주 사료비용	8,532	7,885	8,878	8,368
총 사료비용	16,154	15,359	16,016	15,128
1kg중체당 사료비, 원				
0-2 주 사료비용	2,047	1,828	1,910	1,931
3-4 주 사료비용	1,750	1,647	1,647	1,633
0-4 주 사료비용	1,878	1,748	1,782	1,747

표 93. 유제품 절감 수준이 자돈의 성장과 경제성에 미치는 영향 (금○ 농장)

	처리구		
	부경1	외부	15/3
체중, kg			
개시	6.19	6.17	6.15
2 주	10.05	7.91	9.75
4 주	16.24	13.89	15.93
일당중체량, g			
0-2 주	276	124	257
3-4 주	442	427	442
0-4 주	359	276	349
일당사료섭취량, g			
0-2 주	401	238	389
3-4 주	700	753	674
0-4 주	550	495	532
사료효율 (FCR)			
0-2 주	1.45	1.92	1.51
3-4 주	1.58	1.76	1.53
0-4 주	1.53	1.80	1.52
경제성 분석, 원			
0-2 주 사료비용	8,593	5,094	7,177
3-4 주 사료비용	9,581	10,312	8,151
총 사료비용	18,174	15,406	15,328
1kg중체당 사료비, 원			
0-2 주 사료비용	2,223	2,934	1,994
3-4 주 사료비용	1,548	1,723	1,318
0-4 주 사료비용	1,808	2,730	1,567

표 94. 유제품 절감 수준이 자돈의 성장과 경제성에 미치는 영향 (산○ 농장)

	처리구			
	부경1	외부	20/7	15/3
체중, kg				
개시	8.83	7.83	7.67	8.67
2 주	14.57	12.27	12.90	12.17
4 주	22.00	19.23	20.23	18.33
일당중체량, g				
0-2 주	410	317	374	250
3-4 주	531	498	524	440
0-4 주	470	407	449	345
일당사료섭취량, g				
0-2 주	631	560	548	429
3-4 주	852	807	743	762
0-4 주	742	683	645	595
사료효율 (FCR)				
0-2 주	1.54	1.77	1.47	1.71
3-4 주	1.61	1.62	1.42	1.73
0-4 주	1.58	1.68	1.44	1.72
경제성 분석, 원				
0-2 주 사료비용	13,285	11,781	11,531	7,746
3-4 주 사료비용	11,361	10,758	9,901	8,939
총 사료비용	24,646	22,539	21,432	16,685
1kg중체당 사료비, 원				
0-2 주 사료비용	2,317	2,657	2,203	2,213
3-4 주 사료비용	1,528	1,544	1,350	1,450
0-4 주 사료비용	1,872	1,977	1,705	1,726

표 95. 유제품 절감 수준이 자돈의 성장과 경제성에 미치는 영향 (산○ 농장)

	처리구		
	부경1	15/5	10/3
체중, kg			
개시	6.95	6.64	7.27
2 주	10.61	10.06	10.25
4 주	18.78	16.86	15.84
일당중체량, g			
0-2 주	262	245	213
3-4 주	583	485	399
0-4 주	422	365	306
일당사료섭취량, g			
0-2 주	365	329	327
3-4 주	808	680	691
0-4 주	579	466	505
사료효율 (FCR)			
0-2 주	1.39	1.34	1.54
3-4 주	1.39	1.40	1.73
0-4 주	1.37	1.28	1.66
경제성 분석, 원			
0-2 주 사료비용	7,679	6,164	5,441
3-4 주 사료비용	10,765	7,975	6,958
총 사료비용	18,444	14,139	12,399
1kg중체당 사료비, 원			
0-2 주 사료비용	2,097	1,798	1,826
3-4 주 사료비용	1,319	1,174	1,245
0-4 주 사료비용	1,545	1,295	1,437

표 96. 유제품 절감 수준이 자돈의 성장과 경제성에 미치는 영향 (고0 농장)

	처리구		
	부경1	15/5	10/3
체중, kg			
개시	5.34	5.35	5.53
2 주	8.65	7.30	7.96
4 주	15.45	12.97	13.09
일당중체량, g			
0-2 주	237	140	173
3-4 주	485	405	366
0-4 주	361	272	270
일당사료섭취량, g			
0-2 주	344	248	290
3-4 주	669	590	616
0-4 주	504	416	447
사료효율 (FCR)			
0-2 주	1.45	1.78	1.67
3-4 주	1.38	1.46	1.68
0-4 주	1.40	1.53	1.66
경제성 분석, 원			
0-2 주 사료비용	7,251	4,644	4,825
3-4 주 사료비용	8,920	6,919	6,203
총 사료비용	16,171	11,563	11,028
1kg중체당 사료비, 원			
0-2 주 사료비용	2,186	2,377	1,989
3-4 주 사료비용	1,313	1,219	1,209
0-4 주 사료비용	1,591	1,507	1,444

표 97. 유제품 절감 수준이 자돈의 성장과 경제성에 미치는 영향 (고0 농장)

	처리구		
	부경1	15/5	10/3
체중, kg			
개시	5.38	5.36	5.48
2 주	8.66	7.13	7.99
4 주	15.04	13.45	12.60
일당중체량, g			
0-2 주	234	127	180
3-4 주	456	429	324
0-4 주	345	289	254
일당사료섭취량, g			
0-2 주	335	248	292
3-4 주	746	759	674
0-4 주	541	486	480
사료효율 (FCR)			
0-2 주	1.43	1.96	1.63
3-4 주	1.64	1.77	2.08
0-4 주	1.57	1.68	1.89
경제성 분석, 원			
0-2 주 사료비용	7,046	4,658	4,857
3-4 주 사료비용	10,053	9,010	6,877
총 사료비용	17,099	13,668	11,734
1kg중체당 사료비, 원			
0-2 주 사료비용	2,151	2,628	1,932
3-4 주 사료비용	1,576	1,501	1,518
0-4 주 사료비용	1,771	1,635	1,638

IV. 결론 (Conclusion)

본 연구는 1차년도 연구3의 “자돈 사료 내 유제품의 절감 수준이 자돈-육성-비육돈에 미치는 영향” 관련한 선행연구의 결과를 기초로 하여, 실제 양돈농가에 적용하기 위한 적정 유제품 비율을 검증하기 위하여 일반농가대상의 현장실증실험을 수행하였다. 본 현장실증연구는 총 17개의 case study로 이루어져 있으며 총 2,579두의 자돈을 대상으로 수행되었다. 결론적으로 현재 0000농협에서 출시하여 공급하고 있는 부경1 사료는 자돈기의 성장 성적을 최대로 향상시킬 수 있다는 장점을 가지고 있지만, 사료비용 및 농가의 경제성 측면까지 고려해보자면 유제품 함량이 15/5 수준으로 절감하는 것이 자돈기의 성장과 사료비용을 모두 만족시킬 수 있는 수준으로 사료되며, 이보다 더 유제품 함량을 절감하고자 한다면 15/3 수준 또는 10/3 수준이 적절할 것으로 사료된다.

연구 3-2. 일반농가 현장 실증 실험을 통한 경제성 분석 (육성/비육편)

I. 서론 (Introduction)

현재 우리나라는 한-칠레 FTA체결을 시작으로 미국, EU와도 FTA협정을 체결 하였으며, 최근 한-뉴질랜드 FTA 협정 체결 앞두고 있다. 특히, 미국과 FTA가 15년 3월 15일 발효되어 냉동 삼겹살 관세율이 25%에서 16%로 급락하여 미국산 삼겹살의 대량수입이 이미 예고된 상태이므로 국내 양돈 산업의 국제 경쟁력확보가 매우 시급한 실정이다. 우리나라에서 양돈생산비 중 사료비는 약40-60% 차지하고 있는 실정이므로 사료비의 상승은 생산비 자체를 증가시킬 뿐만 아니라 생산성 악화와 함께 양돈농장들의 경영에 심각한 문제를 발생시키고 있다. 뿐만 아니라 국제곡물 시장에서의 사료용 곡물시세는 계속 상승하고 있으므로 양돈농가의 생산성 향상과 생산비절감 없이는 국내 양돈 산업이 지속 가능한 산업으로 생존할 수 없는 위기에 직면해 있다. 뿐만 아니라 국내에 만연한 소모성질환과 부적절한 사육방식 등으로 인해 우리나라의 MSY (모돈 두당 연간출하두수)는 국가별 도축체중의 차이를 감안하더라도 17.6두 (2013년)로 27두 이상인 양돈 선진국들에 비해 매우 낮은 생산성을 보이고 있으며, 비육돈 마리당 수익성에서도 2009년 이후로 점차 감소하여 2013년에는 두당 -27,950원을 나타내어 마이너스 성장을 기록하였다 (통계청 축산물생산비통계, 2014).

국내 양돈 산업의 가장 현실적인 문제 중 하나는 낮은 양돈생산성과 사료비의 상승에도 불구하고 많은 농가들이 아직도 사료비 절감을 위한 노력에 무관심하다는 점이다. 한국 사양표준 (한국 사양표준, 2012)에서 제공하는 돼지의 성장단계별 영양소 요구량이 있음에도 불구하고, 비싼 고영양 사료를 먹이면 무조건 잘 클 것이라는 막연한 기대로 인해 필요 이상의 사료비 지출로 생산성을 악화시키고 있다. 이러한 돼지의 영양소 요구량에 맞지 않는 잘못된 사료급여에 대한 우려는 이 등 (1990)의 연구에서도 볼 수 있는데 비육후기에 NRC (1998)에서 제시한 수준보다 높은 단백질 사료의 급여가 사양성적을 개선시키지 못한다고 하였다. 게다가 단계별 요구량에 맞지 않는 고영양소 사료 급여는 영양소 과잉으로 인한 돼지의 생리적인 불균형, 사료비 상승과 수입자원의 낭비, 소화되지 못한 영양소들에 의한 환경오염 (Jongblode and Lenis., 1998, Ferket 등, 2002) 등의 많은 문제점을 가지고 있으며, 이는 개인농가에 큰 손실을 미치고 있을 뿐만 아니라 원료사료의 대부분을 수입에 의존하는 현 상황에서 국가적으로 막대한 손실을 초래하고 있다. 따라서 본 연구는 이러한 배경을 바탕으로 1차년도 연구에서 수행한 서로 다른 사료 스펙 프로그램 재 확인해보고 특히 출하후기 사료를 보완하여 현장실증실험을 수행하고 문제점을 보완하는 차원에서 돼지의 성장 성적, 경제성에 미치는 영향을 비교하고자 수행되었다.

II. 실험 재료 및 방법 (Materials and methods)

가. 실험 동물 및 실험 설계 (Experimental animal and design)

본 현장실증연구는 1차년도 연구에서 수행한 고-중-저 스펙사료프로그램에 대한 일반농가 현장실증시험의 일환으로, 연구결과를 기반으로 개발할 신규 제품 출시에 앞서 일선농가의 의견수렴 및 적용가능성을 평가하기 위해 수행되었다. 본 연구는 크게 2가지 목적의 연구로 이루어 졌으며, 비육후기 구간의 고중저 사료스펙 프로그램 검증실험을 연구1로 하였으며 검증연구 1, 2, 3 으로 이루어져 있다. 두 번째 연구는 육성전기 (4주)-육성후기 (7주 또는 8주), 비육 (출하) 구간에 걸친 고중저 사료 스펙 프로그램 평가연구로 검증연구4, 5, 6으로 이루어져 있다.

나. 실험사료 (Experimental diet)

표 99의 경우와 같은 급여프로그램을 기준으로 하여 본 실험에서 3개를 기본으로 하였으나 case study 1은 비육후기 사료의 경향을 보기 위하여 1단계만을 급여하여 급여 시기에 따른 성장 성적도 측정하였다. 일반적으로 육성비육돈 3개의 사료급여 프로그램을 각 처리구로 하였다. 급여한 배합사료는 0000농협에서 시판되고 있는 사료를 이용하였으며, 사료급여 프로그램과 영양소 차이는 아래의 표 99와 같다.

다. 돈육 품질 (Pork quality)

(1) 도축성적 (Pork grade)

사양실험 종료 후 실험돈에 사양실험 기간과 동일한 사료를 급여하고, 출하체중 도달시 도축장에 출하를 하여서 해당 돼지들에 대한 도축성적을 수집하였다.

(2) 돈육의 pH 및 육색 (pH and Hunter value)

사양실험 종료 후 각 20두 분의 등심을 채취하여 이중 처리구별로 비육돈 5두씩 총 돈육 품질을 조사하였다. 선발된 실험돈들의 평균체중은 111.2 ± 3.00 kg 이었고, 도축 후에 미추골로부터 아래로 5개 척추사이의 등심을 샘플링하여, 육색의 경우 Hunter system의 L, a, b 값을 Minolta Chromameter (CR-300, Minolta Co. LTD. Japan)을 이용하여 표준색판 $L^*=93.5$, $a^*=0.3132$, $b^*=0.3198$ 을 이용하여 표준화 하였다. pH는 세절한 시료 3g을 증류수 27ml와 함께 균질기 (T25basic, IKA Malaysisa)로 14,000 rpm에서 1분간 균질한 다음, pH-meter (MP230, Mettler Toledo, Swiss)로 측정하였다.

표98. 현장 실증 사양실험 수행 현황

		농장명 (농장주)	공시두수 (두)	처리구 수	처리구당 두수	처리구명	관련 결과 표
연구 1	검증 1	금○ 농장	83	3	27,28,28	고영양,중영양,저영양 비육	표100 표101 표109
	검증 2	성○ 농장	77	3	22,29,26	고영양,중영양,저영양	표102 표103 표109
	검증 3	업○ 농장	72	3	23,25,24	고영양,중영양,저영양	표107 표108 표109
연구 2	검증 4	업○ 농장	143	3	48,48,47	고영양,중영양,저영양	표110 표111 표116
	검증 5	성○ 농장	127	3	32,63,32	고영양,중영양,저영양	표112 표113 표116
	검증 6	업○ 농장	150	3	50,50,50	고영양,중영양,저영양	표114 표115 표116

표 99. 실험사료 처리구 구성 및 급여 프로그램 및 조단백질 함량 (등록성분기준, 이상)

	주령												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13-출하
고영양 (H)	젓 떼				육성								비육
	CP:18.2% CFat: 6.0% 3,450 DE Lys:1.1%				CP:16.6% CFat: 5.0% 3,450 DE Lys:1.0%								CP:13.8% CFat 5.0% 3,400 DE Lys:0.75%
중영양 (M)	젓 떼				육성								비육
	CP:17.5% CFat: 4.0% 3,350 DE Lys:1.0%				CP:16.0% CFat: 3.0% 3,300 DE Lys:0.78%								CP:12.0% CFat: 7.0% 3,400 DE Lys:0.51%
저영양 (L)	젓 떼				육성								비육 1단계
	CP:14.0% CFat: 3.0% 3,280 DE Lys:0.8%				CP:13.5% CFat: 4.0% 3,280 DE Lys:0.7%								CP:13.0% CFat: 3.8% 3,250 DE Lys:0.6%

(3) 가열감량 (Cooking loss)

가열감량 (Cooking loss)은 시료를 직경 5cm 코어를 이용하여 일정하게 절단하여 무게를 측정하고 (A), 일회용 비닐에 싸서 워터베스의 온도를 70℃에 미리 맞춘 후, 시료를 넣고 정확히 30분 가열 후에 꺼내어 식힌 다음 시료의 무게를 측정하여 (B) 아래 공식에 의해 계산하였다.

$$\text{가열감량 (\%)} = [(A-B)/A] \times 100$$

(4) 보수력 (Water holding capacity)

보수력 (WHC; Water holding capacity)은 원심분리법 (Ryoichi 등, 1993)으로 측정하였다. 보수력 측정은 Laakkonen 등 (1970)의 방법에 따라 미세한 구멍이 있는 2 ml filter 관의 무게를 칭량하고, 공시육을 분쇄하여 지방과 근막 (힘줄)을 제거한 후 시료를 정확히 0.5 ± 0.05 g을 원심분리관의 상부에 filter관에 넣고 무게를 잰다. Filter관을 80 ℃의 Water bath에서 20분간 가열한 후 10분간 실온에서 냉각시킨다. Filter관을 원심 분리관 하부에 넣고 4℃에서 2,000 rpm, 10분 동안 원심분리 한 후 상부 filter관을 꺼내어 무게를 측정하였으며 다음 공식에 의해 보수력을 구하였다.

$$\text{보 수 력} = \frac{\text{수분 (\%)} - \text{유리수분 (\%)}}{\text{수분 (\%)}} \times 100$$

(5) 전단가

전단가 측정은 전단기 (Instron Universal Testing Machine, Model 3343)를 이용하여 가열감량을 측정한 시료가 완전히 절단될 때 사용된 힘의 수치를 측정하였다. 이때 측정에 필요한 기기의 조건은 Load cell 50kg과 Cross head speed 100mm/min이었다.

라. 경제성 분석 (Economic analysis)

모든 실험돼지는 같은 환경에서 사육되었으며, 경제성은 제조업체의 판매단가를 기준으로 개시부터 출하체중 도달까지 소요된 총 사료비용에 근거하여 결정되었다. 총 사료 섭취량과 사료가격을 통해 증체량 당 사료가격을 계산 하고 이를 통해 115kg 출하체중 도달까지 총 사료비용을 산출하였다.

III. 실험 결과 및 고찰 (Results and Discussion)

가. 연구 1. 비육후기에 고-중-저 스펙의 사료프로그램의 적용이 비육돈의 성장 및 도축 성적에 미치는 영향

금○ 농장에서 수행된 첫 번째 검증연구의 결과에서는, 고-중-저영양 사료프로그램의 급여에 따른 성장 성적에서 차이가 나타나지 않았다 (표 100). 하지만 저영양 사료프로그램을 급여한 비육돈의 출하성적 중 1+등급 출현율이 고영양 및 중영양 사료프로그램을 급여한 비육돈들보다 더 높게 나타나는 결과를 보였다 (표 101).

성○ 농장에서 수행된 두 번째 검증연구에서는 고-중-저영양 사료프로그램에 적용에 따른 성장 성적의 결과의 차이가 크게 나타나지 않았으며 (표 102), 지육율에서도 처리구간의 뚜렷한 차이가 나타나지 않았다 (표 103). 하지만 1+ 등급 출현율에서 중영양 사료프로그램을 적용한 출하돈들의 1+등급 출현율이 월등히 높게 나타났으며, 중영양-저영양-고영양 순으로 1+등급 출현율이 나타났다.

엄○ 농장에서 수행된 세 번째 검증연구에서는 고-중-저영양 사료프로그램 순서로 비육돈의 체중과 증체량이 높게 나타났다 (표 104). 또한 고영양 사료프로그램 적용 시 다른 처리구들에 비해 사료효율이 높게 나타나는 결과를 확인할 수 있었다. 도체성적에서는 영양소 수준에 따른 사료프로그램의 적용이 출하돈의 지육율, 도체등급에 유의적인 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다 (표 105). 돈육 품질 결과 돈육의 품질 및 화학적 조성은 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 지방산 분석결과에서는 고-중-저별로 지방산조성은 C14:0, C14:1, C18:3n3, C20:5n3, C21:0, C22:0에서 유의적인 차이가 존재하나, 이 지방산들의 함량이 무시해도 좋을 만큼 작은 이유로 포화지방산 (SFA), 단가불포화지방산 (MUFA) 및 다가불포화지방산 (PUFA)의 유의적인 차이는 없었다. 또한 돈육의 육색, 이화학적 분석의 유의차도 없었다 (표 107, 표 108).

경제성 측면에서는 저영양 > 중영양 > 고영양 사료프로그램 순으로 향상되는 결과가 나타났다 (표 109). 이는 성장 성적 결과에서 일당증체량 및 사료효율에서 큰 차이가 나타나지 않았을 경우, 저영양 사료프로그램을 적용할수록 사료비용을 절감할 수 있는 것으로 사료된다.

위의 제시한 검증 1, 2, 3 연구를 종합하여 볼 때, 비육기에 고-중-저영양 사료프로그램 중 고스펙 사료프로그램의 적용이 돼지의 성장 성적을 향상시키는 결과도 나타나지만 저스펙 사료프로그램에 비해 성장 성적에 차이가 없는 결과도 나타났으며, 1+등급 출현율과 사료비용에 따른 농가의 경제성을 고려해 볼 때 저스펙 사료프로그램을 적용하는 것이 농가의 수익측면에서 더 좋을 것으로 사료된다.

표 100. 사료영양성분 함량의 차이가 돼지의 성장 성적에 미치는 영향 (비육기)-금○ 농장

Criteria	Treatments ¹		
	H	M	L
Body weight, kg			
Initial	82.86	84.90	89.29
4 week	101.31	103.00	107.11
ADG, g			
0-4 week	659	646	637
ADFI, kg			
0-4 week	2.36	2.36	2.39
FCR			
0-4 week	3.58	3.65	3.76

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program., L: low-Spec. diet program

표 101. 사료영양성분 함량의 차이가 돼지도축성적에 미치는 영향-금○ 농장

Criteria	Treatments ¹		
	H	M	L
Observation	12	13	16
Average dressed weight, (kg)	88.17	86.92	90.13
Average back fat thickness, (mm)	21.50	19.38	19.31
Pork grade			
1+ grade, %	33.33	46.15	50.00
1 grade, %	41.67	38.46	37.50
2 grade, %	25.00	15.38	12.50

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program., L: low-Spec. diet program

표 102. 사료영양성분 함량의 차이가 돼지의 성장 성적에 미치는 영향 (비육기)-성○ 농장

Criteria	Treatments ¹		
	H	M	L
Body weight, kg			
Initial	77.10	83.45	92.80
3 week	97.85	100.42	113.60
ADG, g			
0-3 week	988	808	990
ADFI, kg/d			
0-3 week	3.03	2.96	3.38
FCR			
0-3 week	3.06	3.66	3.41

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program., L: low-Spec. diet program

표 103. 사료영양성분 함량의 차이가 돼지도축성적에 미치는 영향-성○ 농장

Criteria	Treatments ¹		
	H	M	L
Observation	14	8	22
Average dressed weight, (kg)	88.47	87.99	90.20
Average back fat thickness, (mm)	23.22	22.18	23.18
Pork grade			
1+ grade, %	42.86	87.50	59.09
1 grade, %	21.43	0.00	18.18
2 grade, %	35.71	12.50	22.73

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program,, L: low-Spec. diet program

표 104. 사료영양성분 함량의 차이가 돼지의 성장 성적에 미치는 영향 (비육기)-업○ 농장

Criteria	Treatments ¹		
	H	M	L
Body weight, kg			
Initial	58.05	58.42	59.97
7 week	110.86	109.31	107.41
ADG, g			
0-7 week	754	727	678
ADFI, kg/d			
0-7 week	2.27	2.15	2.25
FCR			
0-7 week	3.01	2.95	3.33

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program,, L: low-Spec. diet program

표 105. 사료영양성분 함량의 차이가 돼지도축성적에 미치는 영향-업○ 농장

Criteria	Treatments ¹		
	H	M	L
Observation	9	13	9
Average dressed weight, (kg)	88.44	88.85	87.78
Average back fat thickness, (mm)	23.67	23.00	24.11
Pork grade			
1+ grade, %	44.44	38.46	44.44
1 grade, %	44.44	46.15	33.33
2 grade, %	11.11	15.38	22.22

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program,, L: low-Spec. diet program

표 106. 고-중-저 영양수준의 사료급여 프로그램이 돈육의 지방산의 조성에 미치는 영향

Criteria	Treatments ¹		
	H	M	L
Proximate analysis, %			
C12:0	0.20	0.20	0.19
C14:0	1.84 ^A	1.81 ^{AB}	1.69 ^B
C14:1	0.02 ^A	0.02 ^{AB}	0.01 ^B
C15:0	0.98	0.78	1.14
C15:1	0.03	0.03	0.02
C16:0	25.63	25.59	25.49
C16:1	3.11	3.43	3.47
C17:0	1.02	0.86	0.99
C17:1	0.35	0.34	0.30
C18:0	13.62	13.56	13.99
C18:1n9c	39.77	41.73	40.06
C18:2n6c	9.48	8.10	8.31
C18:2n6t	0.01	0.01	0.02
C18:3n3	0.29 ^A	0.25 ^B	0.25 ^B
C18:3n6	0.07	0.06	0.08
C20:0	0.21	0.21	0.22
C20:1	0.76	0.74	0.76
C20:2	0.35	0.29	0.31
C20:3n3	0.09	0.08	0.08
C20:3n6	0.25	0.20	0.28
C20:4n6	1.47	1.25	1.77
C20:5n3	0.06 ^{AB}	0.05 ^B	0.07 ^A
C21:0	0.13 ^A	0.12 ^A	0.09 ^B
C22:0	0.11 ^B	0.09 ^B	0.16 ^A
C22:1n9	0.04	0.04	0.04
C22:6n3	0.03	0.04	0.04
SFA	43.85	43.37	44.12
MUFA	44.07	46.31	44.66
PUFA	12.08	10.32	11.22
n6	11.26	9.61	10.45
n3	0.47	0.40	0.44

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program., L: low-Spec. diet program

^{abc} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.05).

^{ABC} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.01).

표 107. 고-중-저 영양수준의 사료급여 프로그램이 돈육의 육색 및 pH에 미치는 영향

Criteria	Treatments ¹		
	H	M	L
pH, time after slaughter			
24 hour	5.78	5.95	5.97
Hunter value, L³			
24 hour	50.39	49.90	48.48
Hunter value, a⁴			
24 hour	6.82	6.81	6.63
Hunter value, b⁵			
24 hour	1.99	1.75	1.39

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program., L: low-Spec. diet program

² Standard error of the mean

³ L - luminance or brightness (vary from black to white)

⁴ a - red · green component (+a=red, -a=green)

⁵ b - yellow · blue component (+b=yellow, -b=blue)

표 108. 고-중-저 영양수준의 사료급여 프로그램이 돈육의 일반성분 및 이화학적 특성에 미치는 영향

Criteria	Treatments ¹		
	H	M	L
Proximate analysis, %			
Crude fat	2.09	2.60	2.05
Crude protein	23.2	22.5	23.3
Physiochemical property			
Cooking loss,	27.33	25.77	25.34
Shear force, (kg/cm ²)	2.54	2.55	2.65
WHC ² , %	1.56	1.22	1.37

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program,, L: low-Spec. diet program

² Water holding capacity

^{abc} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.05).

^{ABC} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.01).

표 109. 비육후기 사료만을 급여하고 사료영양성분 함량의 차이가 경제성에 미치는 영향 (단위: 원)

Criteria	Treatments ¹								
	검증1 (금○농장)			검증2 (성○농장)			검증3 (염○농장)		
	H	M	L	H	M	L	H	M	L
0-3 week				26,946	23,256	25,471			
0-4 week	28,006	26,400	24,053						
0-7 week							67,501	59,817	56,666
Total feed cost	28,006	26,400	24,053	26,946	23,256	25,471	67,501	59,817	56,666
Estimated feed cost+ to 115kg	20,795	17,507	10,648	22,274	19,989	1,719	5,287	6,688	9,066
Total	48,801	43,907	34,701	49,220	43,245	27,190	72,788	66,505	65,732

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program,, L: low-Spec. diet program

나. 연구 2. 육성/비육기에 고-중-저 스펙의 사료프로그램의 적용이 돼지의 성장 및 도축성적에 미치는 영향

염○ 농장에서 수행된 네 번째 검증연구의 결과에서는, 고-중-저영양 사료프로그램의 급여에 따른 성장 성적에 차이가 나타났다 (표 110). 고영양 사료프로그램을 급여한 돼지들의 성장 성적 및 사료효율이 다른 처리구들에 비해 높게 나타났으며, 고-중-저 스펙 사료프로그램 순서로 성장 성적이 높게 나타났다. 출하성적에서도 (표 111) 고영양 사료프로그램을 적용한 육성비육돈의 도체등급 중 1+등급 출현율이 높게 나타나는 결과가 나타났다.

성○ 농장에서 수행된 다섯 번째 검증연구에서는 서로 다른 영양소 수준의 사료프로그램에

적용은 고영양-저영양-중영양 순서로 성장률이 향상되는 결과가 나타났으며 (표 112), 사료 효율 (FCR)에서는 고영양 사료를 급여한 처리구에서 가장 높게 나타났다. 출하성적에서는 고영양 사료프로그램을 적용한 출하돈들의 1+등급 출현율이 월등히 높게 나타났다.

업○ 농장에서 수행된 여섯 번째 검증연구에서는 고-중-저영양 사료프로그램 순서로 육성 비육돈의 성장률이 높아지고, 사료효율 또한 향상되는 결과가 나타났다 (표 114). 하지만 출하성적에서 처리구간의 지육율에서는 차이가 나타나지 않았으며, 1+등급 출현율에서는 중영양 사료프로그램을 급여한 처리구의 돼지들의 1+등급 출현율이 가장 좋게 나타났다 (표 115). 하지만 저영양 사료프로그램과 고영양 사료프로그램간의 1+등급 출현율에는 차이가 없었다.

경제성 측면에서는 저영양 > 중영양 > 고영양 사료프로그램 순으로 사료비용의 절감효과가 크게 나타나는 것을 확인할 수 있었다 (표 116).

표 110. 사료영양성분 함량의 차이가 돼지의 성장 성적에 미치는 영향 (육성비육기)-업○ 농장

Criteria	Treatments ¹		
	H	M	L
Body weight, kg			
Initial (0 week)	24.05	24.08	24.26
4 week	50.03	49.29	48.89
12 week	107.47	103.43	103.03
ADG, g			
0-4 week	928	900	880
5-12 week	1,026	967	967
0-12 week	993	945	938
ADFI, g			
0-4 week	1,786	1,786	1,843
5-12 week	2,740	2,765	2,805
0-12 week	2,422	2,439	2,484
FCR			
0-4 week	1.93	1.98	2.10
5-12 week	2.67	2.86	2.90
0-12 week	2.44	2.58	2.65

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program,, L: low-Spec. diet program

표 111. 사료영양성분 함량의 차이가 돼지도축성적에 미치는 영향-업○ 농장

Criteria	Treatments ¹		
	H	M	L
Observation	12	14	18
Average dressed weight, (kg)	88.42	71.50	89.17
Average back fat thickness, (mm)	26.17	27.79	27.67
Pork grade			
1+ grade, %	50.00	21.43	27.78
1 grade, %	16.67	28.57	5.56
2 grade, %	33.33	50.00	66.67

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program,, L: low-Spec. diet program

표 112. 사료영양성분 함량의 차이가 돼지의 성장 성적에 미치는 영향 (육성비육기)-성○ 농장

Criteria	Treatments ¹		
	H	M	L
Body weight, kg			
Initial (0 week)	25.78	32.38	31.02
4 week	43.28	51.78	45.13
11 week	83.46	88.68	88.70
15 week	106.60	108.81	109.98
ADG, g			
0-4 week	625	693	504
5-11 week	820	796	802
12-15 week	826	719	760
0-15 week	770	728	752
ADFI, g			
0-4 week	1,314	1,532	1,419
5-11 week	2,190	2,170	2,440
12-15 week	2,830	2,715	3,010
0-15 week	2,127	2,145	2,320
FCR			
0-4 week	2.10	2.21	2.81
5-11 week	2.67	2.74	3.04
12-15 week	3.43	3.81	3.96
0-15 week	2.76	2.95	3.08

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program,, L: low-Spec. diet program

표 113. 사료영양성분 함량의 차이가 돼지도축성적에 미치는 영향-성○ 농장

Criteria	Treatments ¹		
	H	M	L
Observation	11	6	9
Average dressed weight, (kg)	86.36	86.00	90.22
Average back fat thickness, (mm)	20.82	17.83	21.78
Pork grade			
1+ grade, %	72.73	33.33	44.44
1 grade, %	9.09	33.33	33.33
2 grade, %	18.18	33.33	22.22

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program,, L: low-Spec. diet program

표 114. 사료영양성분 함량의 차이가 돼지의 성장 성적에 미치는 영향 (육성비육기)-업○ 농장

Criteria	Treatments ¹		
	H	M	L
Body weight, kg			
Initial (0 week)	20.00	21.79	22.52
4 week	41.62	41.53	39.60
12 week	91.66	91.89	90.49
15 week	116.78	111.54	110.77
ADG, g			
0-4 week	772	705	610
5-12 week	894	899	909
13-15 week	1,196	936	965
0-15 week	922	855	840
ADFI, kg			
0-4 week	1.50	1.45	1.34
5-12 week	2.29	2.31	2.33
13-15 week	2.99	3.02	2.99
0-15 week	2.22	2.22	2.20
FCR			
0-4 week	1.94	2.06	2.20
5-12 week	2.57	2.56	2.57
13-15 week	2.56	3.23	3.16
0-15 week	2.41	2.60	2.62

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program,, L: low-Spec. diet program

표 115. 사료영양성분 함량의 차이가 돼지도축성적에 미치는 영향-업○ 농장

Criteria	Treatments ¹		
	H	M	L
Observation	27	25	20
Average dressed weight, (%)	88.40	88.20	88.00
Average back fat thickness, (mm)	24.90	23.60	25.60
Pork grade			
1+ grade, %	40.74	64.00	40.00
1 grade, %	25.93	16.00	20.00
2 grade, %	33.33	20.00	40.00

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program,, L: low-Spec. diet program

표 116. 육성/비육기에 사료영양성분 함량의 차이가 경제성에 미치는 영향 (단위: 원)

Criteria	Treatments ¹⁾								
	업○농장1			성○농장			업○농장2		
	H	M	L	H	M	L	H	M	L
1-4 week	24,550	23,050	20,437	18,317	20,123	16,086	20,622	18,671	14,850
5-11 week				48,290	45,722	44,118	57,708	55,504	50,626
5-12 week	69,048	66,581	57,963						
12-15 week				33,598	28,431	30,257			
13-15 week							26,585	25,249	22,567
Total feed cost	95,598	89,631	78,399	101,809	95,839	91,562	104,752	99,219	87,874
Estimated feed cost+ to 115kg	8,427	13,057	11,900	11,385	8,187	6,632	-1,930	4,441	4,809
Total	104,025	102,688	90,299	113,194	104,026	98,194	102,822	103,660	92,683

¹ H: high-Spec. diet program, M: middle-Spec. diet program,, L: low-Spec. diet program

IV. 결론 (Conclusion)

본 현장실증연구는 1차년도 연구에서 수행한 고-중-저 스펙사료프로그램에 대한 일반농가 현장실증시험의 일환으로, 연구결과를 기반으로 개발할 신규 제품 출시에 앞서 일선농가의 의견수렴 및 적용가능성을 평가하기 위해 수행되었다. 검증연구 1, 2, 3의 연구 결과, 비육기에 고스펙 사료프로그램 적용 시 돼지의 성장 성적을 향상 시키지만, 저스펙 사료프로그램 적용 시 성장 성적의 큰 차이가 나타나지 않으며 사료비용을 절감하는 효과를 기대할 수 있는 것으로 나타났다. 검증연구 4, 5, 6의 연구 결과, 육성비육기에 고영양 사료프로그램의 적용 시 성장 성적 및 사료효율이 저영양 사료프로그램보다 높게 나타났지만, 경제성 측면에서는 저영양 사료프로그램 적용 시 사료비용을 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

결론적으로 고영양 사료 프로그램 적용 시 돼지의 성장 성적 및 사료효율을 향상시킬 수 있지만, 사료비용에 따른 농가의 경제성 및 수익성 고려 시 저영양 사료프로그램의 적용도 가능할 것으로 사료된다.

연구 4. 그룹관리 (batch management system)의 실제적인 적용방법 제시

I. 서론 (Introduction)

국내 양돈 산업의 경우 국내에 만연하고 있는 이유 후 전신소모성증후군 (PMWS), 돼지 생식기호흡기증후군 (PRRS), 돼지호흡기복합감염증 (PRDC) 및 돼지유행성설사 (PED) 등의 질병발생, 검증되지 않은 사양관리 방식의 적용 등 다양한 문제점으로 인해 양돈 생산성이 양돈 선진국에 비해 저조하게 낮은 실정이다. 이러한 상황으로 모돈의 번식 성적저하 및 이유 자돈의 성장능력 저하에 따른 설사와 질병에 의한 위축 및 폐사, 출하일령의 증가 등으로 이어져 생산성이 낮은 양돈농가의 경우 양돈업을 포기하는 등 존폐 위기에 놓여있는 상황이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 국내의 양돈농가와 산업계에서는 양돈생산성을 높이며 강건한 자돈을 사양할 수 있는 사양관리체계 개발 등 다양한 방법들을 시도하고 있다. 1990년대 초부터 국내에는 모돈의 생산성을 높이기 위해 주간관리 방법 (weekly management system)이 도입되었다. 주간관리란 계획을 세워 모돈들을 1주간 동안 요일별로 관리를 함으로써 모돈의 생산성을 향상시킬 뿐만 아니라 업무의 효율성을 제고할 수 있는 사양관리 방법이다. 이후 2000년대 후반인 현재까지도 주간관리는 국내 많은 양돈장에서 모돈 관리 방법으로 이용하고 있다. 그러나 주간관리는 모돈의 복잡한 사양관리인 교배, 이유, 분만이 일주일 안에 모두 일어나며, 이에 따른 돈군의 잦은 이동과 교차로 질병의 순환 고리가 차단되지 않으며, 모돈의 생리를 효율적으로 이용하지 못하는 문제점을 가지고 있었다. 따라서 주간관리를 이용함에도 불구하고 우리나라뿐만 아니라 양돈선진국에서도 저조한 양돈생산성이 나타나는 사례를 접하게 된다. 모돈 관리에 있어서 올인-올아웃을 철저히 실천하고, 저하된 양돈생산성을 개선하기 위하여 양돈장에서는 모돈의 그룹관리 (batch management system) 방법이 시도되었다. 그룹관리란 양돈장의 모돈 들을 몇 개의 그룹으로 나누어, 일주일 이내에 모든 작업이 이루어지는 주간관리에 비해 그룹별로 2주에서 5주간격으로 작업을 분산하여 관리하는 방법이다. 따라서 그룹관리 방법은 돈군의 이동을 줄이고, 교차질병을 감소시키며, 질병 순환 고리를 제거할 수 있는 올인-올아웃의 철저한 관리가 가능한 방법으로 검증되어 유럽의 양돈 선진국들에서는 다양하게 이용되고 있는 방법이다 (Brown, 2006). 그룹관리는 주간관리 방법보다 모돈의 번식생리를 더욱 효율적으로 이용할 수 있으며, 매우 높은 생산성을 가져다 줄 수 있는 효과적인 사양방법으로 알려져 국내에서도 이미 여러 양돈장들이 모돈의 그룹관리 방법을 도입, 적용하여 높은 생산성을 유지하고 있다. 따라서 본 연구는 기존의 도입되고 있는 그룹관리 시스템의 실질적인 농가 적용 방안을 제시하고자 수행되었다.

II. 모돈의 그룹관리 형태

모돈의 그룹관리는 형태에 따라 2, 3, 5, 7주간 그룹관리 등으로 나뉘는데, 모돈이 3주간격으로 발정이 오는 생리를 감안한다면 모돈 500두 내외까지는 3주간 그룹관리가 가장 효율적이다. 그룹관리를 시작하기 위해서는 가장 먼저 충분한 임신 스톨과 분만틀이 확보되어야 한다 (Lurette 등, 2008). 그러나 각 농장마다 모돈의 보유현황이 다를 수 있으므로 총 모돈 수를 기준으로 그룹 당 모돈 수와 후보돈, 필요한 시설을 산출할 수 있도록 표 117에 산출근거를 나타냈고, 각 그룹별로 도태 모돈이 발생할 경우를 대비하여 모돈의 갱신을 대비 각 그룹 당 필요한 후보돈 수를 표 118에 나타냈으므로 이를 참조하여 필요사항을 산출할 수 있다.

표 117. 3주간 그룹관리에 필요한 요건

구 분	총 모돈 수					
	100	150	200	300	400	500
필요사항						
그룹당 분만모돈 두수 ¹	14	21	28	42	57	71
그룹당 교배모돈 두수 ²	17	25	34	50	68	85
그룹당 후보돈 두수 ³	2	3	4	6	8	10
총 분만틀 수 ⁴	28	42	56	84	114	142
임신 스톨 수 ⁵	89	134	177	266	354	443
그룹당 이유 자돈 수 ⁶	140	210	280	420	570	710

¹ 총 모돈 수/7 (3주간 관리의 그룹 수).

² 수태율 85% 기준으로 계산.

³ (총 모돈 수×갱신율/1년간 그룹 회전수)×1.1 (10% 여유분).
모돈 갱신율 30% 기준.

⁴ 그룹 당 분만 모돈 수×2.

⁵ 총 모돈 수-분만 모돈 수+후보돈 수.

⁶ 분만 모돈 수×10두 (이유두수).

표 118. 3주간 그룹관리에 모돈 갱신율에 따른 각 그룹 당 필요한 후보돈 수¹

구 분	총 모돈 수					
	100	150	200	300	400	500
모돈 갱신율, %/년						
20 %	1	2	3	4	5	6
30 %	2	3	4	6	8	10
45 %	3	4	6	9	11	14

¹ (총 모돈 수×갱신율/1년간 그룹 회전수)×1.1 (10% 여유분).

III. 모든 그룹관리의 장점

위에서 제시한 3주간 그룹관리 방법을 사용하면 양돈장에서 올인-올아웃 시스템의 장점을 그대로 적용할 수 있으며, 위생상태의 개선을 통한 질병의 감소와 성장 촉진, 사료효율 증가, 폐사율 감소, 약품의 사용량 감소 등을 통하여 모든의 번식 성적을 향상 시킬 수 있으며, 이에 따른 포유자돈의 성장 극대화 및 건강한 자돈을 생산할 수 있으며 결과적으로 양돈농가의 많은 생산성 지표를 획기적으로 개선할 수 있다. 게다가 주간별로 분만, 이유, 중부관리를 집중적으로 할 수 있기 때문에 일정기간에 집중적인 사양관리가 가능하며 이에 따라 작업자들의 시간적 여유가 늘어나고 돈군의 온도관리, 백신 및 사료급여 체계 적용이 용이하다는 장점이 있다.

IV. 그룹관리의 적용 전 유의사항

그룹관리의 여러 가지 장점들을 실제로 많은 농가들이 인지하고 있지만 아직도 주간관리를 실시하는 농가가 많은 것이 현실이다. 이는 그룹관리를 도입할 경우 시설을 개조해야 할 수 있다는 부담과 기존의 방법을 고수하여도 어느 정도 이상의 수익을 유지할 수 있기 때문인 것으로 알고 있다. 하지만 사료 내 항생제 사용이 금지된 이후부터 사양관리체계가 제대로 된 사양관리 체계가 잡혀있지 않은 농가의 경우 질병발생에 따른 약품비의 증가, 폐사돈의 증가, 노동시간 증가에 따른 농장 직원들의 사기저하, 생산성 감소 등 악영향이 이어질 수 있으므로 이를 대비한 모든의 그룹관리를 적용하는 것을 권장한다. 그룹관리의 적용은 모든 농장의 번식 생산구조를 완전히 개편하는 사양관리체계이므로 이들의 적용은 철저하게 준비가 된 이후에 적용해야 한다. 만약 주간관리가 체계적으로 이루어지고 있으며, 번식 성적 및 생산성이 높은 양돈 농가의 경우 그룹관리의 적용에 대해 거부감을 가질 가능성이 있기 때문이다. 번식 성적이 낮고 인력이 부족한 모든 농장의 경우 그룹관리의 농가 적용을 고려해야 할 필요가 있으며, 이는 모든의 생산성을 향상시키는 효과적인 사양관리체계라는 것을 인지해야 한다. 주간관리체계에서 그룹관리체계로의 체계 전환 시 주의하여야 할 점으로는 이유 자돈사와 이후의 육성 돈사 및 비육돈사가 충분히 준비되어야 하고 한 그룹 당 사용 가능한 임신 스톨 및 분만틀이 충분히 준비되어야 한다. 그룹관리체계 전환 시 일시적으로 조절하는 이유 일령으로 인해 이유 자돈의 폐사율이 상승할 수 있으므로 세심한 관리가 요구되며, 적절한 후보돈 확보로 그룹 당 교배 모든 수가 부족하지 않도록 유의해야 한다는 점이다. 주간관리 체계에서 그룹관리체계로의 적용은 앞에서 언급한 사항을 지켜 주간관리를 적용 한다면 모든의 생산성 향상에 긍정적인 영향을 미칠 것이라 확신한다. 현재의 낮은 양돈 생산성과 높은 생산비 상황에서 몇 년 후 여러 양돈선진국과의 FTA가 실질적으로 발효 되었을 때 양돈 산업의 유지 여부는 지금부터의 준비상황에 따라 달려있다고 할 수 있다. 지금부터 서서히 준비해야만 양돈 선진국과의 대결에서 버틸 수 있는 기반을 획득할 수 있을

것이다.

V. 후보돈의 입식 및 관리

후보돈의 입식 계획은 6개월 전부터 분만 및 이유, 발정재귀, 계절변화를 충분히 감안해서 세워야 하며, 입식되고부터 최초 3개월간의 세심한 관리가 이루어지지 않는다면 모돈의 사용 년수가 짧아지게 되는 결과를 가져온다. 새로 도입한 후보돈을 어떻게 적절한 방법으로 관리를 하는가에 따라 모돈으로서의 일생동안 생산성이 판가름 나게 된다.

(1) 후보돈의 입식

(가) 후보돈 구입 및 입식 시 주의사항

후보돈은 전문 종돈장 인가를 받은 위생적인 농장과 계약하여 안정적·지속적으로 구입해야 한다. 그룹관리의 경우 한번에 너무 많은 후보돈을 구입할 시 적정 중부시기를 놓칠 수 있으므로 반드시 일정한 계획을 수립하여 단일 종돈농장에서 구입해야 한다. 그룹관리의 경우 발정이 일정기간에 집중될 수 있도록 동기화 해주는 것이 바람직한데, 가급적 사용을 제한하되, 필요한 경우 용법과 용량을 잘 숙지하여 사용해야 한다. 초기 농장 돈군 형성 시 또는 노산 돈군의 초산 모돈으로서의 교체 시 목표로 하는 모돈 수 보다 여유롭게 후보돈을 준비하여 적정시기에 발정이 오는 개체를 선별하여 그룹에 넣는 것이 호르몬제를 이용한 발정동기화 보다는 바람직하다. 마지막으로 운송차량에서 하차즉시 후보돈의 지대, 유두 (맹유두, 부유두의 유무 및 유두의 수), 외음부의 생김새, 하복부의 용적, 피모, 기침유무, 활력, 성격, 상처, 등지방, 질병 등을 조사하여야 하며 이상이 있을 시 사진촬영을 하여 운송기사 및 담당자에게 확인하여 조치를 취하는 것이 나중에 발생할 수 있는 문제를 예방할 수 있다.

(나) 후보돈 입식 시 심사항목

- 하차 시 후보돈의 상태 확인
- 체중 90kg 이상, 등지방 두께 12~13mm (150일) 기준으로 함
- 맹유두나 부유두가 없고 유두수가 6~7쌍 이상이어야 함
- 지체 상태, 외음부의 생김새나 하복부의 용적, 성격 등을 파악
- 가능하면 혈액검사를 통하여 질병의 여부를 검증해 보는 것이 우선순위
- 이상 유무를 확인 후에는 소독수로 체표면 세척 후 후보 격리사로 이동하며, 이각을 확인하고 개체기록 카드를 작성 한다 (품종, 생년월일, 구입농장, 체중, 초발정일, 특이사항).

(2) 후보돈의 관리

(가) 일반관리

후보돈은 입식단계부터 교배까지 계획적으로 관리하도록 하며 목표 교배일을 220~240일령, 등지방 두께 16~18mm로 설정하고 이때 목표 체중을 125~135kg 이상이 되도록 관리해야 한다. 첫 중부 시 240일령 (140 ± 5 kg)에 등지방 두께는 16~20mm, 3번째 발정

을 교배목표로 잡는 것이 좋다. 후보돈의 교배 시 영양 상태는 좋아야 하며 일령은 8.5개월 체중은 130kg이상이어야 하며, 최소 3번째의 발정이 왔을 때 교배를 하는 것이 제일 적합하다. 최근 현대의 유전형의 경우 P2 측정 시 등지방이 16~18mm까지 되도록 만들 필요가 있다. 후보돈이 농장에 순치할 수 있도록 해야 하는데 순치기간 중에는 복수군의 돼지를 혼사하지 말아야 하며, 이 기간 중에는 번식 성적에 영양을 미칠 농장 내에 잠재하고 있는 미생물과 서서히 접촉시키는 것이 좋다. 후보돈 도입 시 최소한 4주일 동안은 격리사에서 관찰 실시 (특히 호흡기질병, 지체이상, 유도이상, 피부병 등)하여 이상이 발생하는 개체는 즉시 격리한 뒤 치료한다. 돈군과 돈방은 울인-울아웃을 실시하고 세척과 소독을 철저히 해야 하며, 사료섭취량 및 사료통의 위생 상태를 잘 관리하고 깨끗한 물을 공급 (하루에 최소 2번 워터컵 청소와 니플 확인) 해주는 것이 발육과 몸의 상태를 최상으로 유지시켜 주는 필수조건이라 할 수 있다. 매일 2~3회 정도 후보돈을 관찰하고 어떠한 일이든 문제점이 있으면 빠짐없이 기록해 두어야 하는 것이 좋다. 후보돈은 350lux 정도 밝기의 조명으로 1일 14~16시간의 일조량을 제공해 주어야 정상적인 발정을 유도할 수 있으며 (특히 겨울철 일조시간 주의), 사육밀도에 의한 스트레스를 완화시켜 주는 것은 많은 배란수를 촉진 시켜주므로 최소 두당 1.4㎡에서 최대 1.6㎡의 수용 공간의 평사에서 사육하는 것이 좋다. 또한 하루 최소 1회 (2회 권장) 돈분 제거 및 워터컵 청소를 실시하여 바닥이 미끄럽지 않게 하여 지대 보호하여야 한다.

(나) 후보돈의 일령별 사양관리

① 150일령 (입식)

- 이상 유무 확인 후 소독수로 체표면 세척 후 후보격리사로 이동
- 입식 당일은 신선한 물 위주로 공급하고 오전에 입식했다면 오후 늦게 사료를 급여
- 이각을 확인하고 개체기록 카드를 작성 (품종, 생년월일, 구입농장, 체중, 초발정일, 특이사항)

② 150~170일령

- 사료는 무제한 급여

③ 170~198일령 (198일령 1번째 발정 목표)

- 이 기간에는 초발정을 잘 확인하고 기록해야하며, 필요하다면 용돈을 통한 발정 유도가 필요하다.

④ 198~219일령 (219일령 2번째 발정 목표)

- 2차 발정이 오도록 유도해야 하며, 주기를 세심히 관찰할 필요가 있으며, 후보돈의 개체별 체형관리 및 적응을 위해 임신사 스톨로 이동.

⑤ 215~240일령 (240일령 3번째 발정 목표)

- 후보돈의 강정 사양을 위하여 첫 교배 전 2주 동안 포유돈 사료를 증량 급여해야 하는데 이는 배란율을 최대로 하기 위해서 실시한다. 이 시기에 저단백, 저열량, 혹은 저질의 사료를 춘기 발동기까지 먹이면 무 발정 상태가 심각해지며, 불임이 되는 경우도 있다. 270일

령 이상 미발정돈에 대해서는 적극적인 발정유도를 한 후 미발정이 지속되면 도태를 고려한다 (표 119).

VI. 돈군의 갱신

우리나라에서 현재 논쟁거리 중 하나는 외국의 자료를 근거로 모돈의 도태율을 높여야 모돈 생산성이 향상될 수 있다는 주장을 펼치고 있다. 하지만 외국의 실정과 우리나라의 실정을 면밀히 검토한 뒤 적정 도태시기를 설정해야 한다. 많은 사람들이 덴마크의 높은 갱신율을 토대로 4산차 이전에 모돈을 갱신해야 모돈의 성적이 개선될 것이라 믿지만 실제로 덴마크의 후보돈 가격은 20만원 내외로 국내에 비해 저렴한 후보돈 가격을 형성하고 있다. 이로 인하여 후보돈 갱신율이 높게 나타나고 있는 것이다. 하지만 우리나라의 경우 후보돈 입식 시 가격이 덴마크에 비해 2~3배 비싼 상황으로 모돈 도태시기에 대해 꼼꼼히 따져볼 필요가 있다. 이러한 상황을 인지하지 못한 채 그대로 도입 시 우리나라는 높은 후보돈 가격으로 인해 높은 갱신율은 생산비를 가중시키는 요인으로 작용할 수 있다. 모돈의 도태시기에 따른 수익성을 비교한 표를 살펴보면 (표 120), 저산차 모돈의 도태의 결과는 후보돈 구입 비용, 후보돈 사료사양비용 및 시간이 소요됨에 따라 모돈 1두당 매출에 의한 순이익이 고산차 모돈에 비해 감소하는 것을 알 수 있다.

여기서 생각해 볼 문제는 도태율을 일정하게 유지하는 것이 중요한 것이 아니라 각각의 모돈의 번식 성적과 연산성을 살펴보고 이들의 성적에 따라서 도태를 결정하는 사양관리 체계를 확립하는 것이 중요하다고 할 수 있겠다.

표 119. 후보돈의 일령별 사양관리

구분	적응기간	체형관리기간	발정/교배기	지연돈 대책기간
일령 (일)	150~180	180~210	210~240	240~270
체중 (kg)	95~105	120	135이상	
사양관리	-별도 후보사 필요 -지체강화를 위한 톱밥 평사 구조 -구충 실시 -2주간 항생제, 영양제 급여 -도입즉시 현황판 기록	-초발정유도 (198일령 첫 번째 발정 목표) -응돈접촉/관찰 -체형관리 -기본 백신접종 -초발정 실패 시 이동 합사 및 응돈접촉	-교배 2주전 임신사 스톨로 이동 (스톨 적응 및 개체관리) -2차 발정 유도 (219 일령), 주기에 대한 세 심한 관찰 필요 -응돈 허용 즉시 교배	-이동/합사 응돈접촉 3 차 발정 유도 (240일 령) -호르몬 주사 및 차량 이 용 (255일령 이후) -270일 경과 시 도태

외부 종돈회사에서 후보돈을 도입하는 것에 대한 고정지출비용 및 시간을 절약하고자 한다면, 농장 내에서 후보돈을 자체 생산하여 선발하는 것도 좋은 방법이 될 수 있다. 일선 농가에서는 돈군을 순종으로 유지하거나 (YY, LL) 후보돈을 위한 순종 돈군을 별도로 유지함으로써 폐쇄돈군을 유지함과 동시에 후보돈을 강선발하여 자체 생산하여 사용하고 있는 실정이다. 전체 그룹별 모돈 두수를 고려하여 순종을 그룹별로 편입하여 지속적으로 후보돈을 생산할 경우, 노산차 모돈을 지속적으로 후보돈을 통해 갱신할 수 있다는 장점이 있다. 하지만, 선발한 후보돈을 위한 사육공간이 확보되지 못하거나 사양관리가 제대로 안 되는 경우에는 오히려 번식능력이 떨어지는 후보돈으로 갱신을 하게 되면서 농장의 번식 성적이 감소될 수 있는 위험성도 고려하여야 한다.

VII. 발정 및 종부관리

모돈의 그룹관리 사양관리 방법 중에 가장 중요한 시기는 발정확인 및 종부이다. 주관관리와는 다르게 그룹관리의 경우 이유일이 몇 주에 한번씩 (7그룹관리의 경우 3주에 1회씩) 오게 되는데, 모돈마다 포유기간의 차이가 나더라도 동일한 이유일에 이유를 하게 되어 발정 동기화를 진행하게 된다. 이는 후보돈 편입 및 재발정 등의 이유로 같은 그룹내에 분만일이 다른 모돈들은 동일한 날에 이유를 함으로써 다음번 그룹에 편입될 때는 종부일 및 분만일이 특정 주간으로 모여주어 일의 효율을 높여주며 모돈의 사양관리 또한 용이하게 해주는 효과를 가진다. 그리고 발정을 유도하기 위한 호르몬주사제를 사용하지 않고도 발정을 이후 4-6일 내로 유도할 수 있으며, 이를 통해 모돈을 해당 그룹에 편입시키거나 그룹별 모돈의 두수를 조정할 수 있게 된다.

표 120. 모돈의 도태시기에 따른 수익성 비교

모돈의산차	4산차 도태	9산차 도태	비 고
비용			단위: 천원
모돈1두	900	900	입식, 사육, 기타 비용 (600+200+100)
정액비용	90	203	4산: $22.5 \times 4산 = 90$ 9산: $22.5 \times 9산 = 203$
임신 모돈사료비	486	1,132	4산: $2.24kg \times 120일 \times 0.45천원 \times 4산 = 486$ 9산: $2.24kg \times 120일 \times 0.45천원 \times 9산 = 1,132$
포유 모돈사료비	280	630	4산: $5kg \times 28일 \times 0.5천원 \times 4산 = 280$ 9산: $5kg \times 28일 \times 0.5천원 \times 9산 = 630$
후보돈재구입비	900	900	
총비용	2,656	3,765	
매출			
자돈	2,800	6,300	4산: $10두 \times 4산 \times 70천원 = 2,800$ 9산: $10두 \times 9산 \times 70천원 = 6,300$
도태모돈 수익	250	250	
총 매출	3,050	6,550	
순익	+394	+2,785	

모든의 발정확인 은 웅돈을 접촉 시 나타나는 발정반응 (귀의 직립, 증가허용, 외음부 충혈, 점액의 분비 등)을 통하여 한다. 일반적으로 모든의 배란 시기는 웅돈의 승가를 허용한 시점을 기준으로 24-36시간 후에 배란을 하기 때문에 웅돈을 허용한 시점으로부터 10-24시간 후를 교배적기라고 판단한다. 따라서 발정기가 시작된 후 24시간 이내에 웅돈 교배 및 인공수정을 통해 교배를 실시하는 것이 좋으며, 교배적기를 판단하기 위하여 발정확인을 하루에 2회 이상 오전, 오후로 나누어 실시하는 것이 좋다. 모든의 발정을 체크하고 종부하는 작업자의 능력에 따라 농장의 번식 성적이 좌지우지되는 경우가 많다. 모든의 발정을 확인하는 작업자의 숙련도 및 능력이 다소 부족한 경우 웅돈 접촉 시 모든의 승가를 허용하는 시점에 바로 종부를 시작하는 것이 필요하다. 반면에 모든의 발정을 확인하는 작업자의 숙련도가 높은 경우에는 모든의 발정징후를 확인하고 12시간이 지난 시점부터 인공수정을 시작하는 것이 좋다. 이러한 차이를 두는 이유는, 발정을 확인하는 작업자의 숙련도가 부족한 경우에는 발정초기에 오는 발정징후들을 놓치고 지나가게 되는 경우가 발생하기 쉽고, 발정을 놓치고 다음번에 발정을 확인하게 될 경우에는 이미 종부적기를 지나버릴 가능성이 높기 때문이다. 발정확인을 초기에 하지 못하고 중기 및 후기에 확인하고 12시간 뒤부터 인공수정을 실시할 경우에는 종부적기 및 배란기를 놓치게 되어 모든의 배아수정률 및 번식 성적이 감소하게 된다.

발정확인을 적기에 확인할 수 있다면 모든의 인공수정횟수는 1회에서 4회를 하여도 1회 종부한 처리구와 번식 성적에 차이가 없었다. 인공수정 횟수에 따른 임신율 및 분만율을 조사한 결과 (표 121), 인공수정을 3회 진행한 처리구에서 수태율이 제일 낮은 수치를 보였으며 임신율, 분만율에서는 차이를 보이지 않았으며, 발정확인 후 12시간에 1회 종부를 진행한 결과 수태율과 분만율에서 다른 처리구에 비해 차이를 보이지 않았다. 이러한 인공수정 횟수에 따라 수태율, 임신율, 분만율 차이를 보이지 않은 것은 이유 후 재귀발정일이 5-6일 사이였고 발정개시 후 모든 처리구의 1차 인공수정 시기가 배란 후 24시간과 거의 일치했기 때문인 것으로 사료된다.

번식 성적 (표 122)에서는 인공수정횟수가 산자수, 생존자돈 수, 복당체중, 복당생시체중에 유의적 영향을 미치지 않은 것을 알 수 있다. 일반적으로 배란 24시간 전에 인공수정을 실시했을 때 가장 높은 임신율과 산자수를 가지는 것으로 보고되고 있기 때문에 (Kemp and Soede, 1996; Nissen 등, 1997), 양돈농가에서는 번식 성적을 높이기 위해서 인공수정 횟수를 증가시킴으로써 최대한 배란 전 24시간 시점을 맞춘다. 하지만 본 연구의 결과를 고려해보았을 때, 발정확인 후 12시간째에 인공수정을 1회 하여도 인공수정 횟수가 2회, 3회 4회인 처리구들과 대등한 성적을 기대할 수 있다.

인공수정의 횟수 증가는 정액비용의 증가로 이어져 농가의 수익에 직접적인 영향을 미친다. 인공수정 횟수에 따른 비용절감 효과를 계산해본 결과 (표 123), 모든 한 마리당 인공수정 횟수가 1회 증가함에 따라 정액 사용 비용은 약 7,000원 정도 증가하게 된다. 따라서 모든 500두 농장의 경우 모든 회전율이 2.3이라고 가정하였을 때, 인공수정 횟수가 1회 증

가할수록 연 840만원의 추가적인 지출을 하게 되고, 인공수정을 4회 실시하는 것에 비해 인공수정 1회 실시시 연간 2,415만원의 추가적인 정액비용을 절감할 수 있음을 시사한다. 물론 적정 발정확인 및 종부시기를 정확히 파악한다는 조건이 전제되어야 하겠지만, 1회의 인공수정을 통하여 추가적인 생산비 지출을 감소하여 농가의 생산성을 높일 수 있다.

표 121. 인공수정 횟수가 모든의 임신율 및 분만율에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹			
	AI1	AI2	AI3	AI4
No. of sows	12	12	12	12
Conception^a				
No. of conception	11	11	10	11
Conception rate, %	91.67	91.67	83.33	91.67
Pregnancy^b				
No. of pregnancy	11	11	10	11
Pregnancy rate, %	100	100	100	100
Farrowing				
No. of farrowing	11	11	10	11
Farrowing rate, %	100	100	100	100

¹ Treatment: AI frequency (AI1: once AI, AI2: twice AI, AI3: thrice times AI, AI4: four times AI)

^a Non-return on d21 after breeding.

^b Positive pregnancy test on d30 after breeding.

표 122. 인공수정 횟수가 모든의 번식 성적에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹				SEM ²	P-value
	AI1	AI2	AI3	AI4		
Reproductive performance						
No. of born/litter ³	14.45	14.09	14.80	13.73	0.52	0.93
Piglet mortality	0.90	2.00	0.80	0.90	0.09	0.19
No. of born alive/litter	13.55	12.09	14.00	12.82	0.47	0.57
Litter weight, kg						
Litter birth weight	18.77	19.70	20.67	20.18	0.60	0.74
Litter born alive weight ⁴	18.11	17.82	19.98	19.08	0.57	0.57

¹ Treatment: AI frequency (AI1: once AI, AI2: twice AI, AI3: thrice times AI, AI4: four times AI)

² Standard error of mean.

³ Registered litter size.

⁴ After cross-fostering day at d1 postpartum

VIII. 임신기 사양관리

국내의 많은 양돈 농가에서는 임신돈의 생산성을 향상시키고 연산성을 유지하기 위하여 다양한 사료급여 프로그램을 도입, 적용하여 왔다. 그러나 국내에서 이용되는 사료급여 프로그램은 검증되지 않았고, 특히 매우 복잡하게 구성되어 있어 생산성 향상에 효과적이지 않다. 국내 모돈의 경우 대부분 유럽원산의 품종으로 비교적 균일하고, 지역마다 외부기온은 차이가 있더라도 돈사 내 온도는 큰 차이가 없기 때문에 실질적으로 모돈의 생리에 가장 큰 영향을 미치는 것은 사료라고 할 수 있다. 그 중에서도 사료의 영양소 함량 차이에 일반적으로 많은 양축가들이 관심을 가지지만 실제로 모돈에게 더 큰 영향을 미치는 것은 회사마다 5% 이내의 차이를 보이는 사료 내 영양소 함량이 아니라 50% 이상의 차이를 보이는 사료 급여량이라 할 수 있다. 우리나라의 모돈은 약 1백 만두에 이르고 있지만, 아직까지 실질적으로 국내에서 검증된 임신돈 사료급여 프로그램이 존재하지 않는다. 물론 여러 조합과 회사에서 권장하는 방법들이 있지만, 각기 통일되지 않아 양돈 농가의 입장에서 어떤 방법을 믿어야 할지 매우 혼란스러운 실정이다. 현재 양돈 농가들이 유전적으로 개량된 모돈을 사용하면서도 모돈의 번식 성적이 개선되지 않고 있는 현 실정은 임신돈의 사료 급여 프로그램에 대한 검증의 필요성을 반증한다.

임신 모돈은 사료섭취량이 낮아 필요한 영양소들을 충분히 공급받지 못할 경우, 경산돈보다 초산돈의 번식 성적에 더 나쁜 영향을 받게 되며, 이유 시 모돈의 체중과 등지방 두께에도 부정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 또한 후보돈의 체성장 기간이나 임신돈의 임신 기간 중에 높은 사료섭취량은 일반적으로 분만 시에 모돈의 체중이 높고, 지방 축적이 많도록 하여 난산과 지체 부상의 빈도를 증가시키며, 특히 임신기간 중의 높은 사료섭취량은 포유기에 무제한 급여를 한다고 하더라도 모돈의 충분한 사료섭취를 못한다고 보고되었다 (Dourmad, 1991; Weldon 등, 1994; Revell 등, 1998).

표 123. 인공수정횟수가 모돈의 경제성에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹			
	A	B	C	D
AI service cost per sow, won ²	7,000	14,000	21,000	28,000
AI service cost per sow in year, won ³	16,100	32,200	48,300	64,400
AI service cost in 500 sows farm, 1000 won	8,050	16,100	24,150	32,200

¹ Treatment: AI frequency (AI1: once AI, AI2: twice AI, AI3: thrice times AI, AI4: four times AI)

² a packed semen (once usage) : 7,000 won

³ Litter per sow per year (LSY) : 2.3 litters a year

또한 포유기의 사료섭취량이 낮으면, 모유 생산을 위한 충분한 영양소 공급이 이루어지지 못하여, 모돈이 임신기간 동안 체내에 축적한 영양소들을 모유 생산에 사용하게 되고 이는 체내 영양소의 음균형 (negative balance)을 초래하게 된다. 이는 체중과 등지방의 손실을 높이고, 이유 후 재귀발정일 (WEI, weaning to estrus interval)을 늘리며, 차후의 번식 성적에도 부정적인 영향을 미친다 (Reese 등, 1982; King과 Williams, 1984; Baidoo 등, 1992; Trottier과 Johnston, 2001). 아래 표는 일반적으로 권장되고 있는 임신돈 사료프로그램을 모아 가장 빈도가 높은 4가지를 처리구로 하여 실시한 실험의 결과로 여러 가지 급여 프로그램 중에 임신 전 기간 동안 동일하게 적은 양의 사료를 급여한 처리구가 생산비 대비 가장 좋은 효과를 보인 것을 나타내고 있다. 측정 항목별로 살펴보면 분만 시 총 산자수와 생존 자돈 수 등의 분만성적은 물론이고, 이후 포유자돈의 성장능력이나 포유 모돈의 유성분과 사료섭취량 등 모든 면에서 임신기간 중에 사료를 기간별로 더 많이 급여한 다른 처리구들 보다 높거나 동등한 성적을 나타냈다 (그림 5, 표 124). 도태율 결과를 보면 알 수 있겠지만 검증되지 않은 사료 프로그램은 모돈의 빠른 도태를 유발할 뿐이다. 실험목장인 야곱농장에서도 후보돈과 경산돈에게 일정한 사료를 임신 전기간 동안 급여한 결과 모돈의 연산성 (longevity)이 높아져서 후보돈들이 5산차 이상에 도달하는 비율이 65.5%를 넘는 것이 증명되었다. 또한 이렇게 임신 모돈의 사료급여 방법을 개선할 경우 모돈의 생산성 향상을 도모할 수 있는 가정 적절한 방법이 된다는 것을 알 수 있다.

모돈의 영양과 관련하여 검증되지 않은 방법이 시행되고 있는 경우가 또 있는데 바로 임신 말기의 증량급여 방법이다. 임신말기 증량급여의 이론적 바탕으로는 임신말기에 모돈 자체의 유지를 위한 영양소 요구량이 체중의 증가와 함께 최대가 되며, 태아의 성장 또한 급격히 증가하기 때문에, 사료섭취량이 부족할 경우 임신 말기 모돈은 자신의 체내에 축적된 영양소를 소모하게 되는 상태 (catabolic status)가 될 수 있다는 이론과 (Shields와 Mahan, 1983; Trottier, 1991). 임신 초기와 중기보다 임신 말기에 태아의 성장이 급격하게 이루어진다 (Noblet, 1985)는 연구결과가 있다. 이러한 바탕아래 임신 말기에 사료를 증량 급여하여야 태아를 더 성장시킬 수 있고 모돈에게도 좋다는 생각으로 대부분의 농가가 증량 급여 방법을 선택한다. 하지만 임신기 과도한 사료급여는 포유기 사료섭취량 감소로 인한 체단백질과 체지방의 소모라는 결과를 초래할 수 있다는 연구결과 외에 (Weldon 등, 1994; Trottier과 Easter, 1995; Revell 등, 1998), 유생산량 감소 (Weldon 등, 1994) 또는 분만직후 저유 증후군 (PHS; periparturient hypogalactic syndrome)을 유발한다는 결과가 있다. 임신기 과도한 사료는 유선조직 내 과량의 지방침적으로 인한 유선 발달 장애 (udder hypoplasia)를 유발할 수 있으며, 이러한 문제가 지속될 경우 유방 부종 (udder edema)의 원인이 되기도 한다.

앞에서 살펴보았듯이 임신말기의 사료증량 급여효과에 대해서는 아직 논쟁중이다. 실제로 본 연구실에서 실시된 실험결과 임신 말기의 모돈에게 두당 하루 300~900g 까지 사료를 증량 급여하여도 임신말기의 사료증량급여는 포유기 모돈의 사료섭취량, 체중 및 등지방 감

소량, 생시 총 자돈 수 및 이유 자돈 수, 복당 또는 평균 자돈 생시체중 및 이유체중, 모돈의 재귀 발정일에 영향을 미치지 않았다 (그림 6, 표 125).

위에서도 언급했지만 과학적으로 검증되지 않은 방법을 막연히 생각하고 양돈농가에 적용하는 것은 생산비의 향상과 생산성을 떨어뜨리는 원인이 될 수 있다. 임신말기 모돈의 영양소 요구량에 미치는 다양한 요인들을 각 농장에 맞게 모두 반영하기는 어렵기 때문에 근래의 영양학자와 사료회사에서는 이러한 점을 고려하여 매우 특수한 상황이 아니라면 임신말기 충분한 영양소 공급이 이루어지도록 사료를 배합하고 그에 따른 사료급여량을 제시하고 있다. 따라서 질병이나 매우 열악한 사육환경, 또는 낮은 사료급여량을 고집하는 농가가 아닌 경우에 임신 말기의 과도한 사료증량급여는 오히려 모돈의 과도한 체중 증가로 난산을 유발할 수 있고, 포유기간 중 모돈의 사료섭취량을 줄여 모돈의 분만 후 회복과 포유자돈의 성장에 나쁜 영향을 줄 수 있다. 여러 양돈농가들이 본 실험 결과를 개별 농장에서 간단히 검증한 후 그 결과를 적용 시킨다면 반드시 임신기 모돈 사료비를 대폭 절감하여 양돈장의 경쟁력을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

대부분의 양돈 농가에서는 일정 수준의 번식 성적을 얻기 위해 스톨 사육이나 제한 급이 같이 제한된 상황에서 모돈을 사육해 왔다. 그러나 이러한 사육 환경은 개별 관리가 가능하고 공격적인 성향을 막을 수 있다는 장점을 가지고 있으나, 한정된 공간으로 인해 모돈의 움직임과 사회적인 행동이 억압될 수 있다는 단점을 가지고 있다. 또한, 제한 급이는 모돈의 체형을 조절하고 포유기 사료 섭취량을 증가시킬 수 있는 반면, 특정 시간에 정해진 양의 사료만 급여하기 때문에 모돈의 공복감을 가중시키고 이상행동을 야기할 수 있다는 단점이 있다. 임신기의 이러한 환경들은 모돈의 복지에도 부정적인 영향을 미칠 수 있기 때문에 농장의 경영과 동물 복지를 위한 대안이 필요한 상황이며, 작업근로자의 노동 강도 조절을 위한 임신돈의 1일 1회 사료급여 방법을 시도해 보았다.

임신기 모돈의 사료 급여 횟수에 따른 litter size 및 포유자돈의 성장 성적에 미치는 영향을 조사한 결과 (표 126) 생시 자돈 두수, 사산, 미이라, 생존 산자수, 포유 중 폐사 및 이유두수에서 처리구 간 통계적 유의차를 나타내지 않았다. 포유자돈 체중에서도 위와 같은 결과를 나타내었으나, 1회 급여 처리구의 복당 생시체중이 2회 급여 처리구보다 유의적으로 높은 결과를 나타내었다 ($P < 0.05$). 1회 급여는 2회 급여에 비해 모돈의 이상행동 및 cortisol 수치 및 면역 성상에서도 처리구 간 차이점을 나타내지 않았으며, 모돈의 휴식 활동 증가와 물 섭취량을 줄여 추가적인 생산비를 절약하는데 효과적이었다. 또한 임신돈사에서 사료를 2회 급여할 때에는 사료급여 시간마다 임신돈이 사료통이나 임신틀을 기어오르는 행동을 하면서 부상이 많은데, 2회 급여할 분량의 사료를 오전에 1회 급여하면 오후에 관리자가 임신사를 들어가도 임신돈이 이상행동을 하지 않아 부상의 위험이 줄어들 수 있는 것이 관찰되었다. 또한 임신돈에게 사료 급여횟수를 2회에서 1회로 급여할 때 약 한달 동안의 훈련기간이 필요한 것도 알 수 있었다. 결론적으로 양돈 농가에서 1일 1회 급여는 노동시간 및 인건비를 줄여 생산비

절감효과를 기대할 수 있음은 물론, 소규모 양돈 농가에도 임신 모돈에게 쉽게 적용 가능한 동물복지방법 중 하나가 될 수 있을 것이라 판단된다.

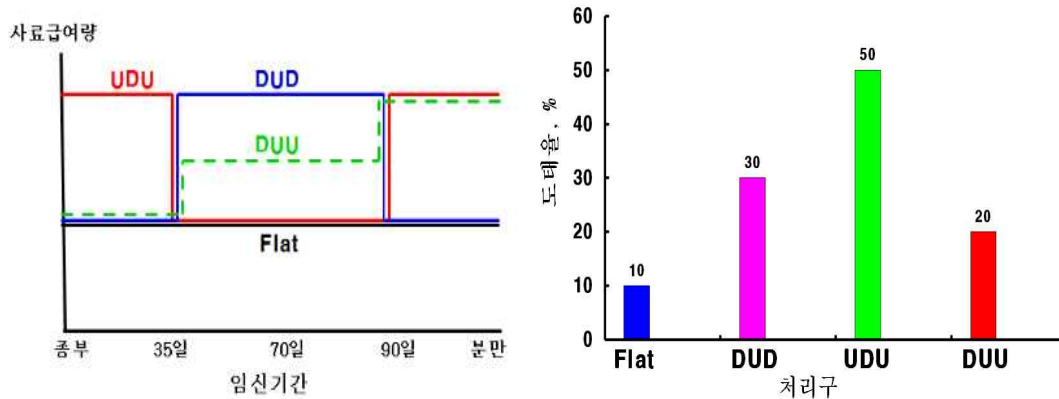


그림 5. 임신돈 사료 급여 프로그램 실험 처리구와 1~3산차 도태율

표 124. 임신 모돈의 사료급여 프로그램에 따른 초산돈의 번식 성적

구 분	Flat	DUD	UDU	DUU
실험 모돈수	10	11	10	10
모돈의 번식 성적/두				
총산자수	11.1	12.8	11.5	12.5
생존 자돈 수	10.0	10.3	10.1	10.6
이유 자돈 수	9.9	9.9	10.0	10.4
발정재귀, 일	6.1	6.2	6.2	6.1

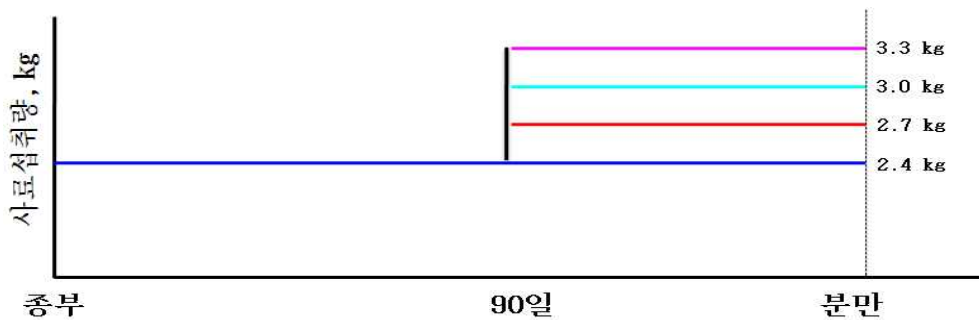


그림 6. 임신 말기 증량급여 실험의 처리구

표 125. 증량급여에 따른 번식 성적

항 목	2.4kg	2.7kg	3.0kg	3.3kg
실험 모돈수	9	6	7	9
모돈의 번식 성적/두				
총 산자수	13.7	13.7	12.8	12.5
생존 자돈 수	12.2	11.8	12.0	11.8
이유 자돈 수	10.3	10.6	10.1	10.6

IX. 포유기 사양관리

(1) 입블이사료의 잘못된 사용

현재 모든 농가에서 가장 논란이 되고 있는 사양관리 중 하나는 입블이사료의 실효성 및 입블이사료의 급여 시점이라고 할 수 있다. 우리나라 양돈 농가의 입블이사료 급여 현황에 대해 살펴보면, 사료 섭취량이 적은 포유자돈의 입블이사료 생산량이 다른 성장 단계의 사료 생산량에 비해 상당한 비율을 차지하는 것을 볼 수 있다. 돼지의 전체 사육기간에서 포유 기간이 차지하는 비율을 감안 했을 때 (그림 7), 이는 여전히 높은 양으로 포유중인 자돈들에게 입블이사료를 급여하면 포유 모돈의 건강회복과 포유자돈들의 성장에 도움이 될 것이라는 막연한 믿음을 가지고 있는 양축농가가 많다는 것을 보여준다.

국내의 많은 양돈 농가에서는 자돈의 이유 후 사료 적응력과 고품사료로 인해 발생 하는 설사 등을 예방하기 위해 입블이사료를 급여하여 왔다. 입블이사료는 외국에서도 다양하게 연구가 이루어져 이유 후 사료 적응력을 높임으로써 사료 섭취량이 증가되고, 자돈의 성장 개선 및 설사 방지 효과를 보인다고 보고되었다. 입블이사료를 급여할 경우 이유 자돈은 자돈의 소장 내 면역체계에서 고품 사료가 새로운 항원이 아니게 인식되어 설사가 예방되고, 건강을 유지할 수 있으며 (Makinde 등, 1997), 입블이사료를 섭취한 자돈은 섭취하지 않은 자돈에 비해 이유 시기의 증가된 사료섭취량과 높은 성장 성적을 나타냈다는 연구 결과가 있다 (Bruininx 등, 2002). 이와는 반대로 입블이사료의 급여가 자돈의 성장 성적에 개선 효과를 보이지 않는다는 연구결과도 발표되어 왔다 (Kavanagh 등, 1995; Perkins과 Mahan, 1992). 하지만 국내에서는 입블이사료의 급여효과에 대한 검증 연구가 거의 이루어 지지 않았으며, 특히 양돈 농가에서는 이러한 검증 없이 외국의 연구나 농장 적용 사례 등을 기초로 하여 입블이사료가 적용되고 있다. 특히 국내의 많은 농장에서 포유기간 중에 입블이사료를 너무 이른 시기 (예, 분만 후 5일)에 급여하고 또한 급여량도 일정한 급여 기준 없이 많은 양이 급여되고 있다. 일반적으로 포유중인 자돈들은 생후 2주 정도부터 모돈이 섭취하는 사료에 관심을 보이며, 3주령 정도가 되어야 사료섭취를 시도하게 된다. 따라서 이른 시기의 입블이사료 급여는 값비싼 입블이사료의 낭비를 가져오며, 이는 농가에 경제적인 큰 손해가 아닐 수 없다. 특히 이른 시기의 입블이사료 급여는 포유 기간의 모돈의 젖 생산량을 저해하며, 모돈이 섭취한 영양이 모유를 통해 자돈에 전이되지 않고 모돈의 체중 증가에 이용되며, 이로 인해 과비하게 된 모돈은 이유 후 재귀발정일이 증가되고, 다음 산차의 번식 성적도 저하될 가능성이 높게 된다.

표 126. 임신돈의 일회 사료급여가 번식 성적에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹		SEM ²
	OF	TF	
No. of Sows	10	10	-
Litter size, no. of piglets			
Total born	12.7	11.9	0.76
Stillborn	1.3	1.2	0.40
Mummy	0.0	0.0	0.00
Born alive	11.4	10.6	0.53
After-cross-fostering death	10.8	10.8	0.14
weaning pigs	0.3	0.4	0.13
	10.5	10.4	0.17
Litter weight, kg			
At birth	19.82 ^a	17.34 ^b	1.054
After-cross-fostering	17.34	17.29	0.653
d 21	71.08	70.08	1.653
Litter weight gain (d 0-21)	2.56	2.51	1.442
Piglet weight, kg			
At birth	1.58	1.53	0.071
After-cross-fostering	1.60	1.61	0.063
d 21	6.77	6.75	0.130
Piglet weight gain (d 0-21)	0.25	0.25	0.100

¹ OF: Once daily Feeding, TF: Twice daily Feeding

² Standard error of the means

^{a,b} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.05)

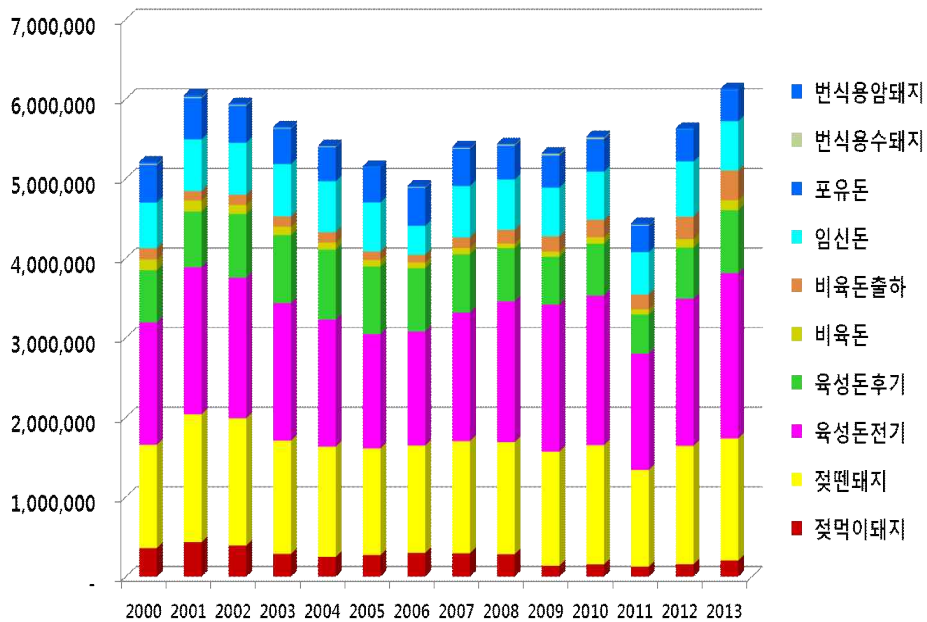


그림 7. 양돈 사료 생산량 (농림축산식품부, 대한한돈협회, 2014)

또한 포유 자돈에게 가장 최고의 영양소 공급원은 입블이사료가 아니라 모유인 것은 자명한 사실이며, 포유가 정상적으로 이루어지고 있는 모돈에 대한 입블이사료의 급여는 자돈의 포유를 감소시켜, 모유가 유선에서 제대로 빠져나가지 못하고 정체되어 유방염에 걸릴 수 있게 된다. 따라서 모유의 충분한 섭취와 보조 성격의 입블이사료에 대한 기준 마련이 시급한 상황이다. 아래 제시되어 있는 표 127-134의 내용은 입블이사료 급여 시점과 실효성을 검증하기 위하여 급여일령을 처리구로 하여 실시된 실험에 대한 것으로 자돈의 성장에 미치는 영향과 증가되는 사료비를 나타낸 것이다. 결과를 보면 입블이사료를 조기에 급여할 경우 사료비가 두당 최고 1,440원정도 추가적으로 지출되지만 실질적인 성장의 척도라고 볼 수 있는 이유 후 5주령 체중에는 차이가 없는 것을 알 수 있다. 이 결과는 기본적인 입블이사료에 대한 생각과는 반대되는 것으로 자체적으로 검증되지 않은 입블이사료의 급여는 자돈의 성장에 도움이 되지 않을 뿐만 아니라 농가의 생산성을 저하시키는 원인이 될 수 있다는 것을 나타낸다.

입블이사료를 조기에 급여하면 이외에도 포유자돈의 모유 섭취량을 줄여 모돈의 사료섭취량을 낮추어 포유 불량 및 자궁회복, 재귀발정일 등 차후의 번식 성적과 관련된 연산성과 관련된 항목에까지 악영향을 미칠 수 있으며, 입블이사료에 대한 자돈의 관심과 섭취의 변이가 심하여 그 효용성이 일정하게 나타나지 않을 수 있다. 또한, 이른 시기의 입블이사료의 급여는 입블이사료에 관심이 없는 자돈에게는 허실로 낭비되므로, 입블이사료의 급여를 사료섭취에 관심이 높은 2주령 이후로 늦추어야 하며, 이유 직전 3~5일 정도의 짧은 기간의 급여로도 효과를 볼 수 있다고 할 수 있다.

표 127. 입블이사료의 급여 일령이 자돈의 성장에 미치는 영향

항 목	급여 안함	이유 전 7일	이유 전 14일	이유 전 21일
생시체중, kg	1.52	1.53	1.57	1.51
3주령체중, kg	4.71	5.11	5.23	4.97
사료섭취량, g/두	0	576	492	240
사료비, 원/두	0	1,440	1,230	600
이유 후 5주령 체중, kg	26.74 ^a	25.16 ^b	26.84 ^a	24.34 ^c

(2) 분만사 건식급여

모돈의 사양과 관련하여 포유 모돈에게 있어 분만 후 충분한 포유능력의 유지 및 이에 따른 포유자돈의 성장 및 건강성을 향상시키기 위한 방안으로 분만사에서 습식 급여라 할 수 있다. 습식 급여 형태는 우리나라 양돈농가의 약 90% 이상의 농가에서 분만사 모돈을 관리할 때 사용하는 방법으로 대체로 하루 2회 사료를 급여하는 방식과 함께 쓰이고 있다. 여름철에 습식 급여를 하게 되면 사료의 부패속도 때문에 정확하게 모돈이 섭취할 수 있는 양을 계산하여 급여해야 한다. 하지만 대부분의 경우 모돈마다 개체차이가 심하기 때문에 많은 관심을 가지고 관리를 하지 않는다면 이를 조율하기 매우 어렵다. 실제로 습식 급여를 하는 많은 농가에서 고용된 직원들이 분만사를 관리하고 있는데 사료통에 남겨진 사료가 변질되어 버려지는 것을 우려하여 사료를 아예 소량 급여하는 경우가 많고 제대로 관리가 되고 있지 않은 상황이다. 이는 바로 모돈의 불충분한 사료섭취로 이어지고 유생산량을 떨어뜨리는 원인이 되고 있다. 사료를 많이 급여하는 경우에도 모돈이 섭취한 이후에 남은 사료가 시간이 지남에 따라 사료가 변질되게 되어 모돈의 사료섭취량이 떨어져 유생산 불량 등 포유능력 불량으로 생산성의 문제를 가지고 올 수 있다. 이로 인해 남은 사료는 포유 모돈이 먹지 않는 사료로 사료통 내에 남아있게 되고 분만사 관리자에 의해 버려지게 되는데, 이들 사료를 긁어내어 분만사 바닥 및 슬러리로 버리는 경우가 많아 결국 패하여 악취를 내거나 병원성 곰팡이 등의 생성으로 병원균을 발생하는 원인이 된다.

이에 관한 연구를 진행해 본 결과, 여름철에 습식급여를 한 모돈의 포유자돈들 보다 건식 급여한 모돈의 포유자돈들의 성장 성적이 더 높은 것을 확인 할 수 있었다 (표 128).

표 128. 건식급여와 습식급여가 포유자돈의 성장 성적에 미치는 영향

	건식급여	습식급여	SEM ¹	P-value
Litter weight, kg				
After cross-fostering	19.41	19.29	0.571	0.92
Day 21 of lactation	64.63	57.16	1.985	0.06
Weight gain, kg	45.22	37.87	1.781	0.04
Piglet weight, kg				
After cross-fostering	1.50	1.49	0.040	0.84
Day 21 of lactation	5.51	5.05	0.161	0.16
Weight gain, kg	4.00	3.56	0.153	0.15

¹ Standard error of mean

포유기의 사료섭취량을 측정한 결과 (표 129), 사료섭취량에서는 처리구간의 통계적 유의차가 나타나지 않았지만, 사료허실량을 조사하였을 때 습식급여 처리구의 사료허실량이 많이 발생하는 것으로 조사되었다 ($P < 0.01$). 이러한 사료섭취량과 사료허실량의 결과를 근거로 경제성 분석을 실시한 결과, 사료허실량으로 인해 발생하는 비용이 습식급여 처리구가 건식급여 처리구에 비해 두당 3,610원이 더 많이 발생하였다 ($P < 0.01$). 이러한 결과는 습식급여 시 발생하는 사료변패 및 부패에 의한 사료허실 발생으로 인한 사료비용 및 노동력이 추가로 발생한다는 것을 의미한다. 본 연구결과로 미루어 볼 때, 습식급여는 건식급여에 비해 많은 사료허실량이 발생함에 따라 손실되는 사료비용 또한 높아지는 것으로 사료된다.

습식급여의 문제를 보완하려면 분만사 관리자가 사료를 여러 번 나누어 조금씩 급여하여야 하는데 모돈이 사료를 섭취하는 대로 나누어 급여하려면 관리자가 사료통에 계속 매달려 있어야 하는 등 노동력의 문제가 발생하여 일반적인 농장에서는 이를 적용하기 힘든 상황이다. 이러한 여러 가지 문제를 해결하기 위해서는 분만사에서 건식급여를 해야 한다 (그림 8). 실제로 본인 연구자의 실험농장인 야곱농장에서도 이러한 사료의 변질 문제 때문에 건식급여 방법을 선택하였으며, 결과적으로 포유 모돈에게 신선한 사료를 무제한으로 공급할 수 있어 포유능력이 향상되어 건강한 이유 자돈을 생산할 수 있게 되었다. 따라서 모돈의 건강성과 포유능력의 향상을 위해 습식급여에서 건식급여로의 전환을 권장한다.

표 129. 사료급여방법이 포유 모돈의 사료섭취량 및 사료허실량에 미치는 영향

	건식급여	습식급여	SEM ¹	P-value
Feed intake, kg/d	6.16	5.87	0.183	0.43
Total feed wastage, kg	0.75	7.97	0.985	<0.01
Feed waste cost, won*	376	3,986	492.6	<0.01

¹ Standard error of mean

* Feed cost: 500 won/kg

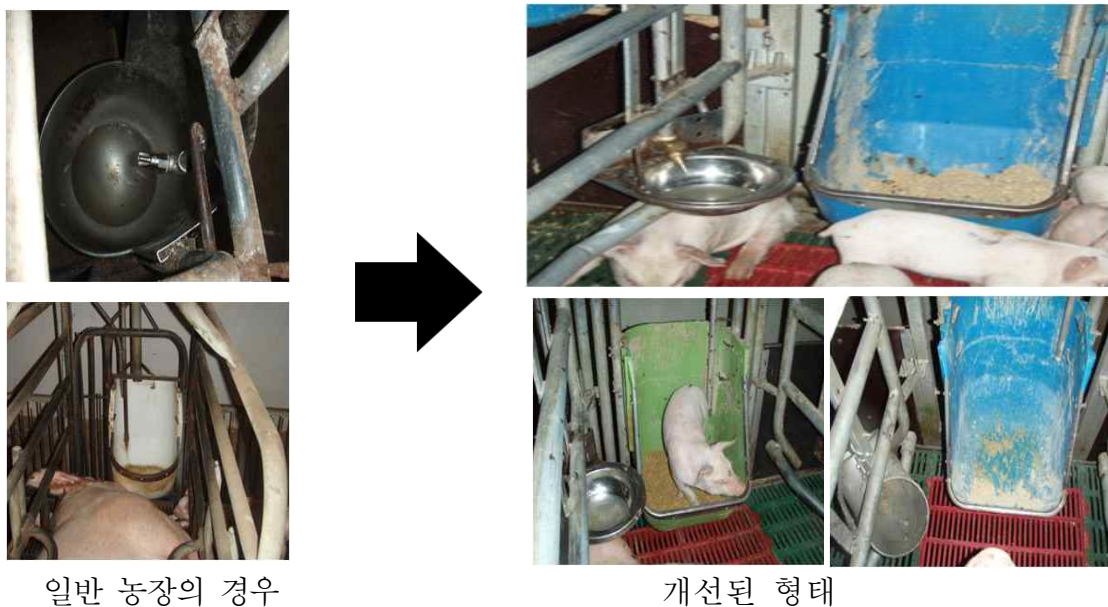


그림 8. 건식 급여가 용이한 분만사 사료통의 형태

(3) 이유일령

이전에는 많은 양돈장에서 모돈의 회전율을 높이기 위하여 조기이유를 실시하였으며, 2-3 주 령 사이의 이유는 이후 자돈의 성장에 부정적인 영향 없이 모돈의 번식 성적을 극대화할 수 있는 것으로 보고되었다. (Parience 등, 2000; Drum 등, 1998; Frangman 등, 1996). 그러나 포유 자돈의 조기이유에 따른 폐사율의 상승, 항생제 사용의 증가, 돈 사 환경 조성의 어려움 등 격리 조기 이유의 문제점이 지속적으로 드러나고, 기대했던 수직감염의 예방효과나 모돈 회전율의 극대화가 이론적인 계산과는 차이가 있었다. 유럽의 경우 고능력 모돈의 개량으로 이유일령이 점차 증가하고 있는 실정이다. 우리나라에서는 자돈의 성장능력 개선을 위해 28일령 이유가 권장되었고 (정, 2006), 포유 모돈의 연산성 개선 및 자돈의 면역력 증진을 위해 25일령 이유실시가 권장되었다 (김유용, 2012). 하지만 기존의 실험치리구가 28일령 이내로 제한되어 있었던 한계를 고려하여, 28일령이상의 이유일령을 고려한 연구를 진행해본 결과, 모돈의 성장 성적에서는 모돈의 체중의 변화 와 WEI 에서는 유의적 차이가 나타나지 않았지만, 이유 시 모돈의 등지방 두께에서는 이유일령이 증가함에 따라 linear 하게 감소하였다. 사료 섭취량에서는 25일령에 이유한 처리구의 모돈이 가장 높은 사료섭취량을 보였다. 이유 시에 모돈의 낮은 등지방은 다음 산차의 포유 능력에 악영향을 끼칠 수 있다. WEI 와 사료섭취량에 있어서도 21일령 처리구가 가장 안좋은 결과를 나타냈다. 모돈의 이유성적에서는 이유일령이 증가함에 따라 복당 이유 자돈의 체중 증가하였으며, 25일령과 28일령에 이유한 처리구에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 폐사율은 25일령이 가장 높았는데, 이러한 결과를 바탕으로 포유자돈의 성장에 있어서는 28일령이나 31일령 이유한 처리구가 가장 적합한 것으로 사료된다. 이유 시 낮은 등지방 두께는 다음 산차의 분만성적에 악영향을 끼칠 수 있고, 25일령 처리구에서 폐사율이 높은 점을 미루어 보았을 때, 28일령에 이유하는 것이 가장 적합하며, 그룹관리 시스템 하에서도 7일 간격으로 28일령의 포유기간을 가진 후 이유하는 것이 그룹관리 시스템에 가장 적합할 것으로 사료된다.

표 130. 이유일령이 모돈의 체형변화에 미치는 영향¹

Item	Treatments ²				SEM ³	P-value ⁴	
	D21	D25	D28	D31		Lin.	Quad.
No. of sows ⁵	10	10	10	10			
Body weight, kg							
After cross-fostering	210.6	230.5	223.5	222.3	4.72	0.65	0.13
At weaning	199.7	226.5	211.0	215.7	5.76	0.66	0.13
Changes (d 0 to 21)	-10.9	-4.0	-12.5	-6.6	2.53	0.91	0.56
Backfat thickness, mm							
After cross-fostering	24.2	18.9	20.3	19.6	0.93	0.13	0.33
At weaning	21.8 ^a	17.5 ^{ab}	17.3 ^{ab}	15.5 ^b	0.93	0.03	0.46
Changes (d 0 to 21)	-2.4	-1.4	-3.0	-4.1	0.55	0.05	0.09
WEI, d	5.2	4.6	4.7	4.6	0.11	0.13	0.09
ADFI, kg	4.49 ^c	6.39 ^a	5.47 ^b	5.51 ^b	0.21	0.28	<0.01

¹ Initial average weight of sows: 222.2 ± 29.22 kg.

² D21: weaning at day 21, D25: weaning at day 25, D28: weaning at day 28, D31: weaning at day 31

³ Standard error of mean.

⁴ Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

⁵ Daily feed provision of lactation feed was provided *ad libitum*.

^{abc} Means with different superscripts within the same row significantly differ (P<0.05)

(4) 생시처치

일반적으로 번식농장에서는 새끼가 태어난 직후 및 빠른 시일 내에 생시처치를 시행해 준다. 철분주사, 단미, 견치, 이각, 텃줄처리 등의 처치를 생시자돈에게 해주는데 이러한 생시처치는 포유자돈의 건강을 위해서 꼭 필요하지만 이에 따른 스트레스로 인한 성장정체 및 동물복지에 맞지 않는다는 의견이 대두되고 있다. 꼬리자르기와 같은 단미는 돼지가 스트레스를 받게 되면 꼬리물기와 같은 카니발리즘 (cannibalism)이 발생하게 되는데, 이러한 증상이 나타난 돼지는 꼬리에 상처를 입어 행동이 둔화되어 계속 공격을 받게되고 결국에 폐사에 이르게 된다. 단미처치의 유무에 따른 포유자돈의 성장에 대한 연구를 시행해본 결과, 단미를 한 자돈과 단미를 하지 않은 자돈의 포유기 성장 성적에는 차이가 나지 않았으며, 혈중 스트레스지표들을 조사한 결과에서도 단미가 스트레스에 큰 영향을 주지는 않는 것으로 나타났다. 최근 유럽에서는 돼지의 꼬리자르기에 대하여 동물복지적 차원에서 이를 지양하고 대체안을 개발하는 방향으로 의논이 되었지만, 실제 농가에서 단미를 하지 않은 돼지에서 카니발리즘이 발생하는 빈도가 늘어감에 따라 카니발리즘을 예방하기 위해서 단미를 다시 시행한다고 한다. 따라서 생시처치 중 단미는 돼지의 카니발리즘 예방을 위해서는 필수적으로 시행해야 한다.

표 131. 이유일령이 포유자돈의 성장 성적에 미치는 영향

Item	Treatments ²				SEM ³	P-value ⁴	
	D21	D25	D28	D31		Lin.	Quad.
No. of sows ⁵	10	10	10	10			
Litter size, no. of piglets							
After cross-fostering	10.56 ^c	13.10 ^a	11.70 ^b	10.75 ^a	0.224	0.18	<0.01
At weaning	10.11 ^b	11.30 ^a	11.20 ^a	10.25 ^b	0.175	0.74	<0.01
Mortality rate, %	4.40 ^b	15.32 ^a	5.69 ^b	6.10 ^b	0.170	0.39	0.03
Litter weight, kg							
After cross-fostering	16.76	16.19	16.51	16.15	4.141	0.15	0.13
At weaning	57.22 ^b	76.73 ^{ab}	75.89 ^{ab}	90.13 ^a	2.627	<0.01	0.20
Piglet weight, kg							
After cross-fostering	1.59	1.47	1.41	1.52	0.357	0.57	0.12
At weaning	5.67 ^b	6.79 ^{ab}	6.59 ^{ab}	8.77 ^a	0.223	<0.01	0.51

¹ Initial average weight of sows: 222.2 ± 29.22 kg.

² D21: weaning at day 21, D25: weaning at day 25, D28: weaning at day 28, D31: weaning at day 31

³ Standard error of mean.

⁴ Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

⁵ Daily feed provision of lactation feed was provided *ad libitum*.

^{abc} Means with different superscripts within the same row significantly differ (P<0.05)

모든의 유두손상을 방지하기 위하여 포유자돈의 송곳니를 잘라주거나 그라인더로 갈아주는 견치를 시행한다. 하지만 숙련된 작업자에게도 포유자돈의 송곳니를 잘라주는 일은 고된 일이고 잘못된 견치로 이빨에서 출혈이 일어나거나 신경을 손상시켜 며칠 동안 포유자돈이 스트레스를 받고 성장정체를 유발하는 일들이 발생하기 쉽다. 그룹관리 시스템하에서 견치의 유무가 포유자돈의 성장 및 모든의 유두손상에 미치는 영향을 조사해 본 결과 (표 131), 견치 유무에 따라 포유 모돈의 젖꼭지 및 몸의 상처의 발생빈도는 차이가 없었으며, 포유 성적에서도 처리구간의 차이가 나타나지 않은 것을 확인할 수 있었다. 기존에는 포유 모돈의 젖꼭지 손상 및 자돈들간의 싸움으로 인한 상처발생, 육성비육기 구간에서의 카니발리즘 발생을 우려하여 견치를 시행하였지만, 견치를 시행하지 않았을 경우 포유 모돈의 유두손상에 차이가 없었으며, 자돈 및 육성비육돈 구간에서 카니발리즘 및 몸의 상처발생빈도에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 그룹관리 시 분만주간에 태어나는 생시자돈들을 2-3일 이내에 견치를 해주어야 하는 작업량을 줄여줄 것으로 사료되며, 오히려 견치를 안 함으로써 자돈의 스트레스를 예방하고 건강한 자돈을 사육할 수 있을 것으로 생각된다.

표 132. 꼬리자르기가 포유자돈의 성장에 미치는 영향

	대조구 (단미함)	단미안함	SEM ¹	P-value
No. of piglets				
After cross-fostering	11.2	11.8	0.27	0.29
Day 21 of lactation	9.2	10.6	0.57	0.24
Litter weight, kg				
After cross-fostering	14.99	17.89	0.907	0.11
Day 21 of lactation	50.06	61.26	4.808	0.27
Weight gain, kg	35.07	43.37	4.170	0.35
Piglet weight, kg				
After cross-fostering	1.34	1.53	0.083	0.27
Day 21 of lactation	5.37	5.31	0.254	0.51
Weight gain, kg	4.03	4.20	0.215	0.71

¹ Standard error of mean

표 132. 견치가 포유자돈의 성장에 미치는 영향

	견치안함	견치함	SEM ¹	P-value
No. of piglets				
After cross-fostering	11.11	11.38	0.20	0.53
Day 21 of lactation	10.44	10.13	0.25	0.54
Litter weight, kg				
After cross-fostering	17.61	17.49	0.417	0.89
Day 21 of lactation	58.35	61.64	3.289	0.63
Weight gain, kg	40.74	44.15	3.095	0.60
Piglet weight, kg				
After cross-fostering	1.59	1.54	0.042	0.55
Day 21 of lactation	5.58	6.07	0.273	0.39
Weight gain, kg	3.99	4.53	0.254	0.30

¹ Standard error of mean

거세는 일반적으로 양돈농가에서 웅취를 억제하고 도체 품질을 향상시키기 위해서 수컷의 고환을 임의적으로 제거하는 방법이나 성장에 부정적인 영향을 미친다고 보고되어왔다 (Rault 등, 2011). 농가에서 일반적으로 적용되고 있는 거세일령은 제각기 다르기 때문에 이를 위한 거세일령에 따른 성장 성적 연구를 진행해 보았다. 거세일령을 1일, 3일, 7일로 지정하여 거세를 시행해본 결과, 1일차에 거세한 처리구의 성장 성적이 다른 처리구들에 비해 낮게 나타났으며, 포유자돈 3일령과 7일령에 거세한 처리구들은 21일차에 암컷과 대등한 성장 성적을 나타내었다. 이러한 결과는 모든 거세 돼지들에서 일령에 상관없이 거세로 인한 행동 변화가 있었음에도 불구하고 (McGlone 등, 1993; Taylor 등, 2001), 거세일령이 늦은 포유자돈들은 젖꼭지를 이미 확보해 두었기 때문에 거세 후 더 빠르게 정상적인 행동이나 성장 성적을 회복한 것으로 사료된다. 포유자돈의 거세일령은 21일령의 성장 성적을 고려하였을 때 3일령 및 7일령에 거세하는 것이 적합하고, 3일령과 7일령에서 거세에 따른 스트레스의 차이는 없지만 작업자의 능률 및 노동력을 고려하였을 때는 체중이 낮은 3일령에 작업하는 것이 효율적이다.

생시처치에 관한 연구결과들을 종합하여보면, 생시처치는 3일령에 거세를 함과 동시에 철분주사 및 꼬리자르기를 시행해주고, 견치는 하지 않아도 포유자돈이 건강하게 성장할 수 있으며, 추가적인 약품 및 백신은 농장의 상황에 맞게 사용하는 것을 권장한다.

표 134. 거세시기가 포유자돈의 성장 성적에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹				SEM ³	P-value ²	
	Female	1	3	7		Trt.	Linear
No. piglets	16	8	8	7			
Body weight, g							
D 1	1,580	1,533	1,606	1,502	72.9	0.78	0.66
D 3	1,788	1,739	1,744	1,794	47.0	0.77	0.43
D 7	2,631 ^a	2,297 ^b	2,487 ^{ab}	2,618 ^a	101.5	0.09	0.06
D 14	4,272 ^a	3,541 ^b	4,089 ^a	4,291 ^a	201.7	0.05	0.03
D 21	5,707 ^a	4,909 ^b	5,763 ^a	6,065 ^a	291.2	0.08	0.03
ADG, g/d							
D 1 to 3	113.4	89.4	91.5	116.7	23.48	0.77	0.43
D 3 to 7	210.9 ^a	139.5 ^b	186.0 ^{ab}	206.1 ^a	19.35	0.05	0.05
D 7 to 14	234.4 ^a	177.6 ^b	228.7 ^a	238.9 ^a	17.39	0.07	0.05
D 14 to 21	205.1 ^B	195.5 ^B	239.2 ^A	253.4 ^A	15.14	0.04	0.03
D 7 to 21	219.7 ^a	186.6 ^b	234.0 ^a	246.2 ^a	15.15	0.08	0.03
D 1 to 21	207.4 ^a	167.5 ^b	210.1 ^a	225.2 ^a	14.56	0.08	0.02

¹ Treatments were female pigs, castration at d 1 of age (1), castration at d 3 of age (3), and castration at d 7 of age (7), respectively.

² P-values provided are for overall treatment effects (Trt), and linear effects of 3 castration ages. There were no quadratic effects ($P > 0.183$).

³ Standard error of means.

^{AB} Means with different superscripts within a row significantly differ ($P < 0.05$).

^{ab} Means with different superscripts within a row significantly differ ($0.05 < P \leq 0.10$).

X. 실제 그룹관리 적용 농장의 사례

OO농장 : 충청북도 음성군 소재의 모돈 500두 번식농장
3주간 그룹관리, 7개 그룹, 그룹 당 70두 관리

(1) 모돈의 번식 성적

그룹관리를 적용하고 있는 농장의 경우, 총산자수는 평균 12.74두를 기록하고 있었으며 포유개시는 평균 11.71두, 이유두수는 평균 10.5두를 기록하고 있었다.

(2) 모돈의 산차구성

2015년 5월부터 2016년 4월까지의 그룹관리 적용 농장의 모돈 산차구성을 조사해보았다. 조사결과, 2015년 5월에는 주산차가 5-6산차이고, 시간이 지날수록 6-7산차, 7-8산차, 8-9산차가 모돈그룹의 주 산차가 되어 가는 변화를 볼 수 있다. 이러한 결과는 그룹관리를 통한 모돈의 사양관리가 모돈의 생산성, 연산성, 건강성을 향상시켜 고산차 모돈을 통해서도 높은 번식 성적을 유지할 수 있다는 것을 의미하며, 고산차 모돈 중 포유불량 및 번식불량인 모돈들만 도태하고 자체선발되는 후보돈으로 해당 모돈들을 갱신하였다.

(3) 모돈의 도태율

모돈의 도태는 월평균 4-5두 정도로, 평균 산차는 8-12산차로 추산되었다. 해당 농장은 모돈의 도태근거를 모돈의 포유불량, 발정불량, 재발정 3회 이상일 경우에만 도태를 하였으며, 모돈의 산차보다는 모돈의 포유능력 및 번식능력을 우선시하여 모돈을 관리하고 갱신하는 모습을 보였다.

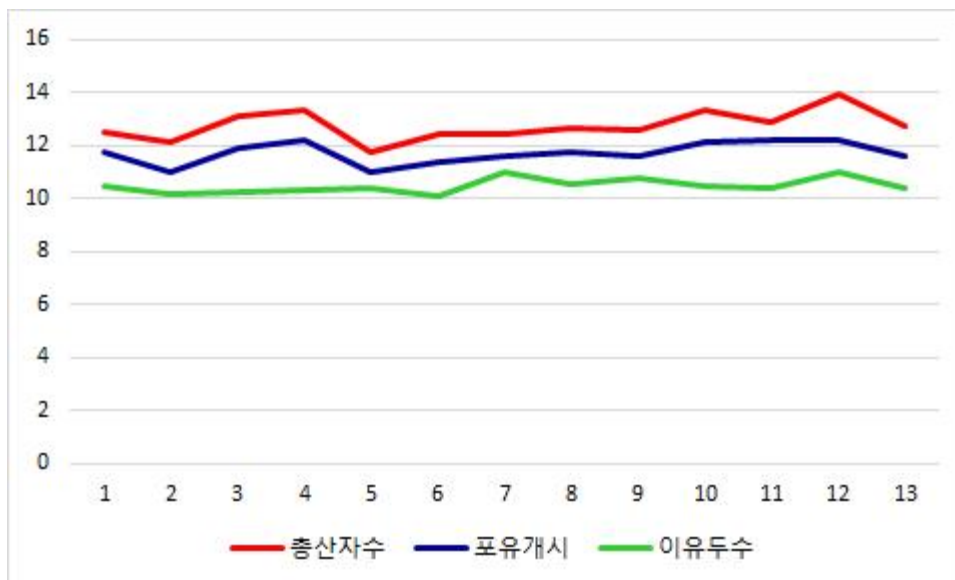
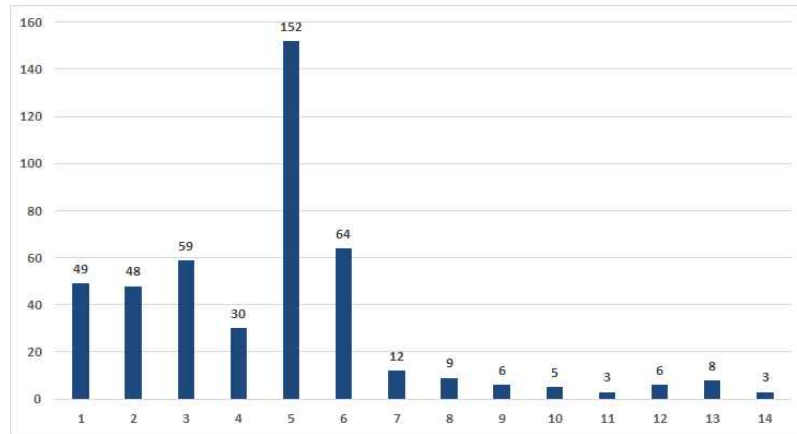


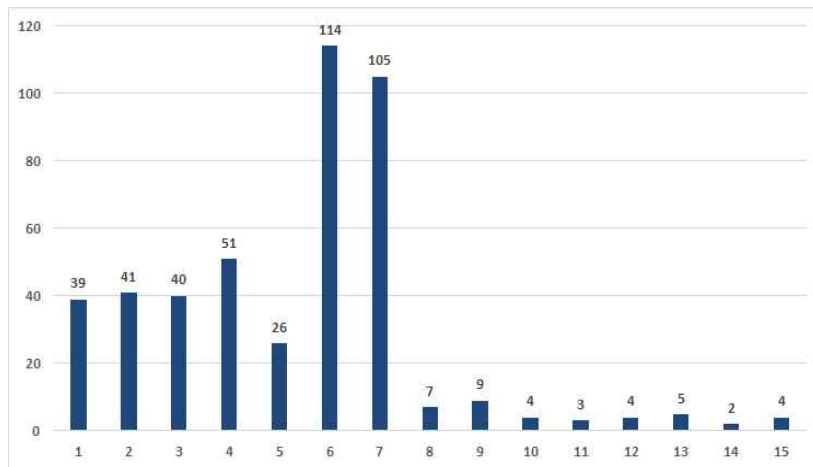
그림 9. 2015하반기-2016년상반기 번식 성적

도태율

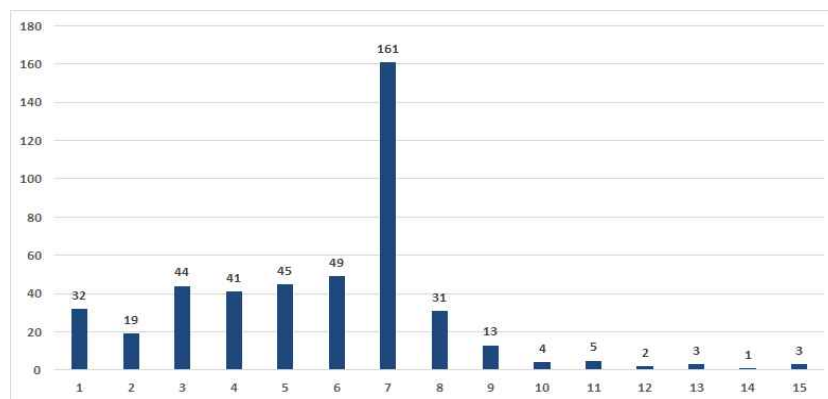
2015년 5/15 기준



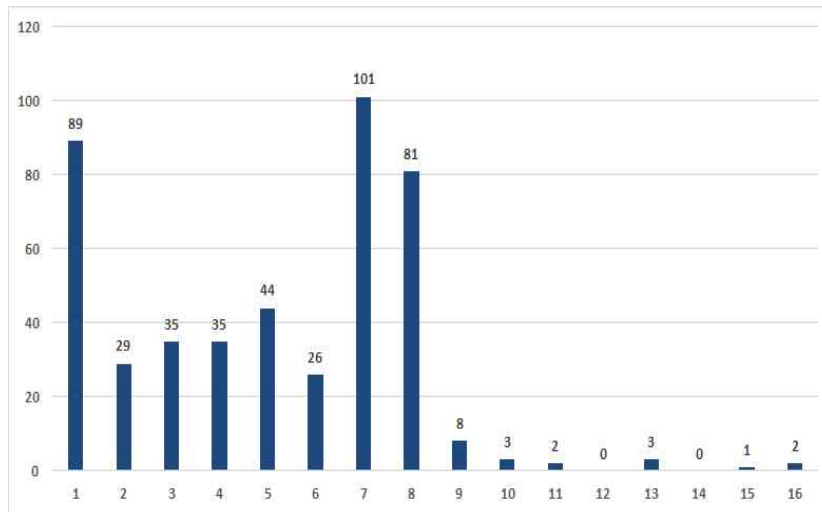
2015년 7/23 기준



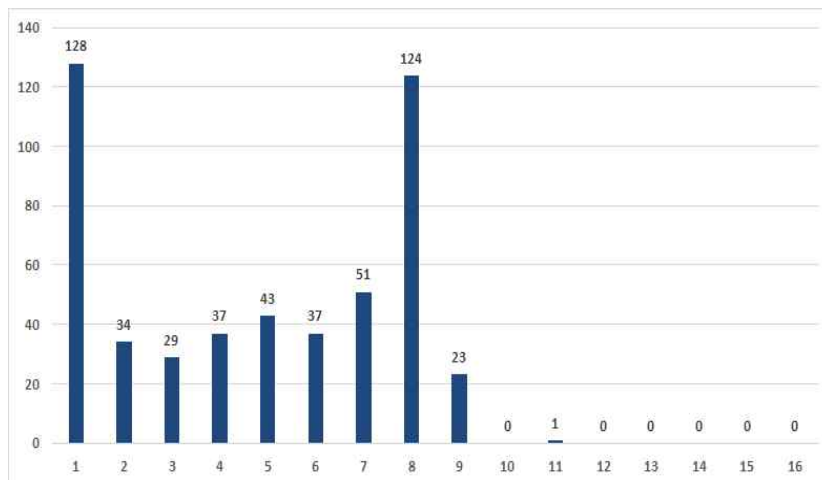
2015년 9/17 기준



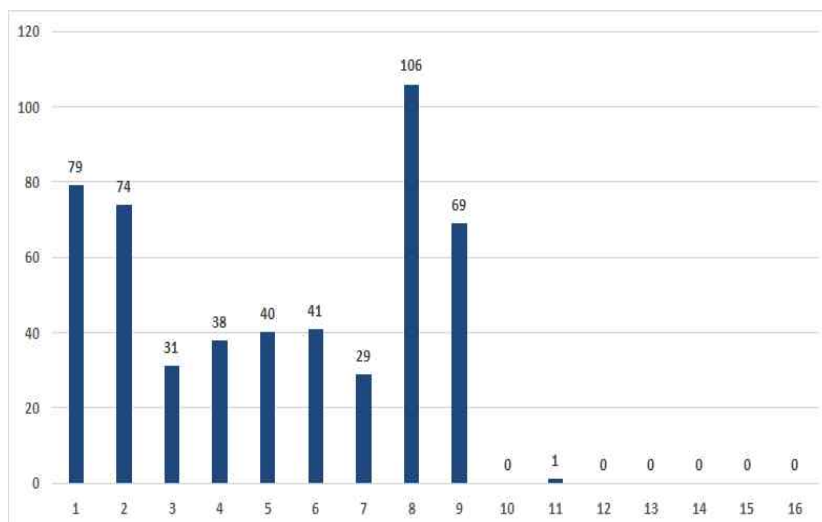
2015년 11/27 기준



2016년 2/20 기준



2016년 4/17 기준



(4) 그룹 관리 시 모돈 사양관리 애로사항

그룹 내 모돈 갱신 시, 후보돈 편입에 따른 애로사항이 따른다. 해당 농장에서는 후보돈 편입시 발정동기화를 위한 호르몬 주사를 쓰지 않고, 편입하고자 하는 그룹이 시작되는 일자 부터 후보돈들을 종부사로 이동시켜서 발정을 주기적으로 확인하고 종부하는 방식을 적용하고 있었다. 이럴 경우 후보돈의 발정이 모돈의 개체별로 각기 다르게 오게 되므로 발정을 동기화하기 어려우며, 종부일이 달라짐에 따라 분만일자도 달라지게 되는 애로사항이 있다. 하지만 포유기를 거친 뒤 이유일을 같은 날에 하여 후보돈 및 그룹 내 모든 모돈들의 발정을 동기화하여 그 다음 종부시에 그룹 내 모돈의 편차를 줄이거나 발정을 동기화 할 수 있어 종부일 및 분만일을 집약시킬 수 있다.

모돈의 사육두수가 크거나 그룹 내 모돈 두수가 커지면 커질수록, 종부, 분만, 생시처치, 이유하는 돈군 및 작업량이 커지는 애로사항이 존재한다. 종부의 경우 해당농장에서는 2-3 일 동안 70-80두를 종부하고 있었는데, 그룹 내 모돈의 두수가 더 많아지게 된다면, 웅돈의 발정확인 후 종부하기까지의 시간적 간격이 생길 수도 있으며, 농장 내 작업자의 수가 적을 경우 오전 또는 오후 일과 내에 종부작업량을 다 끝내지 못할 수도 있다. 주간관리의 경우 매일 적은 두수의 모돈이 분만을 하여 분만팀장 또는 관리자의 세심한 처치가 가능하지만, 그룹관리의 경우 분만일이 3-5일내로 모여 있어서 해당 기간에는 분만하는 복수가 급격히 늘어나게 됨으로써 분만팀장 또는 관리자의 역량이 부족할 경우 세심한 관심을 기울이기 어려울 수도 있다. 분만 후 생시처치의 경우에도 해당농장은 생후 3일령에 생시처치를 진행하지만, 농장에 다른 일이 생기거나 분만복수가 많아질 경우 생시처치를 해당 일령에 하지 못하고 밀리는 경우가 발생할 수도 있다.

(5) 그룹 관리 시 미약발정에 대한 방안 조사

해당 농장에서는 미약발정돈이 한 그룹 70두에 1-2두 정도로 유지가 잘 되어 있었으며, 미약발정돈의 발생빈도가 적은이유로는 포유기 사양관리 시 모돈의 사료섭취량을 극대화하고, 입블이사료를 사용하지 않으며, 포유일령을 28일을 기준으로 포유하여 포유량을 극대화하는 방법을 사용하고 있었다. 이러한 포유기 사양관리방법은 이유 후 모돈의 채귀발정에 긍정적인 영향을 미쳐 발정이 잘 오게 되는 결과를 낳고 있었다. 자세한 포유돈 사양관리 방법은 앞선 9.포유기 사양관리 항목에 기입되어 있다.

연구 5. 모돈의 생산성 향상을 위한 종부적기 조사 (Meta-analysis)

I. 서론 (Introduction)

모돈의 생산성을 향상시키기 위해서는 모돈의 종부적기를 파악하여 종부를 수행하는 것이 매우 중요하다. 모돈의 생체주기 및 호르몬 변화에 따른 생리적 변화를 고려하여 모돈의 종부적기에 인공수정 (AI)을 하는 것이 업무의 효율성 및 모돈의 생산성 (수태율)을 높일 수 있는 주요한 방법이다. 모돈의 종부적기를 파악하기 위해서 모돈의 종부시 적정 체중 및 등지방, 포유기간 동안의 포유 성적, 포유기간, WEI 등을 고려하였을 경우 종부시 어떠한 번식 성적을 얻을 수 있는지 알 수 있다.

따라서 본 연구에서는 모돈의 체중, 등지방에 따른 종부시기에 따른 생산성과 어떠한 연관이 있는지 조사해보고 모돈의 적정 종부시기를 제시하고자 한다.

II. 재료 및 방법 (Materials and Methods)

가. 양돈농가 선정 (Farm selection)

본 연구를 진행할 모돈의 번식 성적이 우수한 농가를 선정하였다. 선정된 양돈농가는 충청북도 음성군 소재의 야곱농장으로, 모돈 500두를 사육하고 있는 모돈 번식농장이다. 야곱농장은 MSY 25 이상의 좋은 번식 성적을 기록하고 있으며, 모돈의 생산성 및 종부적정 체형을 조사하기 위한 최적의 농장으로 사료되어 해당 농장을 선정하였다.

나. 데이터수집 (Data collecting)

선정된 야곱농장은 그룹관리를 하는 농장으로 3주간 그룹관리로 총 7개 그룹이 사양되고 있다. 각 7개 그룹별 모돈의 체중 및 등지방 두께를 조사하고 이러한 체형에 따른 번식 성적을 조사하고자 한다. 그룹별 종부시에 모돈의 체중 및 등지방을 측정하고, 분만 직후의 모돈의 체중 및 등지방을 측정하였다. 또한 포유기를 거치고 이유한 모돈들의 체중 및 등지방 두께 또한 측정하였다. 번식 성적은 모돈 각 개체별로 총산자수, 사산수, 미라수, 생시산자수를 측정하였고, 복당생시체중 등을 측정하여 번식 성적을 조사하였다. 모돈의 연산성을 조사하기 위하여 최소 2-3산차의 번식 성적을 지속적으로 조사하였다.

다. 실험동물 및 사양 환경 (Experimental animal and housing environment)

본 연구에서는 총 1,552두의 1-8산차 모돈을 대상으로 조사를 실시하였으며, 모돈들은

임신기에는 임신 110일령까지 임신사의 스톨에 (임신 스톨의 넓이 $2.4 \times 0.64\text{m}^2$) 사양하고, 110일령에 분만사 (분만틀의 넓이 $2.5 \times 1.8\text{m}^2$)로 이동하여 사육되었다. 또한 실험 임신사와 분만사의 온도 및 환기량은 환기팬과 자동제어장치에 의하여 자동으로 조절되었다. 모든 임신기 사료 급여량은 1산차 모돈에게는 2.0kg/day , 2산차 모돈에게는 2.2kg/day , 3산차 이상 모돈에게는 2.4kg/day 로 급여 했으며, 분만 후에는 5일간 사료를 제한급여하고, 5일 후부터는 무제한급여를 실시하였다. 모든 자돈은 분만 후 3일령에 멧줄 및 꼬리를 자르고 수컷은 거세를 하였으며, 모든 자돈에게 철분제 (150mg/ml)를 주사하였다.

라. 샘플 채취 및 분석항목 (Sample collection and measurements)

- 1) 모돈 체중, 등지방 두께: 모돈의 생리적 변화를 알아보기 위하여 종부시와 분만 후 24시간 이내와 21일째의 체중 및 P₂ 부위의 등지방 두께를 측정하였다.
- 2) 모돈의 분만 성적 및 포유능력 : 모돈의 분만 성적을 조사하기 위하여 생시자돈 수와 total litter weight, 생존자돈 수 및 alive litter weight를 조사하였으며, 모돈의 포유능력을 측정하기 위하여 28일 포유 후의 이유두수를 조사하였다.
- 3) 모돈의 산차 구성 : 본 연구는 번식 성적을 최대화 할 수 있는 모돈의 사양관리 방법을 제시하기 위하여 모돈의 번식 성적이 우수한 양돈 농가를 선정하여 산차별로 모돈의 종부시 체중 및 등지방, 분만 시 체중 및 등지방, 이유 시 체중 및 등지방을 조사하였으며, 총산자수와 복당자돈체중 및 생존자돈 수와 생존자돈체중을 수집하여 종합적인 데이터분석을 통하여 모돈의 적정 종부시기를 제시하고자 하였다. 본 연구는 양돈농가에서 총 1,522두의 모돈의 성적을 조사하여 데이터를 수집 및 분석하였다. 수집된 모돈의 산차 구성은 다음과 같다.

표 135. 실험 모돈의 산차구성

산차	두수
1	163
2	167
3	147
4	266
5	284
6	199
7	215
8	81
합계	1,522

III. 결과 (Results)

가. 산차별 모돈 체중 및 등지방 두께 (Body weight and backfat thickness)

조사한 모돈의 산차별 체중 및 등지방 두께를 표 136에 나타내었다. 조사 결과 종부, 분만, 이유 시의 모돈의 체중 및 등지방 두께에 있어서는 통계적으로 유의적인 차이 또는 경향이 나타났다. 후보돈의 평균체중 및 등지방 두께는 종부시에 160.7kg /22.3mm였으며, 분만 시에 183.6kg /22.8mm, 이유 시에 174.7kg /18.8mm 로 나타났다. 2산차 모돈의 경우 평균체중 및 등지방 두께는 종부시에 186.2kg /19.3mm 으로 나타났으며 분만 시에는 208.7kg /20.2mm, 이유 시에는 192.7kg /17.3mm로 나타났다. 3산차 모돈의 경우 평균체중 및 등지방 두께는 종부시에 200.6kg /18.3mm 으로 나타났으며 분만 시에는 226.6kg /20.7mm, 이유 시에는 215.1kg /22.5mm로 나타났다. 1-3산차 모돈의 경우 체성숙이 완료되지 않은 시기이기 때문에 산차가 증가할수록 체중이 크게 증가하는 것을 볼 수 있었으며, 등지방의 경우 종부 시와 분만 시 등지방이 후보돈에서 더 높았다. 4산차 모돈의 경우 평균체중 및 등지방 두께는 종부시에 215.8kg /18.7mm 으로 나타났으며 분만 시에는 231.1kg /20.2mm, 이유 시에는 223.9kg /20.5mm로 나타났다. 5산차 모돈의 경우 평균체중 및 등지방 두께는 종부시에 221.3kg /19.6mm 으로 나타났으며 분만 시에는 236.7kg /21.2mm, 이유 시에는 230.8kg /19.5mm로 나타났다. 6산차 모돈의 경우 평균체중 및 등지방 두께는 종부시에 222.9kg /18.6mm 으로 나타났으며 분만시에는 243.8kg /21.1mm, 이유 시에는 235.3kg /19.9mm로 나타났다. 7산차 모돈의 경우 평균체중 및 등지방 두께는 종부시에 228.4kg /19.1mm 으로 나타났으며 분만 시에는 251.0kg /24.8mm, 이유 시에는 248.2kg /21.9mm로 나타났다. 8산차 모돈의 경우 평균체중 및 등지방 두께는 종부시에 246.2kg /22.1mm 으로 나타났으며 분만 시에는 258.2kg /24.2mm, 이유 시에는 249.5kg /28.0mm로 나타났다. 산차별 모돈의 체중 및 등지방 두께의 변화를 그림 10에 도식화하여 나타내었다. 모돈의 체중은 분만 시에 가장 높고 종부시에 가장 낮았으며, 산차가 증가할수록 체중이 증가하였다.

나. 산차별 모돈의 분만성적 (Reproductive performance)

모돈의 산차별 분만성적을 표 137에 나타내었다. 모돈의 산차가 증가할수록 총산 및 생존자돈 수가 증가하는 것으로 나타났으며, 이는 모돈의 산차가 증가할수록 산자수가 낮은 모돈을 도태하였기 때문인 것으로 판단되며 또한 1산차 및 2산차 모돈의 경우 아직 생식기관의 미성숙으로 인하여 번식 성적이 낮은 편이지만 산차가 거듭됨에 따라 생식기관이 성숙하고, 번식 성적이 증가하게된 것으로 보인다.



그림 10. 산차별 모돈의 체중

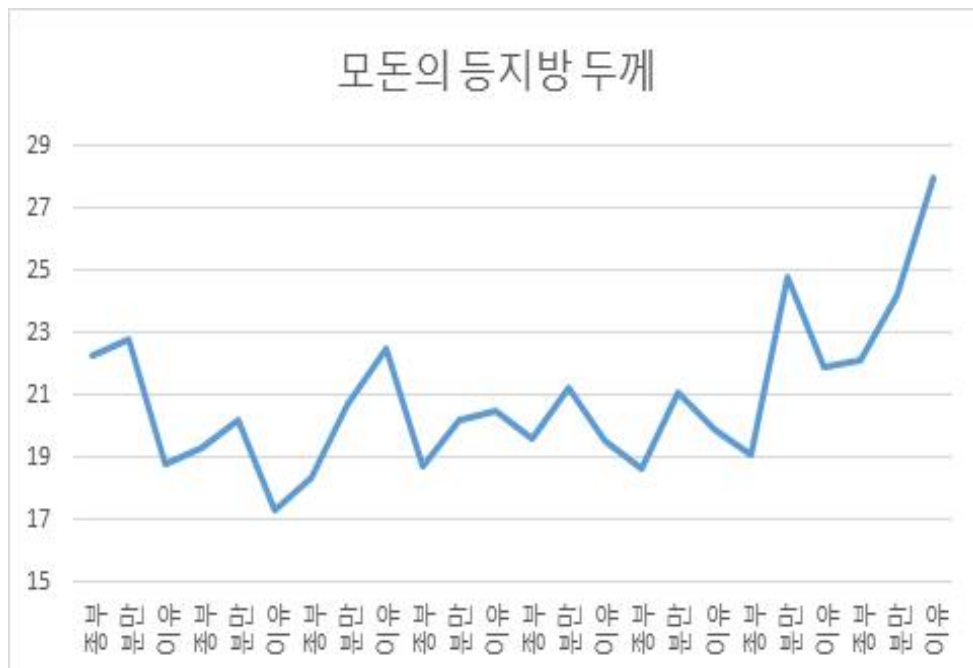


그림 11. 산차별 모돈의 등지방 두께

표 136. 모돈의 체중 및 등지방 두께

	Treatment								SEM	P-value
	1	2	3	4	5	6	7	8		
Body weight, kg										
at mating	160.7	186.2	200.6	215.8	221.3	222.9	228.4	246.2	0.95	< 0.01
at farrowing	183.6	208.7	226.6	231.1	236.7	243.8	251.0	258.2	0.91	< 0.01
at weaning	174.7	192.7	215.1	223.9	230.8	235.3	248.2	249.5	1.12	< 0.01
Backfat-thickness, mm										
at mating	22.3	19.3	18.3	18.7	19.6	18.6	19.1	22.1	0.15	< 0.01
at farrowing	22.8	20.2	20.7	20.2	21.2	21.1	24.8	24.2	0.27	< 0.01
at weaning	18.8	17.3	22.5	20.5	19.5	19.9	21.9	28.0	0.58	0.06

표 137. 모돈의 분만성적

	Treatment								SEM	P-value
	1	2	3	4	5	6	7	8		
Reproductive performance, N										
Total born/litter	11.2	11.8	12.5	12.5	12.8	13.5	13.5	14.0	0.16	<0.01
No. of born alive	10.4	11.0	11.9	11.6	12.1	12.0	12.4	13.0	0.14	<0.01
21 day of lactation	10.6	10.1	10.7	10.4	10.5	10.6	9.8	10.6	0.06	0.01
Litter weight, kg										
Total litter weight	14.74	16.69	18.37	18.12	18.70	19.84	18.51	19.85	0.23	<0.01
Alive litter weight	13.79	15.11	17.79	17.41	17.93	18.13	17.19	18.59	0.20	<0.01

다. 산차별 적정 종부체중 (Insemination body weight)

1) 후보돈

후보돈의 산자수와 종부체중 간의 관계를 그림 12에 나타내었다. 후보돈의 경우 산자수가 12-17 정도의 번식 성적을 가질 때의 모돈 평균체중은 160.1kg으로 나타났다.

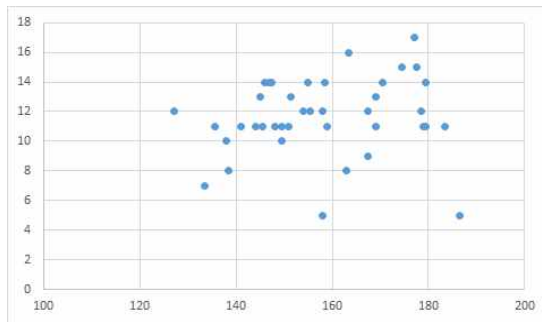


그림 12. 산자수와 종부체중 (1산차)

2) 2산차

2산차 모돈의 산자수와 종부체중 간의 관계를 그림 13에 나타내었다. 2산차 모돈의 경우 산자수가 12-15 정도의 번식 성적을 가질 때의 모돈 평균체중은 170.0kg으로 나타났다.

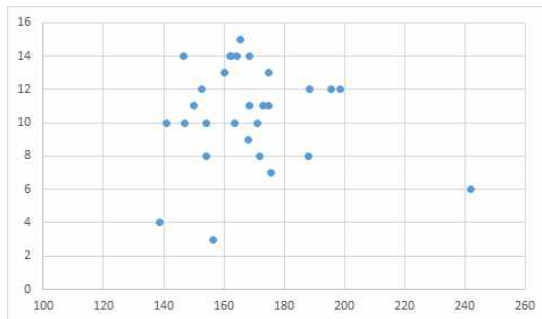


그림 13. 산자수와 종부체중 (2산차)

3) 3산차

3산차 모돈의 산자수와 종부체중 간의 관계를 그림 14에 나타내었다. 3산차 모돈의 경우 산자수가 12-22 정도의 번식 성적을 가질 때의 모돈 평균체중은 192.1kg으로 나타났다.

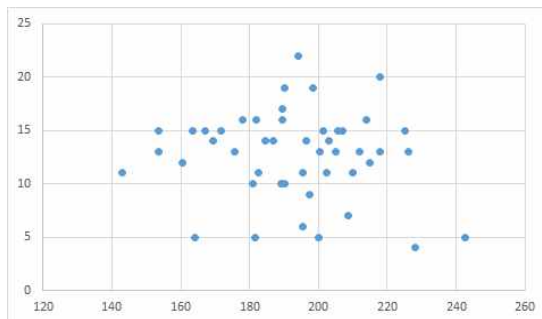


그림 14. 산자수와 종부체중 (3산차)

4) 4산차

4산차 모돈의 산자수와 종부체중 간의 관계를 그림 15에 나타내었다. 4산차 모돈의 경우 산자수가 12-19 정도의 번식 성적을 가질 때의 모돈 평균체중은 204.3kg으로 나타났다.

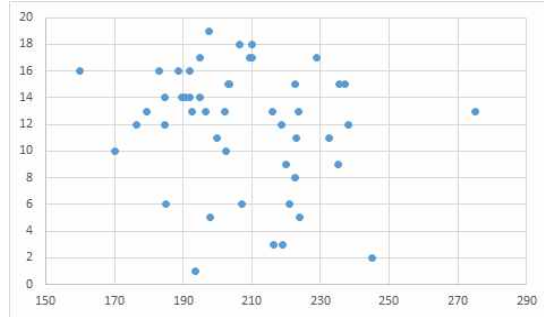


그림 15. 산자수와 종부체중 (4산차)

5) 5산차

5산차 모돈의 산자수와 종부체중 간의 관계를 그림 16에 나타내었다. 5산차 모돈의 경우 산자수가 12-22 정도의 번식 성적을 가질 때의 모돈 평균체중은 214.8kg으로 나타났다.

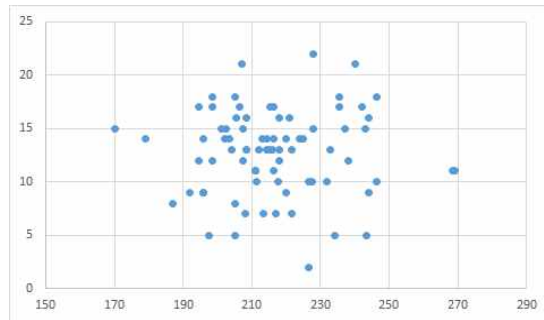


그림 16. 산자수와 종부체중 (5산차)

6) 6산차

6산차 모돈의 산자수와 종부체중 간의 관계를 그림 17에 나타내었다. 6산차 모돈의 경우 산자수가 12-22 정도의 번식 성적을 가질 때의 모돈 평균체중은 215.2kg으로 나타났다.

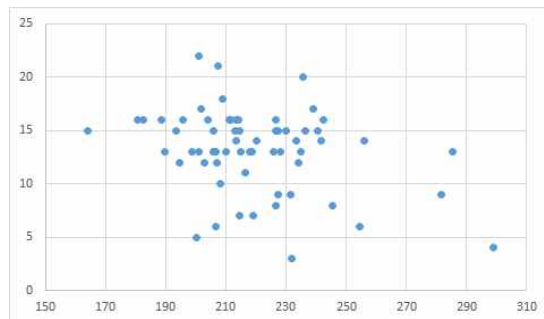


그림 17. 산자수와 종부체중 (6산차)

7) 7산차

7산차 모돈의 산자수와 종부체중 간의 관계를 그림 18에 나타내었다. 7산차 모돈의 경우 산자수가 12-19 정도의 번식 성적을 가질 때의 모돈 평균체중은 220.7kg으로 나타났다.

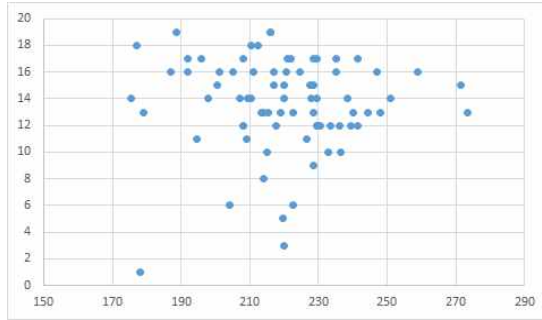


그림 18. 산자수와 종부체중 (7산차)

8) 8산차

8산차 모돈의 산자수와 종부체중 간의 관계를 그림 19에 나타내었다. 8산차 모돈의 경우 산자수가 12-24 정도의 번식 성적을 가질 때의 모돈 평균체중은 241.1kg으로 나타났다.

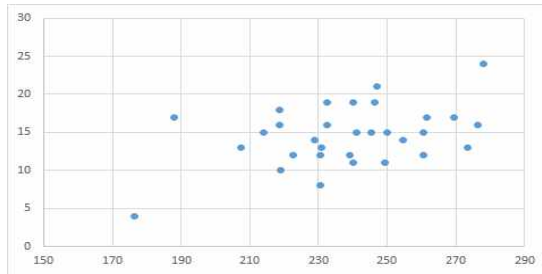


그림 19. 산자수와 종부체중 (8산차)

IV. 결론 (Conclusion)

모돈의 종부적기에 인공수정을 수행함으로써 농장의 생산성을 높이는 것은 매우 중요한 일이며, 본 조사에서 제시하는 모돈의 체중을 고려하여 모돈의 적정 종부시기를 결정하는 것이 농가에 도움이 될 것으로 사료된다. 모돈의 생산성을 향상시키기 위해 모돈의 체중 및 등지방 두께를 모돈의 종부적기과약을 위한 지표로 활용하고 이를 철저히 관리하는 것이 중요하다고 판단된다.

3-3. 3차년도 (2016년)

연구 1. 자돈, 육성-비육돈의 암수 분리사육이 성장 및 돈육 품질에 미치는 영향

I. 서론 (Introduction)

현재 우리나라는 52개국과의 FTA 체결이후 사실상 완전 개방시대를 맞이했다. 이에 따라 외국으로부터 축산물에 대한 수입은 더욱 가속화될 것으로 예상된다. 이러한 상황에서 국내 양돈농가의 생산성은 축산선진국에 비해 낮은 수준이다. 2014년 기준, 덴마크와 미국의 MSY는 각각 28.5두, 22.4두인데 비해 우리나라는 18.1두로 양돈 선진국에 비해 경쟁력이 많이 부진하다고 할 수 있다 (한돈협회, 2016).

생산성을 높이는 다양한 방법들이 있지만 그 중 현장과 가장 밀접한 것은 사양관리라고 할 수 있다. 현재 우리나라는 사양관리 매뉴얼이 정립되지 않아 외국의 사양관리체계를 검증 없이 들여와 사용하고 있는 실정이다. 하지만 외국의 사양관리 방법은 우리나라 실정에 맞지 않는 것이 많기 때문에, 우리나라 실정에 맞는 올바른 사양관리 프로그램의 개발이 시급한 상황이다.

생산성을 향상 시키는 많은 양돈 사양 관리 기술이 적용 되고 있는데 그 중에서도 아직 국내에서 적용이 쉽지 않은 것이 암수 분리 사육이다. 암수 분리 사육이란 돼지의 성별에 따라 성장 형태가 다르므로, 암수를 분리하여 성별에 따라 다르게 사육하는 방식을 말한다. 이런 암수 분리 사육을 실시하였을 때 약 두당 700원의 생산비가 절약된다는 보고가 있다 (PIC, 2012). 일반적으로 지방 축적 정도는 거세돈이 가장 높고 다음으로는 암돼지, 수돼지 순이며 반대로 살코기 축적률은 수돼지가 가장 높고 다음으로 암돼지, 거세돈 순이다 (Siers, 1975; Seideman 등, 1982). 또한 사료 섭취량은 거세돈이 가장 많고 다음으로는 수돼지, 암돼지 순인데, 이들을 분리하지 않고 합사할 경우 거세돈은 사료만 많이 먹고 지방을 많이 생산함으로써 결과적으로 돈육의 품질을 저하시키고 사료를 낭비하게 된다 (Ekstrom, 1991). 또한 비육돈을 고르게 출하하기 위해서는 암수 분리 사육이 필수적이다. 암돼지, 수돼지 및 거세돈은 성장하는 속도와 등지방 축적 정도가 다르기 때문에 암수 분리 사육에 따른 출하 시기와 출하 체중이 각기 다르게 적용되어야 한다. 최근에는 정산제가 박피 정산제에서 탕박 등급 정산제로 변화하는 추세이며 이에 따라 암수 분리 사육이 더욱 강조되는 시점이다.

암수 분리 사육에 대한 국내 연구는 미흡한 수준이며, 이를 대한 검증 없이 적용하기에는 양돈 농가의 부담이 적지 않기 때문에 암수분리에 대한 객관적인 검증 실험이 필요할 것으로 사료된다. 따라서 본 연구를 통하여 암수분리가 자돈, 육성-비육돈의 성장 및 돈육 품질에 미치는 영향을 분석하여, 국내에서의 암수분리의 적용가능성을 평가하고자 한다.

II. 실험 재료 및 방법 (Materials and Methods)

가. 실험 동물 및 실험 설계 (Experimental animal and design)

사양실험을 위해 평균체중 8.18 ± 0.903 kg 의 삼원교잡종 ([Yorkshire \times Landrace] \times Duroc) 이우 자돈 120두를 공시하여, 전라남도 무안군 청계면 송현리 624-9번지에 위치한 서울대학교 실험농장에서 수행되었다. 실험돈은 자돈전기 (0-3주), 자돈후기 (4-6주), 육성전기 (7-10주), 육성후기 (11-14주), 비육전기 (15-17주), 비육후기 (18-19주)로 나누어 각 시기별로 체중과 사료 섭취량을 측정하였다. 전체 3처리 4반복 돈방 당 8두씩 성별과 체중에 따라 난괴법 (randomized complete block design; RCBD)으로 배치하였다.

나. 실험사료 (Experimental diet)

실험사료는 시중에 유통되고 있는 양돈용 일반 배합사료를 사용하였으며 사양단계에 따라 자돈전기 (0-3주), 자돈후기 (4-6주), 육성전기 (7-10주), 육성후기 (11-14주), 비육전기 (15-17주), 비육후기 (18-19주)로 나누어 사료를 변경하여 급여하였다. 실험에 사용된 사료는 모든 단계에서 항생제를 사용하지 않았다.

다. 사양실험 (Feeding trial)

사양실험은 자돈기 6주, 육성-비육기 13주로 총 19주간 진행되었다. 자돈기 실험돈은 플라스틱 베드가 설치된 컨테이너 돈사 (돈방의 크기는 $154 \times 196\text{cm}^2$)에서 사육되었으며, 육성-비육기에는 콘크리트 바닥이 있는 돈사 (돈방의 크기는 $240 \times 290\text{cm}^2$)로 이동하여 사육되었다. 자돈기에는 각 돈방에 하나의 사료급여기와 두 개의 니플 급수기가 설치되어 있었으며, 육성-비육기에는 각 돈방에 하나의 사료급여기와 한 개의 니플 급수기가 설치되어 있었다. 전체 실험 기간 동안 물과 사료는 무제한 자유채식 (*ad libitum*)하도록 하였다. 자돈기에 돈방 온도는 $26-28^\circ\text{C}$ 정도를 유지하였으며, 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료의 변동 시점을 고려하여 개시 (initial), 자돈전기 (0-3주), 자돈후기 (4-6주), 육성전기 (7-10주), 육성후기 (11-14주), 비육전기 (15-17주), 비육후기 (18-19주)의 종료일에 체중 (BW : Body Weight), 일당증체량 (ADG : Average Daily Gain), 일당사료섭취량 (ADFI : Average Daily Feed Intake) 및 사료효율 (G:F ratio : Gain to Feed ratio)을 측정하였다.

라. 혈액 정상 (Blood profiles)

혈액은 각 시기별 (Initial, 3주차, 6주차, 10주차, 14주차, 17주차, 19주차)로 처리당 6 두씩을 선발하여 경정맥에서 채취하여 혈액 성상을 분석하였다. 혈액은 disposable culture tube에 포집하여 3,000rpm, 4℃ 상태로 15분 동안 원심분리 하였다. 그 후 micro tube 보관용기에 혈청만을 분리하여 분석 시까지 -20℃로 보관하였다. 보관된 혈액은 혈액 분석기를 통하여 각 시기별로 단백질 이용 효율을 알아보기 위해 BUN (blood urea nitrogen)은 Kinetic UV Assay (Modular analytcs, P, Roche, Germany)를 이용하였으며 IGF-1은 호르몬 분석기 (Immulite 2000, DPC, USA)를 이용하여 분석하였다.

마. 타액 내 cortisol 농도

Cortisol 측정은 실험돈 구강 내 cotton roll (Salivette®) 을 삽입하여 2-3분간 저작시킨 후 샘플을 냉동보관 (-20℃) 하여 salivary cortisol kit (Salimetrics, State College, PA, USA)로 효소 면역 분석을 실시하였다.

바. 설사빈도 (Diarrhea score)

설사빈도 및 강도를 조사하는 방법은 다양하게 존재하나 가장 많이 사용되는 방법은 분변의 연도 (수분함량) 상태를 측정하기 위하여 분변 연도에 따라 0 (no occurrence) 에서 4 (diarrhea on all pigs) 5단계 (0 - 4)로 구분하여 점수를 부여하였다. 분변 상태의 객관성을 확보하기 위하여 자돈 실험 기간 동안 한 사람이 측정하였다. 실험 개시 후 매일 오전 8시에 사양 실험돈을 대상으로 주기적으로 실시하였으며, 분의 연도는 각 실험돈을 대상으로 돈방 단위로 계산하여 연도를 측정하였다. 분변 연도의 전체적인 경향 파악을 위하여, 각 실험단계별 자돈 전기 및 자돈 후기로 나누어 통계 분석을 하였다.

표 138. 실험 사료 분석치

Item	자돈전기	자돈후기	육성전기	육성후기	비육전기	비육후기
Analyzed chemical composition, %						
Dry matter	89.49	89.34	90.04	89.87	90.27	90.24
Crude protein	19.25	18.12	16.62	16.21	14.22	14.11
Ether extract	3.98	4.26	5.46	5.76	5.84	5.38
Crude ash	5.80	4.57	4.63	4.76	4.74	4.36

사. 등지방 두께 (Backfat depth)

등지방 두께는 P2 지점 (돼지머리에서부터 꼬리뼈 까지 정중앙선 기준으로 양쪽 대각선을 그었을 때 정중앙에 위치하는 지점)을 휴대용 등지방 측정기 (Dongdo Biotech, China)를 이용하여 측정하였다. 등지방 두께는 14주, 17주, 19주에 측정하였으며 처리 당 20두씩 측정하였다.

아. 도축성적 (Pork grade)

도축 성적 수집을 위해 실험이 종료된 실험돈의 경우 출하 시까지 비육 후기와 동일한 사료를 급여하여 도축성적을 수집하였다. 처리 당 20두씩 총 60두의 돼지를 출하하여 도체 중, 등지방 두께, 도체 등급을 보았다.

자. 경제성분석 (Economic analysis)

경제성을 분석하기 위하여 전체 사료 섭취량 및 사료 가격을 이용하여 1kg 증체에 필요한 사료비용 (feed cost per weight gain) 및 두당 전체 사료비용 (total feed cost)을 계산하였다. 또한 종료 시 체중 및 ADG를 기준으로 110kg에 도달일령을 추정하였다.

차. 돈육의 pH 및 육색 (Meat pH and color)

돈육 품질을 조사하기 위해 총 19주간의 사양실험 종료 후 각 처리구별로 비육돈 4두씩 총 20두를 선발하여 돈육 품질을 조사하기 위하여 등심근을 채취하였다. 선발된 실험돈들의 평균 출하 체중은 111.2 ± 3.00 kg 이었고, 도축 후에 미추골로부터 아래로 5개 척추사이의 등심을 샘플링하여, 0, 3, 6, 9, 24 시간에 육색 및 pH를 측정하였다. 육색의 경우 Hunter system의 L, a, b 값을 chromameter (Minolta CM-508i, Japan)을 이용하여, pH는 pH meter (Hanna instruments \emptyset HI99163, Romania)를 이용하여 측정하였다.

카. 보수력 (Water holding capacity)

보수력 (WHC; Water holding capacity)은 원심분리법 (Ryoichi 등, 1993)으로 측정하였다. 보수력 측정은 Laakkonen 등 (1970)의 방법에 따라 미세한 구멍이 있는 2 ml filter 관의 무게를 칭량하고, 공시육을 분쇄하여 지방과 근막 (힘줄)을 제거한 후 시료를 0.5 ± 0.05 g을 원심분리관의 상부에 filter관에 넣고 무게를 측정하였다. Filter관을 80 °C의 Water bath에서 20분간 가열한 후 10분간 실온에서 냉각시켰다. Filter관을 원심 분리관

하부에 넣고 4℃에서 2,000 rpm, 10분 동안 원심분리 한 후 상부 filter관을 꺼내어 무게를 측정하였으며 다음 공식에 의해 보수력을 구하였다.

$$\text{보수력} = \frac{\text{수분}(\%) - \text{유리수분}(\%)}{\text{수분}(\%)} \times 100$$

타. 전단력 (Shear force)

채취한 샘플을 채끝 3 cm 두께의 스테이크 모양으로 근섬유방향과 직각이 되도록 근육을 절단하여 육 내부온도 70 ℃까지 가열한 후 흐르는 물에 30분간 방냉 하였다. 방냉 한 시료에서 직경 0.5 inch 코어 (core)를 근섬유 방향에 따라 원통형으로 뚫어 시료를 채취한 후 Instron Universal Testing Machine (Model 4465, UK)를 이용하여 근섬유 방향과 직각 방향으로 절단하여 전단력을 8회 이상 반복 측정하였다.

파. 가열감량 (Cooking loss)

가열감량 (Cooking loss, %)은 시료를 두께 3 cm 스테이크 모양으로 절단하여 무게를 측정하고 80 ℃ 항온수조에서 시료의 심부온도가 70 ℃ 도달 후 10분간 가열하고 냉각시킨 다음 무게를 측정한 뒤 다음 공식을 통해 계산하였다 (Honikel, 1998).

$$\text{가열감량}(\%) = \frac{\text{가열 전 시료무게}(\text{g}) - \text{가열 후 시료무게}(\text{g})}{\text{가열 전 시료 무게}(\text{g})} \times 100$$

하. 화학 분석 및 통계 분석 (Chemical and statistical analysis)

사료의 일반성분 분석은 DM (procedure 930.15; AOAC, 1995), ash (procedure 942.05; AOAC, 1995), ether extract (procedure 920.39; AOAC, 1995), Crude protein은 N (Kjeltec™ 2200, Foss Tecator, Sweden)을 측정 후 nitrogen × 6.25 (procedure 988.05; AOAC, 1995)을 이용하여 측정하였다. 통계분석은 SAS의 일반선형모형 (GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였다. 사양실험에서 돈방울 실험단위로 하여 최소유의차 (LSD) 다중 검정법에 의해 처리구간의 결과를 비교하였으며, P<0.05인 경우 유의차가 있는 것으로, P<0.01인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 고려하였다.

Ⅲ. 실험 결과 및 고찰 (Results and discussion)

가. 성장 성적 (Growth performance)

암수 분리 사육이 이유 자돈 및 육성, 비육기의 성장 성적에 미치는 영향을 표 139에 제시하였다. 자돈기 사양실험 결과, 성장 성적에 있어 체중, 일당사료섭취량 및 사료효율에서 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. 하지만 자돈후기 (4-6주) 일당증체량 ($P=0.04$)과 자돈기 (0-6주) 일당증체량 ($P=0.02$)에서 유의적인 차이를 보였다. 일반적으로 거세돈은 암컷보다 일당사료섭취량이 더 많고 일당 증체량이 더 높다는 선행 연구 결과가 보고되었다 (Ekstrom, 1991). 본 실험에서는 자돈 후기와 자돈기 일당사료섭취량에서는 경향성만 보였으며 일당 증체량에서 유의적인 차이를 보이며 Castrated 처리구에서 제일 높은 수치를 기록하였다 ($P=0.04$).

암수 분리하여 사육된 돼지의 육성기 사양실험 결과, 육성후기 (11-14주) 사료 효율 ($P=0.02$)과 육성기 (7-14주) 사료효율 ($P<0.01$)에서 유의적인 차이를 보였다. 일반적인 암수간 비교에서는 암컷군이 사료 효율이 우수하고 수컷군이 상대적으로 불량한 것으로 알려져 있다 (Peinnado 등, 2008). 이는 거세돈이 암돼지보다 상대적으로 지방 축적량이 많아 등지방 층인 체외지방과 체내 지방축적 함량이 많아지기 때문이라고 보고되었다 (Peinnado 등, 2008). 본 실험에서도 선행연구와 마찬가지로 Castrated 처리구가 Female 처리구와 CON 처리구에 비해 사료 효율이 유의적으로 낮게 나타났다 ($P<0.01$).

암수 분리하여 사육된 돼지의 비육기 사양실험 결과, 비육기 (15-19주)에 일당증체량에서 유의적인 차이를 보였다 ($P=0.04$). 일반적으로 거세돈은 암컷보다 일당증체량이 더 높다는 선행 연구 결과가 보고되었다 (Ekstrom, 1991). 본 실험에서도 Castrated 처리구가 비육기에 가장 높은 일당증체량을 보인 것으로 사료 된다.

결론적으로, 성별에 따라서 각 시기별 성장 성적에 차이가 있다고 사료된다.

표 139. 암수 분리 사육이 이유 자돈 및 육성, 비육돈의 성장 성적에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹			SEM ²	P - value
	CON	Female	Castrated		
Body weight, kg					
Initial	8.18	8.18	8.18	0.240	-
3 week	11.82	11.51	12.17	0.316	0.53
6 week	21.92	20.78	23.37	0.537	0.05
10 week	42.12	40.88	43.50	0.894	0.23
14 week	62.78	61.41	61.54	1.384	0.10
17 week	83.91	81.79	82.78	1.377	0.80
19 week	96.61	91.98	96.23	1.407	0.08
ADG, g					
0-3 week	173	158	190	9.6	0.44
4-6 week	481 ^{ab}	441 ^b	533 ^a	16.9	0.04
0-6 week	327 ^{ab}	300 ^b	362 ^a	10.0	0.02
7-10 week	721	718	719	10.2	0.95
11-14 week	738	733	644	27.1	0.30
7-14 week	730	726	682	20.5	0.57
15-17 week	1,006	970	1,012	30.6	0.87
18-19 week	907	727	960	59.1	0.27
15-19 week	966 ^b	873 ^b	991 ^a	20.5	0.04
0-19 week	664	630	662	9.2	0.07
ADFI, g					
0-3 week	328	273	321	14.0	0.38
4-6 week	1,131	982	1,161	35.4	0.07
0-6 week	730	628	741	22.7	0.09
7-10 week	1,406	1,362	1,540	43.2	0.18
11-14 week	2,009	1,897	2,009	65.4	0.63
7-14 week	1,752	1,674	1,819	48.4	0.33
15-17 week	2,582	2,489	2,761	61.1	0.26
18-19 week	3,060	2,742	3,048	87.2	0.10
15-19 week	2,773	2,590	2,876	56.7	0.11
0-19 week	1,679	1,566	1,737	37.3	0.08
G:F ratio					
0-3 week	0.529	0.580	0.591	0.0234	0.58
4-6 week	0.425	0.449	0.460	0.0108	0.44
0-6 week	0.448	0.478	0.488	0.0074	0.14
7-10 week	0.512	0.527	0.470	0.0144	0.25
11-14 week	0.368 ^a	0.389 ^a	0.319 ^b	0.0109	0.02
7-14 week	0.416 ^A	0.433 ^A	0.374 ^B	0.0088	<0.01
15-17 week	0.390	0.390	0.368	0.0434	0.60
18-19 week	0.297	0.262	0.317	0.0189	0.51
15-19 week	0.349	0.337	0.347	0.0075	0.83
0-19 week	0.396	0.402	0.382	0.0041	0.08

¹ Con : Mixed gender (1:1 ratio of barrows to gilts), Female : All female, Castrated : All barrow

² Standard error of the mean.

^{A,B} Means in a same row with different superscript letters significantly differ (P<0.01).

^{a,b} Means in a same row with different superscript letters significantly differ (P<0.05).

나. 혈액 정상 (Blood profiles)

암수 분리 사육이 이유 자돈 및 육성, 비육기의 혈액 정상에 미치는 영향을 표 140에 제시하였다. 동물이 섭취한 사료가 체내에서 분해되는 과정에서 강한 독성을 내는 암모니아를 생성한다. 독성 물질의 해를 방지하기 위하여 암모니아는 간과 신장에서 무독성의 요소로 합성되어 뇨를 통해 배설되는데, 일반적으로 혈중 요소태 질소의 농도는 일정한 구간 내에 존재하기에 동물의 영양 상태를 나타내는 기준으로 이용될 수 있다. 이는 체내의 식이 아미노산 균형과 부의 상관관계 (negative correlation)에 있다 (Bergner, 1977; Hahn 등, 1995). 따라서 혈중 요소태 질소는 돼지의 아미노산 이용 효율에 대한 대표적인 평가 지표이며, 동물의 단백질 요구량이나 단일 아미노산 요구량을 결정하는 반응지표로 이용되어 왔다 (Hatori 등, 1994; Cai 등, 1996; Coma 등 1995). 혈중 BUN 농도를 분석한 결과, 17주 Female 처리구에서 가장 낮은 수치를 보였다 ($P < 0.05$). 일반적으로 암컷은 거세돈에 비해서 정육 축적량이 높기 때문에 더 높은 아미노산 요구량을 보인다 (Ekstrom 등, 1991). 또한 NRC 2012 사양표준에서도 암컷의 아미노산 요구량을 거세돈 보다 높게 설정하고 있다. 이에 따라 Female 처리구가 다른 처리구에 비해서 아미노산 이용율이 높아 BUN 농도가 가장 낮게 나타난 것으로 사료된다.

IGF-1 (인슐린 유사 성장인자)은 간에서 분비되고 GH에 의해 자극되어 연골의 골화 및 성장을 촉진 한다 (Suzuki 등, 2004). 또한 돼지의 성장률과 사료 효율과 양의 상관관계가 있다고 보고되었다 (Owens 등, 1999). 하지만 본 실험에서는 처리구간 통계적으로 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

표 140. 암수 분리 사육에 따른 혈액 정상

Criteria	Treatment ¹			SEM ²	P - value
	CON	Female	Castrated		
BUN, mg/dL					
Initial	-----10.3-----				
3 week	10.6	8.1	9.8	0.77	0.47
6 week	7.2	8.5	8.2	0.49	0.62
10 week	10.7	9.5	9.6	0.52	0.63
14 week	10.9	9.8	13.4	0.61	0.07
17 week	12.6 ^a	8.9 ^b	11.9 ^a	0.64	0.03
19 week	11.1	8.9	11.0	0.58	0.23
IGF-1, ng/mL					
Initial	-----68.3-----				
3 week	109.8	118.3	84.3	8.0	0.16
6 week	178.3	157.6	251.4	17.2	0.09
10 week	230.5	252.2	232.6	14.7	0.85
14 week	271.6	292.0	276.3	17.2	0.81
17 week	304.7	297.3	263.5	12.1	0.08
19 week	236.9	237.5	230.9	8.9	0.96

¹ Con : Mixed gender (1:1 ratio of barrows to gilts), Female : All female, Castrated : All barrow

² Standard error of the mean.

^{a,b} Means in a same row with different superscript letters significantly differ ($P < 0.05$).

다. 타액 내 Cortisol 농도 (Saliva cortisol)

암수 분리 사육이 이유 자돈 및 육성, 비육기의 타액 내 Cortisol 농도를 표 141에 제시하였다. 돼지에 있어서 스트레스는 성장 성적과 면역 기능, 동물 복지 등에 영향을 미치는 중요한 요인으로 작용한다. Cortisol은 동물의 심리적 스트레스를 측정하는 지표로 이용된다 (Warriss 등, 1998a). 암컷과 수컷을 합사하여 키우는 돈군은 개체 상호간에 주어지는 사회적 스트레스로 인하여 암수 분리 사육을 한 돈군보다 더 높은 cortisol 농도를 보였다는 선행 연구가 있다 (Kim 등, 2011). 하지만 본 실험에서는 처리구간 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다.

라. 설사빈도 (Diarrhea score)

암수 분리 사육 시 이유 자돈의 설사빈도에 미치는 영향을 표 142에 제시하였다. 총 6주간의 이유 자돈 사양 실험을 통해 각 처리별로 설사의 빈도 또는 설사의 연도를 조사하였다. 이유 자돈 사양시험 기간 동안 모든 처리구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

이유 자돈 시기의 성별에 따른 설사빈도는 선행 연구가 미비하다. 일반적으로 자돈은 이유를 하면서 급격한 환경의 변화와 수송스트레스, 사료교체에 따른 영양 스트레스로 인하여 이유 초기에 설사가 많이 발생한다 (Monjan 등., 1977). 병원성 미생물 (대장균 등)이 장 용모에 부착되어 기생하면서 독소를 배출하고 용모를 탈락시킨다. 그로 인해 용모가 짧아지고 용모에서 분비되는 소화효소의 양도 감소하며, 영양소를 흡수할 수 있는 면적도 감소하게 되어 설사가 발생하게 된다 (Monjan 등., 1977).

하지만 본 실험 결과 암수 분리 사육은 자돈의 설사빈도에 영향을 미치지 않는다고 사료된다.

마. 등지방 두께 변화 (Backfat depth)

암수 분리사육이 등지방 두께에 미치는 영향을 표 143에 제시하였다. 우리나라는 등급판정시 왼쪽 반도체의 마지막 흉추와 제1요추 사이의 등지방두께와 제 11번 흉추와 제12번 흉추사이의 등지방두께를 mm 단위로 측정한 평균값을 정수로 적용하여 등급판정 기준으로 적용한다 (축산물품질평가원, 2016). 현행 등급판정 기준으로 1등급 판정을 받으려면 15-27mm로 등지방 두께는 등급판정에 있어 매우 중요한 역할을 한다.

육성 후기 종료일 (14 week)에 등지방 두께에서 처리구간 유의적인 차이를 보였다 ($P < 0.04$). 그 중 Female 처리구가 가장 낮은 등지방 수치를 보였다. 일반적으로 거세돈은 일당 증체량 (ADG)과 등지방 축적에 있어 암컷 보다 빠르게 성장한다는 선행 연구 결과가

보고되었다 (Cromwell, 1993).

비육 후기 종료 시 (19 week) 처리구간 등지방 두께에 있어서 유의적인 차이를 보였다 (P=0.01). 앞서 언급한 선행 연구와 마찬가지로 거세돈에서 제일 높은 수치를 나타내었다 (P=0.01).

결론적으로 암, 수간의 등지방 두께 변화에 있어 거세돈의 등지방 축적이 가장 빠르기 때문에 1+ 탕박도체 기준 (등지방 두께 : 17mm 이상 25 mm미만)을 맞추기 위해서는 거세돈이 암컷 보다 상대적으로 낮은 체중에서 출하하는 것이 더 높은 등급 판정을 받을 것으로 사료된다.

표 141. 암수 분리 사육에 따른 타액 내 Cortisol 농도

Criteria	Treatment ¹			SEM ²	P - value
	CON	Female	Castrated		
Cortisol, $\mu\text{g/dL}$					
Initial	-----0.21-----				
3 week	0.13	0.12	0.19	0.013	0.25
6 week	0.28	0.23	0.25	0.014	0.49
10 week	0.24	0.32	0.19	0.045	0.60
14 week	0.17	0.16	0.17	0.011	0.76
17 week	0.07	0.13	0.12	0.015	0.16
19 week	0.16	0.15	0.18	0.012	0.68

¹ Con : Mixed gender (1:1 ratio of barrows to gilts), Female : All female, Castrated : All barrow

² Standard error of the mean.

표 142. 암수 분리 사육이 이유 자돈의 설사빈도에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹			SEM ²	P - value
	CON	Female	Castrated		
Diarrhea incidence³					
0-3 week	1.56	1.51	0.91	0.127	0.16
4-6 week	0.95	0.92	0.40	0.101	0.13
0-6 week	1.48	1.17	0.78	0.102	0.08

¹ Con : Mixed gender (1:1 ratio of barrows to gilts), Female : All female, Castrated : All barrow

² Standard error of the mean.

³ Diarrhea score : 0 (no occurrence) to 4 (diarrhea on all pigs): Data were measured by average total diarrhea score during each phases.

표 143. 암수 분리 사육이 등지방 두께에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹			SEM ²	P - value
	CON	Female	Castrated		
No. of pig	20	20	20		
Back-fat thickness, mm					
14 week	11.9 ^a	10.0 ^b	11.1 ^a	0.29	0.04
17 week	13.0	12.7	12.5	0.37	0.86
19 week	17.3 ^B	16.5 ^B	20.1 ^A	0.55	0.01

¹ Con : Mixed gender (1:1 ratio of barrows to gilts), Female : All female, Castrated : All barrow

² Standard error of the mean.

^{A,B} Means in a same row with different superscript letters significantly differ (P<0.01).

^{a,b} Means in a same row with different superscript letters significantly differ (P<0.05).

바. 도축성적 (Pork grade)

암수 분리 사육 후 출하 시 도축성적에 미치는 영향을 표 144에 제시하였다. 출하체중은 110-120kg 사이에 출하하였다. 출하성적은 Female 처리구가 1+등급 출현율이 가장 높게 나타났으며, CON 처리구와 Castrated 처리구가 1+등급 출현율이 같게 나타났다. 하지만 CON 처리구의 경우 1등급 출현율이 다른 처리구에 비해 높았으며, 2등급의 경우 Castrated 처리구가 가장 높게 나타났다.

일반적으로 거세돈은 암컷보다 등지방 축적 속도가 빠르다. 이 때문에 거세돈과 암컷의 출하체중과 시기가 달라야 하는데 분리 사육을 함으로써 출하시기를 조절 하면 생산성 향상에 도움이 될 것이라 생각된다.

사. 경제성 분석 (Economic analysis)

암수 분리 사육이 이유 자돈 및 육성, 비육돈의 경제성에 미치는 영향을 표 145에 나타내었다. 경제성을 분석하기 위하여 전체 사료 섭취량 및 사료 가격을 이용하여 1kg 증체에 필요한 사료비용 (feed cost per weight gain) 및 두당 전체 사료비용 (total feed cost)을 계산하였으며 종료 시 체중 및 ADG를 기준으로 110kg에 도달일령을 추정하였다. Market price는 출하 실험을 통한 등급 판정 한 것을 기준으로 현재 탕박 등급제에 따라 정산하고 있는 육가공 회사의 기준을 적용하여 계산하였다 (표 145).

1kg 증체당 사료비는 육성후기 (11-14주)에 Female 처리구가 가장 낮게 나타났다. 육성기 (7-14주)에도 Female 처리구가 가장 낮은 수치를 보였다. 이는 육성후기 (11-14주) 사료 효율 ($P=0.02$)과 육성기 (7-14주) 사료효율 ($P<0.01$)에서 유의적인 차이를 보여 이러한 결과가 나타났다고 사료된다.

110kg 도달 일령에서는 Female 처리구가 153일로 다른 처리구에 비해서 5일 늦은 일령을 보였다 ($P<0.01$). 이는 암컷이 거세돈에 비해서 일당증체량이 낮다는 선행연구와 일치하는 결과이다.

탕박 등급제로 환산하여 계산된 Market price는 Female 처리구가 높은 수치를 보였다 ($P<0.02$). 또한 Castrated 처리구 CON 처리구에 비해 높은 수치를 보였다. 이는 암수 분리 사육 시 1등급 비율의 향상과 사료 효율 증가로 인해 경제성이 높게 나왔다고 사료된다. 총 사료비의 경우 암수의 평균은 126,278 원으로 합사일 경우보다 두당 1,910원 저렴하며 돈육 가격은 분리사육 평균이 352,814 원으로 합사일 경우보다 두당 3,613원 더 비싸다. 따라서 이를 모든 500두 규모, 모든회전을 2.3, 모든 당 이유두수 11두인 농장 기준으로 환산하면 연간 약 6,986만원의 조수익이 발생하는 것으로 사료된다.

결론적으로, 최근 정산제가 탕박 등급정산제로 변화하는 추세에서는 암수 분리 사육이 농가의 경제성에 긍정적인 영향을 미친다.

표 144. 암수 분리 사육이 도체성적에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹			SEM ²	P - value
	CON	Female	Castrated		
Observation	20	20	20		
Average dressed weight, %	88	90	88	0.5080	0.4024
Average back fat thickness, mm	26	25	28	0.6311	0.1402
Pork grade					
1+ grade, %	25	45	25	—	—
1 grade, %	30	25	25	—	—
1+ , 1 grade, %	55	70	50	—	—
2 grade, %	45	30	50	—	—

¹ Con : Mixed gender (1:1 ratio of barrows to gilts), Female : All female, Barrow : All barrow

표 145. 탕박 정산 시 1등급 비율에 따른 지급율

1등급 비율	-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90%-
지급율	72.5%	73.5%	74.5%	75.0%	75.5%	76.0%	77.0%

표 146. 암수 분리 사육이 이유 자돈 및 육성, 비육돈의 경제성에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹			SEM ²	P - value
	CON	Female	Castrated		
Feed cost per weight gain, won/kg					
0-3 week	1,658	1,543	1,436	77.3	0.47
4-6 week	1,835	1,660	1,696	43.2	0.24
7-10 week	1,006	996	1,101	23.4	0.13
11-14 week	1,437 ^b	1,328 ^b	1,666 ^a	51.5	0.03
15-17 week	1,271	1,366	1,370	41.3	0.70
18-19 week	1,617	1,508	1,524	34.2	0.34
Weaning period	1,747	1,602	1,566	35.8	0.09
Growing period	1,222 ^{ab}	1,162 ^b	1,384 ^a	34.8	0.03
Finishing period	1,444	1,437	1,447	31.7	0.91
Overall	1,471	1,400	1,466	14.8	0.12
Day to market weight from 8.18 kg, reached 110 kg BW					
	148 ^a	153 ^b	148 ^a	1.7	0.01
Estimated feed cost to 110 kg, won					
	128,188 ^{ab}	120,113 ^a	132,443 ^b	2278.4	0.02
Market price, won/head					
	349,201 ^B	358,057 ^A	347,570 ^B	1488.1	<0.01

¹ Con : Mixed gender (1:1 ratio of barrows to gilts), Female : All female, Castrated : All barrow

² Standard error of the mean.

^{a,b} Means in a same row with different superscript letters significantly differ (P<0.05).

^{A,B} Means in a same row with different superscript letters significantly differ (P<0.01).

아. 돈육의 일반성분 및 이화학적 분석 (Proximate and physiochemical analysis)

암수 분리 사육이 도축 후 돈육의 일반성분 및 이화학적 특성에 미치는 영향을 표 147, 148, 149에 나타내었다. 돈육의 일반성분 분석결과, 암컷의 경우 수분, 조단백, 조지방에서 처리구별 유의적인 차이가 나타나지 않았지만 조희분에서 합사사육이 분리사육에 비해 낮은 결과를 보였다 ($P < 0.05$). 거세돈의 경우 조단백, 조지방, 조희분에서 처리구별 유의적인 차이를 나타내지 않았지만 수분에서 합사사육이 분리사육에 비해 높은 결과를 보였다 ($P < 0.02$). 일반적으로 수분은 보수력 양의 상관관계를 갖고 있다고 알려져 있다 (Hamm, 1986). 하지만, 거세돈에서 보수력에서는 유의적인 차이를 보이지 않았으며 ($P > 0.05$) 수분이 정상범위에 있으므로 유의미한 차이는 아니라고 사료 된다.

돈육의 이화학적 특성인 가열감량, 전단력, 보수력 측정에 있어 암수 분리 사육이 처리구별 유의적인 차이가 나타나지 않았다 ($P > 0.05$). 가열감량은 간접적인 보수력의 지표 중 하나로 일반적으로 보수력과 역의 상관관계를 갖는 것으로 알려져 있으며, 전단력은 고기의 질긴 정도를 기계적으로 측정된 수치로 보수력과 연관이 큰 것으로 알려져 있다 (Hamm, 1986). Bouton 등 (1983)은 보수력이 낮아지면 고기의 전단력은 높아진다고 보고하였고, Goerl 등 (1995)의 연구에 의하면 지방함량이 증가함에 따라 보수력이 증가하여 육즙감량은 낮아지고 전단력이 약해지는 것으로 밝혀졌다. 성별의 차이에서는 Beattie 등 (1999)은 성별 간에 가열감량에 유의적인 차이가 없었다고 보고한 반면에 Malmfors와 Nilson (1978)은 거세돈은 암퇘지에 비하여 드립감량이나 가열감량이 높았다고 보고하였다. Cisneros 등 (1994)은 성별 간에는 암퇘지가 수퇘지에 비하여 낮은 경향을 보였다고 하였다. 하지만 본 실험에서는 처리구간 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

자. 도축 후 pH 변화 (pH after slaughter)

돈육의 pH 변화는 돈육의 품질을 결정하는 중요한 요인으로 신선도, 보수력, 연도, 결착력, 육색, 조직감 등의 돈육 품질에 영향을 미치며, 돈육의 저장성 측면에서도 깊은 연관성을 가진다. 일반적으로 도축 후 돈육의 초기 pH는 PSE육의 예측치로, 최종 pH는 DFD의 예측치로 그 효용성이 인정되고 있다. Bole 등 (1993)은 pH 수치가 돈육의 질과 보수성 및 연도에 밀접한 관련이 있다고 하였으며, Palansky와 Nosal (1991)은 pH가 증가하면 조리 감량이 감소된다고 보고하였다. 일반적으로 도축 후 돈육에서 glycogen의 혐기적 해당작용에 의하여 젖산 (lactic acid)이 생성되어 pH는 떨어지게 된다. 하지만 과도한 운송스트레스를 받거나 도축 시 과도한 스트레스를 받을 경우 glycogen 이용에 변화가 생겨 pH가 정상적인 경향을 나타내지 않을 수도 있는데, 이러한 경우 DFD육이나 PSE육이 발생할 위험성이 높아지게 된다.

본 실험에서는 돈육의 pH 변화를 측정하기 위해 도축 후 총 6번 0, 3, 6, 12, 24 시간

에 pH를 측정하였고, 보관 시에는 4℃ 냉장상태로 보관하였다. 암수 분리사육이 도축 후 돈육의 pH 변화에 미치는 영향을 아래의 표 150, 151, 152에 나타내었다. 실험결과 모든 측정 시간동안 처리구간 통계적으로 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이는 곧 암수 분리 사육이 돈육의 pH에 유해한 영향을 미치지 않는 것으로 저장성, 연도, 신선도, 보수력 등의 여러 측면에서 암수 분리사육을 해도 기존의 암수 합사사육과 비교하여 육질에 차이가 없다는 것을 의미한다.

표 147. 암수 분리 사육이 돈육 품질에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹			SEM ²	P-value
	Con	Female	Castrated		
Proximate analysis, %					
Moisture	74.78	74.95	74.59	0.147	0.66
Crude protein	23.06	23.39	23.01	0.180	0.71
Crude fat	1.06	0.91	1.37	0.120	0.53
Crude ash	1.22	1.42	1.31	0.033	0.18
Physiochemical property					
Cooking loss, %	23.42	23.51	29.62	0.933	0.06
Shear force, kg/0.5 inch ²	29.52	23.55	25.56	1.738	0.52
WHC ³ , %	79.47	75.25	73.31	1.095	0.14

¹ Con : Mixed gender (1:1 ratio of barrows to gilts)

Female : All female

Castrated : All barrow

² Standard error of the mean.

³ Water holding capacity

표 148. 암수 분리 사육이 돈육 품질에 미치는 영향 (암컷)

Criteria	Treatment		SEM ¹	P-value
	Female (Mixed)	Female (Sex split)		
Proximate analysis, %				
Moisture	74.50	74.95	0.365	0.50
Crude protein	23.27	23.39	0.260	0.85
Crude fat	1.10	0.91	0.239	0.63
Crude ash	1.24	1.42	0.206	0.04
Physiochemical property				
Cooking loss, %	23.41	23.51	0.746	0.96
Shear force, kg/0.5 inch ²	30.14	23.55	2.690	0.41
WHC ² , %	80.36	75.25	1.758	0.22

¹ Standard error of the mean.

² Water holding capacity

표 149. 암수 분리 사육이 돈육 품질에 미치는 영향 (거세돈)

Criteria	Treatment		SEM ¹	P-value
	Castrated (Mixed)	Castrated (Sex split)		
Proximate analysis, %				
Moisture	75.05	74.59	0.163	0.02
Crude protein	22.86	23.01	0.265	0.79
Crude fat	1.02	1.37	0.135	0.35
Crude ash	1.20	1.31	0.030	0.12
Physiochemical property				
Cooking loss, %	23.42	29.62	1.529	0.08
Shear force, kg/0.5 inch ²	28.89	25.56	2.459	0.68
WHC ² , %	78.57	73.31	1.354	0.10

¹ Standard error of the mean.

² Water holding capacity

표 150. 암수 분리 사육이 도축 후 pH 변화에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹			SEM ²	P-value
	Con	Female	Castrated		
Time after slaughter					
0 hour	5.63	5.82	5.86	0.060	0.51
3 hour	5.48	5.43	5.49	0.025	0.47
6 hour	5.60	5.55	5.60	0.038	0.87
12 hour	5.61	5.57	5.59	0.034	0.97
24 hour	5.59	5.55	5.59	0.038	0.94

¹ Con : Mixed gender (1:1 ratio of barrows to gilts)

Female : All female

Castrated : All barrow

² Standard error of the mean.

표 151. 암수 분리 사육이 도축 후 pH 변화에 미치는 영향 (암컷)

Criteria	Treatment		SEM ¹	P-value
	Female (Mixed)	Female (Sex split)		
Time after slaughter				
0 hour	5.65	5.82	0.091	0.55
3 hour	5.44	5.43	0.017	0.78
6 hour	5.55	5.55	0.034	0.97
12 hour	5.58	5.57	0.031	0.92
24 hour	5.56	5.55	0.042	0.93

¹ Standard error of the mean.

표 152. 암수 분리 사육이 도축 후 pH 변화에 미치는 영향 (거세돈)

Criteria	Treatment		SEM ¹	P-value
	Castrated (Mixed)	Castrated (Sex split)		
Time after slaughter				
0 hour	5.62	5.86	0.087	0.24
3 hour	5.52	5.49	0.044	0.82
6 hour	5.65	5.60	0.067	0.83
12 hour	5.64	5.59	0.064	0.84
24 hour	5.61	5.59	0.066	0.90

¹ Standard error of the mean.

차. 돈육의 육색 (Meat color)

소비자가 돈육을 매장에서 구매할시 가장 먼저 보는 것은 바로 육색이다. 이러한 특징 때문에 육색은 소비자가 돈육의 품질을 파악하고, 구매를 결정하는 데에 가장 큰 영향을 미치게 된다. 표 153, 154, 155에 암수 분리 사육한 실험돈을 도축 후 돈육의 육색변화에 미치는 영향에 대하여 나타내었다. 실험결과 전 측정 시간동안 모든 처리구에서 통계적으로 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

사후 근육에 혈액공급이 중단되면 근육에 저장되어 있는 글리코겐의 혐기적 해당작용에 의해 젖산 생성이 증가되어 근육의 pH가 감소하게 된다. 이러한 pH 저하는 도축 전후의 취급 상태와 개체의 유전능력 (Warriss 등, 1987), 혐기적 해당작용의 속도 (Bendall과 Swatland, 1998)등에 영향을 받는다고 보고되었다. 돈육의 급격한 pH 저하는 근육의 단백질 구조를 변형시켜 육즙의 유출을 촉진하고 표면의 육즙 유출은 빛을 산란시켜 돈육을 창백하게 보이게 하며 결과적으로 PSE육이 발생하게 된다.

일반적으로 Hunter a value가 너무 낮으면 PSE (pale, soft, exudative)육을 의심해야 하며, 너무 높으면 DFD (dark, firm, dry)육일 수 있다. Hunter a value를 적색도라고 하고 Hunter b value를 황색도라고 하는데, 적색도가 감소하고, 황색도가 증가하면 돈육의 신선도를 평가할 때 좋지 않은 영향을 미친다고 알려져 있다. Joo 등 (1993)은 도축 후 24시간이 경과하였을 때 L 값 이 58이상이면 PSE 돈육이라고 기준을 명시하였는데, 본 실험에서는 모든 처리구에서 이보다 낮은 이상적인 수치를 나타냈다. 전체적으로 암수 분리에 따른 육색의 변화는 정상적인 수치를 기록하였으며, 모든 처리구에서 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. 이러한 결과를 통하여 암수 분리 사육 시 돈육의 육색에 부정적인 영향을 미치지 않으며, PSE육 및 DFD육과 같은 이상육 발생에도 직접적인 영향을 미치지 않는 것으로 볼 수 있다.

표 153. 암수 분리 사육이 도축 후 육색 변화에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹			SEM ²	P-value
	Con	Female	Castrated		
Hunter value, L³					
0 hour	42.90	43.93	41.67	0.694	0.55
3 hour	42.99	44.16	43.10	0.930	0.93
6 hour	44.63	47.13	44.55	0.779	0.47
12 hour	46.14	47.84	45.39	0.570	0.46
24 hour	47.37	48.98	46.47	0.636	0.11
Hunter value, a⁴					
0 hour	3.01	2.46	2.63	0.308	0.72
3 hour	3.41	2.76	3.20	0.296	0.78
6 hour	3.92	4.28	3.49	0.343	0.80
12 hour	4.06	4.14	3.44	0.239	0.58
24 hour	4.72	4.34	3.38	0.278	0.39
Hunter value, b⁵					
0 hour	5.10	5.45	4.89	0.261	0.84
3 hour	5.62	5.84	5.61	0.265	0.97
6 hour	6.39	7.63	6.05	0.325	0.21
12 hour	6.59	7.38	6.12	0.221	0.36
24 hour	7.16	7.63	6.19	0.203	0.09

¹ Con : Mixed gender (1:1 ratio of barrows to gilts)

Female : All female

Castrated : All barrow

² Standard error of the mean.

³ L - luminance or brightness (vary form black to white).

⁴ a - red · green component (+a=red, -a=green).

⁵ b - yellow · blue component (+b=yellow, -b=blue)

표 154. 암수 분리 사육이 도축 후 육색 변화에 미치는 영향 (암컷)

Criteria	Treatment ¹		SEM ²	P-value
	Female (Mixed)	Female (Sex split)		
Hunter value, L³				
0 hour	43.20	43.93	0.921	0.35
3 hour	43.41	44.16	1.445	0.81
6 hour	44.49	47.13	1.233	0.31
12 hour	45.23	47.84	1.031	0.40
24 hour	48.40	48.98	0.773	0.62
Hunter value, a⁴				
0 hour	3.39	2.46	0.543	0.57
3 hour	3.59	2.76	0.528	0.60
6 hour	4.24	4.28	0.589	0.98
12 hour	4.36	4.14	0.376	0.86
24 hour	4.58	4.34	0.322	0.82
Hunter value, b⁵				
0 hour	5.15	5.45	0.400	0.80
3 hour	5.64	5.84	0.391	0.87
6 hour	6.59	7.63	0.545	0.43
12 hour	6.61	7.38	0.281	0.36
24 hour	7.26	7.63	0.166	0.09

¹ Con : Mixed gender (1:1 ratio of barrows to gilts)

Female : All female

Castrated : All barrow

² Standard error of the mean.

³ L - luminance or brightness (vary form black to white).

⁴ a - red · green component (+a=red, -a=green).

⁵ b - yellow · blue component (+b=yellow, -b=blue)

표 155. 암수 분리 사육이 도축 후 육색 변화에 미치는 영향 (거세돈)

Criteria	Treatment ¹		SEM ²	P-value
	Castrated (Mixed)	Castrated (Sex split)		
Hunter value, L³				
0 hour	42.05	41.67	1.122	0.11
3 hour	42.57	43.10	1.276	0.36
6 hour	44.77	44.55	1.010	0.86
12 hour	47.06	45.39	0.600	0.32
24 hour	46.33	46.47	0.812	0.90
Hunter value, a⁴				
0 hour	2.63	2.63	0.336	0.99
3 hour	3.24	3.20	0.327	0.92
6 hour	3.60	3.49	0.348	0.84
12 hour	3.76	3.44	0.260	0.66
24 hour	4.86	3.38	0.474	0.30
Hunter value, b⁵				
0 hour	5.05	4.89	0.360	0.85
3 hour	5.59	5.61	0.393	0.96
6 hour	6.19	6.05	0.265	0.54
12 hour	6.57	6.12	0.306	0.67
24 hour	7.06	6.19	0.294	0.29

¹ Con : Mixed gender (1:1 ratio of barrows to gilts)

Female : All female

Barrow : All barrow

² Standard error of the mean.

³ L - luminance or brightness (vary from black to white).

⁴ a - red · green component (+a=red, -a=green).

⁵ b - yellow · blue component (+b=yellow, -b=blue)

IV. 결론 (Conclusion)

본 연구는 자돈, 육성-비육돈의 암수 분리사육이 성장 및 돈육 품질에 미치는 영향을 평가해 보기 위해 수행되었다.

사양실험 결과, 자돈후기 (4-6주) 일당증체량 ($P=0.04$)과 자돈기 (0-6주) 일당증체량 ($P=0.02$)에서 유의적인 차이를 보였다. 육성후기 (11-14주) 사료 효율 ($P=0.02$)과 육성기 (7-14주) 사료효율 ($P<0.01$)에서 유의적인 차이를 보였다. 비육기 (15-19주)에는 일당증체량에서 유의적인 차이를 보였다 ($P=0.04$). 또한 등지방 두께에서도 암, 수간 차이를 보였다. 따라서 암컷과 거세돈의 성장 패턴은 다르게 나타났다.

혈중 BUN 농도에서는 17주 Female 처리구에서 가장 낮은 수치를 보였다 ($P<0.05$). 그리고 IGF-1, 설사빈도, cortisol에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 돈육 분석 결과 암수 분리 사육 시 긍정적인 영향을 보이진 못했다.

결론적으로 암, 수간이 성장 성적에 차이가 있으며 등지방 축적에도 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 경제성 분석에서도 탕박 등급제로 환산하였을 때 암컷과 수컷 개별 사육 시 성별에 따른 유의적인 가격 차이가 나타났고 ($P<0.01$), 총 사료비에 있어서도 유의적인 차이가 나타났다 ($P=0.02$). 암수 분리 사육과 합사 사육을 비교하더라도 암수 분리 사육이 합사 사육에 비해 수익이 높은 것으로 나타났으며 사료비는 절감하게 되어 분리 사육이 더 경제적인 것으로 나타났다.

따라서 암수 분리 사육을 통한 균일한 규격돈 생산이 농장의 경제성에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 사료된다.

연구 2. 자돈 사료 내 비트펄프의 첨가가 자돈 및 육성-비육돈의 성장 성적 및 설사빈도에 미치는 영향

I. 서론 (Introduction)

항생제는 성장 성적 향상과 가축 사료 공급 환경에서 질병을 예방하기 위해 50년 이상 사용되어 왔다 (Smith, 1975; Kunnin, 1993). 그러나 2006년 유럽 연합 (EU)은 성장 촉진제로 항생제 사용을 금지하기로 결정했다 (Chen 등, 2005). 게다가 한국에서는 항생제가 2011년부터 성장 촉진제로서의 사용을 금지하고 있다. 이러한 항생제에 대한 금지는 설사의 증가 원인으로 보고되었고 이유 후 성장 둔화와 이유 자돈의 사망률이 높아지는 결과를 야기했다 (Casewell 등, 2003).

최소 수준의 섬유질을 급여하면 소화관에서 정상적인 생리적 활성을 유지 할 수 있다 (Wenk, 2001). 자돈에게 섬유질 함량이 높은 사료나 원료는 자발적 사료 섭취량과 영양소 소화율에 부정적 영향을 줄 수 있다 (Kyriazakis, 1995). 최근 연구에 따르면, 식이 섬유 급여로 설사 발생률을 낮추고 이유 자돈의 성장을 향상시킬 수 있다는 연구 결과가 있었다 (Mateos 등, 2006 ; Molist 등, 2014). 식이 섬유에는 수용성 식이섬유 (SDF)와 불용성 식이섬유 (IDF)가 포함된다. 이유 자돈에 SDF를 급여하기 때문에 이를 통해 설사 발생을 줄이고 장 건강을 향상시키는 긍정적인 효과를 기대 할 수 있다. 수분 보유 능력이 높기 때문에 SDF는 그러한 사실에 영향을 줄 수 있다 (Serena 등, 2008). 또한 소장과 대장에서 발생하는 박테리아는 대부분의 SDF와 일부분의 IDF를 분해하는데 영향을 줄 수 있다 (Serena 등, 2008; Urriola 등, 2010; Urriola 등, 2012). 용해성 DF가 대장에 도착할 때 발효 정도가 불용성 DF보다 빠르고 더 좋은 효과를 보인다 (Nyman 등, 1986; Bach Knudsen 과 Hansen, 1991). 대장에서 미생물의 수와 활성은 용해성 DF에 의해 증가되며, 또한 회장에서 작용 한다 (Wenk, 2001).

비트펄프는 펙틴 (pectins) 및 글루칸 (glucans)과 같은 수용성 섬유소의 높은 수준을 포함 한다 (Fadel, 2000). 그러나 여전히 이유 자돈의 성장 성적과 영양 소화율에 영향을 미치는 비트펄프 첨가의 최적 수준에 대한 문헌에서의 연구가 부족하다. 그러므로 본 실험은 비트펄프의 수준별 첨가를 통해 비트펄프 첨가가 이유 자돈의 성장 성적, 영양소 소화율, 분내 미생물, 혈액, 설사빈도에 미치는 영향을 알아보기 위해 실시하였다.

II. 실험 재료 및 방법 (Materials and methods)

가. 실험 동물 및 실험 설계 (Experimental animal and design)

사양실험을 위해 평균체중 9.01 ± 1.389 kg의 삼원교잡종 ([Yorkshire × Landrace]

× Duroc) 자돈 200두를 공시하여 실험을 수행하였다. 실험돈은 사료와 물의 자유 급이가 가능하고, 온도 조절이 용이한 돈사에서 사육되었으며, 체중, 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율을 측정하기 위하여 자돈전기 (0-2주), 자돈후기 (3-5주), 육성기 (6-13주), 비육기 (14-21주)로 나누어 각 시기별로 체중과 사료 섭취량을 측정하였다.

실험기간 동안 전체 5처리 4반복으로 돈방 당 10두씩 (암컷 5두, 수컷 5두씩)을 난괴법 (Randomized complete block design; RCBD)으로 배치하였으며 각 돈방 당 평균 체중을 기준으로 배치하였다.

나. 실험사료 (Experimental diet)

옥수수-대두박을 실험사료의 기초사료로 이용하였으며, 자돈 전기, 자돈 후기, 육성 전기, 육성 후기, 비육 전기, 비육 후기에 맞춰 phase feeding을 실시하였다. 실험사료의 대사 에너지는 실험 전 기간 동안 3,265.00 kcal/kg 이었다. 라이신 (lysine)의 총 함량은 자돈 전기와 자돈 후기에 각각 1.35 %, 1.15 %이었으며, CP는 각각 20.56 %, 18.88%로 설정하였다. 실험의 처리구는 1) CON : NRC (1998)의 영양소 요구량을 충족하는 옥수수-대두박 위주의 기초 사료로서 비트 펄프 0 % 첨가, 2) SBP3 : 기초사료 + 비트 펄프 3 % 첨가, 3) SBP6 : 기초사료 + 비트 펄프 6 % 첨가, 4) SBP9 : 기초사료 + 비트 펄프 9 % 첨가, 5) SBP12 : 기초사료 + 비트 펄프 12 % 첨가하였다. 영양소 요구량은 NRC (1998)기준으로 하였으며, CP는 높다고 생각되어 예외적으로 NRC (2012) 기준 total nitrogen에 6.25를 곱한 값을 요구량으로 설정하였다. 육성기부터 비육기까지는 처리구에 상관없이 동일한 시판사료를 급여하였다. 자돈기 실험사료의 원료 및 화학적 조성은 표 156 (Phase I) 및 표 157 (Phase II)에 나타내었다.

다. 사양실험 (Feeding trial)

사양실험은 자돈전기 2주, 자돈후기 3주, 육성기 8주, 비육기 8주로 총 21주간 진행되었다. 자돈기 동안 실험돈은 플라스틱 베드가 설치된 컨테이너 돈사에서 사육되었으며 육성돈 이후에는 콘크리트 슬레이트가 깔린 돈사에서 사육되었다. 각 돈방에는 하나의 사료급이기와 두 개의 니플 급수기가 설치되어 있었다. 전체 실험 기간 동안 물과 사료는 무제한 자유채식 (*ad libitum*)하도록 하였다. 돈방 온도는 실험 개시 후 첫 일주일간은 31℃를 유지하였으며, 매주 1℃씩 낮추어 5주차에는 26℃를 유지하게 하였고 그 이후는 20 - 25℃를 유지하였다. 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료의 변동 시점을 고려하여 개시 시점 (initial), 자돈전기 (0-2주), 자돈후기 (3-5주), 육성기 (6-13주), 비육기 (14-21주)의 종료일에 측정하였으며, 각 사육 단계에 맞추어 일당증체량 (ADG : Average daily gain), 일당사료섭취량 (ADFI : Average daily feed intake), 사료효율 (G:F ratio : Gain per feed ratio)

을 측정하였다.

표 156. 자돈 전기 실험 사료 배합비 (0-2주)

Ingredients, %	Treatment ¹				
	Con	SBP3	SBP6	SBP9	SBP12
Corn	25.01	21.61	17.63	13.37	9.63
Soy bean meal	33.16	33.05	32.88	32.67	32.51
Wheat	9.70	9.88	10.60	11.65	12.12
Barley	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Whey powder	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Lactose	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Sugar Beet Pulp	0.00	3.00	6.00	9.00	12.00
Soy-oil	1.73	2.15	2.62	3.09	3.55
MDCP	1.36	1.40	1.42	1.45	1.48
Limestone	1.03	0.95	0.89	0.81	0.74
L-Lysine-HCl, 78%	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
DL-met, 80%	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09
L-threonine, 99%	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
ZnO	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁴					
ME, kcal/kg	3,265.04	3,265.01	3,265.01	3,265.00	3,265.01
Crude protein, %	20.56	20.56	20.56	20.56	20.56
Lysine, %	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Methionine, %	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Threonine, %	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
Ca, %	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
P, %	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
Crude fiber ⁵ , %	3.23	3.79	4.29	5.04	5.65
NDF ⁵ , %	13.38	11.55	13.13	14.22	17.03
ADF ⁵ , %	4.27	4.26	5.02	6.00	6.50

¹ Con : Basal diets + ZnO 0.5%, SBP3 : Basal diets + SBP 3% , SBP6 : Basal diets + SBP 6%, SBP9 : Basal diets + SBP 9%, SBP12 : Basal diets + SBP 12%.

² Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 8,000 IU; Vit D₃, 1,800 IU; Vit. E, 80 IU; Vit. K₃, 2mg; Rivoflavin, 7mg; Calcium pantothenic acid, 25mg; Niacin, 27mg; d-Biotin, 200ug; Vit.B₁₂, 50ug.

³ Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet: Fe, 150 mg; Cu, 105 mg; Mn, 51 mg; I, 1 mg; Se, 0.3mg; Zn, 72 mg.

⁴ Calculated value.

⁵ Analyzed value.

표 157. 자돈 후기 실험 사료 배합비 (3-5주)

Ingredients, %	Treatment ¹				
	Con	SBP3	SBP6	SBP9	SBP12
Corn	35.34	31.93	28.44	24.83	20.98
Soy bean meal	28.68	28.55	28.43	28.31	28.16
Wheat	10.40	10.57	10.78	11.09	11.68
Barley	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Whey powder	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Lactose	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Sugar beet pulp	0.00	3.00	6.00	9.00	12.00
Soy-oil	1.73	2.16	2.61	3.07	3.53
MDCP	1.16	1.19	1.22	1.25	1.28
Limestone	0.91	0.84	0.76	0.69	0.61
L-Lysine · HCl, 78%	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
DL-met, 80%	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05
L-threonine, 99%	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
ZnO	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁴					
ME, kcal/kg	3,265.01	3,265.01	3,265.00	3,265.01	3,265.02
Crude protein, %	18.88	18.88	18.88	18.88	18.88
Lysine, %	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Methionine, %	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
Threonine, %	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
Ca, %	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
P, %	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
Crude fiber ⁵ , %	3.54	4.45	4.92	6.15	6.56
NDF ⁵ , %	13.29	13.96	15.15	17.70	18.85
ADF ⁵ , %	4.14	4.68	5.25	6.54	6.98

¹ Con : Basal diets + ZnO 0.3%, SBP3 : Basal diets + SBP 3% , SBP6 : Basal diets + SBP 6%, SBP9 : Basal diets + SBP 9%, SBP12 : Basal diets + SBP 12%.

² Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 8,000 IU; Vit D₃, 1,800 IU; Vit. E, 80 IU; Vit. K₃, 2mg; Rivoiflavin, 7mg; Calcium pantothenic acid, 25mg; Niacin, 27mg; d-Biotin, 200ug; Vit.B₁₂, 50ug.

³ Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet: Fe, 150 mg; Cu, 105 mg; Mn, 51 mg; I, 1 mg; Se, 0.3mg; Zn, 72 mg.

⁴ Calculated value.

⁵ Analyzed value.

라. 설사빈도 (Incidence of diarrhea)

설사빈도는 설사 발생 빈도에 따라 10단계 (0-10)로 구분하여 점수를 부여하였다. 0의 경우 설사가 하나도 발생하지 않는 경우이며 10의 경우 모든 돼지에 있어 설사가 발생하는 경우를 말한다. 분의 발생 빈도를 확인하는 것의 객관성을 확보하기 위하여 실험 기간 동안 한 사람이 측정하였고, 실험 개시 후 매일 오전 10시에 실험돈들을 대상으로 주기적으로 실시하였으며, 분의 발생 빈도는 각 실험자돈을 대상으로 돈방 단위로 계산하여 발생 빈도를 측정하였다. 분변 발생 빈도의 전체적인 경향 파악을 위하여, Phase I 및 Phase II로 나누어 통계 분석을 하였다.

마. 장내 미생물 균총 분석 (Quantification of intestinal microbial population)

배설물의 *E.coli*과 *Lactobacillus*의 수를 0, 2, 5 주에 분석 하였다. 배설물 1g을 채취하고 증류수 9ml로 희석 하였다. 용액을 혼합 한 후 1g을 취하여 증류수 9ml로 다시 희석시켰다. 이러한 희석 방법과 마찬가지로 초기 희석 용액의 1/10⁵로 희석 된 시료를 희석하였으며, 각각 희석액을 미생물 배지에 영양분 세균 배양액으로 뿌렸다. *E. coli*의 경우 BBL Mac Conkey Agar (Becton Dickinson and Company, France) 배지에, LAB의 경우 Difco KF Streptococcus Agar (Becton Dickinson and Company, France) 배지에 배양되었으며 세균 배양액이 spreading 된 플레이트는 37℃에서 24시간 동안 배양하였다. 배양을 마친 후, 배지의 미생물 colony 수를 세었다.

바. 영양소 소화율 (Nutrient digestibility)

대사 실험은 14.42 ± 0.45 kg 인 이유 자돈 15마리를 각 처리구별로 3반복으로 완전 임의 배치법 (CRD : Complete randomized design)으로 배치하여 실시하였다. 모든 돼지는 1두씩 각각의 대사틀에 수용되었으며, 7일간의 적응기를 거친 후 5일간 대사실험을 실시하였다. 실험기간 동안 사료는 ME (106kcal of ME/kg of BW^{0.75})의 3배되는 양을 매일 07:00과 19:00에 2회 급여하였으며, 물은 제한 자유채식 (*ad libitum*)하도록 하였다 (Kim 등, 2012). 분은 전분 채취법을 이용하여 채취하였고, 뇨는 플라스틱 케이스를 이용하여 매일 채취하였다. 사료 섭취량과 분, 뇨 발생량은 매일 기록하였다. 분과 뇨는 각각 분석할 때까지 -20℃에서 보관하였으며, 분석 시 분은 60℃의 건조기에서 72시간동안 건조하여 이후 1mm Wiley mill을 이용하여 분쇄하였다. 사료와 분, 뇨의 일반 성분 조사를 위해 AOAC (1995) 방법으로 건물, 수분, 조단백, 조지방, 조회분, 조섬유 등을 분석하였다.

사. 혈액 정상 (Blood profiles)

혈액은 각 시기별로 처리당 5두씩을 선발하여 경정맥에서 채취하여 혈액 성상을 분석하였다. 혈액은 disposable culture tube에 포집하여 3,000rpm, 4℃ 상태로 15분 동안 원심 분리 하였다. 그 후 micro tube 보관용기에 혈청만을 분리하여 분석 시까지 -20℃로 보관 하였다. BUN과 IGF-1은 혈액분석기 (Ciba-Corning model, Express plus, Ciba Corning Diagnostics Co.)를 이용하여 분석하였다. IgA, IgG는 ELISA assay (ELISA Starter Accessory Package, Pig IgG and IgA ELISA Quantitation Kit; Bethyl)를 이용하여 분석하였다.

자. 화학 분석 및 통계 분석 (Chemical and statistical analysis)

사료, 분 및 뇨의 일반성분 분석은 Kjeldahl procedure (Kjeltec™ 2200, Foss Tecator, Sweden)를 이용하여 AOAC (1995) 방법에 따라 실시하였다. 통계분석은 SAS의 일반선형모형 (GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였으며, 성장 성적의 경우 돈방을 실험단위로, 영양소 소화율, 장내 미생물 균총 분석, 혈액분석, 설사빈도는 실험돈을 실험단위로 하여 최소 유의차 (LSD) 다중검정법에 의해 처리 간 결과를 비교 하였다. 수준별 비트 펄프 첨가 효과를 분석하는데 있어서는 orthogonal polynomial contrast에 의한 linear와 quadratic 분석방법을 이용하였다. $P < 0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로, $P < 0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 고려하였다.

III. 실험 결과 및 고찰 (Results and discussion)

가. 성장 성적 (Growth performance)

비트 펄프를 수준별로 자돈 사료 내 첨가하였을 시, 자돈의 성장 성적에 미치는 영향을 표 158에 나타내었다. 자돈의 성장 성적을 측정한 결과, 실험 전 기간 동안 체중, 일당중체량, 일당사료섭취량, 사료효율에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이전 선행 연구에서 이유 자돈의 성장 성적에 식이섬유가 미치는 영향과 관련해서 다양한 결과가 있었다. 대부분의 선행 연구는 자돈의 성장 성적에 식이섬유가 포함된 것이 부정적인 영향을 미친다고 하였다 (Pluske 등, 1998; Pascoal 등, 2012). 반면, Longland 등, (1994)은 15% 비트 펄프 첨가가 21 일령에 이유 된 자돈의 성장 능력에 차이가 없다고 보고하였다. 또한, Gill 등, (2000)은 비트펄프의 0%, 15% 및 18.5%를 포함하는 곡물 기반의 사료를 4-8주 된 자돈에 먹일 때 일당중체량에 악영향을 주지 않는다고 보고했다. 밀 기반의 사료에 6% 비트 펄

프를 사용한 다른 실험에서 이유 후 돼지에게 성장 성적에 긍정적인 효과가 관찰되었다 (Lizardo 등, 1997). 이번 연구에서의 성장 성적은 이유 자돈에게 비트펄프를 사료로 먹일 때 부정적인 영향을 주지 않았다. 그 결과는 NSP가 자돈에 의해 발효되고 활용 될 수 없다는 믿음과 상충되는 것으로 보인다 (Patience 와 Thacker, 1989; Beames, 1990).

자돈 성장 성적을 측정한 이후 8주 간격으로 육성기와 비육기의 성장 성적을 측정하였다. 그 결과, 13 주차인 육성기 때 체중과 일당증체량에서 linear response를 보였다 (P<0.05). 또한 실험 전 기간을 놓고 보았을 때 첨가수준이 증가함에 따라 일당증체량이 증가하는 linear response를 보였다 (P<0.05). 비트펄프 9% 첨가까지 체중과 일당증체량이 지속적으로 올라가다가 그 이후부터 감소하는 결과를 보였다. 이는 비트펄프가 장내 미생물에 의해 광범위하게 분해되면서 주요 에너지를 제공하기 때문인 것으로 사료 된다 (Longland 등, 1988).

표 158. 비트 펄프의 수준별 급여가 자돈의 성장에 미치는 영향¹

Criteria	Treatments ²					SEM ³	P-value ⁴	
	Con	SBP3	SBP6	SBP9	SBP12		Lin.	Quad.
Body weight, kg								
Initial	9.01	9.01	9.01	9.01	9.01	0.300	-	-
2 week	12.83	12.15	12.48	12.63	12.32	0.380	0.68	0.86
5 week	20.79	19.77	21.21	22.67	21.23	0.625	0.16	0.47
13 week	50.54	47.06	50.50	56.42	52.75	1.215	0.01	0.71
21 week	95.31	95.28	92.62	101.56	101.30	2.296	0.15	0.44
ADG, g								
0-2 week	273	229	248	259	235	11.7	0.80	0.83
3-5 week	379	370	393	478	424	18.9	0.20	0.29
0-5 week	337	314	336	390	349	14.8	0.28	0.37
6-13 week	530	487	517	623	570	16.1	0.03	0.60
14-21 week	786	834	788	796	893	22.5	0.22	0.36
0-21 week	583	574	568	635	647	15.6	0.03	0.25
ADFI, g								
0-2 week	352	308	345	332	293	10.2	0.45	0.73
3-5 week	821	761	857	853	747	22.1	0.83	0.99
0-5 week	634	577	653	645	566	16.3	0.76	0.93
G:F ratio								
0-2 week	0.78	0.73	0.73	0.80	0.81	0.025	0.17	0.52
3-5 week	0.57	0.59	0.64	0.71	0.65	0.033	0.42	0.60
0-5 week	0.68	0.68	0.75	0.81	0.72	0.035	0.58	0.69
6-13 week	0.43	0.38	0.37	0.43	0.38	0.011	0.40	0.36
14-21 week	0.25	0.26	0.27	0.26	0.29	0.268	0.10	0.77
0-21 week	0.31	0.31	0.31	0.32	0.34	0.007	0.15	0.31

¹ A total 200 weaning pigs was fed from average initial body 9.01 ± 1.389 kg.

² Con : Basal diets, SBP3 : Basal diets + SBP 3% , SBP6 : Basal diets + SBP 6%, SBP9 : Basal diets + SBP 9%, SBP12 : Basal diets + SBP 12%.

³ Standard error of means.

⁴ Probability values for the effects of SBP3, SBP6, SBP9, SBP12.

나. 설사빈도 (Incidence of diarrhea)

비트 펄프를 수준별로 자돈 사료 내 첨가하였을 시, 자돈의 설사빈도에 미치는 영향을 표 159에 나타내었다. 실험 전 구간 동안 통계적인 유의적 차이가 없었다. 비트 펄프는 높은 WHC (water holding capacity)와 SWC (swelling water capacity)를 가지며 소화제, 점도 및 수분 보유량을 증가 시킨다 (Jorgensen 등, 2007; Gonzalez-Alvarado 등, 2008). 결과는 Berrocoso 등, (2015)의 결과와 유사하다. 7-10 일간의 이유 후 자돈은 고체 사료 섭취하는 것에 적응하고 적절한 양의 가용성 섬유소가 소화되지 않은 영양소의 건강한 발효를 향상 시킨다는 것을 증명한다. GIT microflora로 인해 수용성 섬유질 원료를 발효시키는 데 도움이 되며 GIT 환경도 개선되고 안정화되며 설사 발병률도 감소하게 한다 (Montagne 등, 2003). 또한, 사료에 12% 비트 펄프가 첨가된 33-39 일령의 이유 자돈은 개선된 소화 기능을 나타내었고 이는 대조구 사료를 먹인 다른 이유 자돈 보다 더 나은 결과였다 (Lizardo 등, 1997).

다. 장내 미생물 균총분석 (Intestinal microflora)

비트 펄프를 수준별로 자돈 사료 내 첨가하였을 시, 자돈의 장내 미생물 균총에 미치는 영향을 표 160에 나타내었다. 전체 실험 기간 동안 비트 펄프의 수준이 증가함에 따라 *Lactobacillus* counts에 대한 linear response가 있었다 (linear, $P < 0.05$). 반대로, 전체 실험 기간 동안 *E. coli* counts에 대한 유의적인 차이는 없었다. 최근 몇몇 연구자들은 이유 후 대장균의 감소가 ZnO를 사료로 섭취 할 때 더 적다는 것을 발견했다 (Soyka 등, 1960). 그래서 CON 처리구와 비트 펄프 처리구에서 *E. coli*가 이유 자돈 때 감소한 것을 알 수 있다. 그 결과는 이전의 보고서와 동일하다 (Bach 등, 1997; McDonald 등, 1999, 2001; Hopwood 등, 2002). Prohaska (1986) 및 May 등, (1994)은 식이섬유의 발효가 장 지방산을 감소시키는 단쇄 지방산 (short chain fatty acids, SCFA)을 생산한다고 보고했다. 산성 환경에서 장내 박테리아 병원균의 성장은 SCFA에 의해 억제된다. Edwards (1996)는 이유 자돈에 있어 식이섬유를 공급하는 것은 유산균 수치를 증가시키고 설사 발병률을 감소 시켰다고 밝혔다. 수용성 식이섬유는 대장과 심지어 회장에서도 가용성 식이섬유에 의해 미생물의 수와 활성을 증가 시킨다 (Wenk, 2001). 그리고 pH의 감소는 *Lactobacillus* 같은 유익한 박테리아의 성장을 촉진 시킨다 (Williams 등, 2001).

표 159. 비트 펄프의 수준별 급여가 자돈의 설사빈도에 미치는 영향

Criteria	Treatments ¹					SEM ²	P-value ³	
	Con	SBP3	SBP6	SBP9	SBP12		Lin.	Quad.
Diarrhea score⁴								
0-2 week	1.71	1.57	1.36	1.43	1.43	0.125	0.77	0.70
3-5 week	1.14	0.95	0.81	0.71	0.76	0.075	0.33	0.53
0-5 week	1.37	1.20	1.03	1.00	1.03	0.071	0.42	0.51

¹ Con : Basal diets, SBP3 : Basal diets + SBP 3% , SBP6 : Basal diets + SBP 6%, SBP9 : Basal diets + SBP 9%, SBP12 : Basal diets + SBP 12%.

² Standard error of means.

³ Probability values for the effects of SBP3, SBP6, SBP9, SBP12.

⁴ 0 (No pigs with diarrhea) - 10 (All pigs with diarrhea).

표 160. 비트 펄프의 수준별 급여가 자돈의 장내 미생물 균총분석에 미치는 영향¹

Criteria	Treatments ²					SEM ³	P-value ⁴	
	Con	SBP3	SBP6	SBP9	SBP12		Lin.	Quad.
<i>E. coli</i>, cfu/ml								
Initial	5.84	5.84	5.84	5.84	5.84	0.109	-	-
2 week	3.87	4.44	4.22	4.21	4.87	0.131	0.30	0.12
5 week	4.41	4.00	4.17	5.50	4.33	0.214	0.29	0.17
<i>Lactobacillus</i>, cfu/ml								
Initial	6.63	6.63	6.63	6.63	6.63	0.053	-	-
2 week	6.08	6.53	6.36	7.17	6.64	0.130	0.04	0.32
5 week	7.81	8.03	7.96	8.04	8.19	0.047	0.02	0.97

¹ Least squares means for 4 pigs per treatment.

² Con : Basal diets, SBP3 : Basal diets + SBP 3% , SBP6 : Basal diets + SBP 6%, SBP9 : Basal diets + SBP 9%, SBP12 : Basal diets + SBP 12%.

³ Standard error of means.

⁴ Probability values for the effects of SBP3, SBP6, SBP9, SBP12.

라. 영양소 소화율 (Nutrient digestibility)

비트 펄프를 수준별로 자돈 사료 내 첨가하였을 시, 자돈의 영양소 소화율과 질소 보유력에 미치는 영향을 표 161에 나타내었다. 비트 펄프가 증가함에 따라 조섬유, NDF 및 ADF 소화율이 향상 되었다 (P <0.05). 비트 펄프가 증가함에 따라 NDF 소화율에 대해 linear response가 있었다 (linear, P <0.05). 또한, 조희분, 조지방, 조섬유 및 ADF가 비트 펄프가 증가함에 따라 linear하게 향상되는 경향을 보였다 (linear, P <0.10). 그러나 질소 보유량은 비트 펄프 수준이 증가함에 대해 영향을 받지 않았다.

결과는 비트 펄프의 수준이 증가하면 영양소 소화율에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 보여주었으며 이전 연구와 동일하였다. Bindelle 등, (2009)은 육성돈에게 비트 펄프를 0, 10, 20 및 30 % 첨가했을 때 소화율이 linear하게 증가하는 것을 발견했다. 게다가, Freire 등, (2000)은 20 %의 비트 펄프가 옥수수-어분 사료에 첨가되었을 때 DM 소화율이 증가한다고 보고하였다. Chabeauti 등, (1991)은 16 %의 비트 펄프를 먹일 때 육성돈에서 GE의 ATTD가 증가한 것을 발견했다. 또한, 자돈을 먹이기 위한 2.5 또는 5 % 비트 펄프를 첨가한 사료는 CP를 제외한 모든 영양소의 ATTP를 개선시켰다 (Berrocoso 등, 2015). Varel (1984)은 Fibrovacter succinogenes와 Ruminococcus flavefaciens와 같은 셀룰로오스 박테리아가 돼지의 대장에 서식한다고 보고했다. 섬유소 이용률이 높거나 높은 수준의 NSP 사료를 보완하는 활동이다. 따라서 돼지에게 적정 수준의 비트 펄프 첨가는 영양소 소화율에 긍정적인 효과가 있다.

표 161. 비트 펄프의 수준별 급여가 자돈의 영양소 소화율에 미치는 영향¹

Criteria	Treatments ²					SEM ³	P-value ⁴	
	Con	SBP3	SBP6	SBP9	SBP12		Lin.	Quad.
Nutrient digestibility, %								
Dry matter	87.08	89.24	87.31	88.15	89.07	0.534	0.49	0.95
Crude protein	85.13	87.55	86.06	85.10	86.25	0.553	0.96	0.69
Crude ash	57.00	71.15	66.92	65.85	71.31	2.013	0.08	0.35
Crude fat	76.09	84.05	79.31	81.34	86.40	1.425	0.07	0.93
Crude fiber	55.07 ^b	66.64 ^{ab}	62.92 ^{ab}	74.14 ^a	75.84 ^a	2.601	0.05	0.49
ADF	44.89 ^b	56.89 ^{ab}	53.92 ^{ab}	64.58 ^a	66.49 ^a	2.741	0.07	0.58
NDF	61.43 ^c	68.64 ^{bc}	67.89 ^{bc}	73.61 ^{ab}	76.77 ^a	1.681	0.02	0.40
Nitrogen retention, g/d								
N intake	20.16	20.27	19.92	19.66	20.18	0.059	—	—
Fecal N	3.00	2.52	2.78	2.93	2.77	0.110	0.96	0.60
Urinary N	5.74	4.39	7.13	4.50	4.21	0.394	0.21	0.24
N retention ⁵	11.42	13.36	10.02	12.22	13.19	0.447	0.37	0.26

¹ A total 15 weaning pigs was fed from average initial body 14.42 ± 0.45 kg.

² Con : Basal diets, SBP3 : Basal diets + SBP 3% , SBP6 : Basal diets + SBP 6%, SBP9 : Basal diets + SBP 9%, SBP12 : Basal diets + SBP 12%.

³ Standard error of means.

⁴ Probability values for the effects of SBP3, SBP6, SBP9, SBP12.

⁵ N retention = N intake - Fecal N - Urinary N.

^{a,b,c} Means with different superscripts within the same row significantly differ (P<0.05).

마. 혈액 정상 (Blood profiles)

비트 펄프를 수준별로 자돈 사료 내 첨가하였을 시, 자돈의 혈액 정상 (BUN과 IGF-1)에 미치는 영향을 표 162에 나타내었다. 5 주째, 비트 펄프가 첨가된 사료가 공급된 처리구가 Con 처리구보다 BUN 농도가 낮았다 ($P < 0.05$). 전체 실험 기간 동안, 비트 펄프가 첨가된 사료가 공급된 처리구가 Con 처리보다 수치적으로 높은 IGF-1 농도를 보였다. 혈액 내의 BUN 함량은 인체 내의 필수 영양소 중 하나인 아미노산의 이용에 대한 대표적인 지표로 쓰이는 분석 항목으로 단백질 섭취와 품질에 직접적인 연관성을 가지며, 섭취한 질소의 체내 유지와 관련이 있는 것으로 알려져 있다 (Eggum, 1970; Hahn 등, 1995). Hahn 등, (1995)은 BUN 값이 ADG와 G : F 비율과 음의 상관관계가 있음을 발견했다. 따라서 3-5 주까지 비트 펄프가 첨가된 처리구의 경우 Con 처리구 보다 ADG 또는 G : F 비율이 수치적으로 더 높고 또한 비트 펄프 첨가 수준을 증가시킴으로써 내장 건강을 향상시킬 수 있다는 연구 결과가 5 주째 BUN의 차이로 설명 될 수 있다.

IGF-1은 성장 호르몬이 자극되면 분비된다. IGF-1은 동물의 영양 상태 영향을 받는다. IGF-1은 세포 성장에 에너지를 공급하는 것뿐만 아니라 구조 조절, 심장 혈관 시스템의 기능 및 출생 성장에 중요한 역할을 한다 (Yakar 등, 2002). 5 주째, 비트 펄프가 첨가된 사료를 먹은 자돈은 Con 처리구 보다 수치가 높았다. Lee (2001)는 누군가가 영양 보충제를 복용했을 때 IGF-1 농도가 증가 했다고 보고 했다. 이것은 비트 펄프를 첨가하여 장 건강을 개선하고 식이섬유인 비트 펄프를 발효시켜 영양 보충제를 섭취하는 것으로 생각할 수 있다.

바. 면역 정상 (Immune response)

GIT에는 장내 미생물이 있어 숙주에게 다양한 이점을 제공한다. 그것의 aids는 면역 체계를 자극한다 (Savage, 1986; Liebler 등, 1992). 그리고 면역 시스템은 butyrate와 같은 VFA에 의해 영향을 받았다 (Weber 와 Kerr, 2006). 그러나, 표 163의 데이터는 전체 실험 기간 동안 면역 글로불린 A (IgA) 및 면역 글로불린 G (IgG)에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 따라서 결과는 비트 펄프의 첨가가 IgA와 IgG에 영향을 미치지 않는다는 것을 설명한다.

표 162. 비트 펄프의 수준별 급여가 자돈의 혈액 성상에 미치는 영향¹

Criteria	Treatments ²					SEM ³	P-value ⁴	
	Con	SBP3	SBP6	SBP9	SBP12		Lin.	Quad.
IGF-1, ng/dl								
Initial	53.7	53.7	53.7	53.7	53.7	3.21	-	-
2 week	132.8	158.9	134.6	125.7	113.6	8.31	0.13	0.77
5 week	109.3	169.2	158.5	162.2	153.1	8.40	0.60	0.97
BUN, mg/dl								
Initial	6.96	6.96	6.96	6.96	6.96	0.306	-	-
2 week	10.70	11.06	10.58	11.60	9.48	0.423	0.44	0.45
5 week	12.16 ^a	10.40 ^b	10.42 ^b	9.90 ^b	10.08 ^b	0.272	0.57	0.89

¹ Least squares means for 5 pigs per treatment.

² Con : Basal diets, SBP3 : Basal diets + SBP 3% , SBP6 : Basal diets + SBP 6%, SBP9 : Basal diets + SBP 9%, SBP12 : Basal diets + SBP 12%.

³ Standard error of means.

⁴ Probability values for the effects of SBP3, SBP6, SBP9, SBP12.

표 163. 비트 펄프의 수준별 급여가 자돈의 면역 성상에 미치는 영향¹

Criteria	Treatments ²					SEM ³	P-value ⁴	
	Con	SBP3	SBP6	SBP9	SBP12		Lin.	Quad.
IgA, mg/ml								
Initial	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.009	-	-
2 week	0.22	0.20	0.19	0.39	0.29	0.028	0.10	0.46
5 week	0.46	0.52	0.45	0.50	0.45	0.029	0.68	0.93
IgG, mg/ml								
Initial	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	0.052	-	-
2 week	2.25	2.59	2.17	2.51	2.39	0.095	0.77	0.50
5 week	3.04	3.63	3.05	3.72	3.11	0.125	0.49	0.96

¹ Least squares means for 5 pigs per treatment.

² Con : Basal diets, SBP3 : Basal diets + SBP 3% , SBP6 : Basal diets + SBP 6%, SBP9 : Basal diets + SBP 9%, SBP12 : Basal diets + SBP 12%.

³ Standard error of means.

⁴ Probability values for the effects of SBP3, SBP6, SBP9, SBP12.

IV. 결론 (Conclusion)

결론적으로, ZnO의 대체제인 비트펄프는 이유 자돈에 급여 할 수 있다. 성장 성적에 있어서 실험 기간 동안 처리구간의 통계적인 유의적인 차이는 없었다. 비트펄프가 첨가된 사료를 먹인 돼지는 설사 발생률이 ZnO를 섭취 한 돼지보다 수치적으로 낮았다. 또한, 비트펄프 첨가 수준이 증가하면 *Lactobacillus*의 수가 증가한다. 비트펄프가 첨가된 사료를 섭취한 돼지의 영양적 소화율에 긍정적인 효과가 있으며 비트펄프의 첨가는 아미노산 이용률을 높이고 영양적으로 보충할 수 있다. 그리고 IgA는 비트펄프 첨가수준이 증가한 만큼 증가 될 수 있다.

결과적으로, ZnO의 대체제인 비트펄프는 성장 성적에 부정적인 영향을 미치지 않고 이유 자돈에 첨가할 수 있다.

연구 3. 자돈 및 육성비육돈 사료 내 효소제 및 유화제의 수준별 첨가를 통한 사료비 절감 및 성장 성적 개선의 가능성 규명

I. 서론 (Introduction)

미국발 바이오 연료 사용 증가로 인해 옥수수, 대두박, 밀 등 원료 사료의 가격은 지난 10년 동안 증가하는 추세에 있다 (Moon, 2012). 원료 사료 가격의 증가는 사료비의 증가를 야기하며, 이는 다시 양돈 생산비를 증가시키는 것으로 이어진다. 특히 에너지원으로 사용되는 원료사료의 경우 사료비의 70%를 차지하고 있기 때문에 에너지를 담당하는 원료의 소화율 및 이용률 증가는 사료비 절감에 있어 큰 가능성을 가진다고 할 수 있다 (Saleh 등, 2004).

에너지원으로 사용될 수 있는 영양소는 크게 전분류, 지질류, 그리고 섬유질이 있다. 전분의 경우 양돈에 있어서 소화율이 90%를 상회하기 때문에 더 이상의 이용률 증가는 힘든 것이 현실이다 (Li 등, 2015). 반면에 지질의 경우 식물성 유지는 70-80%대, 동물성 지방은 60-70% 정도의 소화율을 나타낸다 (Cera 등, 1988; 1989; 1990). 심지어 식이섬유의 경우 그 소화율은 40-60% 수준에 불과하다 (Corey, 2016). 따라서 지질과 식이섬유의 소화율을 향상시킴으로써 에너지 효율을 높이고, 이를 통해 사료비 절감 효과를 노리는 것이 가능할 것으로 생각된다.

식이섬유의 소화율을 높이는 방안으로 고려되고 있는 사항 중 하나가 효소제의 첨가이다. 전세계적으로 원료사료의 가격이 상승함에 따라 여러 가지 대체 원료들이 대두되고 있는 가운데, 이들 대체원료에 상당량 포함되어있는 섬유소를 분해시키기 위해 이미 여러 가지 종류의 효소제들이 개발되어 왔다. 그 과정에서 이미 사료 내 효소제의 첨가가 단위동물의 영양소 소화율을 향상시킨다는 결과들이 여러 차례 증명된 바 있다 (Choct와 Annison, 1992; Baidoo 등, 1997). 일부 연구들에서는 효소제의 사용이 오히려 돼지의 성장 성적을 향상시킨다는 결과도 나타나고 있다 (Kim 등, 2003; Omogbenigun 등, 2004; Jo 등, 2012).

지질의 소화율을 높이는 방안으로 고려되고 있는 사항 중 하나는 유화제의 사용이다. 유화제는 지방의 유화를 안정화함으로써 동물 체내에서 지방의 소화를 돕는 역할을 한다 (Davis, 1990). 특히 이유 자돈에 있어 유화제의 효과는 여러 연구들에서 이미 증명된 바 있다 (Cera 등, 1990; Howard 등, 1990).

따라서 이번 연구에서는 에너지원의 소화율을 높이기 위해 자돈 및 육성비육돈 사료 내 효소제 및 유화제의 수준별 첨가가 돼지의 성장 성적과 돈육 품질, 경제성에 미치는 영향을 규명하기 위해 진행되었다.

II. 실험 재료 및 방법 (Materials and methods)

가. 실험 동물 및 실험 설계 (Experimental animal and design)

사양실험을 위해 평균체중 7.26 ± 0.77 kg의 삼원교잡종 ([Yorkshire \times Landrace] \times Duroc) 이우 자돈 192두를 공시하여 전라남도 무안군 청계면 송현리 624-9번지에 위치한 대우농장에서 수행되었다. 실험돈은 사료와 물의 자유 급이가 가능하고, 온도 조절이 용이한 돈사에서 사육되었으며, 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율을 측정하기 위하여 자돈 전기 (0-3주), 자돈 후기 (4-6주), 육성 전기 (7-10주), 육성 후기 (11-14주), 비육 전기 (15-17주), 비육 후기 (18-20주) 로 나누어 각 시기별로 체중과 사료 섭취량을 측정하였다. 실험돈은 6처리 4반복으로 돈방 당 8두씩 (암컷 4두, 수컷 4두씩)을 난괴법 (Randomized complete block design; RCBD)으로 배치하였으며 각 돈방 당 평균 체중을 기준으로 배치하였다. 실험의 처리구는 1) A : 옥수수, 대두박 위주의 기초사료 + 효소제 0.10% + 유화제 0.00% 2) B : 옥수수, 대두박 위주의 기초사료 + 효소제 0.10% + 유화제 0.05% 3) C : 옥수수, 대두박 위주의 기초사료 + 효소제 0.10% + 유화제 0.10% 4) D : 옥수수, 대두박 위주의 기초사료 + 효소제 0.15% + 유화제 0.00% 5) E : 옥수수, 대두박 위주의 기초사료 + 효소제 0.15% + 유화제 0.05% 6) F : 옥수수, 대두박 위주의 기초사료 + 효소제 0.15% + 유화제 0.10% 로 구성되어 있다. 영양소 요구량은 NRC (1998) 기준으로 하였으며, CP는 NRC (2012) 기준으로 하였다.

나. 실험사료 (Experimental diet)

옥수수-대두박을 실험사료의 기초사료로 이용하였으며, 실험사료의 대사에너지는 phase 에 상관없이 3,265 kcal/kg 이었고 CP의 경우 phase별로 자돈전기 및 후기, 육성전기 및 후기, 비육전기 및 후기에 각각 20.56, 18.88, 18.00, 16.30, 15.50 및 13.20 %에 맞춰 설계하였다. Lysine과 methionine, threonine, Ca 및 P의 경우 NRC (1998)에서 제시하는 요구량을 충족할 수 있도록 설정하였다. 각 phase별 급여된 실험 사료의 배합비 및 영양소 함량을 표 164-169에 제시하였다.

표 164. 자돈 전기 실험 사료 배합비 (0-3주)

Ingredient, %	Treatment ¹					
	A	B	C	D	E	F
Corn	35.61	36.07	35.97	35.53	35.98	36.43
SBM	32.99	33.04	33.06	33.02	33.07	33.12
Barley	5.50	4.94	4.94	5.48	4.92	4.37
Sweet whey powder	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Lactose	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Soy-oil	2.54	2.54	2.58	2.58	2.58	2.58
MDCP	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29
Limestone	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07
L-lysine · HCl, 78%	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
DL-met, 99%	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
L-threonine, 99%	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Rapeseed meal	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Palm kernel meal	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Emulsifier	0.00	0.05	0.10	0.00	0.05	0.10
Enzyme complex	0.10	0.10	0.10	0.15	0.15	0.15
ZnO	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Sum	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁴						
ME, kcal/kg	3,265.00	3,265.00	3,300.03	3,265.00	3,265.00	3,265.00
Crude protein, %	20.56	20.56	20.56	20.56	20.56	20.56
Lysine, %	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Methionine, %	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Threonine, %	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
Ca, %	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Total P, %	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65

¹ A: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.00% emulsifier; B: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.05% emulsifier; C: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.10% emulsifier; D: Corn-SBM diet + 0.15% enzyme + 0.00% emulsifier; E: Corn-SBM diet + 0.15% enzyme + 0.05%

² Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000 IU; Vit D₃, 3,200 IU; Vit. E, 35 IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoiflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug

³ Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet : Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg

⁴ Calculated value

표 165. 자돈 후기 실험 사료 배합비 (4-6주)

Ingredient, %	Treatment ¹					
	A	B	C	D	E	F
Corn	46.67	47.12	47.57	47.12	47.57	48.03
SBM	28.28	28.34	28.39	28.34	28.39	28.44
Barley	5.74	5.18	4.63	5.18	4.63	4.07
Sweet whey powder	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Lactose	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Soy-oil	2.49	2.49	2.49	2.49	2.49	2.49
MDCP	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Limestone	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
L-lysine · HCl, 78%	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
DL-met, 99%	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
L-threonine, 99%	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Rapeseed meal	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Palm kernel meal	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Emulsifier	0.00	0.05	0.10	0.00	0.05	0.10
Enzyme complex	0.10	0.10	0.10	0.15	0.15	0.15
ZnO	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Sum	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁴						
ME, kcal/kg	3,265.00	3,265.00	3,265.00	3,265.00	3,265.00	3,265.00
Crude protein, %	18.88	18.88	18.88	18.88	18.88	18.88
Lysine, %	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Methionine, %	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Threonine, %	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
Ca, %	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Total P, %	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

¹ A: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.00% emulsifier; B: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.05% emulsifier; C: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.10% emulsifier; D: Corn-SBM diet + 0.15% enzyme + 0.00% emulsifier; E: Corn-SBM diet + 0.15% enzyme + 0.05%

² Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000 IU; Vit D₃, 3,200 IU; Vit. E, 35 IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoiflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug

³ Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet : Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg

⁴ Calculated value

표 166. 육성돈 전기 실험 사료 배합비 (7-10주)

Ingredient, %	Treatment ¹					
	A	B	C	D	E	F
Corn	52.89	52.81	52.73	52.81	52.73	52.53
SBM	27.99	28.00	28.01	28.00	28.01	28.01
Wheat	14.00	13.96	13.92	13.96	13.92	13.92
Wheat bran	0.00	0.02	0.04	0.02	0.04	0.13
Soy-oil	1.35	1.39	1.43	1.39	1.43	1.49
MDCP	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Limestone	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
L-lysine · HCl, 78%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DL-met, 99%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Rapeseed meal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Palm kernel meal	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Emulsifier	0.00	0.05	0.10	0.00	0.05	0.10
Enzyme complex	0.10	0.10	0.10	0.15	0.15	0.15
Sum	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁴						
ME, kcal/kg	3,265.00	3,265.01	3,265.01	3,265.01	3,265.01	3,265.00
Crude protein, %	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Lysine, %	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
Methionine, %	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Ca, %	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Total P, %	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

¹ A: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.00% emulsifier; B: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.05% emulsifier; C: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.10% emulsifier; D: Corn-SBM diet + 0.15% enzyme + 0.00% emulsifier; E: Corn-SBM diet + 0.15% enzyme + 0.05%

² Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000 IU; Vit D₃, 3,200 IU; Vit. E, 35 IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug

³ Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet : Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg

⁴ Calculated value

표 167. 육성돈 후기 실험 사료 배합비 (11-14주)

Ingredient, %	Treatment ¹					
	A	B	C	D	E	F
Corn	54.64	54.56	54.47	54.56	54.47	54.28
SBM	22.89	22.90	22.92	22.90	22.92	22.92
Wheat	13.87	13.83	13.79	13.83	13.79	13.78
Wheat bran	3.19	3.21	3.23	3.21	3.23	3.32
Soy-oil	1.84	1.88	1.92	1.88	1.92	1.98
MDCP	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Limestone	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
L-lysine · HCl, 78%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DL-met, 99%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Rapeseed meal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Palm kernel meal	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Emulsifier	0.00	0.05	0.10	0.00	0.05	0.10
Enzyme complex	0.10	0.10	0.10	0.15	0.15	0.15
Sum	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁴						
ME, kcal/kg	3,265.01	3,265.01	3,265.00	3,265.01	3,265.00	3,265.03
Crude protein, %	16.30	16.30	16.30	16.30	16.30	16.30
Lysine, %	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
Methionine, %	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
Ca, %	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
Total P, %	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47

¹ A: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.00% emulsifier; B: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.05% emulsifier; C: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.10% emulsifier; D: Corn-SBM diet + 0.15% enzyme + 0.00% emulsifier; E: Corn-SBM diet + 0.15% enzyme + 0.05%

² Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000 IU; Vit D₃, 3,200 IU; Vit. E, 35 IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug

³ Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet : Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg

⁴ Calculated value

표 168. 비육돈 전기 실험 사료 배합비 (15-17주)

Ingredient, %	Treatment ¹					
	A	B	C	D	E	F
Corn	56.97	56.75	56.53	56.75	56.53	56.32
SBM	20.72	20.73	20.74	20.73	20.74	20.74
Wheat	13.97	14.09	14.21	14.09	14.21	14.33
Wheat bran	3.19	3.19	3.19	3.19	3.19	3.19
Soy-oil	1.71	1.75	1.79	1.75	1.79	1.83
MDCP	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
Limestone	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
L-lysine · HCl, 78%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DL-met, 99%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Rapeseed meal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Palm kernel meal	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Emulsifier	0.00	0.05	0.10	0.00	0.05	0.10
Enzyme complex	0.10	0.10	0.10	0.15	0.15	0.15
Sum	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁴						
ME, kcal/kg	3,265.01	3,265.01	3,265.00	3,265.01	3,265.00	3,265.01
Crude protein, %	15.50	15.50	15.50	15.50	15.50	15.50
Lysine, %	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Methionine, %	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
Ca, %	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Total P, %	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45

¹ A: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.00% emulsifier; B: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.05% emulsifier; C: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.10% emulsifier; D: Corn-SBM diet + 0.15% enzyme + 0.00% emulsifier; E: Corn-SBM diet + 0.15% enzyme + 0.05%

² Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000 IU; Vit D₃, 3,200 IU; Vit. E, 35 IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug

³ Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet : Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg

⁴ Calculated value

표 169. 비육돈 후기 실험 사료 배합비 (18-20주)

Ingredient, %	Treatment ¹					
	A	B	C	D	E	F
Corn	71.95	71.73	71.52	71.73	71.52	71.30
SBM	15.47	15.48	15.49	15.48	15.49	15.49
Wheat	8.01	8.13	8.24	8.13	8.24	8.37
Wheat bran	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
Soy-oil	0.75	0.79	0.83	0.79	0.83	0.87
MDCP	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Limestone	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
L-lysine · HCl, 78%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DL-met, 99%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Rapeseed meal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Palm kernel meal	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Emulsifier	0.00	0.05	0.10	0.00	0.05	0.10
Enzyme complex	0.10	0.10	0.10	0.15	0.15	0.15
Sum	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁴						
ME, kcal/kg	3,265.01	3,265.00	3,265.01	3,265.00	3,265.01	3,265.00
Crude protein, %	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20
Lysine, %	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Methionine, %	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Ca, %	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Total P, %	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40

¹ A: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.00% emulsifier; B: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.05% emulsifier; C: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.10% emulsifier; D: Corn-SBM diet + 0.15% enzyme + 0.00% emulsifier; E: Corn-SBM diet + 0.15% enzyme + 0.05%

² Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000 IU; Vit D₃, 3,200 IU; Vit. E, 35 IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug

³ Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet : Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg

⁴ Calculated value

다. 사양실험 (Feeding trial)

사양실험은 자돈 전기 3주, 자돈 후기 3주, 육성 전기 4주, 육성 후기 4주, 비육 전기 3주, 및 비육 후기 3주로 총 20주간 진행되었다. 자돈기 동안 실험돈은 플라스틱 베드가 설치된 컨테이너 돈사에서 사육되었으며 이후 콘크리트 돈사로 이동하여 육성기부터 비육기까지 사육되었다. 각 돈방에는 하나의 사료급이기와 두 개의 니플 급수기가 설치되어 있었다. 전체 실험 기간 동안 물과 사료는 무제한 자유채식 (*ad libitum*) 하도록 하였다. 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료의 변동 시점을 고려하여 개시 시점 (initial), 자돈 전기 (0-3주), 자돈 후기 (4-6주), 육성 전기 (7-10주), 육성 후기 (11-14주), 비육 전기 (15-17주), 비육 후기 (18-20주)의 종료일에 측정하였으며, 각 사육 단계에 맞추어 일당 증체량 (ADG : average daily gain), 일당사료섭취량 (ADFI : average daily feed intake), 사료효율 (G:F ratio : gain per feed ratio)을 계산하였다.

라. 돈육의 pH 및 육색 (Meat pH and color)

돈육 품질을 조사하기 위해 총 19주간의 사양실험 종료 후 각 처리구별로 비육돈 4두씩 총 20두를 선발하여 돈육 품질을 조사하기 위하여 등심근을 채취하였다. 도축 후에 미추골로부터 아래로 5개 척추사이의 등심을 샘플링하여, 0, 3, 6, 12, 24 시간에 육색 및 pH를 측정하였다. 육색의 경우 Hunter system의 L, a, b 값을 chromameter (Minolta CM-508i, Japan)을 이용하여, pH는 pH meter (Hanna instruments Φ HI99163, Romania)를 이용하여 측정하였다.

마. 보수력 (Water holding capacity)

보수력 (WHC: Water holding capacity)은 원심분리법 (Ryoichi 등, 1993)으로 측정하였다. 보수력 측정은 Laakkonen 등 (1970)의 방법에 따라 미세한 구멍이 있는 2 ml filter 관의 무게를 칭량하고, 공시육을 분쇄하여 지방과 근막 (힘줄)을 제거한 후 시료를 정확히 0.5 ± 0.05 g을 원심분리관의 상부에 filter관에 넣고 무게를 잰다. Filter관을 80 °C의 Water bath에서 20분간 가열한 후 10분간 실온에서 냉각시킨다. Filter관을 원심 분리관 하부에 넣고 4°C에서 2,000 rpm, 10분 동안 원심분리 한 후 상부 filter관을 꺼내어 무게를 측정하였으며 다음 공식에 의해 보수력을 구하였다.

$$\text{보 수 력} = \frac{\text{수분 (\%)} - \text{유리수분 (\%)}}{\text{수분 (\%)}} \times 100$$

바. 전단력 (Shear force)

채취한 샘플을 채끝 3 cm 두께의 스테이크 모양으로 근섬유방향과 직각이 되도록 근육을 절단하여 육 내부온도 70 °C까지 가열한 후 흐르는 물에 30분간 방냉 하였다. 방냉 한 시료에서 직경 0.5 inch 코어 (core)를 근섬유 방향에 따라 원통형으로 뚫어 시료를 채취한 후 Instron Universal Testing Machine (Model 4465, UK)를 이용하여 근섬유 방향과 직각 방향으로 절단하여 전단력을 8회 이상 반복 측정하였다.

사. 가열감량 (Cooking loss)

가열감량 (Cooking loss, %)은 시료를 두께 3 cm 스테이크 모양으로 절단하여 무게를 측정하고 80 °C 항온수조에서 시료의 심부온도가 70 °C 도달 후 10분간 가열하고 냉각시킨 다음 무게를 측정한 뒤 다음 공식을 통해 계산하였다 (Honikel, 1998).

$$\text{가열감량 (\%)} = \frac{\text{가열 전 시료무게 (g)} - \text{가열 후 시료무게 (g)}}{\text{가열 전 시료 무게 (g)}} \times 100$$

아. 경제성 분석 (Economic analysis)

경제성 분석은 시험 사료 주문시의 사료 업계의 원료 도입 가격 (2016년 11월)을 기준으로 산출하였으며, 시험 사료 배합비에 맞추어 각각 Phase의 1kg당 단가를 계산하였다. 사양 기간 동안 이유 자돈의 1kg 당 증체에 소요되는 사료비용을 본 시험의 성장 성적인 G:F ratio와 사료 가격을 기준으로 분석하였다.

자. 화학 분석 및 통계분석 (Chemical and statistical analysis)

사료와 돈육의 일반성분 분석은 AOAC (1995) 방법에 따라 실시하였으며, 본 실험의 data는 SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC)의 Mixed procedure를 이용하여 난괴법 실험 design으로서 통계분석을 실시하였다. 성장 성적, 경제성 분석 data의 경우 한 돈방이 experimental unit으로 (RCBD), 돈육 품질의 경우 실험돈 1두를 experimental unit으로 (CRD) 설정하였다. 통계분석은 효소제 요인 × 유화제 요인의 2 × 3 factorial design으로 진행되었다. 모든 통계적 분석에 있어 P < 0.05 인 경우 유의차가 있는 것으로, P < 0.01 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 간주하였다.

III. 실험 결과 및 고찰 (Results and discussion)

가. 성장 성적 (Growth performance)

자돈 및 육성비육돈 사료 내 효소제 및 유화제의 수준별 첨가가 성장 성적에 미치는 영향을 표 170에 나타내었다. 비육 전기 (15-17주) 에서, ADG는 효소제 요인에 의해 증가하였으며 ($P=0.03$) 이는 육성 후기 (11-14주) 의 G:F ratio 감소에도 불구하고 ($P=0.04$), ADFI가 증가 ($P=0.03$) 하였기 때문으로 사료된다. 이유 후기 (4-6주) 및 자돈기 전체 (0-6주) 에서는 유화제에 의한 G:F ratio 증가가 발견되었다 ($P=0.01, 0.02$). 육성기 전체에서, G:F ratio는 효소제 ($P=0.01$) 와 유화제 ($P=0.02$) 첨가에 의한 통계적 유의차가 나타났으며, 두 요인간의 상호작용으로 효소제가 0.10%일 때 유화제 첨가로 인한 G:F ratio의 증가 ($P=0.02$) 가 나타났다.

유화제의 경우 선행연구들 간의 차이가 존재한다. 인간의 경우 1940년대에 이미 유화제로 인한 소화율의 증가가 밝혀졌고 (Aldersberg와 Sobotka, 1943), 소 (Havrevoll, 1984) 와 병아리 (Polin, 1980) 등의 연구에 의해서 80년대에 그 효과가 증명되었으나, 돼지에 있어서는 현재까지 연구 별 결과들이 일관성을 나타내지 않고 있다 (Overland 등, 1993; Jones 등, 1992; Frobish 등, 1969). 본 실험은 Overland 등이 수행한 연구 (1994)와 마찬가지로 자돈기 성장 성적의 향상을 나타내었다.

사료 내 주요 원료로 사용되는 wheat나 barley의 경우는 상대적으로 높은 NSP (non-starch polysaccharide) 함량 때문에 육성돈의 소화율 및 사료 이용률 등에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다 (Hesselman 과 Aman, 1986). 따라서 사료 내 효소제를 첨가한 실험들에서 효소제의 첨가로 인한 NSP의 분해가 사료 이용률을 증가시킨다는 보고가 존재해 왔다 (Li 등, 1996; Simons 등., 1990). 더욱이 이들 NSP는 한 종류의 집합체가 아니라 여러 종류의 복합체이기 때문에 단일 효소제보다는 복합 효소제에서 더 좋은 결과를 나타낸다 (Slominski, 2000; Graham 등, 1988). 특히 Omogbenigun 등 (2004)의 실험에서도 효소제의 첨가가 육성돈의 ADG를 증가시키는 결과를 나타내었기 때문에 본 실험의 결과는 기존 선행연구들과 그 궤를 같이한다고 볼 수 있다.

결론적으로 효소제 첨가량의 증가는 육성기의 성장 성적에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 생각되며, 유화제의 첨가는 자돈기의 성장 성적에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 생각되기 때문에 각각 육성기와 자돈기에 0.10%, 0.15% 씩 첨가하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

표 170. 자돈 및 육성비육돈 사료 내 효소제 및 유화제의 수준별 첨가가 성장 성적에 미치는 영향

	Treatment ¹						SEM ²	P - value ³			
	Enzyme, % Emulsifier, %	A 0.10 0.00	B 0.10 0.05	C 0.10 0.10	D 0.15 0.00	E 0.15 0.05		F 0.15 0.10	En	Em	En × Em
Body weight, kg											
Initial		7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	0.770			
3 week		9.58	9.81	10.29	10.12	9.69	10.07	0.908	0.87	0.68	0.72
6 week		15.42	16.09	17.27	16.73	16.51	17.56	1.468	0.28	0.18	0.76
10 week		37.50	40.37	40.56	39.51	39.44	39.68	2.562	0.95	0.45	0.48
14 week		58.88	62.49	62.67	60.88	60.90	60.76	2.523	0.63	0.27	0.26
17 week		84.47	88.11	88.26	87.47	88.35	87.13	2.284	0.43	0.12	0.17
20 week		98.05	102.25	102.45	101.25	101.95	101.37	3.633	0.70	0.38	0.51
ADG, g											
0-3 week		110.8	121.3	144.1	136.6	115.6	133.5	26.05	0.77	0.31	0.36
4-6 week		277.8	299.0	332.6	314.6	324.9	356.6	44.07	0.11	0.09	0.95
0-6 week		194.3	210.2	238.3	225.6	220.3	245.1	27.81	0.14	0.05	0.59
7-10 week		788.8	867.1	831.8	813.6	818.8	790.0	58.88	0.39	0.37	0.43
11-14 week		763.6	790.2	789.4	763.1	766.4	752.9	45.78	0.34	0.84	0.77
7-14 week		776.2	828.6	810.6	788.3	792.6	771.5	29.83	0.06	0.11	0.11
15-17 week		1,218.5	1,219.8	1,218.6	1,266.2	1,307.1	1,255.5	60.81	0.03	0.64	0.67
18-20 week		646.7	673.5	675.7	656.5	647.6	678.4	92.78	0.92	0.89	0.94
15-20 week		932.6	946.7	947.2	961.4	977.4	967.0	46.64	0.22	0.84	0.97
0-20 week		648.5	678.5	679.9	671.4	676.3	672.2	21.87	0.64	0.24	0.36
ADFI, g											
0-3 week		319.2	327.8	354.4	328.8	335.9	319.2	25.26	0.59	0.61	0.17
4-6 week		744.0	803.6	714.3	744.0	803.6	744.0	82.85	0.78	0.23	0.93
0-6 week		531.6	565.7	534.3	536.4	569.7	531.6	45.04	0.92	0.29	0.99
7-10 week		1,088.2	948.7	1,088.2	1,054.7	1,032.4	1,004.5	138.79	0.86	0.55	0.53
11-14 week		2,120.5	1,981.0	1,981.0	2,148.4	2,176.3	2,120.5	134.70	0.03	0.42	0.42
7-14 week		1,604.4	1,464.8	1,534.6	1,601.6	1,604.4	1,562.5	83.74	0.10	0.20	0.18
15-17 week		2,306.5	2,455.4	2,418.2	2,381.0	2,343.8	2,343.8	212.54	0.71	0.89	0.72
18-20 week		1,711.3	1,748.5	1,860.1	1,636.9	1,785.7	1,711.3	233.24	0.56	0.66	0.77
15-20 week		2,008.9	2,101.9	2,139.1	2,008.9	2,064.7	2,027.5	192.91	0.58	0.73	0.87
0-20 week		1,403.9	1,386.2	1,415.9	1,404.2	1,432.1	1,392.7	81.76	0.84	0.99	0.75
G:F ratio											
0-3 week		0.350	0.371	0.403	0.418	0.346	0.423	0.081	0.55	0.46	0.56
4-6 week		0.374	0.370	0.462	0.429	0.406	0.486	0.061	0.08	0.01	0.82
0-6 week		0.367	0.371	0.443	0.425	0.388	0.466	0.056	0.11	0.02	0.66
7-10 week		0.732	0.924	0.789	0.777	0.795	0.795	0.110	0.57	0.17	0.27
11-14 week		0.361	0.399	0.401	0.357	0.353	0.356	0.037	0.04	0.49	0.40
7-14 week		0.484	0.566	0.529	0.495	0.495	0.494	0.036	0.01	0.02	0.02
15-17 week		0.538	0.502	0.505	0.533	0.565	0.537	0.059	0.27	0.88	0.57
18-20 week		0.377	0.388	0.366	0.405	0.362	0.395	0.038	0.54	0.73	0.33
15-20 week		0.468	0.454	0.444	0.482	0.475	0.478	0.031	0.09	0.68	0.83
0-20 week		0.228	0.237	0.251	0.234	0.234	0.229	0.012	0.21	0.28	0.05

¹ A: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.00% emulsifier; B: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.05% emulsifier; C: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.10% emulsifier; D: Corn-SBM diet + 0.15% enzyme + 0.00% emulsifier; E: Corn-SBM diet + 0.15% enzyme + 0.05% emulsifier; F: Corn-SBM diet + 0.15% enzyme + 0.10% emulsifier

² Standard error of the mean

³ En: enzyme; Em: emulsifier

나. 돈육의 pH 및 육색 (Meat pH and color)

자돈 및 육성비육돈 사료 내 효소제 및 유화제의 수준별 첨가가 돈육의 pH 및 육색에 미치는 영향을 표 171에 나타내었다.

pH에 있어서 도축 후 경과한 시간에 상관없이 처리구간 효소제 혹은 유화제 요인에 의한 유의적인 차이는 나타나지 않았다 ($P \geq 0.05$). 육색에 있어서도 도축 후 경과한 시간에 상관없이 처리구간 효소제 혹은 유화제 요인에 의한 유의적인 차이는 나타나지 않았다 ($P \geq 0.05$). 다만 도축 후 24시간이 경과한 후 황색도에 있어 유화제 요인에 의한 경향이 나타났다. 수치적으로 유화제 첨가량이 증가함에 따라 황색도 역시 증가하는 결과를 나타내었으나, 정상육의 육색 범위 (Joo 등, 1993)를 벗어나지 않기 때문에 유의미하지는 않은 것으로 생각된다. 선행 연구들에서도 유화제나 (Zhao 등, 2016) 효소제의 첨가 (Werner 등, 2010)에 의한 육색의 변화는 없었던 것으로 나타났다.

결과적으로 자돈 및 육성비육돈 사료 내 효소제 및 유화제의 수준은 돈육의 pH 및 육색에 부정적인 영향을 미치지 않는다고 할 수 있다.

표 171. 자돈 및 육성비육돈 사료 내 효소제 및 유화제의 수준별 첨가가 돈육의 pH 및 육색에 미치는 영향

	Treatment ¹						SEM ²	P - value ³		
	A	B	C	D	E	F		En	Em	En × Em
Enzyme, %	0.10	0.10	0.10	0.15	0.15	0.15				
Emulsifier, %	0.00	0.05	0.10	0.00	0.05	0.10				
pH										
0 hour	5.45	5.48	5.37	5.54	5.28	5.40	0.183	0.96	0.05	0.31
3 hour	5.20	5.26	5.17	5.30	5.21	5.22	0.103	0.80	0.53	0.45
6 hour	5.13	5.10	5.17	5.14	5.26	5.14	0.093	0.54	0.69	0.52
12 hour	5.12	5.13	5.15	5.15	5.19	5.17	0.087	0.31	0.75	0.19
24 hour	5.10	5.11	5.13	5.12	5.19	5.14	0.082	0.47	0.88	0.95
Hunter value, L⁴										
0 hour	39.1	40.6	43.1	39.1	43.1	41.2	2.61	0.87	0.11	0.34
3 hour	40.0	44.5	43.1	40.5	44.7	42.5	2.86	0.38	0.36	0.46
6 hour	42.1	44.3	43.7	41.4	45.0	41.9	2.37	0.59	0.13	0.66
12 hour	43.2	46.0	46.0	45.0	45.6	45.6	2.34	0.81	0.46	0.71
24 hour	44.5	47.2	47.1	46.5	46.6	46.9	1.86	0.69	0.36	0.48
Hunter value, a⁵										
0 hour	8.81	7.72	8.51	8.47	9.00	9.41	1.13	0.31	0.71	0.51
3 hour	10.44	8.58	9.57	9.76	10.15	10.70	1.28	0.31	0.54	0.33
6 hour	10.58	9.18	9.85	9.65	10.47	9.92	1.11	0.81	0.91	0.33
12 hour	10.64	10.89	11.32	10.64	11.37	12.17	1.18	0.48	0.36	0.85
24 hour	10.43	11.23	11.01	10.56	11.29	11.58	0.96	0.63	0.37	0.91
Hunter value, b⁶										
0 hour	4.39	4.72	5.25	4.53	5.00	5.10	0.58	0.75	0.16	0.83
3 hour	4.97	5.07	5.38	5.03	5.29	5.52	0.46	0.87	0.34	0.97
6 hour	5.23	5.34	5.45	5.09	5.36	5.07	0.46	0.53	0.83	0.82
12 hour	5.29	5.70	5.88	5.49	5.55	6.01	0.45	0.80	0.16	0.79
24 hour	5.31	5.96	5.90	5.53	5.59	6.02	0.38	0.96	0.05	0.31

¹ A: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.00% emulsifier; B: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.05% emulsifier; C: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.10% emulsifier; D: Corn-SBM diet + 0.15% enzyme + 0.00% emulsifier; E: Corn-SBM diet + 0.15% enzyme + 0.05% emulsifier; F: Corn-SBM diet + 0.15% enzyme + 0.10% emulsifier

² Standard error of the mean

³ En: enzyme; Em: emulsifier

⁴ L: luminance or brightness (vary from black to white)

⁵ a: red-green component (+a = red, -a = green)

⁶ b: yellow-blue component (+b = yellow, -b = blue)

다. 육질 분석 (Pork quality)

자돈 및 육성비육돈 사료 내 효소제 및 유화제의 수준별 첨가가 돈육 품질에 미치는 영향을 표 172에 나타내었다.

돈육의 일반성분분석에 있어서, 수분 함량과 CP 함량 및 CF 함량에 있어 효소제, 유화제 및 두 요인간의 상호작용에 의한 차이는 발견되지 않았다. 다만 ash 함량에 있어 유화제 첨가 요인에 의한 증가 효과가 나타났다 ($P=0.02$). 돈육 내 ash 함량의 증가는, 지질류 에너지원을 첨가하였을 때 광물질 소화율이 증가한다는 선행연구 (Merriman 등, 2016)에 비추어 보았을 때, 유화제 첨가로 인한 지질의 소화 흡수가 증가하였기 때문으로 생각되며, 유의적인 차이는 나타나지 않았으나 CF에 있어 수치상으로 돈육 내 지질의 함량이 증가하였다는 점과 일치하는 결과라고 할 수 있다. 다만 그 수치는 가장 높은 처리구 (F: 1.81%)와 가장 낮은 처리구 (B: 1.37%) 간에 0.44 %로 크지 않아 돈육 품질에는 큰 영향을 미치지 않을 것으로 생각된다.

가열감량은 효소제 함량의 증가와 ($P<0.01$) 유화제 함량의 증가 ($P=0.03$) 모두에 의해 증가하는 결과를 나타내었으며 ($P=0.03$), 두 요인 간 상호작용에서는 효소제 함량이 0.10%일 경우 유화제 첨가에 의해 가열감량이 증가하는 결과를 나타내었다 ($P<0.01$). 반면에 전단력의 경우 효소제 요인에 의해서는 증가하고 ($P<0.01$) 유화제 요인에 의해서는 감소하는 결과를 나타내었으며 ($P<0.01$), 그 차이는 효소제 함량이 0.10%일 때 유화제 첨가에 의한 감소폭이 커지는 결과를 ($P<0.01$) 나타내었다. 보수력은 효소제 요인에 의한 감소 ($P<0.01$) 와 유화제 요인에 의한 증가 ($P=0.02$) 가 나타났으며, 둘 사이의 상호작용에 의해 효소제-유화제 함량이 각각 0.10, 0.10%인 C 처리구에서 가장 높은 수치를 나타내었다. 가열감량의 경우 돈육 내 지방 함량이 낮을수록 감소한다는 선행 연구 (Pietrasik과 Duda, 2000) 가 있다. 수치상으로 볼 때 돈육 내 CF 함량은 유화제 첨가량의 증가에 따라 증가하는 수치를 나타냈기 때문에 같은 맥락에서 증가한 지방 함량이 가열감량을 증가시킨 것으로 생각할 수 있다. 또한 전단력과 보수력에 있어 전단력은 낮으면서 보수력이 높은 고기가 더 좋은 품질의 고기로 여겨지기 때문에 (Cho 등, 2008), 전단력이 제일 낮고 보수력은 제일 높은 C 처리구 (Enzyme-0.10% /Emulsifier-0.10%)가 가장 돈육 품질이 좋다고 할 수 있다.

결과적으로 효소제 0.10%, 유화제 0.10%가 첨가된 C 처리구의 돈육 품질이 가장 좋은 것으로 사료된다.

라. 경제성 분석 (Economic analysis)

자돈 및 육성비육돈 사료 내 효소제 및 유화제의 수준별 첨가가 돈육 품질에 미치는 영향을 표 173에 나타내었다. 돈육 1kg 당 사료비에 있어 자돈후기 및 자돈기 전체에 있어서 유화제요인에 의한 사료비의 감소가 있었다 ($P=0.01, 0.02$). 이는 같은 시기의 사료효율이 유화제에 의해 유의적으로 증가했기 때문으로 생각된다. 또한 육성 후기 및 육성기 전체에 있어 효소제 요인에 의한 사료비 감소가 있었으며 ($P=0.03, <0.01$), 마찬가지로 동 시기 효소제 요인에 의한 사료효율의 유의적 증가로 인한 결과로 생각된다. 다만 전체기간에 있어 돈육 1kg 당 사료비는 C 처리구에서 제일 낮았는데, 이는 사료 효율이 C 처리구에서 가장 좋았기 때문으로 생각된다.

자돈기-육성 비육기의 사료비의 경우 전 구간에 있어서 효소제, 유화제 및 두 요인 간 상호작용에 의한 통계적 유의차는 나타나지 않았다. 1kg 당 사료비가 가장 낮았던 C 처리구는 전체 사료비가 2번째로 높은 값을 나타내었는데, 이는 종료 시 체중이 C 처리구에서 가장 높았으며, 그에 따라 사료섭취량도 가장 많았기 때문으로 생각된다. 적정 출하 일령의 경우 C 처리구에서 가장 낮은 값을 보였다.

115kg 출하 기준 C 처리구는 효소제 및 유화제가 가장 적게 사용된 A처리구에 비해 약 5,699원의 사료비가 절감된다. 또한 출하일령 차이인 7.6일은 모돈 회전율을 2.3으로 계산해보았을 때 전체 158.7일의 약 4.8%를 차지한다. 따라서 A 처리구가 C 처리구에 비해 4.8%의 경제적 손실을 야기한다고 할 수 있다. 모돈 500두 농장 규모에서 돼지 1 두당 순수익이 100,000원이라고 할 때 이는 연간 약 5억 5,074만원의 손해를 의미하며, 사료비까지 고려하면 연간 약 6억 2,284만원의 조수익을 얻을 수 있다고 볼 수 있다.

따라서 돈육 1kg 당 사료비 및 출하 일령을 바탕으로 생각해 보았을 때 효소제 0.10%, 유화제 0.10%가 첨가된 C 처리구가 경제적으로 가장 좋은 것으로 사료된다.

표 172. 자돈 및 육성비육돈 사료 내 효소제 및 유화제의 수준별 첨가가 돈육 품질에 미치는 영향

	Treatment ¹						SEM ²	P - value ³			
	Enzyme, % Emulsifier, %	A 0.10 0.00	B 0.10 0.05	C 0.10 0.10	D 0.15 0.00	E 0.15 0.05		F 0.15 0.10	En	Em	En × Em
Proximal analysis, %											
Moisture		71.80	72.47	73.41	71.72	72.62	71.69	1.006	0.25	0.30	0.23
Crude protein		24.53	23.87	24.92	24.71	24.87	24.41	0.751	0.35	0.30	0.09
Crude fat		0.89	1.07	1.50	0.79	1.27	1.76	0.485	0.57	0.80	0.31
Crude ash		1.71	1.37	1.44	1.49	1.51	1.81	0.229	0.56	0.02	0.74
Physiochemical property											
Cooking loss ⁴		27.40	30.57	30.52	32.57	32.76	32.11	2.204	<0.01	0.03	<0.01
Shear force ⁵		101.76	71.83	62.12	102.16	100.13	82.68	20.866	<0.01	<0.01	<0.01
WHC ⁶		73.05	74.26	75.60	71.88	73.23	74.46	3.116	<0.01	0.02	0.02

¹ A: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.00% emulsifier; B: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.05% emulsifier; C: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.10% emulsifier; D: Corn-SBM diet + 0.15% enzyme + 0.00% emulsifier; E: Corn-SBM diet + 0.15% enzyme + 0.05% emulsifier; F: Corn-SBM diet + 0.15% enzyme + 0.10% emulsifier

² Standard error of the mean

³ En: enzyme; Em: emulsifier

⁴ Cooking loss unit: %

⁵ Shear force unit: kg/0.5 inch²

⁶ WHC: water holding capacity

표 173. 자돈 및 육성비육돈 사료 내 효소제 및 유화제의 수준별 첨가가 경제성에 미치는 영향

	Treatment ¹						SEM ²	P - value ³			
	Enzyme, % Emulsifier, %	A 0.10 0.00	B 0.10 0.05	C 0.10 0.10	D 0.15 0.00	E 0.15 0.05		F 0.15 0.10	En	Em	En × Em
Feed cost per weight gain, won/kg											
0-3 week		1,139.1	1,082.0	1,002.1	959.9	1,167.8	961.7	82.7	0.59	0.60	0.39
4-6 week		960.8	978.7	789.8	844.7	899.3	757.0	82.4	0.10	0.01	0.73
0-6 week		1,049.9	1,030.4	896.0	902.3	1,033.5	859.4	77.4	0.13	0.02	0.65
7-10 week		526.1	421.1	498.3	501.1	494.8	500.9	32.6	0.56	0.16	0.29
11-14 week		1,094.6	1,000.5	1,005.6	1,118.8	1,143.0	1,146.9	60.4	0.03	0.76	0.52
7-14 week		810.3	710.8	752.0	810.0	818.9	823.9	41.8	<0.01	0.06	0.05
15-17 week		712.9	772.1	775.5	727.6	693.5	737.2	29.6	0.26	0.73	0.60
18-20 week		863.2	849.1	911.2	814.0	921.9	855.0	37.0	0.65	0.52	0.30
15-20 week		788.0	810.6	843.3	770.8	807.7	796.1	22.4	0.17	0.34	0.77
0-20 week		875.5	836.6	822.6	825.9	879.9	826.2	24.0	0.09	0.78	0.06
Total feed cost per pig, won/head											
0-3 week		2,672.4	2,763.4	3,005.5	2,770.6	2,850.1	2,727.0	106.9	0.73	0.43	0.17
4-6 week		5,614.2	6,111.2	5,473.7	5,661.4	6,161.8	5,748.1	255.1	0.66	0.24	0.93
0-6 week		8,286.6	8,874.6	8,479.2	8,432.0	9,011.9	8,475.1	258.6	0.77	0.29	0.98
7-10 week		11,733.5	10,336.6	11,979.5	11,498.1	11,371.8	11,199.8	518.9	0.64	0.48	0.54
11-14 week		23,461.7	22,142.3	22,367.6	24,026.9	24,586.5	24,241.9	924.7	0.10	0.16	0.05
7-14 week		35,195.2	32,478.8	34,347.2	35,525.0	35,958.2	35,441.7	1,156.5	0.63	0.21	0.15
15-17 week		18,577.6	19,985.2	19,887.6	19,390.9	19,286.8	19,484.3	459.9	0.91	0.73	0.72
18-20 week		11,694.7	12,097.3	13,027.2	11,332.9	12,514.5	12,137.4	544.5	0.69	0.50	0.77
15-20 week		30,272.4	32,082.5	32,914.7	30,723.8	31,801.3	31,621.8	868.6	0.77	0.52	0.88
Total		73,754.1	73,435.9	75,741.1	74,680.9	76,771.4	75,538.5	1,160.2	0.97	0.98	0.77
Relative ratio		100.0	99.6	102.7	101.3	104.1	102.4				
Days to market weight (reached at 115 kg BW)											
		166.1	158.8	158.5	160.5	159.3	160.3	2.6	0.63	0.24	0.34

¹ A: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.00% emulsifier; B: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.05% emulsifier; C: Corn-SBM diet + 0.10% enzyme + 0.10% emulsifier; D: Corn-SBM diet + 0.15% enzyme + 0.00% emulsifier; E: Corn-SBM diet + 0.15% enzyme + 0.05% emulsifier; F: Corn-SBM diet + 0.15% enzyme + 0.10% emulsifier

² Standard error of the mean

³ En: enzyme; Em: emulsifier

IV. 결론 (Conclusion)

본 연구는 에너지원의 소화율을 높이기 위한 방편으로써 사료 내 효소제 및 유화제의 수준별 첨가가 자돈 및 육성비육돈의 성장 성적과 돈육 품질, 경제성에 미치는 영향을 규명하기 위해 진행되었다.

사양실험 결과, 효소제 첨가량의 증가는 육성기의 ADG와 ADFI를 증가시키는 것으로 생각되며, 유화제의 첨가는 자돈기의 성장 성적에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 생각되기 때문에 각각 육성기와 자돈기에 0.10%, 0.15% 씩 첨가하는 것이 성장 성적을 향상시키는 것으로 생각된다.

돈육의 pH 및 육색에 있어 도축 후 24시간이 경과한 후의 황색도에 있어 유화제 요인에 의한 증가가 발견되었으나 정상육의 범위를 넘어가지 않았고, 그 외의 부분에 있어 유의적인 차이가 없었기 때문에 사료 내 효소제 및 유화제의 첨가는 돈육의 pH 및 육색에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다.

돈육의 일반성분에서는 조회분에서만 유의차가 나타났으나 나머지는 유의차가 나타나지 않았고, 그 차이가 소량이었다. 반면에 가열감량, 전단력, 보수력에 있어서는 효소제 0.10%, 유화제 0.10%가 첨가된 처리구의 값이 이상적인 돈육에 가장 가까운 것으로 나타났다.

마지막 경제성 분석에 있어서도 성장 성적 결과와 마찬가지로 육성기엔 효소제에 의한 개선이, 자돈기엔 유화제에 의한 개선이 발견되었으나 전체 구간에 있어서는 효소제 0.10%, 유화제 0.10%가 첨가된 처리구에서 가장 낮은 돈육 1kg 당 사료비와 가장 짧은 출하 일령을 나타내었다.

결론적으로 자돈기부터 육성비육기까지 에너지원의 소화율을 높이기 위한 방편으로써 사료 내 효소제 및 유화제의 첨가는 성장 성적, 돈육 품질, 경제성 등을 고려하였을 때 효소제 및 유화제를 0.10% 씩 첨가하는 것이 가장 바람직할 것으로 생각된다.

연구 3-1. 육성비육돈 사료 내 효소제 및 유화제의 종류가 성장 성적, 돈육 품질 및 경제성에 미치는 영향

I. 서론 (Introduction)

세계화의 흐름 속에 우리나라와 칠레가 2003년 첫 자유무역협정 (FTA)을 체결한 지 15년이 지나면서, 우리나라의 경제지형, 특히 축산업에서의 경제 지형은 지대한 변화가 일어났다. 양돈 산업에 있어 가장 큰 변화는 돈육 생산비 경쟁에서 국산 돼지고기가 더 이상 관세로 보호받지 못하고 수입육과의 경쟁에 직접적으로 노출되었다는 점이다 (Ji, 2016). 우리나라는 특히 원료사료의 90% 이상을 수입에 의존하기 때문에 돈육 생산비의 40 - 60%를 차지하는 사료비는 생산비 절감에 있어 가장 연구가 필요한 부분이라 할 수 있다 (Jeong 등, 2010).

사료 중 영양학적으로 가장 많은 부분을 차지하는 영양소는 에너지원, 특히 전분으로 사료비의 70% 가량을 차지하고 있다 (Saleh 등, 2004). 하지만 곡물 원료의 경우 2006년 이후 바이오 연료 개발을 비롯한 여러 가지 외적 요인에 의해 가격이 높아져 왔을 뿐만 아니라 수급 역시도 기존에 비해 어려워진 실정이다. 때문에 주요 곡물 사료들을 대체할 수 있는 대체원료들에 대한 연구들이 진행되어 왔으며, 이들 대체 원료에 포함되어있는 NSP (non-starch polysaccharide) 및 지방 소화를 용이하게 하기 위해 여러 종류의 사료용 효소제와 유화제도 개발되어 왔다.

시판된 효소제 및 유화제 제품들 중 대부분은 한두 가지의 화학물질들로 구성되어있기 보다는 여러 물질들의 복합제 형태를 띠고 있다. 효소제의 경우 제품에 따라 α -galactosidase, α -galactomannanase, β -glucanase, β -mannanase, xylanase 등 여러 종류의 효소제가 복합되어 있다. 이와 관련된 선행연구들에서, 어떤 효소제를 사용 하느냐에 따라 성장 성적이 달라지는 결과가 발견되기도 하였으며 (Omogbenigun 등, 2004), 같은 효소제를 사용하더라도 복합사용 여부에 따라 소화율이 변화하는 (Olukosi 등, 2007) 결과가 나타나기도 하였다. 다만 일부 연구에서는 효소제의 종류에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않은 경우도 있는 등 (Adeola와 Cowieson, 2011) 추가적인 연구가 필요한 부분이 있다.

유화제 역시 효소제와 마찬가지로 효소제의 종류에 따라 HLB value (hydrophile-lipophile balance value)가 서로 다르고, 다시 메인 물질에 따라 lysolecithin 계열, lysophospholipid 계열, lecithin 계열, 및 sodium stearyl lyctylate 계열 등으로 나뉘어 있으며 각각의 효과가 다르게 나타나기도 한다 (Jones 등 1992). 게다가 사료회사들이 판매하고 있는 사료 내에는 복합효소제, 혹은 유화제가 단독으로 사용되는 것이 아니라 둘이 함께 사용되는 경우도 흔하게 일어나고 있고, 이미 해외에서 단독 사용 혹은 복합사용 여부에 따라 차이가 난다는 보고도 있으나 (Cho 등, 2012; Papadopoulos 등, 2014; Whang

등, 2016), 이들 첨가제들의 종류에 대한 상호 작용은 실험을 통해 밝혀진 것이 많지 않다. 따라서 효소제 및 유화제 종류에 따른 효과에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

따라서 이번 연구에서는 비전분성 에너지원의 소화율을 높이기 위해 육성비육돈 사료 내 효소제 및 유화제의 종류별 첨가가 돼지의 성장성적과 돈육 품질, 경제성에 미치는 영향을 규명하기 위해 진행되었다.

II. 실험 재료 및 방법 (Materials and methods)

가. 실험 동물 및 실험 설계 (Experimental animal and design)

사양실험을 위해 평균체중 33.37 ± 0.158 kg의 삼원교잡종 ([Yorkshire \times Landrace] \times Duroc) 육성돈 360두를 공시하여 충청북도 진천군 백곡면 사송리 680번지에 위치한 벨엘농장에서 수행되었다. 실험돈은 사료와 물의 자유 급이가 가능하고, 온도 조절이 용이한 돈사에서 사육되었으며, 일당중체량, 일당사료섭취량, 사료효율을 측정하기 위하여 육성 전기 (0-3주), 육성 후기 (4-6주), 비육 전기 (7-10주), 비육 후기 (11-13주) 로 나누어 각 시기별로 체중과 사료 섭취량을 측정하였다. 실험돈은 6처리 6반복으로 돈방 당 10두씩 (암컷 5두, 수컷 5두씩)을 난괴법 (Randomized completely block design; RCBD)으로 배치하였으며 각 돈방 당 평균 체중 및 성별을 기준으로 배치하였다. 실험의 처리구는 1) AA : 옥수수, 대두박 위주의 기초사료 + enzyme A 0.10% + emulsifier A 0.05% 2) AB : 옥수수, 대두박 위주의 기초사료 + enzyme A 0.10% + emulsifier B 0.05% 3) AC : 옥수수, 대두박 위주의 기초사료 + enzyme A 0.10% + emulsifier C 0.05% 4) BA : 옥수수, 대두박 위주의 기초사료 + enzyme B 0.10% + emulsifier A 0.05% 5) BB : 옥수수, 대두박 위주의 기초사료 + enzyme B 0.10% + emulsifier B 0.05% 6) BC : 옥수수, 대두박 위주의 기초사료 + enzyme B 0.10% + emulsifier C 0.05% 로 구성되어 있다. 영양소 요구량은 NRC (1998) 기준으로 하였으며, CP는 NRC (2012) 기준으로 하였으나 에너지는 효소제 및 유화제 효과를 비교하기 위하여 요구량인 3,265 kcal/kg보다 65 kcal/kg 낮은 3,200 kcal/kg으로 하였다.

나. 실험사료 (Experimental diet)

옥수수-대두박을 실험사료의 기초사료로 이용하였으며, 효소제는 enzyme A (AA, AB, AC 처리구), enzyme B (BA, BB, BC 처리구)의 두 종류를 사용하였으며 유화제의 경우 기민 사의 emulsifier A (AA, BA 처리구), emulsifier B (AB, BB 처리구), emulsifier C (AC, BC 처리구)의 세 종류를 사용하였다. 실험사료의 대사에너지는 phase에 상관없이 3,200 kcal/kg 이었고 CP의 경우 phase별로 육성전기 및 후기, 비육전기 및 후기에 각각

15.68, 13.75, 12.13 및 10.43 %에 맞춰 설계하였다. Lysine과 methionine, threonine, Ca 및 P의 경우 NRC (1998)에서 제시하는 요구량을 충족할 수 있도록 설정하였다. 각 phase별 급여된 실험 사료의 배합비 및 영양소 함량을 표 174-177에 제시하였다.

표 174. 육성돈 전기 실험 사료 배합비 (0-3주)

Ingredient, %	Treatment ¹					
	AA	AB	AC	BA	BB	BC
Corn	64.22	64.22	64.22	64.22	64.22	64.22
SBM	19.73	19.73	19.73	19.73	19.73	19.73
Wheat	5.38	5.38	5.38	5.38	5.38	5.38
Wheat bran	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Tallow	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
MDCP	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
Limestone	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
L-lysine · HCl, 78%	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
L-threonine, 99%	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Palm kernel meal	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
enzyme A	0.10	0.10	0.10	- -	- -	- -
enzyme B	- -	- -	- -	0.10	0.10	0.10
emulsifier A	0.05	- -	- -	0.05	- -	- -
emulsifier B	- -	0.05	- -	- -	0.05	- -
emulsifier C	- -	- -	0.05	- -	- -	0.05
Sum	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁴						
ME, kcal/kg	3,200.01	3,200.01	3,200.01	3,200.01	3,200.01	3,200.01
Crude protein, %	15.68	15.68	15.68	15.68	15.68	15.68
Lysine, %	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Methionine, %	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
Ca, %	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
Total P, %	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56

¹ AA : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier A 0.05% 2) AB : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier B 0.05% 3) AC : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier C 0.05% 4) BA : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier A 0.05% 5) BB : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier B 0.05% 6) BC : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier C 0.05%

² Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000 IU; Vit D₃, 3,200 IU; Vit. E, 35 IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoiflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug

³ Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet : Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg

⁴ Calculated value

표 175. 육성돈 후기 실험 사료 배합비 (4-6주)

Ingredient, %	Treatment ¹					
	AA	AB	AC	BA	BB	BC
Corn	69.04	69.04	69.04	69.04	69.04	69.04
SBM	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52
Wheat	5.68	5.68	5.68	5.68	5.68	5.68
Wheat bran	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
Tallow	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
MDCP	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
Limestone	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
L-lysine · HCl, 78%	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
L-threonine, 99%	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Palm kernel meal	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
enzyme A	0.10	0.10	0.10	--	--	--
enzyme B	--	--	--	0.10	0.10	0.10
emulsifier A	0.05	--	--	0.05	--	--
emulsifier B	--	0.05	--	--	0.05	--
emulsifier C	--	--	0.05	--	--	0.05
Sum	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁴						
ME, kcal/kg	3,200.01	3,200.01	3,200.01	3,200.01	3,200.01	3,200.01
Crude protein, %	13.75	13.75	13.75	13.75	13.75	13.75
Lysine, %	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
Methionine, %	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
Ca, %	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
Total P, %	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52

¹ AA : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier A 0.05% 2) AB : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier B 0.05% 3) AC : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier C 0.05% 4) BA : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier A 0.05% 5) BB : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier B 0.05% 6) BC : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier C 0.05%

² Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000 IU; Vit D₃, 3,200 IU; Vit. E, 35 IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug

³ Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet : Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg

⁴ Calculated value

표 176. 비육돈 전기 실험 사료 배합비 (7-10주)

Ingredient, %	Treatment ¹					
	AA	AB	AC	BA	BB	BC
Corn	73.20	73.20	73.20	73.20	73.20	73.20
SBM	9.95	9.95	9.95	9.95	9.95	9.95
Wheat	5.86	5.86	5.86	5.86	5.86	5.86
Wheat bran	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
Tallow	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
MDCP	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
Limestone	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
L-lysine · HCl, 78%	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
L-threonine, 99%	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Palm kernel meal	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
enzyme A	0.10	0.10	0.10	--	--	--
enzyme B	--	--	--	0.10	0.10	0.10
emulsifier A	0.05	--	--	0.05	--	--
emulsifier B	--	0.05	--	--	0.05	--
emulsifier C	--	--	0.05	--	--	0.05
Sum	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁴						
ME, kcal/kg	3,200.00	3,200.00	3,200.00	3,200.00	3,200.00	3,200.00
Crude protein, %	12.13	12.13	12.13	12.13	12.13	12.13
Lysine, %	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Methionine, %	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
Ca, %	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
Total P, %	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47

¹ AA : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier A 0.05% 2) AB : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier B 0.05% 3) AC : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier C 0.05% 4) BA : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier A 0.05% 5) BB : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier B 0.05% 6) BC : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier C 0.05%

² Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000 IU; Vit D₃, 3,200 IU; Vit. E, 35 IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug

³ Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet : Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg

⁴ Calculated value

표 177. 비육돈 후기 실험 사료 배합비 (11-13주)

Ingredient, %	Treatment ¹					
	AA	AB	AC	BA	BB	BC
Corn	77.20	77.20	77.20	77.20	77.20	77.20
SBM	5.37	5.37	5.37	5.37	5.37	5.37
Wheat	6.04	6.04	6.04	6.04	6.04	6.04
Wheat bran	1.94	1.94	1.94	1.94	1.94	1.94
Tallow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MDCP	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
Limestone	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
L-lysine · HCl, 78%	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
L-threonine, 99%	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Palm kernel meal	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
enzyme A	0.10	0.10	0.10	--	--	--
enzyme B	--	--	--	0.10	0.10	0.10
emulsifier A	0.05	--	--	0.05	--	--
emulsifier B	--	0.05	--	--	0.05	--
emulsifier C	--	--	0.05	--	--	0.05
Sum	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁴						
ME, kcal/kg	3,200.02	3,200.02	3,200.02	3,200.02	3,200.02	3,200.02
Crude protein, %	10.43	10.43	10.43	10.43	10.43	10.43
Lysine, %	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
Methionine, %	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Ca, %	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
Total P, %	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43

¹ AA : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier A 0.05% 2) AB : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier B 0.05% 3) AC : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier C 0.05% 4) BA : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier A 0.05% 5) BB : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier B 0.05% 6) BC : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier C 0.05%

² Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000 IU; Vit D₃, 3,200 IU; Vit. E, 35 IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug

³ Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet : Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg

⁴ Calculated value

다. 사양실험 (Feeding trial)

사양실험은 육성 전기 3주, 육성 후기 3주, 비육 전기 4주, 및 비육 후기 3주로 총 13주간 진행되었다. 실험돈은 콘크리트 돈사에서 사육되었으며 각 돈방에는 하나의 사료급이기와 두 개의 니플 급수기가 설치되어 있었다. 전체 실험 기간 동안 물과 사료는 무제한 자유채식 (*ad libitum*) 하도록 하였다. 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료의 변동 시점을 고려하여 개시 시점 (initial), 육성 전기 (0-3주), 육성 후기 (4-6주), 비육 전기 (7-10주), 비육 후기 (11-13주)의 종료일에 측정하였으며, 각 사육 단계에 맞추어 일당증체량 (ADG : average daily gain), 일당사료섭취량 (ADFI : average daily feed intake), 사료효율 (G:F ratio : gain to feed ratio)을 계산하였다.

라. 돈육의 pH 및 육색 (Meat pH and color)

돈육 품질을 조사하기 위해 총 13주간의 사양실험 종료 후 각 처리구별로 비육돈 6두씩 총 36두를 선발하여 돈육 품질을 조사하기 위하여 등심근을 채취하였다. 도축 후에 미추골로부터 아래로 5개 척추사이의 등심을 샘플링하여, 0, 3, 6, 12, 24 시간에 육색 및 pH를 측정하였다. 육색의 경우 Hunter system의 L, a, b 값을 chromameter (Minolta CM-508i, Japan)을 이용하여, pH는 pH meter (Hanna instruments \emptyset HI99163, Romania)를 이용하여 측정하였다.

마. 보수력 (Water holding capacity)

보수력 (WHC: water holding capacity)은 원심분리법 (Ryoichi 등, 1993)으로 측정하였다. 보수력 측정은 Laakkonen 등 (1970)의 방법에 따라 미세한 구멍이 있는 2 ml filter 관의 무게를 칭량하고, 공시육을 분쇄하여 지방과 근막 (힘줄)을 제거한 후 시료를 정확히 0.5 ± 0.05 g을 원심분리관의 상부에 filter관에 넣고 무게를 잰다. Filter관을 80 °C의 water bath에서 20분간 가열한 후 10분간 실온에서 냉각시킨다. Filter관을 원심 분리관 하부에 넣고 4°C에서 2,000 rpm, 10분 동안 원심분리 한 후 상부 filter관을 꺼내어 무게를 측정하였으며 다음 공식에 의해 보수력을 구하였다.

$$\text{보 수 력} = \frac{\text{수분 (\%)} - \text{유리수분 (\%)}}{\text{수분 (\%)}} \times 100$$

바. 전단력 (Shear force)

채취한 샘플을 채끝 3 cm 두께의 스테이크 모양으로 근섬유방향과 직각이 되도록 근육을 절단하여 육 내부온도 70 °C까지 가열한 후 흐르는 물에 30분간 방냉 하였다. 방냉 한 시료에서 직경 0.5 inch 코어 (core)를 근섬유 방향에 따라 원통형으로 뚫어 시료를 채취한 후 Instron Universal Testing Machine (Model 4465, UK)를 이용하여 근섬유 방향과 직각 방향으로 절단하여 전단력을 8회 이상 반복 측정하였다.

사. 가열감량 (Cooking loss)

가열감량 (Cooking loss, %)은 시료를 두께 3 cm 스테이크 모양으로 절단하여 무게를 측정하고 80 °C 항온수조에서 시료의 심부온도가 70 °C 도달 후 10분간 가열하고 냉각시킨 다음 무게를 측정한 뒤 다음 공식을 통해 계산하였다 (Honikel, 1998).

$$\text{가열감량 (\%)} = \frac{\text{가열 전 시료무게 (g)} - \text{가열 후 시료무게 (g)}}{\text{가열 전 시료 무게 (g)}} \times 100$$

아. 경제성 분석 (Economic analysis)

경제성 분석은 시험 사료 주문시의 사료 업계의 원료 도입 가격 (2017년 2월)을 기준으로 산출하였으며, 시험 사료 배합비에 맞추어 각각 phase의 1kg당 단가를 계산하였다. 사양 기간 동안 실험돈의 1kg 당 증체에 소요되는 사료비용을 본 시험의 성장 성적인 G:F ratio와 사료 가격을 기준으로 분석하였다. 출하일령은 종료 체중과 ADFI를 바탕으로 계산하였다.

자. 화학 분석 및 통계분석 (Chemical and statistical analysis)

돈육의 일반성분 분석은 AOAC (1995) 방법에 따라 실시하였으며, 본 실험의 data는 SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC)의 Mixed procedure를 이용하여 난괴법 실험 design으로서 통계분석을 실시하였다. 성장성적, 경제성 분석 data의 경우 한 돈방을 experimental unit으로 (RCBD), 돈육 품질의 경우 실험돈 1두를 experimental unit으로 (CRD) 설정하였다. 통계분석은 효소제 요인 × 유화제 요인의 2 × 3 factorial 로 진행되었다. 모든 통계분석에 있어 P < 0.05 인 경우 유의차가 있는 것으로, P < 0.01 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 간주하였다.

III. 실험 결과 및 고찰 (Results and discussion)

가. 성장 성적 (Growth performance)

육성비육돈 사료 내 효소제 및 유화제의 종류별 첨가가 성장성적에 미치는 영향을 표 178에 나타내었다. 전 구간에서 체중, 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료 효율에 있어서 효소제 요인이나 유화제 요인, 혹은 둘 사이의 상호작용으로 인한 차이는 나타나지 않았다.

Trugo 등 (1995) 에 의하면 주요 원료사료 중 NSP가 많이 포함되어있는 SBM에는 약 5.6%의 α 형 NSP와 약 1.2%의 β 형 NSP가 존재한다. 반면 대체원료로써 사용된 팜박에는 3 - 3.5% 정도의 β -mannan이 존재한다 (Yoo, 2016). 이와 같은 연구들로 볼 때 본 실험에 사용된 실험사료에는 NSP가 약 0.52 - 1.52% 존재하는 것으로 생각된다. 따라서 본 실험의 성장성적에 있어 NSP의 총량은 효소제의 종류로 인한 성장성적에 유의적인 결과를 나타낼 정도는 아니었던 것으로 생각되며, 이는 효소제의 종류가 돼지의 성장성적에 영향을 미치지 않았던 Adeola와 Cowieson (2011) 의 연구와 같은 결과를 나타낸 것으로 생각할 수 있다.

유화제의 경우 주가 되는 화학물질에 따라 친유성 유화제와 친수성 유화제가 존재하며 그 정도에 따라 HLB (hydrophile-lipophile balance) 값으로 나타낼 수 있다. 그러나 유화제는 일반적으로 HLB 값이 4 - 18 사이이며 (Function and Application of Surfactants, 2006) 본 실험에 사용된 유화제 역시 그 범위를 벗어나지 않았다. 또한 Jone 등의 연구 (1992) 에 따르면 유화제의 종류는 돼지에게 있어 소화율이나 혈중 cholesterol 등에 영향을 미치지 않음으로써 성장 성적에도 영향이 없었으므로 본 실험의 결과에서도 유화제 종류에 따른 영향은 없었던 것으로 볼 수 있다.

결론적으로 효소제 및 유화제의 종류는 육성비육돈의 성장성적에 있어 어떠한 유의적 영향도 미치지 않는 것으로 사료된다.

나. 돈육의 pH 및 육색 (Meat pH and color)

육성비육돈 사료 내 효소제 및 유화제의 종류별 첨가가 돈육의 pH 및 육색에 미치는 영향을 표 179 및 그림 20에 나타내었다.

pH에 있어서 도축 후 24 시간에 효소제 요인에 의한 영향이 발견되었다 ($P=0.04$). 본 실험의 결과 enzyme A를 사용한 AA, AB, AC 처리구에서 enzyme B를 사용한 BA, BB, BC 처리구에 비해 낮은 수치를 나타내었다. 또한 도축 후 3, 6, 12, 24 시간의 pH에서 효소제와 유화제 사이의 상호작용이 발견 되었으며 ($P=0.02, 0.01, 0.02, 0.03$) enzyme A가 사용되었을 경우 emulsifier C가 사용된 AC 처리구가, enzyme B가 사용되었을 경우 emulsifier B이 사용된 BB 처리구가 다른 처리구들에 비해 낮은 수치를 나타내었으나 (그

림 20.) 전반적으로 보았을 때 정상수치 (pH 5.4 - 6.2)를 벗어나지는 않은 것으로 (Nam 등, 2001) 생각된다.

육색에 있어서도 도축 후 24시간의 적색도에서 두 요인간의 상호작용으로 인한 영향이 있는 것으로 (P=0.03) 나타났으나, 정상육의 육색 범위 (Joo 등, 1993) 는 벗어나지 않았다. 선행 연구들에서도 효소제의 첨가 (Werner 등, 2010) 나 유화제 (Zhao 등, 2016) 에 의한 육색의 변화는 없었던 것으로 나타났다. 밝기 (L 48 - 60), 적색도 (a <15.36) 및 황색도 (b <9.40) 모두 정상육 범위에 속하였다 (Warriss와 Brown, 1993; KAPE, 2014),

결과적으로 자돈 및 육성비육돈 사료 내 효소제 및 유화제의 종류는 돈육의 pH 및 육색에 유의미한 악영향을 미치지 않는다고 할 수 있다.

다. 육질 분석 (Pork quality)

육성비육돈 사료 내 효소제 및 유화제의 종류별 첨가가 도체율 및 등급 분포에 미치는 영향을 표 180에 나타내었으며, 돈육 품질에 미치는 영향을 표 181에 나타내었다.

도체율에 있어서 효소제 요인에 의한 유의적인 영향이 나타났으며 (P=0.03) enzyme A를 사용한 AA, AB, AC 처리구에서 enzyme B를 사용한 처리구들에 비해 높은 도체율을 나타내었다. 또한 등지방 두께에 있어서도 효소제 요인에 의한 고도의 유의적 영향이 나타났으며 enzyme A를 사용한 처리구에서 더 높은 수치를 나타내었다 (P=0.01). 도체 등급에 있어서도 1+ 등급인 개체의 수는 전부 같았으나 2등급의 낮은 등급을 받은 개체수는 BA, BB, BC 처리구가 더 많았다.

효소제에서 가장 널리 쓰이는 물질은 α -galactosidase와 β -mannanase이며 서로 다른 종류의 효소제는 이들 물질이 다양한 비율로 조합되어있다 (Kim 등, 2003). 왜냐하면 원료 사료의 가공 과정에서 α -1,6-galactosyl 결합과 β -1,4-mannosyl 결합은 제거되지 않기 때문이며 (Rackis, 1981; Hartwig 등, 1997) 이 결합들에 의해 돼지에게 있어 영양소 소화가 일어나지 않게 되기 때문이다 (Pluske와 Lindemann, 1998; Veum과 Odle, 2001). 그런데 사료의 원료 구성에 따라 사료 내에 α -galactoside와 β -mannan은 함량이 달라질 수밖에 없기 때문에 효소제의 조성 역시 사료에 배합된 원료들에 따라 그 효과가 다르게 나타날 수밖에 없다. 본 실험의 결과인 도체율의 경우 enzyme A가 사용된 처리구들에서 도체율 및 등지방이 높게 나온 것은 이와 관련된 것 때문으로 생각되나 이와 관련된 정확한 기전에 대해서는 알려지지 않았다 (Hartwig 등, 1997).

돈육의 일반성분에 있어서 효소제 및 유화제 성분에 따른 영향은 발견되지 않았다. 가열감량 및 보수력에 있어서 유화제 요인에 의한 유의적인 영향이 발견되었으며 (P<0.01; =0.03), enzyme A가 첨가된 AA, AB, AC 처리구에서 가열감량은 감소하고 보수력은 증가하는 결과를 나타내었다. 이와 관련된 선행 연구에서는 가열감량, 보수력 사이에 유의적인

차이가 나타나지 않았다 (Ao 등, 2011; Yoo 등, 2010). 다만 Ao 등 (2011) 의 연구에서 효소제가 첨가된 처리구에서 그렇지 않은 처리구에 비해 수치상으로 높은 보수력을 보였기 때문에 선행 연구와 비슷한 결과를 보였다고 할 수 있다.

결과적으로 육성비육돈 사료 내 enzyme A의 첨가는 enzyme B를 첨가한 경우에 비해 도체율 및 등급을 개선하고 가열감량을 낮추고 보수력을 높임으로써 돈육 품질을 개선한다고 할 수 있다.

표 178. 육성비육돈 사료 내 효소제 및 유화제의 종류별 첨가가 성장성적에 미치는 영향

	Treatment ¹						SEM ²	P - value ³		
	AA	AB	AC	BA	BB	BC		En	Em	En × Em
Body weight, kg										
Initial	33.4	33.4	33.4	33.4	33.4	33.3	0.05			
3rd week	46.0	46.6	47.2	45.3	47.3	45.2	0.91	0.83	0.95	0.95
6th week	61.2	61.4	61.5	59.8	62.6	58.0	1.63	0.77	0.91	0.90
10th week	84.5	83.9	86.7	82.8	84.6	79.8	2.07	0.54	0.96	0.75
13th week	103.3	100.9	104.2	100.9	106.3	101.6	2.17	0.98	0.97	0.74
ADG, g										
0-3 weeks	604	628	658	567	659	566	42.0	0.20	0.18	0.15
4-6 weeks	722	705	681	689	732	611	43.2	0.67	0.55	0.79
0-6 weeks	663	666	670	628	696	589	37.8	0.41	0.46	0.44
7-10 weeks	668	647	717	660	632	629	32.5	0.40	0.81	0.71
11-13 weeks	835	762	808	807	928	928	68.5	0.94	0.95	0.98
7-13 weeks	752	705	763	733	780	778	28.8	0.48	0.73	0.52
0-13 weeks	711	687	720	685	741	691	22.3	0.99	0.88	0.36
ADFI, g										
0-3 weeks	1,513	1,516	1,515	1,474	1,514	1,485	18.4	0.77	0.98	0.98
4-6 weeks	1,841	1,834	1,805	1,774	1,876	1,787	37.8	0.85	0.80	0.84
0-6 weeks	1,677	1,675	1,660	1,624	1,695	1,636	26.7	0.78	0.88	0.91
7-10 weeks	2,333	2,342	2,324	2,297	2,368	2,287	29.5	0.42	0.10	0.33
11-13 weeks	2,607	2,642	2,607	2,599	2,620	2,620	15.4	0.94	0.95	0.98
7-13 weeks	2,470	2,492	2,466	2,448	2,494	2,454	19.2	0.78	0.71	0.97
0-13 weeks	2,104	2,115	2,094	2,068	2,125	2,076	22.2	0.76	0.80	0.93
G:F ratio										
0-3 weeks	0.399	0.414	0.434	0.385	0.435	0.381	0.027	0.50	0.39	0.37
4-6 weeks	0.392	0.385	0.377	0.389	0.390	0.342	0.020	0.62	0.51	0.72
0-6 weeks	0.395	0.398	0.404	0.387	0.411	0.360	0.012	0.26	0.25	0.11
7-10 weeks	0.286	0.276	0.309	0.287	0.267	0.275	0.014	0.87	0.95	0.56
11-13 weeks	0.320	0.289	0.310	0.311	0.354	0.354	0.057	0.68	0.99	0.93
7-13 weeks	0.305	0.283	0.310	0.300	0.313	0.317	0.076	0.79	0.98	0.73
0-13 weeks	0.338	0.325	0.344	0.331	0.349	0.333	0.046	0.32	0.46	0.13

¹ AA : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier A 0.05% 2) AB : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier B 0.05% 3) AC : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier C 0.05% 4) BA : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier A 0.05% 5) BB : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier B 0.05% 6) BC : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier C 0.05%

² Standard error of the mean

³ En: enzyme; Em: emulsifier

표 179. 육성비육돈 사료 내 효소제 및 유화제의 종류별 첨가가 돈육의 pH 및 육색에 미치는 영향

		Treatment ¹						SEM ²	P - value ³		
		AA	AB	AC	BA	BB	BC		En	Em	En × Em
pH	0 hour	5.66	5.88	5.62	5.62	5.59	5.81	0.119	0.59	0.66	0.11
	3 hour	5.63	5.74	5.27	5.60	5.28	5.65	0.204	0.71	0.51	0.02
	6 hour	5.99	6.04	5.81	6.07	5.87	6.11	0.115	0.22	0.50	0.01
	12 hour	5.82	5.90	5.69	5.94	5.68	5.97	0.125	0.34	0.50	0.02
	24 hour	5.66	5.73	5.47	5.84	5.62	5.86	0.145	0.04	0.55	0.03
	<hr/>										
Hunter value, L ⁴	0 hour	42.89	40.82	41.34	41.73	43.09	43.27	1.027	0.41	0.96	0.46
	3 hour	44.77	41.08	43.69	42.96	45.11	43.47	1.439	0.64	0.90	0.24
	6 hour	45.66	42.32	44.91	42.64	47.24	44.91	1.862	0.60	0.85	0.05
	12 hour	45.40	43.85	45.82	43.30	48.45	44.59	1.830	0.75	0.56	0.12
	24 hour	47.15	43.84	47.17	43.63	48.14	45.29	1.895	0.78	0.87	0.07
	<hr/>										
Hunter value, a ⁵	0 hour	9.26	7.74	8.67	9.53	9.18	8.14	0.700	0.46	0.26	0.33
	3 hour	10.57	8.95	10.40	10.96	10.81	9.55	0.790	0.40	0.37	0.16
	6 hour	10.00	8.99	10.74	10.96	10.33	9.13	0.818	0.69	0.49	0.10
	12 hour	10.23	9.94	10.73	12.26	10.93	9.69	0.926	0.22	0.27	0.08
	24 hour	11.05	10.70	12.25	13.38	12.26	10.65	1.092	0.20	0.47	0.03
	<hr/>										
Hunter value, b ⁶	0 hour	5.16	4.59	4.96	4.96	5.47	5.04	0.288	0.41	0.99	0.34
	3 hour	5.49	4.95	5.64	5.32	5.88	5.26	0.324	0.67	0.99	0.20
	6 hour	5.56	5.22	5.83	5.38	5.98	5.37	0.295	0.88	0.88	0.15
	12 hour	5.75	5.43	5.89	5.72	6.43	5.63	0.342	0.34	0.77	0.11
	24 hour	5.78	5.50	6.27	5.88	6.25	5.61	0.320	0.78	0.92	0.07

¹ AA : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier A 0.05% 2) AB : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier B 0.05% 3)

AC : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier C 0.05% 4) BA : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier A 0.05% 5)

BB : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier B 0.05% 6) BC : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier C 0.05%

² Standard error of the mean

³ En: enzyme; Em: emulsifier

⁴ L: luminance or brightness (vary from black to white)

⁵ a: red-green component (+a = red, -a = green)

⁶ b: yellow-blue component (+b = yellow, -b = blue)

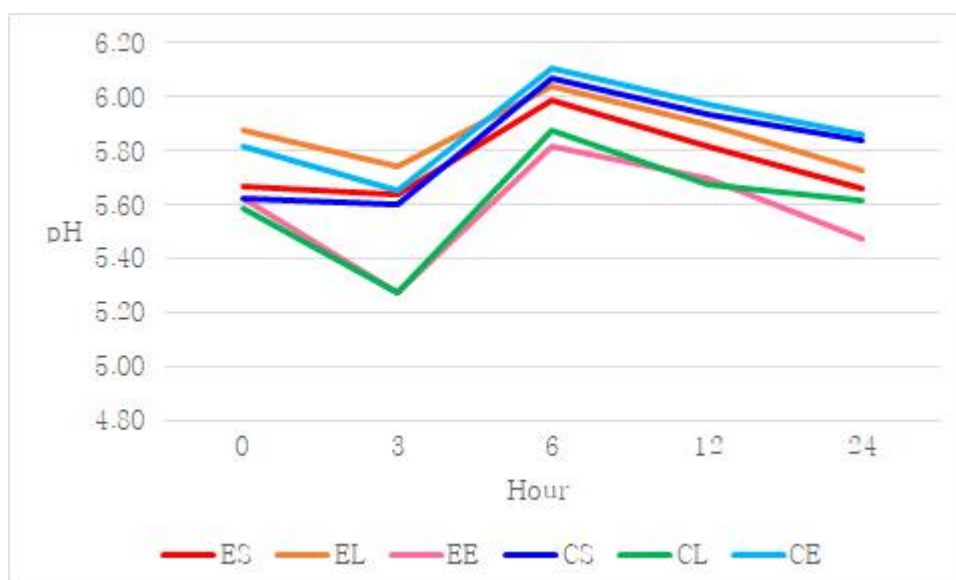


그림 20. 육성비육돈 사료 내 효소제 및 유화제의 종류별 첨가가 시간에 따른 돈육의 pH 변화에 미치는 영향

표 180. 육성비육돈 사료 내 효소제 및 유화제의 종류별 첨가가 도체율, 등지방 및 육질 등급에 미치는 영향

	Treatment ¹						SEM ²	P - value ³		
	AA	AB	AC	BA	BB	BC		En	Em	En × Em
Dressing rate, %	75.2	73.3	73.6	71.4	72.3	70.3	17.4	0.03	0.60	0.53
Backfat thickness, mm	21.8	22.8	22.0	19.8	17.3	17.0	2.51	<0.01	0.50	0.26
Grade, % (head)										
1+	16.7(1)	16.7(1)	16.7(1)	16.7(1)	16.7(1)	16.7(1)	0.00			
1	83.3(5)	50.0(3)	33.3(2)	16.7(1)	50.0(3)	16.7(1)	25.28			
2	0.0(0)	33.3(2)	50.0(3)	66.7(4)	33.3(2)	66.7(4)	25.28			

¹ AA : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier A 0.05% 2) AB : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier B 0.05% 3) AC : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier C 0.05% 4) BA : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier A 0.05% 5) BB : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier B 0.05% 6) BC : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier C 0.05%

² Standard error of the mean

³ En: enzyme; Em: emulsifier

표 181. 육성비육돈 사료 내 효소제 및 유화제의 종류별 첨가가 돈육 품질에 미치는 영향

	Treatment ¹						SEM ²	P - value ³		
	AA	AB	AC	BA	BB	BC		En	Em	En × Em
Proximal analysis, %										
Moisture	74.76	74.37	74.22	73.78	70.41	73.49	1.582	0.27	0.62	0.68
Crude ash	5.63	4.13	6.23	5.22	4.13	5.63	6.395	0.44	0.49	0.57
Crude protein	22.01	23.08	23.22	21.69	21.49	22.67	0.732	0.19	0.34	0.65
Crude fat	2.62	2.67	3.21	2.40	2.41	3.13	0.351	0.70	0.44	0.99
Physiochemical property										
Cooking loss ⁴	28.6	28.1	29.2	28.7	31.1	28.9	1.07	<0.01	0.50	0.26
Shear force ⁵	47.0	46.1	45.7	43.0	47.4	35.7	4.41	0.27	0.62	0.68
WHC ⁶	74.4	75.8	69.7	71.1	66.4	73.9	3.52	0.03	0.60	0.53

¹ AA : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier A 0.05% 2) AB : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier B 0.05% 3) AC : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier C 0.05% 4) BA : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier A 0.05% 5) BB : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier B 0.05% 6) BC : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier C 0.05%

² Standard error of the mean

³ En: enzyme; Em: emulsifier

⁴ Cooking loss unit: %

⁵ Shear force unit: kg/0.5 inch²

⁶ WHC: water holding capacity

라. 경제성 분석 (Economic analysis)

육성비육돈 사료 내 효소제 및 유화제의 종류별 첨가가 돈육 품질에 미치는 영향을 표 182에 나타내었다.

경제성 분석에 있어서 처리구간 효소제 및 유화제 종류로 인한 유의적 영향은 발견되지 않았다. 다만 증체 당 사료비는 enzyme A가 첨가된 처리구들이 enzyme B가 첨가된 처리구들에 비해 그 평균이 낮았다 (888.2 < 893.9). 수치상으로 보았을 때는 enzyme A와 emulsifier C가 첨가된 AC 처리구에서 제일 높았으며 enzyme A와 emulsifier A가 첨가된 AA 처리구에서는 제일 낮았다.

전체 실험 기간에서 두당 총 사료비는 enzyme A가 더 높았으나 (60,335.8 > 59,676.1), 출하 일령은 더 짧았음을 (116.8 < 117.3) 고려했을 때 enzyme A가 첨가된 처리구가 경제적으로 더 낫다고 할 수 있으며 특히 AA 처리구는 BA 처리구에 비해 출하일령이 7일이나 짧았다.

따라서 돈육 1kg 당 사료비 및 출하 일령을 바탕으로 경제성을 생각해 보았을 때 enzyme A와 emulsifier A가 첨가된 AA 처리구가 경제적으로 가장 좋은 것으로 사료된다.

표 182. 육성비육돈 사료 내 효소제 및 유화제의 종류별 첨가가 경제성에 미치는 영향

	Treatment ¹						SEM ²	P - value ³		
	AA	AB	AC	BA	BB	BC		En	Em	En × Em
Feed cost per weight gain, won/kg										
0-3 weeks	790	797	804	748	796	789	20.1	0.54	0.72	0.87
4-6 weeks	797	767	812	842	794	816	25.1	0.63	0.80	0.95
7-10 weeks	1,003	1,004	1,106	968	997	1,110	60.8	0.85	0.30	0.97
11-13 weeks	837	872	912	921	971	839	52.2	0.65	0.87	0.63
0-13 weeks	868	871	924	877	898	906	22.0	0.83	0.42	0.79
Total feed cost per pig, won/head										
0-3 weeks	10,221	10,245	10,238	9,961	10,229	10,033	124.3	0.77	0.98	0.98
4-6 weeks	12,379	11,625	11,441	11,243	11,889	11,328	424.5	0.57	0.80	0.59
7-10 weeks	18,557	18,627	18,486	18,271	18,831	18,193	234.6	0.42	0.10	0.33
11-13 weeks	19,641	19,905	19,637	19,574	19,736	19,734	116.2	0.94	0.95	0.98
Total	60,799	60,404	59,804	59,052	60,686	59,289	736.7	0.65	0.85	0.85
Relative ratio	100.0	99.4	98.4	97.1	99.8	97.5				
Days to market weight (reached at 115 kg BW)										
	116.5	119.5	114.3	121.3	110.4	120.2	4.14	0.92	0.80	0.39

¹ AA : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier A 0.05% 2) AB : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier B 0.05% 3) AC : Corn-SBM basal diet + enzyme A 0.10% + emulsifier C 0.05% 4) BA : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier A 0.05% 5) BB : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier B 0.05% 6) BC : Corn-SBM basal diet + enzyme B 0.10% + emulsifier C 0.05%

² Standard error of the mean

³ En: enzyme; Em: emulsifier

IV. 결론 (Conclusion)

본 연구는 사료 내 효소제 및 유화제의 종류별 첨가가 육성비육돈의 성장성적과 돈육 품질, 경제성에 미치는 영향을 규명하기 위해 진행되었다.

사양실험 결과, 효소제와 유화제의 종류는 육성비육돈의 성장성적에 어떠한 영향도 미치지 못하며 그들 사이에 유의적 상호작용도 없는 것으로 나타났다.

돈육의 pH 및 육색에 있어 도축 후 경과한 시간에 따라 각각 효소제와 유화제 사이의 상호작용으로 인해 enzyme A가 사용되었을 경우 emulsifier C가 사용된 AC 처리구가, enzyme B가 사용되었을 경우 emulsifier B이 사용된 BB 처리구가 다른 처리구들에 비해 낮은 수치를 나타내었으며 이는 24시간 뒤의 적색도에 있어서도 마찬가지로 결과를 나타냈으나 정상육 범위를 벗어나지는 않은 것으로 나타났다. 따라서 사료 내 효소제 및 유화제의 종류는 돈육의 pH 및 육색에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다.

도체의 도체율, 등지방 두께 및 등급에 있어 효소제 요인에 의한 유의적인 영향이 나타났으며 enzyme A가 첨가된 처리구들에서 더 나은 수치들을 나타냈다. 가열감량 및 보수력에 있어서도 enzyme A가 첨가된 처리구들에서 유의적인 개선이 나타났다. 일반성분분석에서는 효소제, 유화제 및 그들 간의 상호작용으로 인한 유의적 영향은 발견되지 않았다.

마지막 경제성 분석에 있어서도 enzyme A가 첨가된 처리구들이 enzyme B가 첨가된 처리구들보다 낮게 나왔으며 그 중 enzyme A와 emulsifier A가 첨가된 AA 처리구에서 제일 좋은 수치를 나타내었다.

결론적으로 육성비육기까지 에너지원의 소화율을 높이기 위한 방편으로써 사료 내 효소제의 종류는 enzyme A가 enzyme B에 비해 더 나은 것으로 사료된다. 유화제의 종류나 효소제와 유화제 사이의 상호작용으로 인한 영향은 없으나 돈육품질 및 경제성을 고려했을 때 enzyme A와 emulsifier A가 첨가된 AA 처리구가 가장 좋은 것으로 생각된다.

연구 4. 개발 기술의 현장보급 확산을 위한 관련 정책안 제시

정책제안 1. 사료관리법에서 조단백질 함량을 제시하는 기존 법규에서 라이신 함량으로 변경

■ 사료관리법 법령 (조단백질 또는 영양소 표기 및 제시 규정)

현재 국내에서 시행되고 있는 사료관리법 제9조제1항에 사료의 성분등록이 의무화 되고 있으며, 해당 법규에서 제시하고 있는 사료 등의 기준 및 규격에서 조단백질 함량을 사육단계별로 최대량을 설정하여 허용치를 초과하지 못하도록 규제하고 있다. 사료관리법에서 이처럼 사료의 영양소 함량의 기준으로 조단백질 함량으로 설정된 것에는 기존에 1980년대까지 연구들이 사료 내 조단백질 함량에 초점이 맞추어져 있었기 때문이다 (Fuller and Chamberlain, 1985; Whittemore, 1983). 동물이 생명을 유지하기 위해 필수적으로 섭취되어야 하는 영양소를 필수영양소라고 한다. 이 필수영양소에는 탄수화물, 단백질, 지방을 비롯해서 비타민 및 광물질 등 다양한 영양소들을 필요로 한다. 이러한 다양한 영양소들은 체내에서 대사과정을 거치면서 크게 에너지원으로 이용되거나 체내 물질을 합성하는데 이용된다. 탄수화물과 지방은 주로 에너지원으로 체내에서 전환되고 단백질의 경우 체내 단백질 합성 및 조직을 형성하는데 이용된다. 따라서 기존의 많은 사양표준에서 대표적으로 에너지 요구량과 단백질 요구량이 기본적으로 설정되어 있다. 따라서 원료 사료 내 에너지 함량 및 단백질 함량에 관한 연구와 동물의 에너지 및 단백질 요구량에 관한 연구 위주로 진행되었다.

■ CP함량 제시함으로써 발생하는 부정적 영향

하지만 단백질 함량을 기준으로 하였을 때 몇 가지 문제점이 발생할 수 있다. 단백질은 20가지의 아미노산이 펩타이드 결합으로 연결되어 있는 중합체이다. 체내로 흡수되기 위해서는 기본적으로 단백질 분해효소에 의해서 각각의 아미노산으로 분해되어야 흡수가 원활하게 진행된다. 아미노산은 체내에서 합성되지 못하거나 합성되더라도 그 양이 충분하지 못해서 반드시 외부에서 공급되어야 하는 필수 아미노산과 체내에서 충분히 합성되어 그 양이 충분한 것을 비필수 아미노산으로 분류한다. 필수 아미노산 중에서도 사료를 통해서 공급될 때 결핍되기 쉬운 아미노산을 제한 아미노산이라고 부르며, 옥수수과 대두박을 기초로 한 국내 대부분의 사료에서는 라이신과 메치오닌이 각각 제1 제한 아미노산과 제2 제한 아미노산으로 분류된다. 체내에서 아미노산을 이용하여 특정 단백질을 합성할 때 이러한 제한 아미노산이 부족하게 되면 다른 아미노산들이 아무리 풍부하더라도 제대로 이용되지 못하게 된다. 사료 내 특정 아미노산이 부족하거나 오히려 특정 아미노산이 과다하게 공급되게 되면 아미노산의 불균형 및 비균형이 발생할 수 있다. 대표적으로 미국의 대표적인 사양표준으로 당시

에 우리나라의 사양표준의 기초가 되었던 NRC (1998)의 경우에도 아미노산 조성보다는 단백질 요구량에 집중하고 있는 모습을 보인다. 따라서 NRC (1998)에서는 상대적으로 높은 단백질 요구량을 보여주고 있다. 그러나 이는 동물이 필요로 하는 필수 아미노산을 합리적으로 공급하기 어려운 방식이며 오히려 아미노산 균형을 무너뜨려 이용률을 떨어뜨릴 수 있다. 따라서 아미노산의 균형을 고려하지 않은 단백질 함량의 제시 및 규제는 무의미하다고 할 수 있으며, 사료를 이용하는 당사자들에게는 단백질 함량 그 자체보다는 각각의 아미노산들의 함량이 사료의 가치를 판단하는데 있어서 더욱 중요하며 필요한 자료라고 할 수 있다.

■ 라이신 함량으로 제시 시 예상되는 기대효과 (1998 > 2012) 밸런스

최근 연구동향을 살펴보면, 단백질 함량 자체보다는 제 1 제한 아미노산인 라이신 대비 타 아미노산들의 비율, 에너지와 라이신의 비율에 관한 실험 등 아미노산에 연구 초점이 맞춰지고 있다 (Apple 등, 2004; Hill과 Mahan, 2016; Feyera와 Theil, 2017). 그 중에서도 필수 및 비필수 아미노산 간의 균형이 완벽한 경우를 이상 단백질이라고 하며 해당 아미노산 조성에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 또한 합성아미노산의 생산에 있어서 발전이 이루어지면서 제한 아미노산들을 합성아미노산을 통해 효율적으로 공급할 수 있게 됨으로써 아미노산 조성에 관한 연구가 용이해지고 있다. 이러한 변화는 NRC (2012)를 통해서도 쉽게 확인할 수 있다. NRC (2012)로 개정되면서 가장 크게 바뀐 부분이라고 한다면 단백질 요구량이 크게 감소하고 아미노산 요구량이 늘었다는 점이다. 이는 불필요한 단백질 요구량을 낮추고, 아미노산 균형을 위해서 부족한 제한 아미노산들은 합성 아미노산을 통한 보충을 염두에 두고 있는 것이다.

이처럼 단백질 중심이 아닌 라이신을 비롯한 아미노산 중심으로 기준 및 규제가 이루어진다면 여러 가지 부수적인 효과를 얻을 수 있다. 첫째로, NRC (2012)에서 나타난 것처럼 사료 내 조단백질 함량을 낮출 수 있다. 동물이 요구하는 것은 단백질이 아닌 최종 분해산물인 아미노산이다. 따라서 동물이 요구하는 아미노산 함량에 중점을 맞춘다면 불필요한 조단백질 함량을 낮출 수 있는 것이다. 조단백질에는 필수 아미노산뿐만 아니라 비필수 아미노산들이 다량 함유되어 있기 때문에, 필수 아미노산을 공급하기 위해서 조단백질 함량을 높이는 것은 아미노산 비균형을 초래할 수 있을 뿐만 아니라 영양소 낭비로 이어질 수 있다. 둘째로, 아미노산 균형을 개선함으로써 아미노산 이용률을 증대시킬 수 있다 (Green과 Hardy, 2002). 체내에서 아미노산을 효율적으로 이용하기 위해서는 제한 아미노산의 부족함이 없어야 한다. 제한 아미노산이 부족하게 되면 충분한 아미노산을 흡수했어도 이용할 수 없게 된다. 그렇기 때문에 조단백질 함량을 낮추고 합성 아미노산을 통한 부족한 제한 아미노산을 공급한다면 아미노산 균형을 개선시킬 수 있고, 이를 통해서 아미노산 이용률을 증대시킬 수 있을 것으로 판단된다. 셋째는 조단백질을 낮추면서 이상 단백질 아미노산 조성을 고려함으로써 불필요한 질소의 배출을 저감할 수 있다 (Kerr와 Easter, 1995). 가축의 분뇨 내 질

소 배출은 환경오염에 지대한 영향을 미칠 수 있으며, 최근 축산폐수처리에 관한 법률이 점차 강화됨에 따라 분뇨 내 질소 감량은 농가들에게 있어서도 부담이 되고 있다. 배출되는 질소의 대부분은 미소화 단백질, 체내 단백질 대사산물이 주를 이룬다. 따라서 질소 배출량을 줄이기 위해서는 소화율을 높이거나 단백질 함량을 낮춰 미소화 단백질을 줄여야 한다. 또한 체내 아미노산 이용률을 높여 암모니아 형태로 전변되는 것을 방지해야 한다. 조단백질 함량이 아닌 라이신 함량을 제시한다면, 앞선 언급된 것처럼 사료 내 조단백질 함량을 줄일 수 있고 체내 아미노산 이용률을 증진시킴으로써, 배출되는 질소를 줄일 수 있을 것으로 사료된다. 또한 이와 관련한 전문적인 연구를 수행하여, 과학적인 연구결과를 근거로한 규제기준을 마련할 필요성이 있다.

■ 정책제안시, 제시 라이신 함량 (한국사양표준 2012 기준)

	이유 자돈 전기	이유 자돈 후기	육성돈 전기	육성돈 후기	비육돈 전기	비육돈 후기
Total Lys, %	1.56	1.39	1.22	1.01	0.91	0.76
SID Lys, %	1.39	1.24	1.08	0.89	0.80	0.66

정책제안 2. 자돈 사료 내 유제품의 상한 첨가수준 제한

■ 유럽의 유제품 사용 현황

유럽 양돈선진국에서 사용되는 자돈기 사료 내 유제품의 함량은, 일반적으로 자돈전기에서 15%를 초과하지 않으며, 자돈후기에서 5% 내외를 유지하고 있다. 일례로, Callesen 등 (2007)의 연구에서는 자돈기 사료에 유제품을 5% 첨가하고 있으며, Bikker 등 (2004)의 연구에서는 자돈기 사료에 유제품을 11% 첨가하는 것을 알 수 있다. 하지만 유럽에 기반을 둔 유제품 제조 회사들이 국내에서 프로모션을 할 때에는 유제품의 첨가수준이 높으면 높을수록 좋다는 식의 마케팅 전략을 펼침으로써, 국내 양돈농가들은 유제품 함량에 대한 잘못된 인식을 가지고 있게 되었다.

■ 국내 수입되는 유제품 함량 및 가격, 물량

통계청 자료에 따르면 국내에 수입되는 유제품의 물량이 수출량에 비해 압도적으로 많으며, 그에 따른 외화유출이 심각한 상황이다. 국내의 대용유협회에 따르면 국내의 유제품 생산실적은 매달 4천 톤 가량이 생산되고 판매가 이루어지고 있지만, 어린동물에 있어서의 유제품의 수요가 높아 대부분의 물량을 수입에 의존하고 있는 상황이다. 일반적으로 국내에 수입되는 lactose와 whey powder의 kg당 단가는 lactose는 kg당 1,700원선에서 거래가 되고 있으며, whey powder의 경우는 kg당 1,800원 선에서 사용되고 있다.

(단위, 톤, 천\$)

구분		2010	2011	2012	2013	2014
수입 (A)	물량	207,006	280,532	246,732	249,713	130,679
	금액	682,469	1,119,208	925,013	1,018,845	592,912
	원유환산량	1,133,800	1,704,132	1,413,853	1,577,987	843,358
수출 (B)	물량	25,186	27,802	37,138	41,731	24,572
	금액	81,218	97,073	142,234	162,566	85,819
	원유환산량	75,649	72,254	85,274	81,697	33,119
무역수지 (B-A)		-601,251	-1,022,135	-782,779	-856,279	-507,093

(축산유통종합정보센터, 관세청, 2017)

■ 국내에 유통되고 있는 자돈 사료들의 가격

광주전남지방통계청이 조사한 ‘사료값과 가축사육 비교고찰’에 따르면, 구미칠곡농협의 ‘위피그’ 제품이 25kg당 12,930원, 김천 축협이 ‘위피그’ 제품이 25kg당 13,200원, 흥

성축협외 자돈 사료는 20kg당 18,220-13,740원으로 조사되었다. 또한 일반 A 사료회사의 경우, 자돈1호 사료 3,158원/kg로 20kg당 가격이 63,160원으로 높은 가격대를 형성하고 있는 것을 알 수 있다. 하지만 국내에서 젓먹이돼지 및 젓뎨 돼지의 사료생산량 및 판매량은 증가하고 있는 것을 알 수 있으며, 이는 일선 양돈농가에서 유제품이 다량 함유된 자돈 사료의 사용량이 늘어나고 있음을 보여주고 있으며, 높은 가격대의 자돈 사료 사용량이 늘어나고 있는 것은 양돈농가의 사료비용의 지출이 증가하고 있음을 시사한다.

■ 2015-2016년 양돈사료 생산량

	2016년(A)	2015년(B)	B/A
젓먹이돼지	15만4천800톤	11만8천105톤	31.1% ↑
젓뎨돼지	176만794톤	166만909톤	6.0% ↑
육성돈전기	214만9천610톤	208만9천689톤	2.9% ↑
육성돈후기	69만6천146톤	72만2천219톤	3.6% ↓
비육돈	10만3천205톤	11만5천181톤	10.4% ↓
비육돈출하	32만8천765톤	34만4천555톤	4.6% ↓
번식용수태지	5천121톤	3천455톤	48.2% ↑
번식용암태지	2만4천526톤	1만8천345톤	33.7% ↑
임신돼지	64만858톤	63만3천78톤	1.2% ↑
포유돼지	39만3천8톤	38만6천459톤	1.7% ↑
합 계	625만6천833톤	609만1천996톤	2.7% ↑

■ 자돈 사료 내 유제품 함량을 검증한 선행 연구들의 결과를 살펴보면, 진경영 (2013)에서는 유제품 함량을 39%에서 0%까지 감소시켜도 이유 자돈의 성장 성적에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다고 하였으며, 유상현 (2015)에서는 유제품 함량을 10/5%로 감소하여도 30/15% 함량과 동일한 성장 성적을 기록할 수 있다고 하였으며, 김병옥 (2016)에서는 유제품함량이 18/9%와 12/6%를 비교하였을 때 12/6% 처리구의 이유 자돈의 성장 성적이 18/9% 처리구 이유 자돈들의 성장 성적과 대등한 결과를 가지는 것으로 보고하였다.. 이를 종합하여볼 때, 자돈 사료 내 유제품 함량은 phase1에 10-15%, phase 2에 5-10%가 자돈의 성장 성적을 고려하면서 유제품함량을 감소하여 사료비를 절감할 수 있는 적절한 함량으로 생각된다.

■ 앞으로 유제품 첨가수준의 상한선 제시 시 자돈 사료의 생산비용 및 판매가격이 감소하게 될 것으로 예상되며, 유럽에서 수입하는 유제품 사용량 저하로 외화의 유출이 감소되고, 양돈농가의 생산비 중 60%를 차지하는 사료비용을 절감하여 양돈농가의 생산성도 향상될 것으로 사료된다.

정책제안 3. 이유 후 자돈의 사육기간 및 체중의 제안

■ 국내 양돈농가의 상황

유럽에서는 이유 후 6주간 사육 시 24-25kg을 목표로 이유 자돈을 사육하기 때문에, 이에 따른 사료 내 영양소 함량 및 원료들을 선별하여 사용하고 있다. 반면에 우리나라에서는 이유 후 6주간 사육 시 30kg을 목표로 사육하고자 고영양소 함량 및 비싼 유제품이 많이 함유된 자돈 사료를 급여하고 있는 실정이다. 이렇게 된 가장 큰 이유는 우리나라의 위탁장들이 이유 자돈들을 공급받는 기준이 30kg이기 때문에, 이 체중의 돼지로 빨리 성장시켜야 돼지를 생산하는 농가입장에서는 회전율이 높아져서 더 높은 수익을 얻을 수 있게 된다. 하지만, 급격한 성장을 통해 30kg에 도달한 돼지들이 육성비육돈 위탁장에서 성장정체현상이 나타나게 되어 출하일령이 200일을 넘어가게 되어 농가에 피해가 되는 사례가 빈번히 발생하고 있다.

■ 관련 연구결과 및 사례

여러 연구결과들을 통해서 이유 자돈기의 급격한 성장은, 육성·비육기에 성장 성적이 저하되어 출하 시에는 비슷한 성장율을 가지게 되어 성장에 있어서 차이가 없다는 연구결과들이 발표되고 있다. Ishida 등 (2015)와 Martinez-Ramirez 등 (2007)의 연구에 따르면 자돈 및 육성돈 시기의 영양적 제한사양으로 성장 성적이 대조구에 비해 감소하여도, 그 이후에 보상성장을 통하여 대등한 체중에 도달하는 결과를 나타내었다.

■ 제안

여러 연구결과들을 통해서 이유 자돈기 6주차의 적정 체중은 20-25kg 정도가 출하돈(110kg)까지의 출하를 고려하였을 경우에 가장 적절한 목표체중이 되어야 하며, 우리나라의 현실적인 상황을 고려해보았을 때 이유 자돈의 30kg 도달일령을 이유 후 7주-8주로 늦추는 것이 필요하다.

정책제안 4. 분뇨 내 CP 및 total nitrogen 규제 함량 제안

■ 분뇨처리법에 제시된 분뇨배출기준

우리나라의 현행 분뇨배출기준은 아래와 같으며, 수 년 내에 오른쪽 표에 있는 기준까지 감량하게 된다.

구 분		현 행				개 선 방 안			
		BOD	SS	T-N	T-P	BOD	SS	T-N	T-P
허가농가	특정지역	50	50	260	50	50	50	260	50
	기타지역	150	150	-	-	150	150	신설	신설
중 규모 신고농가	특정지역	150	150	-	-	150	150	신설	신설
	기타지역	350	350			350	350		
소규모 신고농가		1,500	-	-	-	삭제 (중규모신고농가 기준 적용)			

하지만 이러한 강화되는 배출기준을 우리나라 한돈농가들이 준수하기는 어려운 실정이다. 국내의 양돈농가들이 가장 관리하기 힘든 물질이 총 질소 (T-N)이며, 1차 500mg/l까지는 어느 정도 가능하다, 현재의 농가들의 능력으로 250mg/l 적용은 어렵다는 것이 전문가들의 의견이다. 질소의 저감은 기존 호기포기 방식이 아닌 전문적인 혐기-탈질과정이 반드시 필요하기 때문이며, 일본의 경우에도 초산성질소 기준을 120mg/l까지 강화하는 목표를 가지고 있으나 9여년이 지난 지금까지 500mg/l 수준밖에 적용하지 못하는 이유도 이러한 기술적 부분 때문이다. 정화방류가 가장 활성화되어 있는 일본의 정책을 따라가고 있는 우리나라가 일본보다 높은 기준을 먼저 적용할 필요는 없다. 또한, 일본은 대부분 스크레파 돈사로써 기본적으로 정화방류가 용이한 구조를 가지고 있다. 대부분 슬러리 돈사 구조를 갖고 있는 우리나라가 동일한 기준을 적용 한다는 것은 사실상 농가의 현실을 무시하고 정책을 추진하는 것이다.

■ 일본과 우리나라의 제한 기준의 차이점

일본의 경우 우리나라와 달리 실제 수질에 영향을 적게 미치는 암모니아성 질소는 40%만 적용하는 ‘초산성 질소’ 기준을 적용하고 있다. 그러나 우리나라는 모든 질소성분을 포함하는 총 질소로 규제하고 있는 상황이다.

- 일본의 질소합계 = 질산성질소 + 아질산성질소 + 40%암모니아
- 우리나라의 질소합계 = 질산성질소 + 아질산성질소 + 암모니아

이러한 계산법의 차이에도 불구하고, 일본의 제한기준을 국내에 적용하고자 하여, 국내 양돈 농가들은 이를 해결해야하는 부담을 떠안게 된 실정이다.

<표 3-14> 일본과 우리나라의 축산폐수 처리시설의 수질 항목 및 기준 비교

수질 항목	일 본		한 국				
	全國 ¹⁾	群馬縣 ²⁾	축산폐수 공공처리장	허 가 특정	신 고 기타	특정	기타
pH	5.6~8.6 (海域 이외의 공공수역)		N/A				
BOD, mg/ℓ	160 (일평균 120)	80	30	50	150	150	350
COD, mg/ℓ	160 (일평균 120)	(80)	50				
SS, mg/ℓ	200 (일평균 150)	120	30	50	150	150	350
T-N, mg/ℓ	120 (일평균 60) 100 ⁴⁾	120 (일평균 60)	60	260			
		260 ³⁾ (일평균 200)					
		1500 ⁵⁾					
T-P, mg/ℓ	16 (일평균 8)	16 (일평균 8)	8	50			
		50 ³⁾ (일평균 40)					
대장균 群數	N/A	평균 3000개/일	3,000개				

¹⁾ 일본의 전국 수준 (national level) > 50㎡/일 이상 (양돈 10,000두 규모) :

²⁾ 일본 군마현 수준 (national level) > 10㎡/일 이상의 생활하수 (양돈 2,000두 규모)

³⁾ 2003. 9. 30 까지 잠정적으로 적용. 단, 방류수량 10㎡/일 이상의 축산폐수 (군마현기준);

⁴⁾ '질소 함'으로 2004. 6. 30.까지 잠정적으로 적용. 단, 방류수량 50㎡/일 이상 (전국수준).
단, 여기서 '질소 함' = 질산성질소+아질산성질소+40%의 암모니아성을 나타냄.

⁵⁾ '질소 함' 이란 단, 방류수량이 10㎡/일 이하의 축산폐수 (전국 및 군마현 기준)

자료 : Watanabe, 1998 : 축산환경보전의 시おり, 2003. 群馬縣農政部畜産課.

■ 우리나라 상황에 맞는 제한수준의 개정이 필요

분뇨의 Cp, total nitrogen 함량 규제수준이 점점 낮아지고 있는데, 일본의 경우와 우리나라의 계산법이 다르므로, 이를 고려한 국내 상황에 맞는 적절한 규제수준이 다시 재고되어야 한다.

연구 5-1. 현장 실증 실험에서 도출된 문제점 분석 및 개발 기술의 고도화 I

I. 서론 (Introduction)

우리나라 양돈 산업의 경우 대내외적으로 여러 상황에 영향을 크게 받고 있다. 한국양돈 산업은 중국, 미국, EU 등 여러 나라와의 FTA 체결로 인한 국제적인 경쟁 상황에 놓여있고 이외에도 구제역 (FMD)이나 돼지 생식기 호흡기 증후군 (PRRS)과 같은 여러 질병 발생에 직면하고 있다. 게다가, 현재는 양돈 사료 내에 주요 원료인 옥수수과 대두박의 가격이 낮게 형성 된 편이지만 이상기후와 최근 유럽연합 (EU) 탈퇴를 선언한 영국의 '브렉시트' 여파 등으로 국제곡물가격이 들쭉이면서 사료값 인상에 대한 우려가 높아지고 있다 (한국사료협회, 2016). 그렇기 때문에 국내외적으로 발생하는 여러 상황에 대해서 항시 예의 주시하고 준비하는 태도가 필요하다. 이런 어려운 상황을 극복하기 위해 많이 사용해오던 옥수수와 대두박 대신에 사용할 수 있는 대체원료를 찾아 사료 가격을 낮출 수 있는 방안을 찾기 위한 연구가 활발하게 진행 중이다.

아마박, 옥수수주정박, 채종박 등 많은 대체원료 중에서 현재 대체원료로 주목을 받고 있는 것이 팜박 (palm kenel meal)이다. 팜박은 가금류, 돼지 및 토끼를 포함한 다양한 단위동물의 사료 원료로 광범위하게 연구되고 있다 (Okoye 등, 2006; Onifade 와 Babatunde, 1998; Perez 등, 2000). 팜박은 팜나무의 열매로부터 기름을 추출하고 남은 부산물로, 열대 지역에서 많이 생산 된다 (Onwudike, 1986c; Agunbiade 등, 1999). 특히, 말레이시아와 인도네시아와 같은 동남아시아 지역이 주 원산지로서 다른 기름을 생산하는 식물보다 1 헥타르 당 더 많은 기름을 생산하고 있다 (Onifade 와 Babatunde, 1998; Perez 등, 2000; Sumathi 등, 2008). 또한, 팜박의 영양학적 측면으로써는 단백질의 함량이 15-18%, Lysine의 함량이 0.49% 정도로 옥수수나 소맥피에 비해 높은 편이다. 하지만, 양돈 사료에 사용하는데 있어서 몇몇 제한 요소가 있다. 색깔이 검고, 기호성이 낮으며, 촉감이 모래 같으며, 섬유소 함량과 비전분성다당류 (NSP) 함량이 높으며, 필수 아미노산은 부족하고, 항영양인자 (anti-nutritional factor)가 포함되는 등 단위동물에서는 사용이 제한적이다 (Sundu 와 Dingle, 2003; Babatunde 등, 1975 ; Jang, 2012). 팜박의 비전분성다당류의 대부분은 만난 (mannan)으로 구성되어 있으며 이러한 만난은 단위동물에 있어 항영양인자이기 때문에, 돼지에 있어서는 영양분을 흡수하고 소화하는데 부정적인 영향을 미친다. 게다가, 만난은 포도당 대사 (glucose metabolism)와 인슐린 분비를 방해하고 억제한다. 이러한 인슐린 분비 억제는 장내 흡수율을 떨어뜨리고 말초 조직 안의 포도당과 아미노산 이용을 방해하여 성장과 사료 효율을 감소시키는 결과를 초래 한다 (Rainbird 등, 1984). 하지만 mannan을 분해할 수 있는 효소인 mannanase 효소를 첨가하게 되면 mannan의 부정적인 영향을 최소화 할 수 있고 팜박의 이용효율을 높여 사료 효율 및 성장 성적 개선 효과까지 기대 할 수 있다 (Jackson 등, 1999).

이전 선행 연구였던 “자돈 팜박 수준별 첨가 사양실험” 을 통해 자돈에서 12% 첨가까지 가능함을 선행 연구를 통해 입증되었다. 하지만 또 다른 선행 연구였던 “팜박 12% 첨가 현장 검증 실험” 에서 성장 성적에서 문제점을 보이기도 했다. 선행연구를 바탕으로 문제점을 보완하여 현재 운영되고 있는 양돈농가에서 더 효율적으로 팜박을 사용할 수 있도록 그 효과를 평가해 보기 위해 이번 실험이 수행 되었다.

II. 실험 재료 및 방법 (Materials and methods)

가. 실험 동물 및 실험 설계 (Experimental animal and design)

사양실험을 위해 평균체중 8.34 ± 0.005 kg의 삼원교잡종 ([Yorkshire \times Landrace] \times Duroc) 자돈 160두를 공시하여 실험을 수행하였다. 전라남도 무안군 청계면 송현리 624-9번지 대우농장에서 수행되었다. 실험돈은 사료와 물의 자유 급이가 가능하고, 온도 조절이 용이한 돈사에서 사육되었으며, 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율을 측정하기 위하여 자돈전기 (0-3주)와 자돈후기 (4-6주)로 나누어 각 시기별로 체중과 사료 섭취량을 측정하였다. 자돈기 6주 동안 전체 4처리 5반복으로 돈방 당 8두씩 (암컷 4두, 수컷 4두씩)을 난괴법 (Randomized complete block design; RCBD)으로 배치하였으며 각 돈방 당 평균 체중을 기준으로 배치하였다. 실험의 처리구는 1) NC : 옥수수, 대두박 위주의 기초사료 + PKM12% (ME 3,265 kcal/kg) 2) HPS : 옥수수, 대두박 위주의 기초사료 + PKM12% + Soypeptide 3.6% (ME 3,300 kcal/kg) 3) HP : 옥수수, 대두박 위주의 기초사료 + PKM12% (ME 3,300 kcal/kg) 4) PC : 시판사료 (두산생물자원)로 구성되어 있다. 시판사료를 제외한 처리구의 경우 영양소 요구량은 NRC (1998)기준으로 하였으며, CP는 예외적으로 NRC (2012) 기준으로 하였다. 옥수수-대두박 위주의 기초 사료에 팜박을 12% 첨가 후 팜박 내 mannan의 이용성을 높이기 위하여 사료에 mannanase (0.10%, CTC바이오)를 첨가하였다.

나. 실험사료 (Experimental diet)

옥수수-대두박을 실험사료의 기초사료로 이용하였으며, 자돈 전기 및 자돈 후기에 팜박을 12% 첨가하여 실험사료를 배합하였다. 실험사료의 대사에너지는 자돈전기 때는 NC 처리구의 경우 3,265.02 kcal/kg 이었고 HPS와 HP 처리구의 경우에는 각각 3,300.03 kcal/kg 과 3,300.02 kcal/kg 이었다. 자돈후기 때는 NC 처리구의 경우 3,265.00 kcal/kg 이었고 HPS와 HP 처리구의 경우에는 각각 3,300.03 kcal/kg 과 3,300.00 kcal/kg 이었다. 라이신 (lysine)의 총 함량은 자돈 전기와 자돈 후기에 각각 1.35 %, 1.15 %이었으며, CP는 각각 20.56 %, 18.88%로 설정하였다. PC 처리구의 경우에는 두산사료에서 시판 중

인 사료를 이용하여 자돈전기 (0-3주)는 “허니도니 2호” , 자돈 후기 (4-6주)는 “허니도니 3호” 를 이용하였다. 자돈구간에 사용한 사료의 배합비 및 영양소 함량을 표 183, 184에 제시하였다.

표 183. 자돈 전기 실험 사료 배합비 (0-3주)

Ingredient, %	Treatment ¹		
	NC	HPS	HP
Expanding corn	25.33	26.65	24.42
SBM	33.13	28.15	33.28
Barley	10.00	10.00	10.00
Sweet whey powder	4.00	4.00	4.00
Wheat bran	0.53	0.53	0.53
Lactose	8.00	8.00	8.00
Palm kernel meal	12.00	12.00	12.00
Soypeptide	0.00	3.60	0.00
Soy-oil	3.61	3.62	4.37
MDCP	1.28	1.28	1.28
Limestone	1.07	1.08	1.07
L-lysine · HCl, 78%	0.28	0.31	0.28
DL-methionine, 99%	0.05	0.05	0.06
Threonine, 99%	0.07	0.09	0.07
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30
ZnO	0.05	0.05	0.05
Manannase ⁴	0.10	0.10	0.10
Sum	100.00	100.00	100.00
Chemical composition			
ME, kcal/kg ⁵	3,265.02	3,300.03	3,300.02
Moisture, % ⁶	8.62	8.61	8.52
Crude protein, % ⁶	17.17	19.33	19.00
Crude fat, % ⁶	5.52	5.34	6.32
Crude ash, % ⁶	6.57	6.77	6.54
Lysine, % ⁵	1.35	1.35	1.35
Methionine, % ⁵	0.35	0.35	0.35
Threonine, % ⁵	0.86	0.86	0.86
Ca, % ⁵	0.80	0.80	0.80
Total P, % ⁵	0.65	0.65	0.65

¹ NC : corn-soybean meal based diet + PKM12% (ME 3,265 kcal/kg), HPS : corn-soybean meal based diet + PKM12% + Soypeptide 3.6% (ME 3,300 kcal/kg), HP : corn-soybean meal based diet + PKM12% (ME 3,300 kcal/kg)

² Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000 IU; Vit D₃, 3,200 IU; Vit. E, 35 IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoftavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug

³ Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet : Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg

⁴ CTCzyme provided by CTCbio corporation

⁵ Calculated value

⁶ Analyzed value

표 184. 자돈 후기 실험 사료 배합비 (4-6주)

Ingredient, %	Treatment ¹		
	NC	HPS	HP
Expanding corn	36.88	37.76	35.86
SBM	28.49	24.35	28.65
Barley	10.00	10.00	10.00
Sweet whey powder	2.00	2.00	2.00
Wheat bran	0.31	0.31	0.31
Lactose	4.00	4.00	4.00
Palm kernel meal	12.00	12.00	12.00
Soypeptide	0.00	3.00	0.00
Soy-oil	3.52	3.65	4.29
MDCP	1.08	1.08	1.09
Limestone	0.96	0.96	0.95
L-lysine · HCl, 78%	0.19	0.21	0.18
DL-methionine, 99%	0.02	0.02	0.02
Threonine, 99%	0.01	0.03	0.01
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30
ZnO	0.05	0.05	0.05
Manannase ⁴	0.10	0.10	0.10
Sum	100.00	100.00	100.00
Chemical composition			
Total ME, kcal/kg ⁵	3,265.00	3,300.03	3,300.00
Moisture, % ⁶	8.74	8.50	8.75
Crude protein, % ⁶	18.33	19.16	19.04
Crude fat, % ⁶	6.42	6.62	6.85
Crude ash, % ⁶	4.30	4.83	4.94
Lysine, % ⁵	1.15	1.15	1.15
Methionine, % ⁵	0.30	0.30	0.30
Threonine, % ⁵	0.74	0.74	0.74
Ca, % ⁵	0.70	0.70	0.70
Total P, % ⁵	0.60	0.60	0.60

¹ NC : corn-soybean meal based diet + PKM12% (ME 3,265 kcal/kg), HPS : corn-soybean meal based diet + PKM12% + Soypeptide 3.6% (ME 3,300 kcal/kg), HP : corn-soybean meal based diet + PKM12% (ME 3,300 kcal/kg)

² Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000 IU; Vit D₃, 3,200 IU; Vit. E, 35 IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoiflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug

³ Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet : Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg

⁴ CTCzyme provided by CTCbio corporation

⁵ Calculated value

⁶ Analyzed value

다. 사양실험 (Feeding trial)

사양실험은 자돈전기 3주, 자돈후기 3주로 총 6주간 진행되었다. 사양실험 동안 실험돈은 플라스틱 베드가 설치된 컨테이너 돈사에서 사육되었으며 각 돈방에는 하나의 사료급이기와 두 개의 니플 급수기가 설치되어 있었다. 전체 실험 기간 동안 물과 사료는 무제한 자유채식 (*ad libitum*)하도록 하였다. 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료의 변동 시점을 고려하여 개시 시점 (initial), 자돈전기 (0-3주), 자돈후기 (4-6주)의 종료일에 측정하였으며, 각 사육 단계에 맞추어 일당증체량 (ADG : average daily gain), 일당사료섭취량 (ADFI : average daily feed intake), 사료효율 (G:F ratio : gain per feed ratio)을 측정하였다.

라. 설사빈도 (Incidence of diarrhea)

설사빈도를 조사하는 방법은 다양하게 존재하나 가장 많이 사용되는 방법은 설사 발생 빈도에 따라 4단계 (0-3)로 구분하여 점수를 부여하였다. 0의 경우 설사가 하나도 발생하지 않는 경우이며 3의 경우 모든 돼지에 있어 설사가 발생하는 경우를 말한다. 분의 발생 빈도를 확인하는 것의 객관성을 확보하기 위하여 실험 기간 동안 한 사람이 측정하였고, 실험 개시 후 매일 오전 8시에 실험돈들을 대상으로 주기적으로 실시하였으며, 분의 발생 빈도는 각 실험자돈을 대상으로 돈방 단위로 계산하여 발생 빈도를 측정하였다. 분변 발생 빈도의 전체적인 경향 파악을 위하여, 각 실험단계별 Phase I 및 Phase II로 나누어 통계 분석을 하였다.

마. 혈액 성상 (Blood profiles)

혈액은 각 시기별로 처리당 6두씩을 선발하여 경정맥에서 채취하여 혈액 성상을 분석하였다. 혈액은 disposable culture tube에 포집하여 3,000rpm, 4℃ 상태로 15분 동안 원심 분리 하였다. 그 후 micro tube 보관용기에 혈청만을 분리하여 분석 시까지 -20℃로 보관 하였다. 보관된 혈액은 혈액 분석기를 통하여 각 시기별로 단백질 이용 효율을 알아보기 위해 BUN (Blood urea nitrogen)은 Kinetic UV Assay (Modular analytics, P, Roche, Germany)를 이용하였으며 total protein은 Colorimetry 검사법 (Modular analytics, P, Roche, Germany)을 사용했고 albumin은 Colorimetry (BCG Method) 검사법 (Modular analytics, P, Roche, Germany)을 통해 측정하였으며, 에너지 효율을 알아보기 위하여 glucose 농도는 Enzymatic Kinetic Assay (Modular analytics, P, Roche, Germany)로 측정하였다.

바. 경제성 분석 (Economic analysis)

경제성 분석은 시험 사료 주문시의 사료 업계의 원료 도입 가격 (2016년 11월)을 기준으로 산출하였으며, 시험 사료 배합비에 맞추어 각각 Phase의 1kg당 단가를 계산하였다. 사양 기간 동안 이유 자돈의 1kg 당 증체에 소요되는 사료비용을 본 시험의 성장 성적인 G:F ratio와 사료 가격을 기준으로 분석하였다.

사. 화학 분석 및 통계분석 (Chemical and Statistical analysis)

사료와 분의 일반성분 분석은 AOAC (1995) 방법에 따라 실시하였으며, 본 실험의 data는 SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC)의 Mixed procedure를 이용하여 난괴법 실험 design으로서 통계분석을 실시하였다. 성장 성적, 경제성 분석 data의 경우 한 돈방이 experimental unit으로 (RCBD), 혈액 성상의 경우 실험돈 1두가 experimental unit으로 (CRD) 설정하였다. 모든 통계적 분석에 있어 $P < 0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로, $P < 0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 간주하였다.

III. 실험 결과 및 고찰 (Results and discussion)

가. 성장 성적 (Growth performance)

대체 원료로서 팜박을 자돈 사료 내 첨가하였을 시, 자돈의 성장 성적에 미치는 영향을 표 185에 나타내었다. 자돈의 성장 성적을 측정한 결과, 자돈 전후기동안 체중과 일당증체량, 사료효율에서 고도의 유의적인 차이가 나타났다 ($P < 0.01$). 두산생물자원에서 시판 중인 사료를 이용한 PC 처리구의 경우 팜박 12% 첨가된 NC, HPS, HP 처리구와 비교해서 체중, 일당증체량, 사료효율에서 가장 좋은 성적을 보였다. 이는 팜박이 12% 첨가된 처리구의 경우 팜박의 부정적인 영향 때문인 것으로 사료된다. 팜박은 높은 섬유소 함량, 낮은 기호성, 낮은 아미노산과 에너지 이용성으로 인해 자돈 사료 내 제한적으로 사용되고 있다 (Rhule, 1996). 또한, 팜박의 수준이 증가하게 되면 사료 내 ADF와 NDF의 농도가 증가하게 되며 이로 인해 사료의 부피가가 감소하게 되어 상대적으로 포만감을 빨리 느낄 수 있어 사료섭취량이 떨어질 수 있고 (Jaworski, 2014) 돼지와 같은 단위동물의 경우 팜박의 낮은 기호성으로 인해 사료섭취량이 떨어졌다는 선행연구도 있다 (Gohl, 1981). 하지만, 위에 알려진 팜박의 단점과 다르게 이번 실험에서는 자돈 후기 기간과 전체 기간 동안에는 ADFI에서 PC 처리구와 통계적으로 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 또한, 통계적으로 유의적인 차이가 나타난 자돈 전기 기간의 경우에도 HPS 처리구와 PC 처리구간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이는 발효대두박 첨가가 ADFI가 떨어지지 않도록 보완한 것으로

로 사료된다.

반면, 팜박 12%가 첨가된 NC, HPS, HP 처리구의 경우 에너지 차이와 발효대두박 첨가의 유무로 인한 유의적인 차이가 체중, 일당증체량, 사료효율에서 자돈 후기 기간 동안 나타났다. ME 3,300 kcal/kg이면서 발효대두박이 첨가된 HPS 처리구의 경우 ME 3,300 kcal/kg인 HP 처리구에 비해 더 높은 체중, 일당증체량, 사료효율을 보였고 통계적으로 유의적인 차이를 나타냈다. 또한, HPS 처리구의 경우 이전 팜박 12% 현장 실증 실험의 처리구와 같은 NC 처리구에 비해 더 높은 사료효율을 보였다. 이러한 결과는 발효대두박의 경우 특히 일반 대두박이 갖고 있는 영양소 흡수 저하요소인 항영양인자를 최소화해 영양소 이용률 및 소화율을 높여 사료 섭취량 증가에 따라 나타난 결과로 사료된다.

결론적으로 현장에서 자돈 사료 내 팜박 12%첨가는 이전 팜박 12% 첨가 현장검증 실험 때와 마찬가지로 자돈구간에서 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 하지만 발효대두박의 첨가와 에너지를 동시에 높일 경우 팜박 12%를 자돈 사 내 사용할 때 좀 더 나은 성장 성적을 보인 것으로 사료된다.

표 185. 팜박이 첨가된 사료 내 높은 에너지와 발효대두박의 첨가가 자돈의 성장에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹				SEM ²	P-value
	NC	HPS	HP	PC		
Body weight, kg						
Initial	8.34	8.34	8.34	8.34	0.284	—
3 week	12.47 ^B	12.94 ^B	12.58 ^B	15.94 ^A	0.666	<0.01
6 week	19.06 ^{BC}	20.70 ^B	18.30 ^C	26.55 ^A	1.103	<0.01
ADG, g						
0-3 week	196 ^B	218 ^B	202 ^B	362 ^A	21.8	<0.01
4-6 week	314 ^{BC}	369 ^B	272 ^C	505 ^A	24.1	<0.01
0-6 week	255 ^{BC}	294 ^B	237 ^C	433 ^A	22.1	<0.01
ADFI, g						
0-3 week	329 ^{BC}	388 ^{AB}	299 ^C	445 ^A	20.5	<0.01
4-6 week	793	745	731	786	26.1	0.56
0-6 week	561	566	515	615	21.0	0.06
G:F ratio						
0-3 week	0.584 ^B	0.546 ^B	0.672 ^B	0.818 ^A	0.0347	<0.01
4-6 week	0.389 ^C	0.501 ^B	0.366 ^C	0.644 ^A	0.0265	<0.01
0-6 week	0.444 ^C	0.519 ^B	0.453 ^{BC}	0.705 ^A	0.0264	<0.01

¹ NC : corn-soybean meal based diet + PKM12% (ME 3,265 kcal/kg), HPS : corn-soybean meal based diet + PKM12% + Soy peptide 3.6% (ME 3,300 kcal/kg), HP : corn-soybean meal based diet + PKM12% (ME 3,300 kcal/kg), PC : Doosan commercial diet

² Standard error of mean

^{A,B,C} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.01$)

나. 혈액 정상 (Blood profiles)

대체 원료로서 팜박을 자돈 사료 내 첨가하였을 시, 자돈의 혈액 정상에 미치는 영향을 표 186에 나타내었다. 혈액 성분을 측정한 결과, Phase I (3 week)에서는 혈액 분석항목들 중 albumin을 제외한 BUN, glucose ($P<0.05$), total protein에 대해 처리구간의 통계적 유의차가 나타났다 ($P<0.01$). Phase II에서는 total protein, albumin, glucose에 대해서는 처리구간 통계적 유의차가 나타나지 않았으며 BUN에서만 처리구간 통계적 유의차가 발생했다 ($P<0.01$).

BUN (blood urea nitrogen)은 Phase I에서는 유의적인 차이를 보였으며, Phase II에서는 통계적으로 고도의 유의적인 차이를 보였다. 혈액 내의 BUN 함량은 인체 내의 필수 영양소중 하나인 아미노산의 이용에 대한 대표적인 지표 (Eggum, 1970)로 쓰이는 분석 항목으로 단백질 섭취와 품질에 직접적인 연관성을 가지며, 섭취한 질소의 체내 유지와 관련이 있는 것으로 알려져 있다 (Whang과 Easter, 2000). 혈중 요소태 질소 함량의 증가는 혈중 잉여 아미노산의 증가를 의미하며, 그 함량이 낮을수록 체단백질 합성이 활발하다는 것을 의미한다. 실험 결과, BUN에 있어서 3 week 때 처리구간 통계적인 유의차가 나타났으며 6 week 때 처리구간 고도의 유의적인 차이가 나타났다. 이는 PC 처리구의 경우 다른 처리구와 비교했을 때 체내에서 아미노산 이용률이 더 높다는 것을 의미한다. 하지만, 발효 대두박 첨가와 에너지를 높이는 것은 통계적으로 유의미한 차이를 만들지 못했다.

Total protein과 albumin은 Phase I에서는 total protein만 고도의 유의적인 차이를 보였으며 Phase II에서는 처리구간의 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다. Total protein과 albumin은 동물의 단백질 보유량의 정도를 보여주는 지표이며 알부민 함량의 변경에 의해 단백질 부족의 구체적인 영향을 받을 수 있다는 것을 나타낸다 (Gouache 등, 1991; Adesehinwa 와 Ogunmodede, 2002). 또한, 사료의 섬유 부분이 보호 작용을 하고 digestion-proof shield 안에서 구성 성분을 감싸면서 다른 구성 성분의 소화를 돕는 것에 영향을 미친다고 이전 선행연구에서 보고되어 있다 (Adesehinwa 와 Ogunmodede, 2002). 실험 결과, 자돈 전기 때 PC 처리구가 나머지 세 처리구 보다 total protein이 높게 나왔는데 이는 효율적인 단백질 활용으로 인해 돼지의 정상적인 단백질 보유량을 지원할 수 있도록 축적을 한 것으로 사료된다.

실험 결과, glucose의 경우 Phase I에서는 처리구간 통계적인 유의차가 나타났다. 이전 선행 연구에서 팜박의 높은 섬유소 함량으로 인한 혈중 glucose 농도가 감소했었다는 결과도 있었다 (Dodson 등, 1981). Adesehinwa (2007)의 연구에서도 마찬가지로 팜박의 높은 선천적인 섬유소 함량으로 인해 팜박의 양을 늘리면 늘릴수록 glucose 농도가 감소하는 결과를 보였다. 이번 연구에서는 Phase I 때 에너지를 높인 HP 처리구가 가장 낮은 glucose 수치를 보였으며 통계적인 유의적인 차이를 보였다. 하지만 최종적으로 Phase II 때 통계적인 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이는 결과적으로 모든 처리구가 시간이 지남에

따라 glucose 농도가 감소하는 것은 에너지 공급하는 역할로 glucose가 잘 사용 된 것임을 알 수 있고 이전 선행 연구 와 마찬가지로 이번 연구에서도 팜박 12% 첨가된 NC, HPS, HP 처리구의 경우 glucose 농도가 팜박 12% 함량으로 인한 높은 섬유소 함량으로 인해 glucose 농도가 시간에 지남에 따라 감소한 것을 볼 수 있다.

표 186. 팜박이 첨가된 사료 내 높은 에너지와 발효대두박의 첨가가 자돈의 혈액에 미치는 영향¹

Criteria	Treatment ²				SEM ³	P-value
	NC	HPS	HP	PC		
BUN, mg/dL						
Initial	----- 10.82 -----					
3 week	10.1 ^{AB}	11.6 ^A	12.5 ^A	8.3 ^B	0.59	0.01
6 week	14.0 ^A	12.2 ^A	12.4 ^A	6.2 ^B	0.83	<0.01
Total protein, g/dl						
Initial	----- 5.03 -----					
3 week	4.7 ^B	4.9 ^B	4.4 ^B	5.5 ^A	0.12	<0.01
6 week	5.7	5.7	5.9	5.9	0.11	0.78
Albumin, g/dl						
Initial	----- 3.82 -----					
3 week	2.7	2.9	2.4	2.8	0.07	0.20
6 week	2.8	3.0	2.8	2.8	0.06	0.58
Glucose, mg/dl						
Initial	----- 98.50 -----					
3 week	102.1	107.5	92.0	112.0	2.49	0.01
6 week	96.0	105.8	91.1	91.1	2.36	0.09

¹ Least square means of 24 observation

² NC : corn-soybean meal based diet + PKM12% (ME 3,265 kcal/kg), HPS : corn-soybean meal based diet + PKM12% + Soy peptide 3.6% (ME 3,300 kcal/kg), HP : corn-soybean meal based diet + PKM12% (ME 3,300 kcal/kg), PC : Doosan commercial diet

³ Standard error of mean

^{A,B} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P <0.01)

다. 설사빈도 (Incidence of diarrhea)

팜박이 12% 첨가된 사료 내 높은 에너지와 발효대두박의 첨가가 이유 자돈의 설사빈도에 미치는 영향을 표 187에 나타내었다. 6주간의 이유 자돈 사양 실험을 통해 각 처리구 별로 설사의 빈도를 조사하였다. 실험 결과 전 실험기간 동안 각 처리구별 설사빈도는 유의적인 차이가 나타났다. 0-3주차의 경우 PC 처리구는 NC 처리구에 비해 유의적으로 낮았다 ($P < 0.05$). 4-6주차의 경우 PC 처리구는 NC와 HPS 처리구와 유의적인 차이를 보였다 ($P < 0.05$). 결국, 0-6주차의 경우 PC 처리구는 NC와 HPS 처리구와 고도의 유의차를 보였다 ($P < 0.01$).

반면, 팜박 12%가 첨가된 NC, HPS, HP 처리구의 경우 에너지 차이와 발효대두박 첨가의 유무로 인한 유의적인 차이가 설사빈도에서는 나타나지 않았다. 이는 발효대두박이 설사 발생을 컨트롤 하는데 긍정적인 영향을 미친다는 Kier 등 (2003)의 연구와 상반된 결과를 보였다. 발효대두박의 경우 일반 대두박이 갖고 있는 영양소 흡수 저하요소 (항영양인자)를 최소화해 영양소 소화율을 높여 설사빈도를 줄이는 특성을 보이는데 이번 실험에서는 반대의 결과를 보였다.

이와 같이 에너지 차이와 발효대두박 첨가의 유무로 인한 유의적인 차이가 설사빈도에서는 나타나지 않은 것은 세 처리구의 공통적인 팜박 때문인 것으로 사료된다. 일반적으로, 이유는 자돈에게 매우 심한 스트레스를 주며 이유 후 첫 번째 주가 이유 자돈의 소화관과 면역 체계를 형성하는데 있어 매우 중요한 시기이다 (Pluske 등, 2002; Lalles 등, 2007). PWD (Post weaning diarrhea)는 이유 자돈의 폐사율을 일으키는 주요 원인 중 한 가지이다 (NAHMS, 2008). 이러한 이유로 이유 자돈의 설사를 확인하는 것은 중요하다. 위의 세 처리구의 공통적으로 들어간 팜박은 관습적으로 사용하고 있는 사료 원료나 오일시드 부산물과 다르게 β -mannanase 와 같은 섬유소를 많이 함유하고 있는데 (Balasubramaniam, 1976; Daud와 Jarvis, 1992; Dusterhoft 등, 1991), 자돈 사료 내의 섬유소의 증가는 위장관 내 환경을 개선시킨다. Gerritsen 등 (2012)은 불용성 비전분태 다당류 (밀짚 및 귀리껍질)의 첨가가 위장관의 물리적인 적응력을 자극하고, 회장에서 *E.coli*의 농도를 감소시켰다고 보고하였다. 하지만 본 실험에서는 팜박 12% 공통적으로 첨가된 세 처리구의 설사빈도에 있어서 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 이는 mannanase를 첨가해주었기 때문인 것으로 사료된다.

라. 경제성 분석 (Economic analysis)

팜박이 12% 첨가된 사료 내 높은 에너지와 발효대두박 첨가가 이유 자돈의 경제성 분석에 미치는 영향을 표 188에 나타내었다. 본 실험의 분석에 사용된 원료 가격은 실험 당시 사료의 공급단가 (두산생물자원, 2016년 11월 15일)를 기준으로 하였으며, 실험의 특성상 가공비용, 인건비용 등을 모두 제외하고 원료사료에 의한 사료가격을 기준으로 비교하였다. PC 처리구의 자돈전기 사료인 허니도니 2호의 사료 가격은 kg 당 1,545원, 자돈후기 사료 가격은 kg 당 978원이었다. 또한, 공통적으로 팜박이 12% 첨가된 사료 내 각각 높은 에너지와 발효대두박이 첨가된 나머지 세 처리구 NC, HPS, HP의 자돈 전기 사료 가격은 kg 당 457원, 479원, 461원이었고 자돈후기 사료 가격은 kg 당 401원, 420원, 405원이었다.

성장 성적을 반영한 이유 자돈 1kg 증체 시 필요한 사료비용을 계산해본 결과, 자돈 후기 (4-6주) 기간 중 전체사료섭취량을 제외하고 나머지 모든 구간에서 통계적으로 유의적인 차이가 나타났다. Feed cost per weight gain 전체 구간에서 PC처리구의 경우 1,680원인데 반해 나머지 세 처리구 NC, HPS, HP는 959, 851, 947원으로 고도의 유의차를 보였다.

팜박이 공통적으로 12% 첨가된 NC, HPS, HP 처리구의 경우 6주 동안 전체 사료 가격이 kg 당 9,857원, 10,489원, 9,142원으로 에너지를 높이면서 발효대두박이 들어간 처리구가 가장 비쌌지만 성장 성적을 반영하여 계산하였을 때는 851원으로 발효대두박 첨가가 경제성을 높인 것으로 사료된다. 이전 팜박 12% 첨가 현장 검증 실험에서도 2016년 4월 사료 공급단가 기준으로 경제성 분석 결과 팜박 12% 첨가된 처리구가 두산 시판 사료를 사용한 CON 처리구보다 더 경제성을 높인 것으로 사료되었다. 이번 실험에서도 팜박 12% 첨가된 세 처리구 NC, HPS, HP가 두산 시판 사료를 이용한 PC 처리구보다 더 경제적인 것으로 사료된다.

표 187. 팜박이 첨가된 사료 내 높은 에너지와 발효대두박의 첨가가 이유 자돈의 설사빈도에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹				SEM ²	P-value
	NC	HPS	HP	PC		
Incidence of diarrhea³						
0-3 week	1.08 ^A	0.76 ^{AB}	0.70 ^{AB}	0.37 ^B	0.083	0.01
4-6 week	0.81 ^A	0.61 ^A	0.50 ^{AB}	0.15 ^B	0.079	0.02
0-6 week	0.95 ^A	0.69 ^A	0.61 ^{AB}	0.27 ^B	0.076	<0.01

¹ NC : corn-soybean meal based diet + PKM12% (ME 3,265 kcal/kg), HPS : corn-soybean meal based diet + PKM12% + Soy peptide 3.6% (ME 3,300 kcal/kg), HP : corn-soybean meal based diet + PKM12% (ME 3,300 kcal/kg), PC : Doosan commercial diet

² Standard error of mean

³ Incidence of diarrhea : 0 (no occurrence) to 3 (diarrhea on all pigs): Data were measured by average total diarrhea incidence during each phases

^{A,B} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P <0.01)

표 188. 팜박이 첨가된 사료 내 높은 에너지와 발효대두박 첨가가 이유 자돈의 경제성 분석에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹				SEM ²	P-value
	NC	HPS	HP	PC		
Early weaning phase (0-3 week)						
Feed cost, W/kg	457	479	461	1,545	-	-
Total weight gain, kg/head	4.12 ^B	4.59 ^B	4.24 ^B	7.60 ^A	0.458	<0.01
Total feed intake, kg/head	6.92 ^{BC}	8.15 ^{AB}	6.28 ^C	9.34 ^A	0.431	<0.01
Feed cost/weight gain ³ , W/kg	828 ^B	916 ^B	713 ^B	1,892 ^A	114.0	<0.01
Late weaning phase (4-6 week)						
Feed cost, W/kg	401	420	405	978	-	-
Total weight gain, kg/head	6.59 ^{BC}	7.75 ^B	5.71 ^C	10.60 ^A	0.506	<0.01
Total feed intake, kg/head	16.66	15.64	15.36	16.51	0.549	0.56
Feed cost/weight gain, W/kg	1,041 ^B	843 ^C	1,122 ^B	1,522 ^A	60.7	<0.01
Overall (0-6 week)						
Total feed cost, W/kg	9,857 ^B	10,489 ^B	9,142 ^B	30,733 ^A	2174.2	<0.01
Total weight gain, kg/head	10.72 ^{BC}	12.35 ^B	9.95 ^C	18.21 ^A	0.932	<0.01
Feed cost/weight gain, W/kg	959 ^B	851 ^B	947 ^B	1,680 ^A	82.1	<0.01

¹ NC : corn-soybean meal based diet + PKM12% (ME 3,265 kcal/kg), HPS : corn-soybean meal based diet + PKM12% + Soy peptide 3.6% (ME 3,300 kcal/kg), HP : corn-soybean meal based diet + PKM12% (ME 3,300 kcal/kg), PC : Doosan commercial diet

² Standard error of mean

³ Feed cost/weight gain (W/kg)=[Total feed intake (kg/head) × Total feed cost (W/head)] ÷ Total weight gain (kg/head)

IV. 결론 (Conclusion)

본 연구는 자돈 사료 내에서 기존의 단백질 공급원인 대두박을 팜박으로 12% 대체하였을 때 실제 운영되고 있는 양돈농가에 적용하여 생산비 절감 및 생산성 향상을 기대할 수 있는지에 대한 효과를 평가해 보기 위해 수행되었던 선행연구를 바탕으로 문제점을 보완하여 현재 운영되고 있는 양돈농가에서 더 효율적으로 팜박을 사용할 수 있도록 그 효과를 평가해 보기 위해 이번 실험이 수행 되었다. 사양실험을 통해 성장 성적, 혈액분석, 설사빈도, 경제성 분석을 실시하였다.

사양실험 결과, 자돈 전후기동안 체중과 일당증체량, 사료효율에서 고도의 유의적인 차이가 나타났다. PC 처리구의 경우 처리구 중에 가장 높은 체중, 일당증체량, 사료효율의 결과를 보였다. 나머지 팜박 12% 첨가된 처리구의 경우 시판사료를 먹인 PC 처리구에 비해 낮은 성장 성적과 높은 경제성을 나타냈다. 그 중에서 특히 고에너지 (3,300 kcal of ME/kg) 상태에 발효대두박 첨가한 HPS 처리구의 경우 혈액 성상과 설사빈도에 부정적이지 않았으며 체중, 일당증체량, 사료효율을 증가시켰으며 feed cost per weight gain 경우에서도 851원으로 모든 처리구 중에서 가장 높은 경제성을 보였다. 하지만 HPS 처리구는 3,265 kcal of ME/kg의 NC 처리구와 체중, 일당증체량, 사료섭취량, 혈액 성상, 설사빈도, 경제성분석에서 통계적 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 그래도 자돈 사료 내 고에너지 (3,300 kcal of ME/kg) 상태에서 발효대두박 첨가가 첨가하지 않은 경우보다 성장 성적과 경제성분석에서 더 나은 결과를 보였다.

결론적으로 자돈 사료 내 팜박을 12% 첨가할 경우 경제적으로 좋지만 이유 자돈의 성장 성적에서 부정적인 영향을 미쳐 현장에서 자돈 사료 내 팜박을 12% 첨가하는 것은 어려울 것으로 사료된다. 하지만, 팜박 12% 첨가할 때 발효대두박을 같이 첨가해준다면 더 나은 성장 성적과 더 높은 경제성을 보이는 것으로 사료된다.

연구 5-2. 현장 실증 실험에서 도출된 문제점 분석 및 개발 기술의 고도화II

I. 서론 (Introduction)

양돈 산업에서 농가의 생산성에는 다양한 요소들이 영향을 미침에도 불구하고, 많은 수의 지표들이 모돈에 의해 결정되고 있다 (Litter/Sow/Year; LSY, Piglet weaned/Sow/Year; PSY, Marketted pig/Sow/Year; MSY 등). 특히, 임신기에는 수정, 착상, 분만부터 뒤에 이어지는 포유 성적까지 영향을 미치는 요소들이 많다. 때문에, 대부분의 양돈 농가에서는 일정 수준의 번식 성적을 얻기 위해 스톨 사육이나 제한 급이 같이 제한된 상황에서 모돈을 사육해 왔다. 그러나 이러한 사육 환경은 개별 관리가 가능하고 공격적인 성향을 막을 수 있다는 장점을 가지고 있으나, 한정된 공간으로 인해 모돈의 움직임과 사회적인 행동이 억압될 수 있다는 단점을 가지고 있다. 또한, 제한 급이는 모돈의 체형을 조절하고 포유기 사료 섭취량을 증가시킬 수 있는 반면, 특정 시간에 정해진 양의 사료만 급여하기 때문에 모돈의 공복감을 가중시키고 이상행동을 야기할 수 있다는 단점이 있다. 임신기의 이러한 환경들은 모돈의 복지에도 부정적인 영향을 미칠 수 있기 때문에 농장의 경영과 동물 복지를 위한 대안이 필요한 상황이다. 선행 연구에 따르면, 임신기 적정 사료 급여 횟수는 스톨사육이나 제한 급이로 인한 부정적인 영향들을 감소시킬 수 있으며, 모돈의 복지 향상에도 긍정적으로 작용한다고 보고된 바 있다. Robert 등 (2002)은 일일 1회 급여는 2회 급여에 비해 식욕을 억제하고 부정적인 행동들을 감소시킨다고 하였고, Wittman (1986) 역시 모돈의 번식성적이 적정 급여횟수에 의해서 향상된다고 하였다. 또한, Lawrence와 Terlouw (1993)에 따르면, 급여 수준을 감소시켰을 때 모돈이 급여 후 활동이 더 활발해졌으며, 위의 팽창에 따른 포만감 증가로 인해 더 많은 양의 물을 섭취한다고 보고하였다. 하지만 국내 사료 급여 횟수에 따른 임신 모돈의 생산성 및 복지에 관한 연구는 전무한 실정이며, 소비자의 동물복지에 대한 관심과 생산자의 모돈의 생산성 향상이라는 두 가지 요건을 모두 충족시키기 위해서 임신돈의 사료 급여 횟수에 대한 검증이 시급한 상황이다.

지난 1차년도에 수행했던 임신돈 1회 급여실험에서 도출된 문제점 및 보완점으로 1회 급여를 언제 시작하는 것이 좋을지에 대한 부분이 거론이 되었다. 따라서 본 개발기술의 고도화 및 보완을 위해서 임신돈 1회 급여의 최적 시작시점을 조사하는 연구를 수행하고자 한다.

II. 재료 및 방법 (Materials and methods)

가. 실험 동물 및 환경 (Experimental animal and housing)

본 실험은 발정이 확인된 평균체중 208.2 ± 26.5 kg, 평균 산차 4.1 산차의 F1 (Yorkshire \times Landrace) 경산 모돈 40두를 공시하여, 체중과 등지방 두께에 따라 4개 처리구에 완전임의배치법 (CRD; complete randomized design)으로 배치하여 수행되었다. 실험돈군은 임신 0일령부터 임신 110일령까지 임신돈 스톨 ($2.4 \times 0.64\text{m}^2$)에서 사양되었으며 임신 110일령에 분만틀 ($2.5 \times 1.8\text{m}$, 높이 500mm)로 이동시켜 분만성적을 측정하였다. 실험돈은 발정이 확정된 모돈들을 대상으로 중부 후 임신 0일령부터 실험사료를 급여하였고 사료 급여량은 실험농장의 사료급여프로그램에 따라 조정되었다. 2산차 모돈은 일일 2.2kg의 사료를 급여하였고, 3산차 이상 모돈은 일일 2.4kg의 사료를 급여하였다. 실험은 임신 0일령부터 시작하여 임신 110일령 까지 임신기 사양실험을 진행하고 분만 직후 분만성적을 측정하였다.

나. 실험 처리구 및 실험 사료 (Treatment and experimental diet)

실험디자인은 두 개의 처리구로 구성되어 있으며, 첫번째 처리구는 인공수정 직후부터 일회 급여를 실시한 처리구, 두 번째 처리구는 인공수정시부터 2회 사료급여 프로그램을 적용하고 임신진단이 확인된 35일부터 일회 급여를 실시한 처리구로 설정하였다. 실험사료는 옥수수-대두박 위주의 기초사료로 임신모돈의 영양소 요구량 (NRC, 1998)을 충족하도록 배합하였다. 임신돈 실험사료의 대사에너지 (ME; metabolizable energy)는 3,265 kcal/kg으로 설정하였으며, 조단백질 함량은 12.9%, 라이신 (lysine)의 함량은 0.73%에 맞춰 배합하였다. 기타 아미노산, 비타민 및 광물질 요구량 또한 NRC(1998)의 요구수준과 같거나 높은 수준으로 충족시켰으며, 실험사료의 원료 및 화학적 조성은 표 189에 제시하였다.

다. 사양 실험 (Feeding trial)

발정이 확인된 모돈들을 대상으로 인공수정을 실시하였으며, 임신 0일령 모돈의 체중 및 등지방 (P_2) 두께를 측정하였다 (Lean meter, Renco Corp., Minneapolis, USA). 중부직 후부터 일회 급여를 실시하는 처리구는 사료를 일일 1회 급여하였으며, 임신 35일령 임신진단 이후부터 1회 급여를 실시하는 처리구의 경우 일일 2회 급여를 실시하였다. 임신 35일령에 임신진단기를 이용하여 임신을 진단한 이후에 임신 35일령 모돈의 체중 및 등지방 실험 모돈의 체중 및 등지방 두께를 측정하였다. 임신35일령부터 일회 급여를 실시하는 처리구는 체중 및 등지방 두께 측정이후부터 일회 급여를 실시하였다. 이후, 임신 70일령과 임신 110일령의 모돈의 체중 및 등지방 두께를 측정하였다. 분만 직후 24시간 이내에 포유 모돈의 체중 및 등지방 두께를 측정하였으며, 분만돈의 분만성적을 측정하기 위해서 총산자수, 사산수, 미라수, 생시자돈 수를 측정하였으며, 생시자돈의 각각의 무게를 측정하여 복당체중을

측정하였다.

라. 수태율 및 분만율 (Conception and partum rate)

일회 급여 시작시점에 따른 효과를 측정하기 위해서 모든 수태율을 측정하였으며 수태율은 임신 21일령에 재발정이 오는 두수와 임신 35일령에 임신진단을 하여 수태가 안된 모돈들의 총합을 전체 두수를 나누어서 수태율을 측정하였다. 분만율은 분만한 모돈수를 총 교배 모돈수를 나누어서 분만율을 측정하였다.

마. 통계 분석 (Statistic analysis)

통계분석은 SAS의 General Linear Model (GLM)을 이용하여 수집된 자료의 유의성을 검정하였다. 모돈의 성장성적, 수태율 및 분만율, 번식성적의 경우 개별 모돈을 experimental unit으로 설정하였다. 통계분석에 따른 유의성 검정시, $P < 0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로, $P < 0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 간주하였다. $0.05 \leq P < 0.10$ 인 경우 경향이 있는 것으로 고려하였다.

표 189. 실험사료의 사료배합비와 화학적 조성

Ingredients, %	Gestation
Corn	76.77
SBM-46	11.99
Wheat bran	6.00
Tallow	1.79
L-lysine · HCl (78%)	0.26
DL-methionine (99%)	0.04
DCP	1.35
Limestone	1.20
Vit. Mix ¹	0.10
Min. Mix ²	0.10
Choline chloride-50	0.10
Salt	0.30
Sum	100.00
Chemical composition³	
ME, kcal/kg	3,265.42
CP, %	12.00
Lysine, %	0.74
Methionine, %	0.23
Ca, %	0.75
Total P, %	0.60

¹ Provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 8,000 IU; vitamin D3, 1,600 IU; vitamin E, 32 IU; d-biotin, 64g; riboflavin, 3.2mg; calcium pantothenic acid, 8mg; niacin, 16mg; vitamin B12, 12g; vitamin K, 2.4mg.

² Provided the following per kilogram of diet : Se, 0.1mg; I, 0.3mg; Mn, 24.8mg; CuSO₄, 54.1mg; Fe, 127.3mg; Zn, 84.7mg; Co, 0.3mg.

³ Calculated values.

Ⅲ. 실험 결과 및 고찰 (Results and discussion)

가. 임신기 모돈의 성장성적 (Growth in gestating period)

임신모돈의 일회 급여 시작시점이 임신모돈의 성장성적에 미치는 영향을 표2에 나타내었다. 모돈의 체중을 비교해보았을 때, 0일부터 일회 급여를 한 모돈들의 체중과 35일부터 일회 급여를 한 모돈들의 체중을 비교해 보았을 때 0일, 35일, 70일, 110일에서 통계적 유의차는 나타나지 않았다. 하지만, 35-110일간의 증체량에서는 0일부터 일회 급여를 한 처리구의 증체량이 35일부터 일회 급여를 한 처리구보다 유의적으로 높은 결과가 나타났다 ($P < 0.01$). 등지방 두께를 측정된 결과, 0일, 70일에 각 처리구의 등지방두께 및 등지방두께 변화량에서 처리구간의 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 35일과 110일에 측정하였을 때 0일부터 일회 급여를 실시한 처리구의 등지방 두께가 35일부터 일회 급여를 한 처리구보다 높은 유의적 경향이 나타났다 ($P = 0.08$, $P = 0.06$). 본 연구의 결과는 1차년도 선연구결과와 어느 정도 일치하는 결과를 보였다. 선연구에서는 일회 급여를 실시한 처리구의 증체량이 이회 급여를 실시한 처리구에 비해 높아지는 결과를 보였다. 본 연구에서도 마찬가지로 일회 급여의 기간이 긴 0일부터 일회 급여를 실시한 처리구의 35-110일간의 증체량이 유의적으로 높아지는 결과를 보였다. 등지방두께 변화량에서도 임신초기(0-35일)부터 일회 급여를 실시한 처리구의 모돈들의 등지방두께가 상대적으로 높아지는 결과가 나타났으며, 이는 선연구의 결과와 일맥상통하는 결과로 나타났다. 이러한 결과는 모돈의 사료급여횟수 감소로 인한 운동량 저하로 잉여의 에너지 및 영양소를 체내에 축적하는 비율이 높아졌기 때문인 것으로 사료된다. 선연구 중에서 Cronin (1986)은 활동이 많은 모돈은 체열이 상승되어 결과적으로 에너지의 이용이 높아진다고 하였다. Noblet 등 (1990)은 모돈이 서 있는 것은 앉아있는 것보다 100분 당 180 Kcal의 열을 발생시킨다고 보고하였다. Bergeron 과 Gonyou (1997)의 연구결과에 따르면, 활동성이 강한 모돈들은 그렇지 않은 모돈들에 비하여 임신기 증체량의 폭이 좁다고 보고하였다 (활동성이 강한 그룹의 임신기 증체량: 32.0 kg, 비활동적인 그룹의 임신 모돈 증체량: 45.7 kg). 따라서 일회 급여의 이른 시작은 임신초기 모돈의 활동성 감소로 인하여 잉여의 영양소 및 에너지가 상대적으로 많이 축적됨으로써 본 연구결과와 같은 결과가 나타난 것으로 사료된다.

나. 모돈의 번식성적 (Reproductive performance)

임신 모돈의 일회 급여 시작시점이 모돈의 번식성적에 미치는 영향을 표3에 나타내었다. 분만직후 모돈의 체중 및 등지방 두께에서는 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 모돈의 번식성적을 조사한 결과, 0일 및 35일부터 일회 급여의 시작에 따른 효과가 모돈의 번식성적(총산자수, 사산수, 미라수, 생시산자수, 복당체중, 복당생시체중, 생시자돈체중)에 유의적인 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 1차년도 선행연구에서는 일회 급여 처리구의 복당체중이 이회 급여 처리구보다 높게 나타나는 결과를 보였지만, 본 연구에서는 복당체중에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 선행연구에서는 일회 급여와 이회 급여의 기간이 35-110일간으로 75일인 반면에, 본 연구에서는 0일부터 일회 급여와 35일부터 일회 급여로 인한 일회 급여 기간차이가 35일이었으므로, 복당체중 및 산자수, 생시자돈체중에 유의적으로 영향을 미치지 못한 것으로 사료된다.

다. 수태율 및 분만율 (Conception and partum rate)

임신 모돈의 일회 급여 시작시점이 모돈의 수태율 및 분만율에 미치는 영향을 표4에 나타내었다. 총 40두의 모돈을 대상으로 인공수정을 실시하여 일회 급여 시스템을 적용한 결과, 임신0일째부터 일회 급여를 실시한 모돈들의 임신율과 분만율이 35일부터 일회 급여를 실시한 모돈들에 비해 수치적으로 10% 높았으나, 통계적인 유의차는 나타나지 않았다. 이러한 결과를 통하여 임신진단을 수행한 이후의 일회 급여를 실시하는 것과 인공수정직후부터 일회 급여를 실시하는 것이 모돈의 수태율 및 분만율에 유의미한 차이를 주지 않는 것으로 보인다.

IV. 결론(Conclusion)

본 연구는 지난 1차년도에 수행했던 임신돈 1회 급여실험에서 도출된 문제점 및 보완점으로 1회 급여의 시작시점에 대한 검증은 하기위한 목적으로 수행하였다. 연구수행결과, 인공수정직후인 임신0일째부터 일회 급여를 실시한 모돈들의 증체량 및 등지방두께 축적량이 임신 35일째부터 일회 급여를 실시한 모돈들에 비해 높아지는 결과가 나타났지만, 번식성적 및 수태율에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과를 종합하여볼 때, 인공수정직후부터 일회 급여를 실시하여도 모돈의 번식성적 및 수태율에 부정적인 영향을 미치지 않으며, 모돈 관리의 편의성 및 효율성을 고려해볼 때 인공수정직후부터 일회 급여를 적용하는 것이 효율적인 방안이 될 것으로 사료된다.

표 190. 임신모돈의 일회 급여 시작시점이 임신돈의 체중 및 등지방 두께 변화에 미치는 영향

	Treatment ¹		SEM ²	P-value
	0 day OF	35 day OF		
Body weight, kg				
0 day	205.6	210.6	4.19	0.55
35 day	214.9	220.1	4.19	0.54
70 day	234.3	228.3	4.10	0.47
110 day	245.6	246.1	3.90	0.94
0-35 day	9.3	9.5	1.84	0.57
35-110 day	30.7	26.0	2.53	<0.01
0-110 day	40.0	35.5	2.01	0.11
backfat thickness, mm				
0 day	17.75	17.67	0.457	0.93
35 day	20.06	17.60	0.705	0.08
70 day	20.18	19.03	0.670	0.39
110 day	22.46	20.11	0.638	0.06
0-35 day	2.31	-0.07	0.535	0.19
35-110 day	2.40	2.51	0.560	0.19
0-110 day	4.71	2.44	0.280	0.91

¹ Treatment: 0day OF (once feeding program after AI service), 35day OF(twice feeding program after AI service until 35day and once feeding program after 35day until parturition)

² Standard error of means.

표 191. 임신 모돈의 일회 급여 시작시점이 모돈의 번식성적에 미치는 영향.

	Treatment ¹		SEM ²	P-value
	0day OF	35day OF		
Sow at postpartum 24hr				
Body weight, kg	225.43	224.32	4.043	0.89
Backfat thickness, mm	21.50	19.71	0.744	0.23
Reproductive performance, No. of piglets				
Total born	11.50	11.57	0.766	0.96
Still born	0.50	0.28	0.156	0.48
Mummy	0.56	0.00	0.152	0.05
Born alive	10.44	11.29	0.621	0.50
Total litter weight, kg	17.29	17.49	9.574	0.97
Alive litter weight, kg	16.53	17.15	9.127	0.73
Piglet weight, kg	1.63	1.54	0.045	0.98

¹ Treatment: 0day OF (once feeding program after AI service), 35day OF(twice feeding program after AI service until 35day and once feeding program after 35day until parturition)

² Standard error of means.

표 192. 임신 모돈의 일회 급여 시작시점이 모돈의 수태율 및 분만율에 미치는 영향

	Treatment ¹		SEM ²	P-value
	0day OF	35day OF		
Conception rate, %	80	70	6.93	0.47
Parturition rate, %	80	70	6.93	0.47

¹ Treatment: 0day OF (once feeding program after AI service), 35day OF(twice feeding program after AI service until 35day and once feeding program after 35day until parturition)

² Standard error of means.

연구 5-3. 현장 실증 실험에서 도출된 문제점 분석 및 개발 기술의 고도화Ⅲ

I . 서론 (Introduction)

양돈 산업은 대한민국 농업 총 생산액 중 미곡 다음으로 큰 비중을 차지하고 있다. 하지만 현재 FTA여파, 곡물가격 상승, 질병, 돈가 불안정 등으로 인하여 많은 축산 농가들이 큰 어려움을 겪고 있으며 이를 개선하기 위하여 농가의 생산성을 최대화하고 생산비를 줄이기 위한 사양기술들이 개발되고 있으며 양돈 산업이 점점 전업화 됨에 따라 농가의 기술력 확보는 그 어느 때 보다도 요구되고 있다.

인공 수정은 농장의 생산성과 밀접한 연관성을 가지며, 특히 모돈의 회전율과 산자수에 아주 중요한 영향을 끼친다. 한국의 인공수정 산업은 1994년에 ‘정액 등 처리업에 대한 허가’ 규정에 의해 상업용 인공수정센터 5개소가 농림부 허가로 정액을 판매하면서 본격적으로 보급이 확대되기 시작하여 지난 15년간 급속한 발전을 이뤄왔다 (김, 2005). 현재 한국 인공수정 보급률은 98%에 달하고 있으며, 양돈 산업에서 번식분야 핵심 요소로 자리하고 있다. 인공수정 결과에 영향을 주는 요인은 크게 모돈의 발정시간과 배란시간, 인공수정 시기와 횟수, 정액 농도, 인공수정 방법 등 네 가지가 있는데 이중에서도 모돈의 배란시간을 기준으로 인공수정을 실시하는 시간이 제일 중요하다고 할 수 있다. 돼지의 생리적 특징은 산차, 유전적 요인, 건강상태, 등에 따라 차이가 날수 있지만, 일반적으로 돼지의 발정주기는 17~24(평균 21)일 사이 이고 발정 지속시간은 48~72h 이며, 발정이 시작 되어서부터 30~40 시간 후에 배란이 시작 된다고 알려져 있다 (Bartol 등, 2008). 모돈의 배란 시점은 이유 후 재귀발정일령과 연관이 있으며, 재귀발정일령이 길어질수록 발정지속기간은 감소하게 된다 (Knox 등 2002). 이같이 모돈의 발정개시 시점을 정확하게 체크 할 수만 있다면 정확한 배란시간을 알 수 있게 되고, 정확한 인공 수정 시기 측정이 가능하게 되어 추가적인 중부 횟수를 줄일 수 있어 농가의 생산성 향상을 도모할 수 있다.

인공 수정 횟수에 따른 해외 선행 연구 결과를 살펴보면, Soede (1995) 와 Kemp (1996) 는 이유 후 재귀발정 일령을 불문하고 배란 24 시간 전에 인공수정을 하였을 때 제일 높은 수태율을 보였다고 하였다. 또한 Xue 등 (1998)은 중부 횟수를 1회, 2회, 3회로 늘려도 수태율, 임신율, 분만율이 향상되지 않는다고 하였다. Tarocco 등 (2001)은 후보돈과 경산돈에 각각 1회 중부와 2회 중부 결과 후보돈에서는 분만율과 총 산자수에서 유의적인 차이를 보이지 않았고, 경산돈에서는 1회 중부를 실시한 처리구가 유의적으로 낮은 분만율을 나타내었으나, 총 산자수에서는 처리구간 차이가 없다고 발표하였다. 이렇듯, 인공수정에 대한 해외 연구는 활발하게 진행되고 있으나, 상대적으로 국내 연구는 미비한 실정이다. 이러한 배경을 바탕으로 모돈 사양 기술의 핵심이라 할 수 있는 인공수정 횟수가 모돈의 번식성적에 미치는 영향을 조사한 선행 연구를 진행하였으며, 인공수정 횟수는 모돈의 번식성적에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 따라서, 모돈의 중부 간격에 대한 추가적인 검증

이 필요할 것으로 사료되었으며, 본 실험은 모든 종부 횡수 및 간격이 모든 번식 성적에 미치는 영향을 검증하기 위하여 진행되었다.

II. 실험방법 (Materials and methods)

가. 실험 동물 및 실험 설계 (Experimental animal and design)

평균 체중 217.24 ± 30.3 kg, 등지방 두께 20.13 ± 4.61 mm, 평균산차 5.7인 Yorkshire×Landrace F1 모든 40두를 공시하여 총 4개의 처리구에 각각 10두씩 배치하였다. 이유한 모돈은 오전 9시와 오후 5시 하루에 두 번씩 각각 발정체크를 진행하였으며, 발정이 확인된 후 처리에 따라 종부를 실시하였다. 처리구는 인공수정 횡수 및 간격에 따라 설정하였으며, 1) A1 (오전 발정 후 24시간 후 1회 종부) 2) A2 (오전 발정 후 24시간, 32시간 후 2회 종부) 3) P1 (오후 발정 후 16시간 후 1회 종부) 4) P2 (오후 발정 후 16시간, 24시간 후 2회 종부) 로 설정하여 완전임의배치법(CRD, complete randomized design)에 따라 배치하였다.

나. 돈사 및 임신스틀 (Housing and stall)

사양실험은 충북 음성군 생극면에 위치한 야곱농장에서 실시되었다. 무창 돈사였으며, 돈사 내 온도는 흡기팬을 설치하여 실내 환경에 따라 자동으로 조절되는 강제 환풍 및 음압형성에 의해 일정하게 유지되었다. 임신 스톨 내 바닥재질은 콘크리트 (2.4×0.64 m²)였다.

다. 사양관리 (Management)

종부시부터 하루에 1회 오전 9시에 사료를 급여하였으며, 2산차 모든 경우 2,200g, 3산차 이상 모든 경우 2,400g의 사료를 급여하였다. 사료는 시판중인 임신돈 사료를 제공했으며, 음수는 실험종료 시까지 무제한 급여하였다. 이유 후 모돈의 재귀발정 일령은 5~7일인 모돈만 실험에 사용하였으며, 정액은 시판중인 (주)다비육종의 x-perm V (Darby, Korea)를 사용하였다. 종부 후 17일령부터 재발정 체크를 진행하였다.

라. 통계분석 (Statistic analysis)

통계분석은 SAS (1989)의 일반선형모형(GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였고 $P < 0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로, $P < 0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 고려하였으며, $0.05 \leq P < 0.10$ 일 경우 경향이 있는 것으로 간주하였

다.

Ⅲ. 실험 결과 및 고찰 (Results and Discussions)

가. 임신기 체중 및 등지방 두께 변화 (Body weight, backfat thickness)

종부 횡수 및 간격이 임신돈의 체중 및 등지방에 미치는 영향을 표 193에 나타내었다. 실험 결과 종부 횡수 및 간격은 종부 시, 110일령, 분만 시의 모돈의 체중 및 등지방 두께에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. Roongsitthichai 등 (2011)이 후보돈을 대상으로 한 실험에 따르면, 종부시에 등지방 두께가 두꺼울수록 분만시 자돈의 산자수가 증가시키는 경향이 있는 것으로 나타났다. 또한 Tarres 등 (2006)에 따르면 후보돈의 등지방이 낮으면 낮은 생산성 때문에 도태율이 증가한다고 보고하였다. 하지만 본 실험에서는 다산차 모돈으로 실험을 진행하였으며, 분석결과 종부횡수와 간격은 등지방 두께에도 영향을 미치지 않았으며, 등지방 두께와 자돈 산자수도 관계가 없는 것으로 나타났다.

결과적으로 종부 횡수 및 간격은 분만 시의 모돈의 체중 및 등지방 두께에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

나. 수태율, 임신율 및 분만율 (Conception rate, pregnancy rate, farrowing rate)

종부 횡수 및 간격이 임신돈의 수태율, 임신율 및 분만율에 미치는 영향을 표 194에 나타내었다. 실험 결과 A1 처리구와 P2 처리구는 수태율이 100%였으며, A2와 P1 처리구는 수태율이 90%로 나타났다. 임신율 또한 수태율과 마찬가지로의 성적을 나타내었으며, 분만율에 있어서는 오후에 발정은 후 다음날 오전에 1회 종부한 P1 처리구에서 가장 낮은 분만율을 나타내었다. 돼지는 발정이 시작 되고 36~44 시간 후 배란이 시작되며, 수정 후 정자가 수란관에서 생존 할 수 있는 시간은 24~72 시간 정도이다 (Garner and Hafez, 1993). 하지만 또 다른 보고에 의하면 위에서 보고한 시간대에 맞추어 종부를 진행 하였을 때 분만율은 65~90%, 산자수는 7.5~11두로 변이가 큰 결과를 나타냈다 (Flowers, 1996a). 따라서 돼지의 발정과 배란 시점 사이의 변화는 다양하므로 성공적인 종부를 진행하기 위해서는 돼지의 생리적 특징에 맞추어 정확한 배란시간을 측정할 수 있어야 한다.

Xue 등 (1998)의 연구에 따르면, 종부 횡수를 1회, 2회, 3회로 나누어 비교하였을 때 수태율, 임신율, 분만율에서 모두 차이를 보이지 않았다고 하였다. 하지만 Flowers 과 Alhusen (1992)의 보고에 의하면 발정지속기간이 48 시간 일 때 발정 후 12시간 간격으로 각각 1회, 2회 종부를 실시한 결과 1회 종부를 실시한 처리구의 분만율이 가장 낮은 결과를 나타내었다. 본 실험에서 발정 후 16시간 후에 1회 종부를 실시한 P1 처리구의 경우 분만율이 70%로 가장 낮았지만 발정이 온 후 24시간 후에 1회 종부를 실시한 A1 처리구

의 경우 분만율이 90%로 다른 처리구와 차이가 나타나지 않았다.

결과적으로 종부 횡수 및 간격이 임신돈의 수태율, 임신율 및 분만율에 미치는 영향에 있어서는 변이가 매우 크며, 종부 횡수는 수태율, 임신율 및 분만율에 큰 영향을 미치지 않지만 돼지의 발정과 배란 시점 사이의 변화는 다양하므로 성공적인 종부를 진행하기 위해서는 농장마다 돼지의 생리와 일과를 고려하여 정확한 배란시간을 측정하고 종부를 진행해야 할 것으로 판단된다.

표 193. 종부 횡수 및 간격이 임신돈의 체중 및 등지방에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹				SEM ²	P-value
	A1	A2	P1	P2		
No. of sows	10	10	10	10		
Live body weight, kg						
At mating	218.9	218.3	217.1	214.8	4.79	0.99
110 d	263.5	268.9	246.0	259.3	5.28	0.57
Gain (0-110d)	44.6	50.6	28.9	44.5	2.63	0.62
Farrowing	240.7	243.3	226.9	243.6	4.96	0.69
Backfat thickness, mm						
At mating	20.3	19.3	19.3	21.7	0.72	0.61
110 d	22.7	22.6	19.7	22.2	1.10	0.82
Gain (0-110d)	2.4	3.3	0.4	0.5	0.73	0.39
Farrowing	22.5	21.4	18.1	20.6	1.10	0.63

¹AI frequency.

²Standard error of the means.

표 194. 종부 횡수 및 간격이 임신돈의 수태율, 임신율 및 분만율에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹				SEM ²	P-value
	A1	A2	P1	P2		
No. of sows	10	10	10	10	-	-
Conception^a						
No. of conception	10	9	9	10	-	-
Conception rate, %	100	90	90	100	-	-
Pregnancy^b						
No. of pregnancy	10	9	9	10	-	-
Pregnancy rate, %	100	90	90	100	-	-
Farrowing						
No. of farrowing	9	9	7	10	-	-
Farrowing rate, %	90	90	70	100	-	-

¹AI frequency.

²Standard error of the means.

^a Non-return on d21 after breeding.

^b Positive pregnancy test on d30 after breeding.

다. 모돈의 분만성적 (Reproductive performance)

종부 횡수 및 간격이 모돈의 분만성적에 미치는 영향을 표 195에 나타내었다. 실험 결과 종부 횡수와 간격은 모돈의 분만성적, 복당 자돈체중 및 자돈체중에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 수정란의 수량, 정상적 수정란의 비율, 임신율(Hunter 와 Dziuk, 1968; Soede 등 1995), 분만율(Nissen 등 1997), 산자수(Kemp와 Soede,1996; Rozeboom 등 1997)등은 모두 종부시간, 배란시점과 연관이 있다. Kemp와 Soede (1996), Nissen 등 (1997)은 배란 24 시간 전에 인공수정을 실시했을 때 가장 높은 임신율과 산자수를 나타냈다고 보고 하였다. 하지만 이 결과를 현장에 접목하는 것은 무리가 있다. 실제 양돈 농가에서는 모돈을 그룹별로 관리한다고 해도 발정이 모두 동일한 시점에 시작되는 것은 아니므로, 정확한 배란시점을 측정하기는 사실상 불가능하다. 실제로 모돈 개체별로 발정 개시부터 배란까지 24~60 시간 사이로 범위가 아주 크다 (Soede 등 1992). 그리하여 번식 성적을 높이기 위해서 인공수정 횡수를 증가시키므로써 최대한 배란 전 24시간 시점을 맞추는 것이다. Cassar 등 (2005)에 따르면 웅돈과 모돈의 번식력이 좋은 경우에는 모돈이 인공수정 횡수를 증가시키는 것이 효과가 미미하다고 보고하였다.

이를 종합적으로 보았을 때 종부 횡수 및 간격은 모돈의 분만성적, 복당 자돈체중 및 자돈체중에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

표 195. 종부 횡수 및 간격이 모돈의 분만성적에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹				SEM ²	P-value
	A1	A2	P1	P2		
No. of sows	9	9	7	10		
Reproductive performance						
No. of born/litter	13.8	14.2	14.3	12.8	0.51	0.72
No. of born alive/litter	12.0	13.6	13.8	11.4	0.46	0.19
Litter weight on lactation, kg						
Litter birth weight	20.60	20.83	19.22	18.46	0.608	0.46
Litter born alive weight	18.51	19.76	18.92	16.95	0.526	0.28
Piglet weight, kg						
Piglet birth weight	1.58	1.49	1.38	1.51	0.435	0.55

¹AI frequency.

²Standard error of the means.

IV. 결론 (Conclusion)

본 실험은 종부 횡수 및 간격이 모돈의 번식성적에 미치는 영향을 알아보기 위하여 수행되었으며, 실험 결과 종부 횡수 및 간격은 분만 시의 모돈의 체중, 등지방 두께 및 분만성적에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 종부 횡수를 1회로 하기 위해서는 정확한 배란시점을 측정할 수 있어야하나 현실적으로 많은 농가에서 대단위로 모돈을 나누어 그룹관리를 하고 있기 때문에 정확한 발정시점을 찾는 데 한계가 있는 것이 사실이다. 또한 돼지의 발정과 배란 시점 사이의 변화는 다양하므로 성공적인 종부를 진행하기 위해서는 농장마다 돼지의 생리와 일과를 고려하여 정확한 배란시간을 측정하고 종부를 진행해야 할 것으로 판단되며, 농장마다 발정과 배란시점사이의 시간을 파악하고 이를 통해 종부 시간을 정확히 진단할 수만 있다면 모돈의 종부횡수를 1회로 낮추어도 문제가 없는 것으로 판단된다.

연구 6. 모돈의 2산차 증후군을 예방할 수 있는 사료섭취량 조절실험

I. 서론 (Introduction)

일반적으로 2산차 모돈은 초산돈에 비해 분만율과 산자수가 적다 (Morrow 등, 1992; Hoving 등, 2010). 이러한 원인은 초산 시기에 체중이 과도하게 손실되었기 때문이다 (Thaker 과 Bilkei, 2005). 많은 연구에서 포유시기 모돈의 체손실이 10%–12% 이상이면 다음 산차의 번식 성적과 이유 후 발정에 부정적인 영향을 주며 (Clowes 등, 2003a; Thaker 과 Bilkei, 2005), 모돈의 2산차 증후군이 오게 된다고 알려져 있다.

모돈의 2산차 증후군은 발정이 오지 않고, 임신이 되지 않으며, 산자수가 적은 상태이다 (Morrow 등, 1992). 이러한 2산차 증후군으로 인해 어린 모돈을 많이 도태하게 된다 (Lucia 등, 2010). 따라서 2산차 때 모돈의 번식 성적을 증가시킬 수 있다면 모돈의 이용률 및 경제성을 증가시킬 수 있다 (Soede 등, 2011). 또한 사양관리가 잘 되는 네덜란드에도 2산차 시기 임신 실패율이 15.7%로 높은 수준이다 (Hoving 등, 2011a). 발생 원인은 초산 포유시기에 체중이 과도하게 손실되기 때문이다 (Schenkel 등, 2010). 또한 현재 육종은 산자수 및 이유두수를 증가시키는 방향으로 진행되고 있지만, 사료섭취량은 증가되지 않았다 (Soede 등, 2011). 보통 포유기 사료섭취량은 젖 생산량, 체형의 유지와 발달에 불충분하다 (Bergsma, 2011). NRC (1998)에서는 포유 모돈 체형 유지 및 젖 생산을 위해 일일사료섭취량은 체중의 1%와 포유자돈 1두당 0.5kg로 제시하고 있지만 실제 많은 모돈은 이 정도의 사료를 섭취할 수 없다.

임신 초기는 전 산차 포유기에 손실된 체중을 제일 잘 회복할 수 있는 시기이며 (Dourmad 등, 1996), 이 시기에는 체성장 및 체성숙이 이루어지는 시기이다. 하지만 임신 모돈은 항상 제한 사양을 하고 있다. 많은 연구에서는 후보 모돈은 임신 초기에 사료섭취량이 증가하면, 태아의 폐사율이 증가한다고 알려져 있지만 (Pharazyn, 1992; Jindal 등, 1996), 2산차 모돈의 사료 섭취량에 대한 연구는 많이 진행된 바 없다.

따라서, 본 연구에서는 초산 모돈 이유 후 다양한 사료급여 방식이 2산차 모돈의 성장 성적, 분만성적 및 2산차 증후군 예방에 미치는 영향을 검증하고자 수행되었다.

II. 실험 방법 및 재료

가. 실험동물 및 사양 환경 (Experimental animal and housing environment)

본 실험은 충청북도 음성군에 위치한 야곱농장에서 실시하였으며, 2월 교잡종 (Yorkshire × Landrace) F1 경산모돈 (평균 체중 173.0kg) 52두를 공시하여, 4처리, 13반복, 반복 당 한 두씩 완전임의 배치법 (CRD: complete randomized design)으로 배치하

여 실시하였다. 초산 돈 이유 후 부터 임신 110일령까지 임신사의 스톨에 (임신 스톨의 넓이 $2.4 \times 0.64m^2$) 사양하고, 발정 후 12, 24시간 2회 종부 하고, 그리고 110일령에 분만사 (분만틀의 넓이 $2.5 \times 1.8m^2$)로 이동하여 사육되었으며, 실험 임신사와 분만사의 온도와 환기량은 환기팬과 자동제어장치에 의하여 자동으로 조절되었다. 또한 분만 후에는 5일간 사료를 제한급여하고, 5일 후부터는 무제한급여를 실시하였다. 모든 자돈은 분만 후 3일령에 멧줄 및 꼬리를 자르고 수컷은 거세를 하였으며, 모든 자돈에게 철분제 (150mg/ml)를 주사하였다.

나. 실험 사료 및 실험 설계 (Experimental diet and treatment)

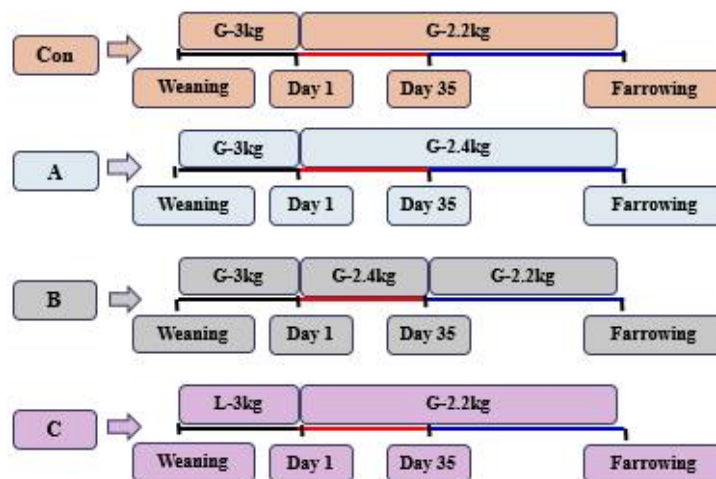
본 실험은 4가지 사양 program 사료는 대한 사료 임신돈 과 포유돈 시판 사료를 사용했다 (G: 임신돈 사료; L: 포유돈 사료; weaning: 초산돈 이유일; d1: 2산차 종부일; d35: 2산차 35일령; farrowing: 2산차 분만일).

Con: 2산차 임신 전 기간 임신돈 사료 2.2kg/일 급여

A : 2산차 임신 전 기간 임신돈 사료 2.4kg/일 급여

B : 2산차 임신 종부후 35일까지 임신돈 사료 2.4kg/일 급여

C : 1산차 이유후 flushing 기간 중 포유돈 사료 급여



다. 샘플 채취 및 조사항목 (Sample collection and measurements)

1) 모든 체중, 사료섭취량 및 등지방 두께 변화 : 모든의 생리적 변화를 알아보기 위하여 초산 돈 이유 시기, 종부일 35일령, 70일령과 110일령 체중, P2부위의 등지방 두께를 측정하였다.

2) 포유 모돈의 체중, 등지방 두께 변화, 사료섭취량 : 포유 모돈의 생리적 변화를 알아보기

위하여 분만 후 24시간 이내와 21일째의 체중, P2부위의 등지방 두께, 사료섭취량을 측정하였다.

3) 포유 자돈의 성장능력 및 포유 모돈의 포유능력: 양자처리 후 포유를 개시하고 자돈의 성장능력 및 모돈의 포유능력을 측정하기 위해 분만 후 24시간 이내, 21일에 자돈의 체중 및 일당증체량을 측정하였다.

4) 재귀발정일 측정: 2산차 모돈 이유 후 이유 후 모돈의 재귀발정일 (WEI, weaning to estrus interval) 측정을 위해 이유 후 임신사에서 발정이 오는 첫날까지의 기간을 측정하였다.

5) 2산차 증후군두수 (Morrow 등, 1989)=초산돈 이유 후 미발정두수+ 미 분만두수+ 2산차 산자수<7 모돈 두수;

$$2산차 증후군율=2산차 증후군두수/처리 당 총 두수$$

6) 경제성분석: 임신돈 사료비는 550원/kg, 포유돈 사료비는 650원/kg 으로 설정하여 경제성 분석을 진행하였다.

모돈 사료비는 초산 모돈 이유 후 - 임신기까지 모돈 1두당 급여하는 총 사료비로 계산하였으며, 자돈 1마리 출생하는 사료비= 모돈 사료비/ 자돈 총 출생두수로 설정하였다.

라. 통계 분석 (Statistical analysis)

통계 분석은 SAS (SAS Institute, 2009)의 일반선형모형 (GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였으며, 사양실험에서 모돈 1마리를 실험 단위로 (CRD) 하여 최소 유의차 (LSD) 다중 검정법에 의해 처리 간 결과를 비교하였다. $P<0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로, $P<0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 고려하였으며, $0.05 \leq P<0.10$ 일 경우 경향이 있는 것으로 간주하였다.

III. 실험 결과 및 고찰 (Results and discussion)

가. 모돈의 체중, 등지방 변화, 재귀발정일 및 사료섭취량 (body weight, backfat thickness, WEI and daily feed intake)

초산 모돈 이유 후 2산차까지 다른 사료 급여 방식이 모돈의 체중, 등지방 변화, 재귀발정일 및 포유기 모돈 사료 섭취량에 미치는 영향을 표 196에 나타내었다. 실험결과, 모돈

중부시기부터 포유 3주차까지 모돈의 체중에 있어 통계적인 유의차는 발견되지 않았다. 그러나 모돈 임신기 체중 변화량에서 통계적으로 고도의 유의차가 나타났다 ($P < 0.01$). 임신기에서 2.4kg 사료를 급여하는 방식이 2.2kg 보다 체중변화가 유의적으로 증가하는 것으로 발견되었다. Hoving 등 (2011a) 연구에서 후보 모돈과 2산차 임신 모돈 사료를 2.5kg에서 3.25kg까지 증가하였을 때 임신기 체중 증가량이 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 포유기에서는 체중과 체중 변화량에서 영향을 미치지 않았다. 결론적으로 2산차 임신 모돈 2.4kg 사료 급여가 2.2kg 사료 급여보다 임신기 체중 증가량을 증가시키는 것으로 판단된다.

초산 모돈 이유 후 2산차까지 다른 사료 급여 방식에 따른 모돈의 등지방 및 등지방 두께 변화에 대한 결과를 표1에 표기하였다. 전체 실험기간에서 등지방 및 등지방 두께 변화에서는 유의적인 차이가 발견되지 않았다. Hoving 등 (2011a) 연구에서 후보 모돈과 2산차 임신 모돈 사료를 2.5kg에서 3.25kg 까지 증가하면 모돈 등지방 변화량에서 유의적인 차이가 발견되지 않았다. 이러한 결과는 임신 모돈 1일 사료 0.75kg 증가가 모돈 등지방에 영향을 미치지 않는다는 것을 보여준다. 본 연구에서도 마찬가지로 0.2kg 사료 증가가 2산차 모돈의 등지방 두께에 영향을 미치지 않았다.

포유 모돈의 사료섭취량에 대한 결과는 표 4에 제시하였다. 본 실험에서는 초산 모돈 이유 후 2산차까지 다른 사료 급여 방식에 따른 포유기 모돈 일당 사료 섭취량에 있어서 유의적인 차이가 발견되지 않았다. Long 등 (2010) 연구에서 후보 모돈 임신기 일당 에너지 6,330 kcal 부터 6,930 kcal 까지 증가가 포유기 사료섭취량을 감소시키는 것으로 나타났다. 하지만 본 연구에서는 포유기에 사료섭취량이 감소하지 않는 것으로 나타났다. 이러한 원인은 산차의 차이로 볼 수 있다. 2산차 모돈은 초산시기 이유 후 체중 손실이 많은데 (Sceenkel 등, 2010), 임신기 적정한 사료량 증가가 체중을 회복 (임신기 모돈 체중 증가량)하는데 도움을 주었으며 (Hoving 등, 2011a), 따라서 포유기 사료섭취량에 부정적 영향을 미치지 않았다.

일반적으로 포유 모돈의 사료섭취량이 낮을 경우 이유 후 체상태가 부정적인 상태가 되는데 이 경우 이유 후 재귀발정일 (weaning to estrus interval; WEI)의 증가 (King과 Williams, 1984), 배란 수 감소 등의 문제를 유발한다. 본 실험에서는 초산 모돈 이유 후 2산차까지 다른 사료 급여 방식에 따른 포유기 사료섭취량에 있어서 차이가 없었기 때문에 재귀발정일에 있어서도 유의적인 차이가 나타나지 않은 것으로 판단된다.

나. 모돈의 번식능력과 포유 자돈의 성장능력 (Reproductive performance and Piglet growth performance)

초산 모돈 이유 후 2산차까지 다른 사료 급여 방식에 따른 포유자돈 성장능력 비교를 위해 분만 직후, 21일령에 복당 생산 두수, 복당 체중 (litter weight), 복당 증체량 (litter

weight gain), 자돈 1두당 평균 체중, 및 자돈 평균 증체량을 조사하였다 (표 197). 실험결과, 포유자돈 성장능력에서 유의적인 차이가 발견되지 않았다. 일반적으로 후보 모돈 임신 초기에 사료섭취량의 과도한 증가는 태아 생존율에 부정적 영향을 주며 (Ashworth, 1991; Pharazyn, 1992; Jindal 등, 1996), progesterone 농도를 감소시킨다 (Ashworth, 1991; Jindal 등, 1996; van den Brand 등, 2000; Virolainen 등, 2005). Progesterone 농도는 임신초기에 임신을 유지하기 위한 필수 호르몬이다 (Pope, 1988; Ashworth, 1992). 하지만 경산 모돈에게서는 부정적인 영향이 없다 (Varley 과 Prime, 1993; Virolainen 등, 2005). Hoving 등 (2011b) 연구에서 임신기에 일당 사료 섭취량이 2.5kg (산자수: 15.2)에서 3.25kg (산자수: 13.2)까지 증가가 산자수를 증가시키는 것으로 나타났다. 하지만 Hoving 등 (2012a)의 연구에서는 임신기 사료섭취량 증가가 산자수를 증가시키지 않는 것으로 나타났으며, 번식 호르몬 (progesterone, LH) 농도에 있어서도 영향을 미치지 않았다. 본 연구에서는 이와 같은 결과가 나타났으며, 2.2kg 부터 2.4kg 까지 증가가 산자수에 영향을 주지 않았다.

따라서 초산 모돈 이유 후 2산차 동안 4가지 다른 사료 급여 방식은 포유시기 포유자돈의 성장능력에 있어서 차이를 나타내지 못하였다고 판단된다.

다. 2산차 증후군율 (Second litter syndrome rate)

초산 모돈 이유 후 2산차까지 다른 사료 급여 방식에 따른 모돈의 2산차 증후군율을 표 198에 나타내었다. 실험결과, 모돈 종부시기부터 포유 3주차까지 모돈의 2산차 증후군율에 있어 통계적인 유의차가 발견되었다 ($P=0.02$). 임신기동안 2.4kg 사료를 급여하는 방식이 다른 방식보다 2산차 증후군율이 유의적으로 낮은 것으로 나타났다.

일반적으로 2산차 증후군은 초산 모돈 이유 후 2산차 모돈이 발정이 오지 않거나, 임신이 실패하고 산자수가 적은 상태를 의미한다 (Morrow 등, 1992). 하지만 적은 산자수에 대한 정확한 범위는 없으며, 본 실험에서는 산자수 7이하로 정의하였다.

초산 모돈 이유 후 임신돈 사료와 포유돈 사료 급여에서는 차이가 나타나지 않았다. 전체 임신기에서는 2.4kg 급여가 2.2kg 급여보다 산자수가 적은 모돈이 적은 것으로 나타났다. Hoving 등 (2011b) 연구에서도 임신기에 일당 사료 섭취량이 2.5kg 에서 3.25kg 까지 증가하면 적은 산자수 (<10) 모돈이 10%정도 낮아지는 것으로 나타났다.

보통 2산차 증후군을 예방하기 위하여 포유자돈 수를 적게 하거나 포유일령을 단축시키는 방법으로 모돈의 체형 손실을 적게 만드는 방법이 사용 된다 (Soede 등, 2013), 하지만 본 연구에서 임신 초기에 사료급여량 0.2kg를 증가시켰을 때 임신기 체중 증가량이 많기 때문에, 체형 회복이 빨라져서 2산차 증후군을 예방을 했다고 볼 수 있다.

결론적으로 2산차 임신 모돈 2.4kg 사료 급여가 2.2kg 사료 급여보다 2산차 증후군율의 예방에 좋은 영향을 미치는 것으로 나타났다.

표 196. 사료급여방식이 2산차 모돈의 체중, 등지방 두께, 재귀발정일 및 사료섭취량에 미치는 영향

Item	Con	A	B	C	SEM ¹	P-value
Body weight, kg						
Weaning (first parity)	176.8	172.4	173.7	170.7	2.23	0.84
Day 1	178.3	173.7	175.5	174.5	2.41	0.93
Day 35	194.2	195.2	192.7	193.7	2.27	0.98
Day 110	234.0	243.7	237.1	228.1	2.48	0.14
Change (1-110 days)	55.7 ^B	70.0 ^A	61.6 ^{AB}	53.3 ^B	2.06	<.01
24 hrs. postpartum	210.9	213.9	219.2	211.0	2.84	0.74
21 days of lactation	195.7	196.3	206.4	200.5	3.24	0.65
Changes (1-21 days)	-17.4	-17.6	-12.9	-10.5	2.74	0.77
Backfat thickness, mm						
Weaning (first parity)	19.1	18.1	18.6	19.3	0.75	0.95
Day 1	20.6	18.7	20.2	19.8	0.79	0.85
Day 35	21.1	22.2	18.9	19.8	0.73	0.37
Day 110	24.2	22.5	24.4	23.9	0.79	0.80
Change (1-110 days)	3.6	3.8	4.2	3.5	0.57	0.98
24 hrs. postpartum	21.9	21.3	22.0	20.8	0.89	0.97
21 days of lactation	18.0	17.9	18.9	20.2	0.72	0.82
Changes (1-21 days)	-3.9	-3.3	-3.1	-0.6	0.77	0.48
ADFI, kg	4.7	4.5	4.9	4.5	0.17	0.86
WEI, days	4.6	5.5	5.5	5.3	0.25	0.33

¹ Standard error of mean.

^{AB} Means in a same row with different superscript letters were significantly different (P<0.05)

표 197. 사료급여방식이 2산차 모돈의 번식 성적에 미치는 영향

Item	Con	A	B	C	SEM ¹	P-value
No. of sows farrowing	9	13	10	9	—	—
Reproductive performance						
Total born/litter	11.78	12.00	12.30	12.20	0.576	0.99
No. of born alive	11.00	11.38	11.60	11.40	0.546	0.97
No. of stillbirths	0.78	0.62	0.70	0.80	0.222	0.95
After cross-foster	11.44	11.38	11.60	11.33	0.112	0.99
21 day of lactation	10.67	10.85	10.90	10.40	0.204	0.85
Litter weight, kg						
Litter birth weight	18.00	20.28	19.57	17.32	0.845	0.58
After cross-foster	18.07	19.85	19.12	17.66	0.474	0.28
21 day of lactation	60.54	63.05	59.99	54.58	2.122	0.64
Litter weight gain	42.47	43.21	40.87	36.87	1.966	0.77
Piglet weight, kg						
Piglet birth weight	1.57	1.70	1.62	1.49	0.040	0.20
After cross-foster	1.58	1.74	1.64	1.57	0.034	0.16
21 day of lactation	5.67	5.82	5.50	5.25	0.160	0.69
Piglet weight gain	4.09	4.09	3.86	3.72	0.155	0.80

¹ Standard error of mean.

표 198. 사료급여방식이 2산차 모돈의 2산차 증후군율에 미치는 영향

Item	Con	A	B	C	SEM ¹	P-value
No. of sows	13	13	13	13	—	—
No. of farrowing sows	9	13	10	9	—	—
No. of no oestrus sows	2	0	0	2	—	—
No. of no pregnant sows	2	0	3	2	—	—
No. of small litter sizes (<7) sows	1	0	3	2	—	—
No. of second litter syndrome sows	5	0	6	6	—	—
Second litter syndrome rate	38.5% ^A	0% ^B	46.2% ^A	46.2% ^A	0.07	0.02

¹ Standard error of mean.

^{AB} Means in a same row with different superscript letters were significantly different (P<0.05)

라. 경제성 분석 (Economic analysis)

초산 모돈 이유 후 2산차까지 다른 사료 급여 방식에 따른 모돈의 사료비용 및 자돈 1두당 생산비용에 미치는 영향을 표 199에 나타내었다. 실험결과, 모돈 임신기에 2.4kg 사료 급여가 2.2kg 급여보다 13,000원 정도 많았다. 또한 출생자돈 수에서 유의적이 차이 없기 때문에 자돈 1두당 생산 비용도 마찬가지로 2,700원 정도 더 많은 것으로 발견되었다.

다만 A처리구가 Con 처리구에 비해 미발정이 2두, 임신하지 않은 두수가 2두 적었으므로 처리 당 13마리의 모돈 중 4마리의 모돈에서 이득을 보았으므로 30.8%의 모돈이 더 분만한 것으로 생각할 수 있다. Con 처리구의 분만자돈 수가 11두였으므로 이를 바탕으로 생각해 볼 때 모돈 500두 규모, 모돈 회전율 2.3인 농장 기준으로 연간 약 3,892 마리의 자돈을 더 생산한다고 생각할 수 있다. 이는 자돈 가격을 100,000원으로 계산하였을 때 연간 약 3억 8,923만 원의 추가 이익이 생긴다고 할 수 있다. 반면에 생산비용은 모돈 두당 13,000원, 포유자돈 두당 2,700원이므로 마찬가지로 계산하면, 추가 생산비로 약 4,911만 원이 든다. 따라서 농장 전체로 보았을 때 연간 약 3억 4,013만원의 추가 이익이 발생한다고 볼 수 있다.

결론적으로 2산차 임신 모돈 2.4kg 사료 급여가 2.2kg 사료 급여보다 더 많은 사료비와 자돈 생산비를 나타냈으나 생산성을 고려했을 때 더 이익인 것으로 나타났다.

표 199. 사료급여방식이 2산차 모돈의 경제성에 미치는 영향

Item	Con	A	B	C	SEM ¹	P-value
Feed cost/ sow (초산 이유후-2산 임신기)	147,840	160,380	151,690	149,640	-	-
Cost/ piglet production	12,294	15,062	14,209	14,124	695.2	0.58

¹ Standard error of mean.

IV. 결론 (Conclusion)

본 연구는 초산 모돈 이유 후 2산차까지 다른 사료 급여 방식에 따른 모돈의 체형변화, 번식 성적, 포유 성적 및 2산차 증후군율에 미치는 영향을 조사하여 2산차 모돈 사료 급여 방식에 적용 가능성을 규명하기 위해 수행되었다.

결론적으로 초산돈 이유 후 발정까지 포유돈 사료 급여는 효과가 없었으며, 2산차 임신기동안 2.4kg 사료를 급여하는 것은 2.2kg 사료를 급여하는 것보다 모돈 체형회복 및 2산차 증후군율 치료와 예방에 좋은 영향을 미치는 것으로 판단된다. 또한 경제적으로 보았을 때도 이익으로 생각된다. 다만, 체중 증가량이 많기 때문에 모돈의 연산성에 영향을 줄 수 있으며, 이에 대한 추가적인 검증이 필요할 것으로 사료된다.

연구 7. 유생산량 증가를 위한 포유돈 사료섭취량 증진 방안 연구

I. 서론 (Introduction)

생리학, 영양학, 유전학, 행동학, 환경학 등 축사의 발전에 따라 동물의 번식 능력이 많이 증가하였다 (Kraeling과 Webel, 2015). 양돈 산업에서 이러한 추세를 대표하는 지표로 PSY의 증가를 들 수 있는데, 우리나라의 경우 2008년부터 2013년까지 PSY가 19.8두에서 20.8두로 증가하였다 (Choe 등, 2015). 하지만 이러한 증가에도 불구하고 아직 미국이나 유럽과는 많은 차이가 있다. 따라서 이유두수의 증가는 중요한 과제라고 할 수 있다.

현재 육종의 방향은 자돈의 산자수 및 이유두수의 증가로 진행되고 있지만, 모돈의 사료 섭취량은 증가하지 않았다 (Hoving 등, 2013). NRC (1998)에서 제시한 포유 모돈의 일당 사료섭취량은 모돈 체중의 1%와 포유자돈 두당 0.5kg이며, 일반적으로 포유 모돈은 NRC에서 제시한 양만큼 사료를 섭취하지 못한다. 사료섭취량은 이유두수, 유생산량 및 모돈의 건강상태와 관련 있다 (Muirhead 과 Alexander, 1997; Messias de Braganca 등, 1998; Jackson 과 Cockroft, 2007). 따라서 포유 모돈의 일당사료섭취량을 증가시키는 것은 중요하다.

모돈은 분만 후 우울증에 걸릴 수 있으며, 며칠 동안 사료를 먹지 않을 수 있다 (Swine nutrition 2nd, 2001). 포유기 비정상적으로 적은 사료 섭취량은 포유 성적에 부정적인 영향을 미치며, 이유 후 재귀발정일에 영향을 미친다 (Koketsu 등, 1996a; Revell 등, 1998a).

또한 포유 모돈의 사료 섭취량은 포유기 체중, 등지방 변화량, 연산성 및 포유 자돈의 성장에 영향 미친다. 포유 모돈의 사료 섭취량이 낮은 경우는 포유기 체중, 등지방 변화량과 연산성에 부정적 영향을 미치며 (Eissen 등, 2000), 포유 자돈 성장과 재귀 발정일에 부정적인 영향을 준다 (Bergsma 과 Hermes, 2012). 포유자돈은 주로 모유 섭취를 통해 영양소를 흡수하기 때문에 (Harrell 등, 1993), 포유자돈의 성장은 포유 모돈의 젖 생산량과 관련 된다 (Noblet 과 Etienne, 1989; Harrell 등, 1993; Hales 등, 2013). 포유 모돈이 사료를 섭취한 후 에너지의 약 70%는 젖을 통하여 포유자돈이 섭취하게 된다 (Noble 과 Etienne, 1989). 따라서 포유 모돈의 사료 섭취량은 자돈의 성적에 중요한 작용을 한다고 볼 수 있다.

포유 모돈 사료섭취량을 증가시키기 위한 방법은 사료회사와 농가들의 주된 관심의 대상이 되고 있다. 사육 공간, 사료급여형태, 사료 내 첨가제 등은 돼지의 일당 사료 섭취량에 영향을 미치고 있다 (Ochetim 과 Odur, 1979; Brumm 과 Carlson, 1985; Brumm 과 Dahlquist, 1995;). 하지만 포유 모돈 사료 내 일당사료섭취량을 증가하기 위한 첨가제의 연구는 부족한 실정이다.

따라서, 본 실험은 이러한 배경을 바탕으로 포유돈 사료 내 다양한 첨가제의 첨가가 모돈의 성장 성적 및 분만성적에 미치는 영향을 검증하고자 수행되었다.

II. 실험 방법 및 재료 (Material and methods)

가. 실험동물 및 사양 환경 (Experimental animal and housing environment)

본 실험은 충청북도 음성군에 위치한 야곱농장에서 실시하였으며, 2월 교잡종 (Yorkshire × Landrace) F1 모돈 (평균 체중 250.75kg) 45두를 공시하여, 5처리, 9반복, 반복 당 1두씩 완전임의 배치법 (CRD: complete randomized design)으로 배치하여 실시하였다. 포유 모돈은 임신기 110일령에 분만사 (분만틀의 넓이 $2.5 \times 1.8\text{m}^2$, 높이 0.5m)로 이동하여 실험을 수행하였으며, 실험 분만사의 온도와 환기량은 환기팬과 자동제어 장치에 의하여 자동으로 조절되었다. 또한 분만 후에는 5일간 사료를 제한급여하고, 5일 후부터는 무제한급여 (*ad libitum*)를 실시하였다. 포유 자돈은 분만 후 3일령에 멧줄 및 꼬리를 자르고 수컷은 거세를 하였으며, 모든 자돈에게 철분제 (150mg/ml)를 주사하였다.

나. 실험 설계 및 실험 사료 (Experimental design and diet)

본 실험은 옥수수-대두박 위주의 기초사료에 향미제 0.03%, 감미제 0.03%, 당밀 1%과 설탕 0.5%를 첨가했다. 본 실험의 실험 처리구 및 첨가수준은 다음과 같다.

처리 1 : Con: corn-SBM based diet

처리 2 : FF : Basal diet + 향미제 (밀크 바닐라향) 0.03% 첨가

처리 3 : SW : Basal diet + 감미제 (사카린 타입) 0.03% 첨가

처리 4 : MO : Basal diet + 당밀 1% 첨가

처리 5 : SU : Basal diet + 설탕 0.5% 첨가

실험사료의 배합비는 표 200에 나타내었다.

표 200. 실험사료 배합비

Item	Con	FF	SW	MO	SU
Corn	74.53	74.47	74.47	73.31	73.60
SBM-45	12.40	12.41	12.41	12.51	12.56
Tallow	2.50	2.52	2.52	2.69	2.82
Wheat bran	5.98	5.98	5.98	5.93	5.94
L-Lysine	1.44	1.44	1.44	1.44	1.43
DL-methionine	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
L-threonine, 99%	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
MDCP	1.37	1.37	1.37	1.39	1.38
Limestone	1.02	1.02	1.02	0.97	1.01
Vit. Mix ¹	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Choline chloride-50	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Flat flavour	-	0.03	-	-	-
Sweetener	-	-	0.03	-	-
Molasses	-	-	-	1.00	-
Sugar	-	-	-	-	0.50
Sum	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition³					
ME	3,265.02	3,265.02	3,265.02	3,265.00	3,265.01
CP	12.57	12.57	12.57	12.57	12.57
Lys	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Met	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
Thr	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Ca	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
Total P	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

¹ Provided per kg of diet: Vit A, 16,000 IU; Vit D3, 3,200 IU; Vit. E, 35 IU; Vit. K3, 5mg; Rivo flavin, 6mg; Calcium, pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B12, 20ug.

² Provided per kg of diet: Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

³ Calculated value.

III. 측정항목 (Measurements)

가. 포유 모돈의 체중, 등지방 두께 변화 및 사료섭취량

포유 모돈의 생리적 변화를 알아보기 위하여 분만 후 24시간 이내와 포유 21일째의 체중, 등지방 두께 (P₂) 및 사료섭취량을 측정하였다.

나. 포유 자돈의 성장능력 및 포유 모돈의 포유능력

양자처리 후 포유를 개시하고 자돈의 성장능력 및 모돈의 포유능력을 측정하기 위해 분만 후 24시간 이내, 포유 21일차에 포유 자돈의 체중과 일당 증체량을 측정하였다.

다. 모돈의 유성분 과 유생산량 (Milk composition and production) 분석

초유는 분만 후 24시간이내, 돈유는 포유 21일차에 oxytocin 0.5ml을 혈관 주사하여 채취하였으며, 수집된 돈유는 영하 20℃인 냉동고에 분석 시 까지 냉동보관 하였다. 보관된 돈유는 유성분 분석기 (MilkoScan FT20, FOSS Electric Co., Denmark)를 사용하여 유지방 (fat), 유단백질 (protein), 락토오즈 (lactose), 무지유고형분 (Solids not fat : SNF)의 함량을 측정하였다.

젖 생산량 (Milk production): 자돈 1두당 젖 먹은 양 : Milk production (g/piglet, d) = 2.50 × piglet ADG (g) + 80.2 × initial piglet BW (kg) + 7 (Noblet 과 Etienne, 1989)

모돈이 1일에 생산한 젖생산량은 Milk production (kg/sow, d) = [2.50 × piglet ADG (g) + 80.2 × initial piglet BW (kg) + 7] × No. of weaning piglet / 1000

라. 혈액 정상 (Blood profiles)

포유 모돈과 자돈의 혈액은 분만 후 24시간이내 및 포유 21일차에 채취하였으며, 채취한 혈액은 serum tube에 포집하여 3,000rpm, 4℃ 상태로 10분 동안 원심분리 하였다. 그 후 micro tube 보관용기에 혈청만을 분리하여 분석 시까지 -20℃로 보관하였다. 보관된 혈액은 혈액 분석기를 통하여 분석을 실시하였으며, 채취한 혈액을 가지고 ELISA 분석법으로 포유자돈의 혈중 IgG, IgA 농도를 분석하였다. 또한 포유 모돈 혈액 내 glucose, insulin 및 leptin을 분석하였다.

마. 재귀발정일 측정 (WEI)

이유 후 모돈의 재귀발정일 (WEI, weaning to estrus interval) 측정을 위해 이유 후 임신사에서 모돈의 첫발정이 오는 시점까지의 기간을 측정하였다.

바. 통계 분석 (Statistical analysis)

통계 분석은 SAS (SAS Institute, 2009)의 일반선형모형 (GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였으며, 사양실험에서 모돈 1마리를 실험 단위로 (CRD) 하여 최소 유의차 (LSD) 다중 검정법에 의해 처리 간 결과를 비교하였다. $P < 0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로, $P < 0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 고려하였으며, $0.05 \leq P < 0.10$ 일 경우 경향이 있는 것으로 간주하였다.

III. 실험 결과 및 고찰 (Results and discussion)

가. 포유 모돈의 변화와 사료섭취량과 재귀발정일 (Reproductive performance, feed intake and WEI)

포유 모돈 사료 내 향미제 0.03%, 감미제 0.03%, 당밀 1%과 설탕 0.5%의 첨가가 포유 모돈의 체중, 등지방 변화 및 사료 섭취량과 WEI에 미치는 영향을 표 201에 나타내었다. 일반적으로 이유 시 모돈의 체중은 분만 시 모돈의 체중에 비해 감소되는데, 사료를 통해 얻는 영양소보다 포유 모돈이 소모하는 영양소의 양이 더 많기 때문에 체내에 축적되어 있는 영양소를 분해하여 포유에 사용하게 되며, 어느 정도 수치의 차이는 있지만 일반적으로 모돈의 체중이 감소하는 것으로 알려져 있다 (Mullan과 Williams, 1989; Yang 등, 1989). 모돈의 체중이 감소하면 재귀 발정일에 부정적인 영향을 미칠 수 있다 (Clowes 등, 2003a). 본 실험결과 총 21일간의 포유 기간 동안 모돈의 체중이나 체중의 변화량에 있어서 통계적인 유의차는 발견되지 않았다. 모돈 사료 내 향미제 0.03%, 감미제 0.03%, 당밀 1%과 설탕 0.5%의 첨가는 포유기 모돈의 체중과 변화량에 유의적인 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

포유 모돈의 등지방 두께 변화에 대한 결과 또한 표 201에 나타내었다. 분만직후와 21일령의 포유 모돈 등지방 변화에서는 통계적인 유의차는 발견되지 않았다. 따라서 사료 내 향미제 0.03%, 감미제 0.03%, 당밀 1%과 설탕 0.5% 첨가는 포유기 모돈의 등지방과 변화량에 유의적인 영향을 미치지 않는 것으로 발견된다.

포유 모돈의 사료섭취량에 대한 결과 역시 표 201에 나타내었다. 실험 결과 사료 내 향미제 0.03%, 감미제 0.03%, 당밀 1%과 설탕 0.5% 첨가는 포유 모돈의 사료섭취량에 영향

을 미치지 않았다. 결과적으로 포유 모돈 사료 내 향미제 0.03%, 감미제 0.03%, 당밀 1% 과 설탕 0.5% 첨가는 포유기 모돈의 사료섭취량에 유의적인 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다. 사료 내 향미제 0.03%, 감미제 0.03%, 당밀 1%와 설탕 0.5% 첨가는 포유 모돈의 사료섭취량을 증가시키지 못하는 것으로 사료된다.

재귀발정일의 경우 모체의 건강상태, 산차, 포유 모돈의 영양상태 등에 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 본 실험에서는 포유 모돈 사료 내 향미제 0.03%, 감미제 0.03%, 당밀 1%과 설탕 0.5% 첨가는 이유 후 재귀발정일 (WEI)에 유의적인 경향이 나타났으며 (P=0.06), 설탕 0.5% 첨가한 처리구에서 수치적으로 가장 높은 WEI를 나타내었으며, 대조구보다 1.39일 많은 것으로 나타났다.

포유 모돈의 사료섭취량이 낮은 경우 이유 후 체상태가 부정적인 상태가 되는데 이러한 경우 이유 후 재귀발정일의 증가 (King과 Williams, 1984) 문제를 유발할 수 있다. 본 실험에서는 설탕을 0.5% 첨가한 처리구의 사료섭취량이 수치적으로 10.2% 낮았으며, 이로 인해 다른 처리구보다 재귀발정일을 증가시켜 생산성을 감소시킬 가능성이 보였다.

결과적으로 포유 모돈 사료 내 향미제 0.03%, 감미제 0.03%와 당밀 1% 첨가는 모돈 체형변화와 일당사료섭취량에 부정적인 영향을 미치지 않았으며, 설탕 0.5% 첨가한 처리구에서 WEI를 증가하는 것으로 나타났다.

표 201. 첨가제 종류가 포유 모돈의 번식 성적에 미치는 영향

Item	Con	FF	SW	MO	SU	SEM ¹	P-value
No. of sows	9	9	9	9	9	-	-
Body weight, kg							
24 hrs. postpartum	250.11	252.10	255.11	251.94	250.06	3.126	0.99
21 days of lactation	238.11	239.53	247.87	240.16	238.97	3.689	0.93
Changes (0-21 days)	-12.00	-12.57	-7.24	-11.79	-11.09	1.944	0.92
Backfat thickness, mm							
24 hrs. postpartum	20.63	20.06	21.67	21.22	20.72	1.004	0.99
21 days of lactation	15.61	15.33	17.39	15.22	16.44	0.770	0.90
Changes (0-21 days)	-5.02	-4.72	-4.28	-6.00	-4.28	0.856	0.97
ADFI, kg	4.69	4.84	4.56	5.04	4.21	1.525	0.53
Weaning to estrus interval, days	4.69	5.19	4.44	4.94	6.08	0.192	0.06

¹ Standard error of mean.

나. 포유 자돈의 성장 성적 (Litter performance)

포유 모돈 사료 내 향미제 0.03%, 감미제 0.03%, 당밀 1%과 설탕 0.5%의 첨가에 따른 포유자돈 성장 성적을 표 202에 나타내었다. 실험 결과, 복당 이유두수, 폐사 두수, 복당 체중 (litter weight), 복당 체중 증가량 (Litter weight gain), 자돈 1두당 평균 체중 및 증체량 (piglet weight gain)에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 하지만 자돈 1마리당 체중 증가량에서 유의적인 경향이 나타났다 (P=0.09). 설탕을 0.5% 첨가한 처리구의 자돈 1마리당 체중 증체량이 제일 적은 것으로 나타났다.

본 실험에서는 모든 사료 내 설탕 0.5% 첨가한 처리구에서 포유 모돈 일당섭취량이 수치적으로 낮았으며, 1두당 자돈 체중증체량 다른 처리구에 비해 수치적으로 10.2% 낮았다. 포유 자돈은 포유 모돈이 분비한 돈유에서 영양소를 받는데, 포유시기에 모돈의 사료섭취량이 많으면 돈유 생산량이 증가하여 자돈 성장 성적에 좋은 영향을 미친다고 알려져 있다 (Gourdine 등, 2006). 따라서 설탕을 0.5% 첨가한 처리구에서는 수치적으로 낮은 모돈의 사료섭취량 때문에, 자돈 1마리당 증체량이 제일 낮은 것으로 나타났다.

결과적으로 포유 모돈 사료 내 향미제 0.03%, 감미제 0.03%과 당밀 1% 첨가는 포유자돈의 성장 성적에 긍정적인 영향을 끼치지 않았으며, 설탕 0.5%의 첨가가 포유자돈 성장을 감소시켰다.

표 202. 첨가제 종류가 포유자돈에 미치는 영향

Item	Con	FF	SW	MO	SU	SEM ¹	P-value
Litter size, No. of piglets							
24 hrs. postpartum	10.67	10.67	10.67	10.78	10.89	0.116	0.97
Mortality	0.89	0.44	0.67	1.22	1.33	0.179	0.50
21 days of lactation	9.78	10.22	10.00	9.56	9.56	0.197	0.80
Litter weight, kg							
24 hrs. postpartum	17.20	16.63	16.78	17.21	17.24	0.408	0.99
21 days of lactation	58.48	59.97	56.91	58.78	54.38	1.768	0.89
Litter weight gain	41.28	43.34	40.12	41.55	37.14	1.587	0.81
Piglet weight, kg							
24 hrs. postpartum	1.61	1.59	1.58	1.60	1.58	0.039	0.99
21 days of lactation	5.44	5.87	5.66	6.12	4.94	0.154	0.15
Piglet weight gain	3.83	4.28	4.08	4.52	3.36	0.143	0.09

¹ Standard error of mean.

다. 돈유 성분 과 생산량 분석 (Milk composition and production)

포유 모돈 사료 내 향미제 0.03%, 감미제 0.03%, 당밀 1%과 설탕 0.5%의 첨가가 포유 모돈의 돈유 성분에 미치는 영향을 표 203에 나타내었다.

일반적으로 모돈의 유성분은 품종, 모돈의 건강상태, 사료의 영양수준에 따라 변화하는 것으로 알려져 있으며 (Klaver 등, 1981; Jackson 등, 1995), 자돈의 성장에 직접적인 영향을 미친다. 본 실험 결과 사료 내 향미제 0.03%, 감미제 0.03%, 당밀 1%과 설탕 0.5%의 첨가에 따른 어떠한 경향이나 유의적인 차이는 발견되지 않았다. 또한 모돈 포유기에 체중, 등지방, 자돈 복당체중에서도 유의적인 차이가 발견되지 않았으며, 향미제 0.03%, 감미제 0.03%, 당밀 1%과 설탕 0.5%의 첨가가 돈유 품질에 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

모돈 젖 생산량은 사료섭취량 (Muirhead 과 Alexander, 1997)과 포유두수 (Noblet 과 Etienne, 1989)가 증가함에 따라 증가한다. 본 연구에서 사료섭취량 과 포유두수에서 유의적인 차이가 없었기 때문에, 젖 생산량에 있어서도 통계적인 차이가 발견되지 않았다. 따라서 포유 모돈 사료 내 향미제 0.03%, 감미제 0.03%, 당밀 1%와 설탕 0.5%의 첨가는 젖 생산량을 증가시키지 않았다.

결론적으로 향미제 0.03%, 감미제 0.03%, 당밀 1%와 설탕 0.5% 포유 모돈 사료 내 첨가는 돈유 품질에 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

표 203. 첨가제 종류가 포유 모돈의 유성분 조성에 미치는 영향

Item	Con	FF	SW	MO	SU	SEM ¹	P-value
Casein, %							
Initial	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	—	—
Day 21 postpartum	4.69	4.56	4.57	4.40	4.41	0.060	0.59
Protein, %							
Initial	6.96	6.96	6.96	6.96	6.96	—	—
Day 21 postpartum	4.60	4.65	4.72	4.64	4.80	0.131	0.99
Fat, %							
Initial	8.28	8.28	8.28	8.28	8.28	—	—
Day 21 postpartum	5.60	6.54	5.82	6.45	6.80	0.385	0.87
Total solid, %							
Initial	20.04	20.04	20.04	20.04	20.04	—	—
Day 21 postpartum	16.47	17.58	16.97	17.49	17.83	0.417	0.88
Solid not fat, %							
Initial	11.21	11.21	11.21	11.21	11.21	—	—
Day 21 postpartum	10.64	10.84	10.90	10.83	10.82	0.060	0.75
Lactose, %							
Initial	4.36	4.36	4.36	4.36	4.36	—	—
Day 21 postpartum	5.64	5.81	5.82	5.80	5.67	0.067	0.88
Milk production, kg/sow, d							
	5.86	6.58	6.23	6.46	5.38	0.238	0.52

¹ Standard error of mean.

라. 혈액 면역 성분 (Immune component in blood)

포유 모든 사료 내 향미제 0.03%, 감미제 0.03%, 당밀 1%과 설탕 0.5%의 첨가가 포유 자돈 혈액 면역 성분에 미치는 영향을 표 204에 나타내었다.

자돈의 면역력은 모유 흡수에서 기인되며 (Blecha, 2001), 35일이 지나야 체 내에서 면역 단백질을 합성할 수 있다 (Carney 등, 2013). Klobasa 등 (1981)에 따르면 IgG 흡수가 부족하면, 신생자돈 폐사가 늘어날 수 있다고 하였다. 또한 모유 내 면역 글로불린은 포유일령에 따라 농도가 떨어진다 (Gaskins, 1998). 본 실험결과 모든 혈액 성분은 사료 내 향미제 0.03%, 감미제 0.03%, 당밀 1%과 설탕 0.5%의 첨가에 따른 포유자돈 혈액 내 면역 성분에 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 그래서 결론적으로 향미제 0.03%, 감미제 0.03%, 당밀 1%과 설탕 0.5% 포유 모든 사료 내 첨가는 포유자돈 혈액 면역 성분에 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

마. 모돈의 혈액 성분 (Blood profiles of sows)

포유 모든 사료 내 향미제 0.03%, 감미제 0.03%, 당밀 1%과 설탕 0.5%의 첨가가 모든 혈액 내 insulin, glucose 과 leptin에 미치는 영향을 표 205에 나타내었다.

Insulin농도는 포유 모든 지방과 체내대사 및 지방합성과 관련이 있으며 (Schams 등, 1994), 본 연구에서는 사료 내 향미제 0.03%, 감미제 0.03%, 당밀 1%와 설탕 0.5%의 첨가가 포유기 21일령에서 insulin 농도가 유의적이 차이가 발견되지 않았다.

포유기에서 glucose는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. Glucose 농도가 증가하면, 사료섭취량에 부정적인 영향을 준다 (Yannick 등, 1998). 본 실험결과에서는 포유 모든 일당 사료섭취량이 유의적인 경향이 나타났지만, 21일령에서 모든 혈액 내 glucose농도에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

Leptin는 신경 Y/Y1 통해서 시상하부에서 분비되며 (Asakawa 등, 2001a; Shintani 등, 2002), Leptin의 농도가 높을수록 사료섭취량이 감소한다. 본 연구에서는 모든 포유기 사료 섭취량이 유의적인 경향이 나타났으며, leptin 농도에서도 유의적인 차이가 발견되지 않았다. 결론적으로 향미제 0.03%, 감미제 0.03%, 당밀 1%와 설탕 0.5% 포유 모든 사료 내 첨가는 포유 모든 혈액 성분에 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

표 204. 첨가제 종류가 포유자돈의 면역 성상에 미치는 영향

Item	Con	FF	SW	MO	SU	SEM ¹	P-value
IgG in piglet blood, (4*10⁴/ul)							
Initial	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	-	-
Day 21 postpartum	2.65	2.79	2.64	2.87	2.64	0.173	0.99
IgA in piglet blood, (2*10³/ul)							
Initial	42.30	42.30	42.30	42.30	42.30	-	-
Day 21 postpartum	0.18	0.16	0.19	0.16	0.20	0.008	0.22

¹ Standard error of mean.

표 205. 첨가제 종류가 포유 모돈의 혈액 성상에 미치는 영향

Item	Con	FF	SW	MO	SU	SEM ¹	P-value
Glucose, mg/dL							
Initial	83.0	83.0	83.0	83.0	83.0	-	-
Day 21 postpartum	74.0	65.3	78.8	70.0	70.8	2.45	0.54
Insulin, μU/mL							
Initial	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	-	-
Day 21 postpartum	1.1	1.6	1.4	0.6	1.2	0.20	0.74
Leptin, ng/mL							
Initial	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	-	-
Day 21 postpartum	0.6	0.8	0.8	0.9	0.8	0.07	0.80

¹ Standard error of mean.

IV. 결론 (Conclusion)

포유 모돈 사료 내 향미제 0.03%, 감미제 0.03%, 당밀 1%와 설탕 0.5%의 첨가는 모돈 체형변화, 일당사료섭취량, 자돈 포유 성적, 모돈 젖 성분 품질과 생산량, 자돈 혈액 면역 성상, 모돈 혈액 성분에 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 또한 사료 내 설탕 0.5% 첨가하였을 때 모돈의 WEI와 자돈 1두당 체중증가량에서 부정적인 영향이 나타났다.

이러한 결과를 통해 포유 모돈 사료 내 향미제 0.03%, 감미제 0.03%, 당밀 1%와 설탕 0.5% 첨가는 모돈과 자돈에게 긍정적인 효과를 미치지 못하는 것으로 판단된다.

연구 8. 일반 양돈농가 대상 보급 모델개발 및 사양관리 매뉴얼 제시

I. 이유 자돈 사양관리 매뉴얼

■ 이유 자돈의 사양관리 제시

■ 이유 자돈

이유란 포유를 하던 자돈이 어미에게서 떨어져 다른 자돈들과 함께 사육되는 것을 말하며, 이는 돼지가 일생에서 받을 수 있는 가장 큰 스트레스에 속한다. 이유 스트레스에 의한 설사 및 탈수로 성장정체 및 폐사가 다분히 발생할 수 있는 구간이므로 세심한 관리가 필요하다. 이유 후의 가장 큰 변화는 먹이가 모유에서 고품사료로 변화하는 것이고, 음수의 섭취 또한 모유가 아닌 급수기를 통해 섭취해야 한다는 것이다. 또한 어미와 동복 자돈들과 떨어져 낯선 환경에서 다른 자돈들과 섞여 살아가야 한다. 이유 자돈 시기에 설사 및 탈수로 인한 성장정체 및 폐사가 발생할 수 있는 구간이므로 세심한 관리가 필요하다. 이유 시기는 여러 요인에 의해 결정되는데, 농장의 분만사 돈방 수, 농장의 관리방법, 작업 일정, 모돈의 상태, 자돈의 체중과 일령, 농장의 위생 상태 등이 있다.

■ 이유 시기

농장의 모돈 회전율을 높이기 위해 이유일령을 단축시키는 경향이 있었으나 조기 이유는 자돈의 성장을 개선시키지 못할 뿐만 아니라 모돈의 분만 후 체회복을 충분히 회복하지 못한 채 다음번식에 사용하게 되어 번식 성적을 떨어뜨리는 악순환을 겪게 된다. 따라서 최소 21일령 이후 이유일령을 지키되, 25-28일령의 이유일령을 권장한다.

표 206. 이유일령이 이유 자돈의 성장능력에 미치는 영향

항 목	이유 일령			SEM	P-value
	14일 이유	21일 이유	28일 이유		
개시체중, kg	4.81 ^c	6.29 ^b	7.78 ^a	0.35	0.01
일당증체량, g	226 ^c	426 ^b	486 ^a	29.03	0.01
일당사료섭취량, g	500 ^b	599 ^a	603 ^a	19.67	0.01
사료요구율	2.21 ^b	1.41 ^a	1.24 ^a	0.16	0.01
70일령 체중, kg	17.48 ^b	26.13 ^a	28.17 ^a	1.21	0.01

(출처 : 조경훈과 김유용, 2006)

■ 이유체중

자돈의 성장과 발달을 고려할 때 이유 체중이 높을수록 소화기관의 발달과 향상된 성장 능력을 보이는데, 이유체중의 차이는 차후의 성장과 사료효율 및 소화율 등에 차이를 유발하고 소화효소 분비, 소장의 형태 및 기능과 면역기능에도 영향을 미치기에 복당 또는 그룹 내 이유체중의 차이를 최소화하는 것이 중요하다.

표 207. 이유체중이 이유 자돈의 성장능력에 미치는 영향

주 차	이유체중 (kg)				SEM	P-value
	4.5	5.5	6.5	7.5		
개시체중, kg	4.48 ^d	5.44 ^b	6.49 ^b	7.57 ^a	0.25	0.01
종료체중, kg (7주간)	20.91 ^c	22.73 ^c	25.65 ^b	29.29 ^a	1.01	0.01
일당증체량, g	335 ^b	353 ^b	391 ^{ab}	443 ^a	17.23	0.01
일당사료섭취량, g	490 ^d	560 ^c	630 ^b	660 ^a	15.94	0.01
사료요구율	1.46	1.59	1.62	1.49	0.07	-

(출처 : 조정훈과 김유용, 2006)

■ 이유 자돈사 환경관리

△ 온도관리

- 이유 스트레스는 이유 자돈의 사료섭취량 감소와 이에 따른 체지방의 감소로 이어지기에 이유 전보다 온도는 3-5℃ 높게 관리를 하고 온도 차 변화를 3℃ 내로 관리하도록 한다.

△ 환기관리

- 체온조절 능력 부족과 온도변화에 민감한 시기이므로 자돈이 공기흐름을 느끼지 않도록 유지하는 것이 중요하다.

△ 습도와 습기

- 이유 자돈의 적정습도는 50-70%로 유지하는 것을 권장하며, 돈방의 바닥 습기가 많아질 경우 체감온도를 5-7℃ 저하시켜 추위에 따른 설사가 발생할 수 있으므로 주의한다.

△ 위생관리

- 이유 시점 전후로 자돈이 필요로 하는 면역요구량 부족에 따른 면역공백기가 발생하고 이유 스트레스로 인한 면역력 감소로 질병 감염이 쉽게 발생될 수 있다. 따라서 스트레스 및 병원성 미생물의 유입을 최대한 방지하는 것이 중요하다.

△ 돈사

- All in-All out을 권장하며, 밀사가 되지 않게 적정 사육두수를 유지하는 것이 중요하다.

△ 사료/급수시설

- 가급적 포유-이유기에 동일한 니플 급수기 형태를 가져가고 수압이 너무 세지 않도록 관리하는 것이 좋다. 충분한 음수 섭취를 위해 니플 개수를 충분히 설치한다. 사료급이기는 이유 후 초반부터 허실발생에 유의하여야 한다.

■ 이유 후 사료섭취량의 증가

이유 자돈은 이유 초반에 사료섭취량이 감소하므로 사료 섭취량을 증가시키기 위한 사양 관리가 아주 중요하다. 사료섭취량을 증가시키는 방안들은 다음과 같다.

- △ 이유 후 고품사료 적응을 위해 이유 3-4일전 입붙이사료 급여
- △ 밝은 곳에서 사료섭식 경향이 있으므로 이유 후 3일간 점등 권장
- △ 소량 급여하여 신선도를 높이고 과식성 설사 방지를 위해 제한 급여 실시
- △ 고품사료 적응력 향상 위해 이유 초기 액상사료 형태 급여
- △ 바닥에 사료를 뿌려준 뒤 섭식을 하지 않는 개체는 따로 개체 관리 실시

■ 이상행동 / 임상증상 관찰과 해결

이유자돈시기는 성장속도가 빠르면서 세심히 관찰해야 하는 단계이므로 아래와 같은 이상행동이 관찰시 재빠른 관리가 필요하다. 병원성 이상행동 외 이유 자돈의 이상행동 및 동물복지를 향상시키기 위해서는 돈사 내 장난감 (공, 플라스틱 막대, 체인 등)을 제공하는 것도 이상행동을 해결하는데 큰 도움이 된다.

표 208. 이상행동/임상행동 원인 및 해결방안

이상행동	원인	해결방안
귀물기, 꼬리물기	스트레스, 불만족, 공기 유속의 불안정성, 밀사	장난감 제공
이유 후 3일이상 투쟁행동	사료급이기 또는 사료급여량 부족	환기량 조절 및 유해가스 제거 사료통 근처 내 조명을 높여주거나 사료급여량 또는 급이 횟수 증가
배꼽 빠는 행동	사료 또는 물의 부족	사료 및 음수량 확인 이상행동 개체를 큰 돼지의 돈방에 수용
자전거 타는 행동	뇌수막염 (연쇄상구균)	속효성-지속성 페니실린제 투약
귀 펄럭임	귓속 내 음	구충제 주사 또는 약제 사료첨가

■ 이유 자돈의 설사 (Diarrhea)

근원적인 설사를 방지하기 위해서는 차단방역과 동시에 충분한 초유섭취를 통한 면역력 획득, 돈방 적정온도 유지, 셋바람 방지 등의 환경 관리가 필요하며, 분만사 수세-소독-건조를 통한 All in-All out과 동시에 만성 포유돈 설사 시 백신과 폐쇄돈군을 유지하면서 관리하는 방안도 중요하다. 또한 설사 및 질병 발생 시 원인체를 찾아 백신 및 예방치료를 선행하여 고질적인 설사 문제를 해결하도록 한다.

이유 후 고품사료에 적응을 하지 못한 돼지는 사료섭취 거부반응을 보이거나 배고픔으로 채식하게 될 경우 위 용적 (0.2리터)보다 약 2-3배 많은 사료를 과식하게 된다. 소화되지 못한 사료는 소장 용모상피세포를 손상시키고 소화 및 영양소 흡수 기능을 떨어뜨려 설사가 발생하므로 이유 후 천천히 섭취량을 올려 과식성 설사를 방지하는 것이 중요하다.

최근에는 이유 자돈의 설사 발생이 너무 과도한 단백질의 함유량 때문이거나 소화하기 어려운 식물성 단백질 원료의 사용 때문이라고 보고되어 단백질 수준을 낮추어 급여하는 것을 권장하기도 한다. 국내에서도 이미 유제품의 과도한 사양보다는 유리당 (free sugar)이 높고 섬유소의 함량이 높은 보리 등의 원료사료를 자돈 사료에 사용하여 설사방지효과는 물론 성장능력의 개선도 나타나는 것으로 알려져 있다.

표 209. 이유 자돈 사료 내 보리의 첨가가 성장 및 설사에 미치는 영향

구분	처리구 ¹				SEM	P-value		
	CON	B15	B30	B45		Linear	Quadratic	
체중, kg								
개시	5.97	5.97	5.97	5.97	0.013	-	-	
2 주	8.41	8.14	8.31	8.35	0.267	0.26	0.74	
5 주	17.18	16.55	16.85	16.95	0.326	0.40	0.95	
일당중체량, g								
0 - 2 주	174	155	167	170	7.4	0.26	0.72	
3 - 5 주	418	400	407	409	9.2	0.54	0.96	
0 - 5 주	320	302	311	314	6.9	0.40	0.96	
일일사료섭취량, g								
0 - 2 주	260	256	273	288	6.9	0.65	0.10	
3 - 5 주	1,150	1,135	1,179	1,183	17.8	0.77	0.32	
0 - 5 주	794	783	817	825	31.7	0.70	0.19	
사료효율								
0 - 2 주	0.68	0.60	0.64	0.59	0.021	0.38	0.33	
3 - 5 주	0.36	0.35	0.34	0.35	0.006	0.36	0.15	
설사빈도²								
0 - 2 주	4.73	4.57	4.21	4.04	0.190	0.225	0.796	
3 - 5 주	2.27 ^A	2.10 ^B	2.00 ^B	1.83 ^C	0.051	<0.01	0.628	
0 - 5 주	3.25 ^a	3.09 ^a	2.89 ^{ab}	2.71 ^b	0.096	0.048	0.911	

¹ CON : 옥수수-대두박 기초사료, B15 : 기초사료 + 보리 15%, B30 : 기초사료 + 보리 30%, B45 : 기초사료 + 보리 45%.

² 설사빈도 : 0 (발생 없음) - 10 (10마리 발생)

^{A,B,C} Means with different superscripts significant difference (P<0.01).

^{a,b} Means with different superscripts significant difference (P<0.05).

II. 육성비육돈 사양관리 매뉴얼

■ 육성·비육돈의 사양관리 제시

■ 육성돈

이유 자돈시기를 지나면 돼지는 육성기에 접어들게 된다. 이 육성기에는 위의 용적이 커지고 사료 섭취량이 극대화되지만 성장속도가 사료섭취량보다 높다. 또한 주로 근육의 성장이 이루어지므로 단백질의 적절한 공급이 중요하다. 육성기에는 뼈의 성장은 일부 줄어들고 근육의 성장이 주로 이루어지는 시기라고 볼 수 있다. 육성돈의 사료급여는 무제한 급여를 실시하지만, 단백질의 공급과 아미노산의 균형 공급이 중요하다.

■ 비육돈

비육돈의 성장은 육성돈과 마찬가지로의 형태를 띠지만 근육의 성장이 완료되고 지방의 축적이 더욱 진행되는 시기이다. 따라서 돈육의 품질에 직결되는 근육 내 지방의 축적에 매우 중요한 시기이다. 한국이나 일본 등은 근내 지방의 비율이 3% 이상으로 높은 돈육을 생산하며 EU 등 서방 국가에서는 근내 지방의 비율이 1% 이하로 매우 낮은 적육을 생산하고 있다.

■ 육성·비육돈의 사료급여

△ 정육생산능력에 맞는 사료급여

- 돼지의 성장과 정육생산은 기본적으로 유전적 능력의 한계로 제한
- 근래의 돼지는 우수한 유전능력을 가진 품종이 도입되어 높은 성장률과 정육생산능력을 가지고 있어 이를 극대화하기 위해 적절한 사료의 선택사료급여체계 필요

△ 성장단계에 적합한 사료급여

- 육성·비육돈은 체중이 증가함에 따라 사료섭취량이 증가하고 영양소 요구량은 감소하기 때문에, 사료 1kg당 포함되어야 할 영양소의 농도는 감소
- 성장단계별 사료를 생산 공급하여 활용하는 것이 바람직
- 단계에 맞지 않는 사료 급여 시 육질이 떨어지거나 PSE 돈육 발생 가능성

△ 암수 분리사육 시 사료급여

- 우리나라의 비육용 돼지는 거세한 거세돈과 암컷으로 나뉜다
- 거세에도 불구하고 성별에 따른 유전능력과 사료효율이 각각 다름

- 일반적으로 수컷의 성장이 더 빠르며 거세돈의 경우 암컷에 비해 등지방 축적이 많은 경향이 있으므로 사료급여 조절이 필요하다

표 210. 사육단계별 사료급여 프로그램 실험 처리구 설정

처리구	육성기 (6주)	비육전기 (4주)	비육후기 (3주)
A	자돈후기사료	자돈후기사료	자돈후기사료
B	자돈후기사료	육성기사료	육성기사료
C	육성기사료	육성기사료	육성기사료
D	육성기사료	비육전기사료	비육전기사료
E	육성기사료	비육전기사료	비육후기사료

(정태삼과 김유용, 2010)

표 211. 성장단계별 사료급여 실험결과

항 목	처리구				
	A	B	C	D	E
개시체중 (kg)	25.20	25.23	25.20	25.22	25.25
6주령 체중 (kg)	56.61	58.16	54.75	55.33	54.92
10주령 체중 (kg)	84.39	84.35	84.43	80.86	83.84
13주령 체중 (kg)	107.88	106.76	106.25	102.65	107.10
총사료섭취량 (kg)	181.2 ^C	200.3 ^{AB}	190.1 ^{BC}	201.1 ^{AB}	250.9 ^A
110kg 기준 사료비 (원)	170,816 ^a	154,055 ^b	131,138 ^c	121,828 ^d	114,807 ^d
110kg 도달일수 (일)	93.1	94.0	94.4	97.1	93.6
육질등급지수	4.8	4.4	4.6	4.8	4.6

(출처 : 정태삼과 김유용, 2010)

■ 비육돈 출하

△ 비육돈 출하의 준비

- 출하 체중은 110-120kg 정도가 규격돈
- 균일한 선발을 위해 작업자의 눈이 아니라 체중계를 이용하여 출하한다
- 출하계획은 출하 전 미리 수립하고 배차 받는다

△ 비육돈 출하 시 유의사항

- 출하차는 반드시 차량 소독후 진입하며, 농장 바깥으로 외부 출하대 설치하여 출하차가 농장 내로 진입하지 못하도록 한다

- 출하 운송기사는 돈사 내 진입하지 못하도록 한다
- 출하 시 모든 출하 돼지의 체중을 측정하여 체중 및 등지방 철저히 관리
- 돼지 콜레라 및 렙 백신 예방 접종 확인서 준비

△ 출하 전 사료급여 관리

- 항생제가 사용되지 않은 사료를 급여하되, 항생제가 첨가된 사료는 휴양기간을 준수하여야 한다. 최근에는 항생제 사용이 금지되었으며, 무항생제 사료로 사영관리를 실시

- 휴양 기간은 반드시 준수하고 현재 돈육에서 항생제 잔류가 발생하면 발생 농장은 출하가 금지되는 등의 제재를 받는다

- 출하 직전에는 사료를 제한하고, 절식시켜야 하며, 이를 통해 돼지가 받는 수송 스트레스를 예방하고, PSE 돈육의 발생도 사전에 차단할 수 있다

표 212. 농가에서 절식하지 않은 돼지의 도축장 도착후 계류유무에 따른 PSE 발생율

수송 전 절식 여부	계류시간	PSE 발생율 (%)
절 식	0	7.8
	4	2.9
	24	1.9
사료 급여	0	13.1
	4	4.0
	24	2.5

(출처 : 축산원, 1997)

표 213. 농가에서 절식하지 않은 돼지의 도축장 도착후 계류유무에 따른 PSE 발생율

구 분	정 상	PSE 발생율			조사두수
		경 중	중 중	계	
절 식	77.8	9.1	13.1	22.2	559
사료 급여	40.7	18.6	40.7	59.3	59

(출처 : 축산원, 2005)

Ⅲ. 차단방역 매뉴얼

■ 차단방역 (Bio-security)

■ 차단방역의 중요성

질병이 발생하면 양돈장은 큰 피해를 입게 되며 그 피해는 상당기간 지속되기 때문에 회복하기까지 오랜 시간이 소요되고 농장 경영 악화로 이어진다. 질병의 발생 후 처치도 중요하지만 무엇보다 외부로부터의 병원균 유입을 차단할 수 있는 방역체계를 갖추는 것이 가장 중요하다. 차단방역은 외부에서 들어오는 돼지, 사람, 각종 차량뿐만 아니라 조류, 쥐, 고양이까지 고려해야 한다. 차단방역이 적용된 정문에 차단시설과 울타리를 설치하여 외부로부터 유입될 수 있는 것을 철저히 차단하고, 외부인의 농장 방문 시 방명록 작성 및 탈의 및 샤워를 실시한 후 농장 전용 작업복으로 갈아입도록 준비되어 있어야 하며, 출하차량이나 사료 공급 차량 역시 농장 내로 진입할 수 없도록 외부 출하대 시설을 마련해야 한다. 최근에는 양돈 관련 산업분야에도 위해요소 중점관리제도 (HACCP)가 사료, 농장, 도축장, 육가공 업체에까지 확대되고 있으며, 방역 및 위생을 강화하여 한층 더 안전한 축산물을 생산할 수 있도록 힘쓰고 있다.

■ 차단방역지침

차단방역이란 정해진 구역 내에서 생물체, 사람, 차량 등의 출입을 제한함으로써 질병의 전파를 방지하고, 농가 내 생물학적 안전성을 확보하는 것을 말한다. 특히 가축은 일정한 사육 시설 내에서 함께 생활하기 때문에 질병의 전염속도가 더욱 빠르며, 전체 사육 농가와 국민들에게 막대한 피해를 발생시킨다. 특히 2010년 11월말 경북 안동에서 발생한 FMD로 전국의 양축농가와 정부, 축산 관련 업체 모두가 막대한 피해를 입었으며, 소독과 방역 때문에 국민들도 많은 불편을 감수해야 했다. 전염병은 한 번 발생하면 박멸하기가 매우 어렵기 때문에 예방하는 것이 최선이다. 따라서 질병 감염을 사전에 막는 차단방역이 국가, 지역, 농가방역에 최우선의 선결조건이다.

△ 국가방역

우리나라에서는 축산물 및 유제품류는 수입금지 국가에서 국내로 반입이 불가하다. 또한 축산 관계자들은 외국 방문 시 필히 신고를 하여야 한다. 이는 해외악성가축전염병 유입 방지를 위한 일이며, 이렇듯 동물검역은 제2의 국방이라고 할 정도로 국가의 질병 방역에 매우 중요하기 때문에 우리나라 국민들과 축산 관계자들이 준수해야 할 사명임을 반드시 명심해야 한다.

△ 지역방역

우리나라는 사료공장에 전국에 퍼져있지만, 곡물 원료 수입 등을 위해 서해안에 주로 분포해 있다. 이곳에서 생산된 사료가 전국의 농가로 이송되고 있다 영국 같은 경우 우리나라 처럼 대부분 전국을 대상으로 영업을 하다가 지난 2000년 이후 전국적으로 사료를 판매하는 회사가 단 두 곳만 운영되고 있으며, 다른 사료회사들은 모두 지역별로 판매함으로써 권역별 차단 방역 체계를 구축하였다. 우리나라도 이러한 지역별 차단방역 체계를 심도 있게 고려할 필요가 있다.

△ 농가방역

차단방역의 가장 기초 단위는 개별농가이다. 국가, 지역별 차단방역을 실시하여도 방역의 주체는 농가가 되어야 한다. 따라서 농가에서는 질병을 예방하기 위해서 차단방역에 심혈을 기울여야 한다. 농가의 차단방역을 위해서는 샤워시설, 차량소독시설, 울타리, 외부 출하대, 격리돈사 등이 필요하며 차단방역시설을 완전히 갖추어야만 철저한 질병 방역이 가능하다.

- 샤워시설
- 차량소독시설
- 울타리
- 외부 출하대
- 격리돈사



모든 사양관리 매뉴얼

■ 3주간 그룹관리 (batch management system)의 적용방법 제시

■ 모든의 그룹관리 형태

모든의 그룹관리는 형태에 따라 2, 3, 5, 7주간 그룹관리 등으로 나뉘는데, 모두가 3주간격으로 발정이 오는 생리를 감안한다면 모든 500두 내외까지는 3주간 그룹관리가 가장 효율적이다. 그룹관리를 시작하기 위해서는 가장 먼저 충분한 임신 스톨과 분만틀이 확보되어야 한다 (Lurette 등, 2008). 그러나 각 농장마다 모든의 보유현황이 다를 수 있으므로 총 모든 수를 기준으로 그룹 당 모든 수와 후보돈, 필요한 시설을 산출할 수 있도록 표 214에 산출근거를 나타냈고, 각 그룹별로 도태 모두가 발생할 경우를 대비하여 모든의 갱신을 대비 각 그룹 당 필요한 후보돈 수를 표 215에 나타냈으므로 이를 참조하여 필요사항을 산출할 수 있다.

표 214. 3주간 그룹관리에 필요한 요건

구 분	총 모든 수					
필요사항	100	150	200	300	400	500
그룹당 분만모든 두수 ¹	14	21	28	42	57	71
그룹당 교배모든 두수 ²	17	25	34	50	68	85
그룹당 후보돈 두수 ³	2	3	4	6	8	10
총 분만틀 수 ⁴	28	42	56	84	114	142
임신 스톨 수 ⁵	89	134	177	266	354	443
그룹당 이유 자돈 수 ⁶	140	210	280	420	570	710

¹ 총 모든 수/7 (3주간 관리의 그룹 수).

² 수태율 85% 기준으로 계산.

³ (총 모든 수×갱신율/1년간 그룹 회전수)×1.1 (10% 여유분).
모든 갱신율 30% 기준.

⁴ 그룹 당 분만 모든 수×2.

⁵ 총 모든 수-분만 모든 수+후보돈 수.

⁶ 분만 모든 수×10두 (이유두수).

표 215. 3주간 그룹관리에 모든 갱신율에 따른 각 그룹 당 필요한 후보돈 수¹

구 분	총 모든 수					
모든 갱신율, %/년	100	150	200	300	400	500
20 %	1	2	3	4	5	6
30 %	2	3	4	6	8	10
45 %	3	4	6	9	11	14

¹ (총 모든 수×갱신율/1년간 그룹 회전수)×1.1 (10% 여유분).

■ 모든 그룹관리의 장점

위에서 제시한 3주간 그룹관리 방법을 사용하면 양돈장에서 올인-올아웃 시스템의 장점을 그대로 적용할 수 있으며, 위생상태의 개선을 통한 질병의 감소와 성장 촉진, 사료효율 증가, 폐사율 감소, 약품의 사용량 감소 등을 통하여 모든의 번식 성적을 향상 시킬 수 있으며, 이에 따른 포유자돈의 성장 극대화 및 건강한 자돈을 생산할 수 있으며 결과적으로 양돈 농가의 많은 생산성 지표를 획기적으로 개선할 수 있다. 게다가 주간별로 분만, 이유, 중부 관리를 집중적으로 할 수 있기 때문에 일정기간에 집중적인 사양관리가 가능하며 이에 따라 작업자들의 시간적 여유가 늘어나고 돈군의 온도관리, 백신 및 사료급여 체계 적용이 용이하다는 장점이 있다.

■ 그룹관리의 적용 전 유의사항

그룹관리의 여러 가지 장점들을 실제로 많은 농가들이 인지하고 있지만 아직도 주간관리를 실시하는 농가가 많은 것이 현실이다. 이는 그룹관리를 도입할 경우 시설을 개조해야 할 수 있다는 부담과 기존의 방법을 고수하여도 어느 정도 이상의 수익을 유지할 수 있기 때문인 것으로 알고 있다. 하지만 사료 내 항생제 사용이 금지된 이후부터 사양관리체계가 제대로 된 사양관리 체계가 잡혀있지 않은 농가의 경우 질병발생에 따른 약품비의 증가, 폐사돈의 증가, 노동시간 증가에 따른 농장 직원들의 사기저하, 생산성 감소 등 악영향이 이어질 수 있으므로 이를 대비한 모든의 그룹관리를 적용하는 것을 권장한다. 그룹관리의 적용은 모든 농장의 번식 생산구조를 완전히 개편하는 사양관리체계이므로 이들의 적용은 철저하게 준비가 된 이후에 적용해야 한다. 만약 주간관리가 체계적으로 이루어지고 있으며, 번식 성적 및 생산성이 높은 양돈 농가의 경우 그룹관리의 적용에 대해 거부감을 가질 가능성이 있기 때문이다. 번식 성적이 낮고 인력이 부족한 모든 농장의 경우 그룹관리의 농가 적용을 고려해야 할 필요가 있으며, 이는 모든의 생산성을 향상시키는 효과적인 사양관리체계라는 것을 인지해야 한다. 주간관리체계에서 그룹관리체계로의 체계 전환 시 주의하여야 할 점으로는 이유 자돈사와 이후의 육성 돈사 및 비육돈사가 충분히 준비되어야 하고 한 그룹 당 사용 가능한 임신 스톨 및 분만틀이 충분히 준비되어야 한다. 그룹관리체계 전환 시 일시적으로 조절하는 이유 일령으로 인해 이유 자돈의 폐사율이 상승할 수 있으므로 세심한 관리가 요구되며, 적절한 후보돈 확보로 그룹 당 교배 모든 수가 부족하지 않도록 유의해야 한다는 점이다. 주간관리 체계에서 그룹관리체계로의 적용은 앞에서 언급한 사항을 지켜 주간관리를 적용 한다면 모든의 생산성 향상에 긍정적인 영향을 미칠 것이라 확신한다. 현재의 낮은 양돈 생산성과 높은 생산비 상황에서 몇 년 후 여러 양돈선진국과의 FTA가 실질적으로 발효 되었을 때 양돈 산업의 유지 여부는 지금부터의 준비상황에 따라 달려있다고 할 수 있다. 지금부터 서서히 준비해야만 양돈 선진국과의 대결에서 버틸 수 있는 기반을 획득할 수 있을

것이다.

■ 후보돈의 입식 및 관리

후보돈의 입식 계획은 6개월 전부터 분만 및 이유, 발정재귀, 계절변화를 충분히 감안해서 세워야 하며, 입식되고부터 최초 3개월간의 세심한 관리가 이루어지지 않는다면 모돈의 사용 년수가 짧아지게 되는 결과를 가져온다. 새로 도입한 후보돈을 어떻게 적절한 방법으로 관리를 하는가에 따라 모돈으로서의 일생동안 생산성이 판가름 나게 된다.

▲ 후보돈의 입식

△ 후보돈 구입 및 입식 시 주의사항

후보돈은 전문 종돈장 인가를 받은 위생적인 농장과 계약하여 안정적·지속적으로 구입해야 한다. 그룹관리의 경우 한번에 너무 많은 후보돈을 구입할 시 적정 중부시기를 놓칠 수 있으므로 반드시 일정한 계획을 수립하여 단일 종돈농장에서 구입해야 한다. 그룹관리의 경우 발정이 일정기간에 집중될 수 있도록 동기화 해주는 것이 바람직한데, 가급적 사용을 제한하되, 필요한 경우 용법과 용량을 잘 숙지하여 사용해야 한다. 초기 농장 돈군 형성 시 또는 노산 돈군의 초산 모돈으로서의 교체 시 목표로 하는 모돈 수 보다 여유롭게 후보돈을 준비하여 적정시기에 발정이 오는 개체를 선별하여 그룹에 넣는 것이 호르몬제를 이용한 발정동기화 보다는 바람직하다. 마지막으로 운송차량에서 하차즉시 후보돈의 지대, 유두 (맹유두, 부유두의 유무 및 유두의 수), 외음부의 생김새, 하복부의 용적, 피모, 기침유무, 활력, 성격, 상처, 등지방, 질병 등을 조사하여야 하며 이상이 있을 시 사진촬영을 하여 운송기사 및 담당자에게 확인하여 조치를 취하는 것이 나중에 발생할 수 있는 문제를 예방할 수 있다.

△ 후보돈 입식 시 심사항목

- 하차 시 후보돈의 상태 확인
- 체중 90kg 이상, 등지방 두께 12~13mm (150일) 기준으로 함
- 맹유두나 부유두가 없고 유두수가 6~7쌍 이상이어야 함
- 지체 상태, 외음부의 생김새나 하복부의 용적, 성격 등을 파악
- 가능하면 혈액검사를 통하여 질병의 여부를 검증해 보는 것이 우선순위
- 이상 유무를 확인 후에는 소독수로 체표면 세척 후 후보 격리사로 이동하며, 이각을 확인하고 개체기록 카드를 작성한다 (품종, 생년월일, 구입농장, 체중, 초발정일, 특이사항).

▲ 후보돈의 관리

△ 일반관리

후보돈은 입식단계부터 교배까지 계획적으로 관리하도록 하며 목표 교배일을 220~240일령, 등지방 두께 16~18mm로 설정하고 이때 목표 체중을 125~135kg 이상이 되도록 관리해야 한다. 첫 종부 시 240일령 ($140 \pm 5\text{kg}$)에 등지방 두께는 16~20mm, 3번째 발정을 교배목표로 잡는 것이 좋다. 후보돈의 교배 시 영양 상태는 좋아야 하며 일령은 8.5개월 체중은 130kg이상이어야 하며, 최소 3번째의 발정이 왔을 때 교배를 하는 것이 제일 적합하다. 최근 현대의 유전형의 경우 P2 측정 시 등지방이 16~18mm까지 되도록 만들 필요가 있다. 후보돈이 농장에 순치할 수 있도록 해야 하는데 순치기간 중에는 복수군의 돼지를 혼사하지 말아야 하며, 이 기간 중에는 번식 성적에 영양을 미칠 농장 내에 잠재하고 있는 미생물과 서서히 접촉시키는 것이 좋다. 후보돈 도입 시 최소한 4주일 동안은 격리사에서 관찰 실시 (특히 호흡기질병, 지체이상, 유두이상, 피부병 등)하여 이상이 발생하는 개체는 즉시 격리한 뒤 치료한다. 돈군과 돈방은 올인-올아웃을 실시하고 세척과 소독을 철저히 해야 하며, 사료 섭취량 및 사료통의 위생 상태를 잘 관리하고 깨끗한 물을 공급 (하루에 최소 2번 워터컵 청소와 니플 확인) 해주는 것이 발육과 몸의 상태를 최상으로 유지시켜 주는 필수조건이라 할 수 있다. 매일 2~3회 정도 후보돈을 관찰하고 어떠한 일이든 문제점이 있으면 빠짐없이 기록해 두어야 하는 것이 좋다. 후보돈은 350lux 정도 밝기의 조명으로 1일 14~16시간의 일조량을 제공해 주어야 정상적인 발정을 유도할 수 있으며 (특히 겨울철 일조시간 주의), 사육밀도에 의한 스트레스를 완화시켜 주는 것은 많은 배란수를 촉진 시켜주므로 최소 두당 1.4m²에서 최대 1.6m²의 수용 공간의 평사에서 사육하는 것이 좋다. 또한 하루 최소 1회 (2회 권장) 돈분 제거 및 워터컵 청소를 실시하여 바닥이 미끄럽지 않게 하여 지체를 보호하여야 한다.

▲ 후보돈의 일령별 사양관리

△ 150일령 (입식)

- 이상 유무 확인 후 소독수로 체표면 세척 후 후보격리사로 이동
- 입식 당일은 신선한 물 위주로 공급하고 오전에 입식했다면 오후 늦게 사료를 급여
- 이각을 확인하고 개체기록 카드를 작성 (품종, 생년월일, 구입농장, 체중, 초발정일, 특이사항)

△ 150~170일령

- 사료는 무제한 급여

△ 170~198일령 (198일령 1번째 발정 목표)

- 이 기간에는 초발정을 잘 확인하고 기록해야하며, 필요하다면 옹돈을 통한 발정 유도

가 필요하다.

△ 198~219일령 (219일령 2번째 발정 목표)

- 2차 발정이 오도록 유도해야 하며, 주기를 세심히 관찰할 필요가 있으며, 후보돈의 개체별 체형관리 및 적응을 위해 임신사 스톨로 이동.

△ 215~240일령 (240일령 3번째 발정 목표)

- 후보돈의 강정 사양을 위하여 첫 교배 전 2주 동안 포유돈 사료를 증량 급여해야 하는데 이는 배란율을 최대화 하기 위해서 실시한다. 이 시기에 저단백, 저열량, 혹은 저질의 사료를 춘기 발동기까지 먹이면 무 발정 상태가 심각해지며, 불임이 되는 경우도 있다. 270일령 이상 미발정돈에 대해서는 적극적인 발정유도를 한 후 미발정이 지속되면 도태를 고려한다 (표 216).

표 216. 후보돈의 일령별 사양관리

구분	적용기간	체형관리기간	발정/교배기	지연돈 대책기간
일령 (일)	150~180	180~210	210~240	240~270
체중 (kg)	95~105	120	135 이상	

사양관리	- 별도 후보사 필요	- 초발정유도 (198일령 첫번째 발정 목표)	- 교배 2주전 임신사 스톨로 이동 (스톨 적응 및 개체관리)	- 이동/합사 웅돈접촉 3차 발정 유도 (240일령)
	- 지체강화를 위한 톱밥 평사 구조	- 웅돈접촉/관찰	- 2차 발정 유도 (219 일령), 주기에 대한 세심한 관찰 필요	- 호르몬 주사 및 차량 이동 (255일령 이후)
	- 구충실시	- 체형관리		- 270일 경과 시 도태
	- 2주간 항생제, 영양제 급여	- 기본 백신접종		
	- 도입즉시 현황판 기록	- 초발정 실패 시 이동 합사 및 웅돈접촉	- 웅돈 허용 즉시 교배	

■ 돈군의 갱신

우리나라에서 현재 논쟁거리 중 하나는 외국의 자료를 근거로 모돈의 도태율을 높여야 모돈 생산성이 향상될 수 있다는 주장을 펼치고 있다. 하지만 외국의 실정과 우리나라의 실정을 면밀히 검토한 뒤 적정 도태시기를 설정해야 한다. 많은 사람들이 덴마크의 높은 갱신율을 토대로 4산차 이전에 모돈을 갱신해야 모돈의 성적이 개선될 것이라 믿지만 실제로 덴마크의 후보돈 가격은 20만원 내외로 국내에 비해 저렴한 후보돈 가격을 형성하고 있다. 이로 인하여 후보돈 갱신율이 높게 나타나고 있는 것이다. 하지만 우리나라의 경우 후보돈 입식 시 가격이 덴마크에 비해 2~3배 비싼 상황으로 모돈 도태시기에 대해 꼼꼼히 따져볼 필요가 있다. 이러한 상황을 인지하지 못한 채 그대로 도입 시 우리나라는 높은 후보돈 가격으로 인해 높은 갱신율은 생산비를 가중시키는 요인으로 작용할 수 있다. 모돈의 도태시기에

따른 수익성을 비교한 표를 살펴보면 (표 217), 저산차 모돈의 도태의 결과는 후보돈 구입 비용, 후보돈 사료사양비용 및 시간이 소요됨에 따라 모돈 1두당 매출에 의한 순이익이 고산차 모돈에 비해 감소하는 것을 알 수 있다.

여기서 생각해 볼 문제는 도태율을 일정하게 유지하는 것이 중요한 것이 아니라 각각의 모돈의 번식 성적과 연산성을 살펴보고 이들의 성적에 따라서 도태를 결정하는 사양관리 체계를 확립하는 것이 중요하다고 할 수 있겠다.

표 217. 모돈의 도태시기에 따른 수익성 비교

	모돈의 도태시 산차		비 고 (단위 : 천원)
	4산차 도태	9산차 도태	
비 용			
모돈1두	900	900	입식, 사육, 기타 비용 (600+200+100)
정액비용	90	203	4산: 22.5×4산=90 9산: 22.5×9산=203
임신 모돈사료비	486	1,132	4산: 2.24kg×120일×0.45천원×4산=486 9산: 2.24kg×120일×0.45천원×9산=1,132
포유 모돈사료비	280	630	4산: 5kg×28일×0.5천원×4산=280 9산: 5kg×28일×0.5천원×9산=630
후보돈재구입비	900	900	
총 비용	2,656	3,765	
매 출			
자돈	2,800	6,300	4산: 10두×4산×70천원=2,800 9산: 10두×9산×70천원=6,300
도태모돈 수익	250	250	
총 매출	3,050	6,550	
순 익	+394	+2,785	

외부 종돈회사에서 후보돈을 도입하는 것에 대한 고정지출비용 및 시간을 절약하고자 한다면, 농장 내에서 후보돈을 자체 생산하여 선발하는 것도 좋은 방법이 될 수 있다. 일선 농가에서는 돈군을 순종으로 유지하거나 (YY, LL) 후보돈을 위한 순종 돈군을 별도로 유지함으로써 폐쇄돈군을 유지함과 동시에 후보돈을 강선발하여 자체 생산하여 사용하고 있는 실정이다. 전체 그룹별 모돈두수를 고려하여 순종을 그룹별로 편입하여 지속적으로 후보돈을 생산할 경우, 노산차 모돈을 지속적으로 후보돈을 통해 갱신할 수 있다는 장점이 있다. 하지만, 선발한 후보돈을 위한 사육공간이 확보되지 못하거나 사양관리가 제대로 안 되는 경우에는 오히려 번식능력이 떨어지는 후보돈으로 갱신을 하게 되면서 농장의 번식 성적이 감소될 수 있는 위험성도 고려하여야 한다.

■ 발정 및 종부관리

모돈의 그룹관리 사양관리 방법 중에 가장 중요한 시기는 발정확인 및 종부이다. 주관관리와는 다르게 그룹관리의 경우 이유일이 몇주에 한번씩 (7그룹관리의 경우 3주에 1회씩) 오게 되는데, 모돈마다 포유기간의 차이가 나더라도 동일한 이유일에 이유를 하게 되어 발정 동기화를 진행하게 된다. 이는 후보돈 편입 및 재발정 등의 이유로 같은 그룹 내에 분만일이 다른 모돈들은 동일한 날에 이유를 함으로써 다음번 그룹에 편입될 때는 종부일 및 분만일이 특정 주간으로 모여주어 일의 효율을 높여주며 모돈의 사양관리 또한 용이하게 해주는 효과를 가진다. 그리고 발정을 유도하기 위한 호르몬주사제를 사용하지 않고도 발정을 이유 후 4-6일 내로 유도할 수 있으며, 이를 통해 모돈을 해당 그룹에 편입시키거나 그룹별 모돈의 두수를 조정할 수 있게 된다.

모돈의 발정확인은 웅돈을 접촉 시 나타나는 발정반응 (귀의 직립, 승가허용, 외음부 충혈, 점액의 분비 등)을 통하여 한다. 일반적으로 모돈의 배란 시기는 웅돈의 승가를 허용한 시점을 기준으로 24-36시간 후에 배란을 하기 때문에 웅돈을 허용한 시점으로부터 10-24시간 후를 교배적기라고 판단한다. 따라서 발정기가 시작된 후 24시간 이내에 웅돈 교배 및 인공수정을 통해 교배를 실시하는 것이 좋으며, 교배적기를 판단하기 위하여 발정확인을 하루에 2회 이상 오전, 오후로 나누어 실시하는 것이 좋다. 모돈의 발정을 체크하고 종부하는 작업자의 능력에 따라 농장의 번식 성적이 좌지우지되는 경우가 많다. 모돈의 발정을 확인하는 작업자의 숙련도 및 능력이 다소 부족한 경우 웅돈 접촉 시 모돈의 승가를 허용하는 시점에 바로 종부를 시작하는 것이 필요하다. 반면에 모돈의 발정을 확인하는 작업자의 숙련도가 높은 경우에는 모돈의 발정징후를 확인하고 12시간이 지난 시점부터 인공수정을 시작하는 것이 좋다. 이러한 차이를 두는 이유는, 발정을 확인하는 작업자의 숙련도가 부족한 경우에는 발정초기에 오는 발정징후들을 놓치고 지나가게 되는 경우가 발생하기 쉽고, 발정을 놓치고 다음번에 발정을 확인하게 될 경우에는 이미 종부적기를 지나버릴 가능성이 높기 때문이다. 발정확인을 초기에 하지 못하고 중기 및 후기에 확인하고 12시간 뒤부터 인공수정을 실시할 경우에는 종부적기 및 배란기를 놓치게 되어 모돈의 배아수정률 및 번식 성적이 감소하게 된다.

발정확인을 적기에 확인할 수 있다면 모돈의 인공수정횟수는 1회에서 4회를 하여도 1회 종부한 처리구와 번식 성적에 차이가 없었다. 인공수정 횟수에 따른 임신율 및 분만율을 조사한 결과 (표 218), 인공수정을 3회 진행한 처리구에서 수태율이 제일 낮은 수치를 보였으며 임신율, 분만율에서는 차이를 보이지 않았으며, 발정확인 후 12시간에 1회 종부를 진행한 결과 수태율과 분만율에서 다른 처리구에 비해 차이를 보이지 않았다. 이러한 인공수정 횟수에 따라 수태율, 임신율, 분만율 차이를 보이지 않은 것은 이유 후 재귀발정일이 5-6일 사이였고 발정개시 후 모든 처리구의 1차 인공수정 시기가 배란 후 24시간과 거의 일치했기 때문인 것으로 사료된다.

표 218. 인공수정 횟수가 모든의 임신율 및 분만율에 미치는 영향

	인공수정 횟수			
	1회	2회	3회	4회
모든 수, 두	12	12	12	12
수태율^a				
수태 모든 수, 두	11	11	10	11
수태율, %	91.67	91.67	83.33	91.67
임신율^b				
임신된 모든 수, 두	11	11	10	11
임신율, %	100	100	100	100
분만율				
분만한 모든 수, 두	11	11	10	11
분만율, %	100	100	100	100

^a중부 21일령에 재발정이 오지 않은 모든의 수

^b중부 후 30일령에 임신진단을 실시하였을 때 임신이 확정된 모든의 수

번식 성적 (표 219)에서는 인공수정횟수가 산자수, 생존자돈 수, 복당체중, 복당생시체중에 유의적 영향을 미치지 않은 것을 알 수 있다. 일반적으로 배란 24시간 전에 인공수정을 실시했을 때 가장 높은 임신율과 산자수를 가지는 것으로 보고되고 있기 때문에 (Kemp and Soede, 1996; Nissen 등, 1997), 양돈농가에서는 번식 성적을 높이기 위해서 인공수정 횟수를 증가시킴으로써 최대한 배란 전 24시간 시점을 맞춘다. 하지만 본 연구의 결과를 고려해보았을 때, 발정확인 후 12시간째에 인공수정을 1회 하여도 인공수정 횟수가 2회, 3회, 4회인 처리구들과 대등한 성적을 기대할 수 있다.

표 219. 인공수정 횟수가 모든의 번식 성적에 미치는 영향

	인공수정 횟수				SEM	P-value
	1회	2회	3회	4회		
번식 성적						
복당 총 산자수, 두	14.45	14.09	14.80	13.73	0.52	0.93
자돈 폐사율, %	0.90	2.00	0.80	0.90	0.09	0.19
복당 생존 자돈 수, 두	13.55	12.09	14.00	12.82	0.47	0.57
복당 체중, kg						
복당 생시 체중	18.77	19.70	20.67	20.18	0.60	0.74
복당 생존 자돈 체중	18.11	17.82	19.98	19.08	0.57	0.57

인공수정의 횟수 증가는 정액비용의 증가로 이어져 농가의 수익에 직접적인 영향을 미친다. 인공수정 횟수에 따른 비용절감 효과를 계산해본 결과 (표 220), 모든 한 마리당 인공수정 횟수가 1회 증가함에 따라 정액 사용 비용은 약 7,000원 정도 증가하게 된다. 따라서 모든 500두 농장의 경우 모든 회전율이 2.3이라고 가정하였을 때, 인공수정 횟수가 1회 증가할수록 연 840만원의 추가적인 지출을 하게 되고, 인공수정을 4회 실시하는 것에 비해 인공수정 1회 실시 시 연간 2,415만원의 추가적인 정액비용을 절감할 수 있음을 시사한다. 물론 적정 발정확인 및 종부시기를 정확히 파악한다는 조건이 전제되어야 하겠지만, 1회의 인공수정을 통하여 추가적인 생산비 지출을 감소하여 농가의 생산성을 높일 수 있다.

표 220. 인공수정횟수가 모든의 경제성에 미치는 영향

항목	인공수정 횟수			
	1회	2회	3회	4회
모든 두당 인공수정 비용, 원 ¹	7,000	14,000	21,000	28,000
연간 모든 두당 인공수정 비용, 원 ²	16,100	32,200	48,300	64,400
인공수정 비용 (모든 500두 농가 기준), 1,000원	8,050	16,100	24,150	32,200

¹ 정액 1두분 (1회 사용) : 7,000원 기준

² 모든회전율 : 2.3 기준

■ 임신기 사양관리

국내의 많은 양돈 농가에서는 임신돈의 생산성을 향상시키고 연산성을 유지하기 위하여 다양한 사료급여 프로그램을 도입, 적용하여 왔다. 그러나 국내에서 이용되는 사료급여 프로그램은 검증되지 않았고, 특히 매우 복잡하게 구성되어 있어 생산성 향상에 효과적이지 않다. 국내 모든의 경우 대부분 유럽원산의 품종으로 비교적 균일하고, 지역마다 외부기온은 차이가 있더라도 돈사 내 온도는 큰 차이가 없기 때문에 실질적으로 모든의 생리에 가장 큰 영향을 미치는 것은 사료라고 할 수 있다. 그 중에서도 사료의 영양소 함량 차이에 일반적으로 많은 양돈농가들이 관심을 가지지만 실제로 모든에게 더 큰 영향을 미치는 것은 회사마다 5% 이내의 차이를 보이는 사료 내 영양소 함량이 아니라 50% 이상의 차이를 보이는 사료급여량이라 할 수 있다. 우리나라의 모든은 약 1백 만두에 이르고 있지만, 아직까지 실질적으로 국내에서 검증된 임신돈 사료급여 프로그램이 존재하지 않는다. 물론 여러 조합과 회사에서 권장하는 방법들이 있지만, 각기 통일되지 않아 양돈 농가의 입장에서 어떤 방법을

믿어야 할지 매우 혼란스러운 실정이다. 현재 양돈 농가들이 유전적으로 개량된 모돈을 사용하면서도 모돈의 번식 성적이 개선되지 않고 있는 현 실정은 임신돈의 사료 급여 프로그램에 대한 검증의 필요성을 반증한다.

임신 모돈은 사료 섭취량이 낮아 필요한 영양소들을 충분히 공급받지 못할 경우, 경산돈보다 초산돈의 번식 성적에 더 나쁜 영향을 받게 되며, 이유 시 모돈의 체중과 등지방 두께에도 부정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 또한 후보돈의 체성장 기간이나 임신돈의 임신 기간 중에 높은 사료 섭취량은 일반적으로 분만 시에 모돈의 체중이 높고, 지방 축적이 많도록 하여 난산과 지체 부상의 빈도를 증가시키며, 특히 임신기간 중의 높은 사료 섭취량은 포유기에 무제한 급여를 한다고 하더라도 모돈의 충분한 사료섭취를 못한다고 보고되었다 (Dourmad, 1991; Weldon 등, 1994; Revell 등, 1998). 또한 포유기의 사료 섭취량이 낮으면, 모유 생산을 위한 충분한 영양소 공급이 이루어지지 못하여, 모돈이 임신기간 동안 체내에 축적한 영양소들을 모유 생산에 사용하게 되고 이는 체내 영양소의 음균형 (negative balance)을 초래하게 된다. 이는 체중과 등지방의 손실을 높이고, 이유 후 재귀 발정일 (WEI, weaning to estrus interval)을 늘리며, 차후의 번식 성적에도 부정적인 영향을 미친다 (Reese 등, 1982; King과 Williams, 1984; Baidoo 등, 1992; Trottier과 Johnston, 2001). 아래 표는 일반적으로 권장되고 있는 임신돈 사료프로그램을 모아 가장 빈도가 높은 4가지를 처리구로 하여 실시한 실험의 결과로 여러 가지 급여 프로그램 중에 임신 전 기간 동안 동일하게 적은 양의 사료를 급여한 처리구가 생산비 대비 가장 좋은 효과를 보인 것을 나타내고 있다. 측정 항목별로 살펴보면 분만 시 총 산자수와 생존 자돈 수 등의 분만성적은 물론이고, 이후 포유자돈의 성장능력이나 포유 모돈의 유성분과 사료 섭취량 등 모든 면에서 임신기간 중에 사료를 기간별로 더 많이 급여한 다른 처리구들 보다 높거나 동등한 성적을 나타냈다 (그림 21, 표 221). 도태율 결과를 보면 알 수 있겠지만 검증되지 않은 사료 프로그램은 모돈의 빠른 도태를 유발할 뿐이다. 실험목장인 야곱농장에서도 후보돈과 경산돈에게 일정한 사료를 임신 전기간 동안 급여한 결과 모돈의 연산성 (longevity)이 높아져서 후보돈들이 5산차 이상에 도달하는 비율이 65.5%를 넘는 것이 증명되었다. 또한 이렇게 임신 모돈의 사료급여 방법을 개선할 경우 모돈의 생산성 향상을 도모할 수 있는 가정 적절한 방법이 된다는 것을 알 수 있다.

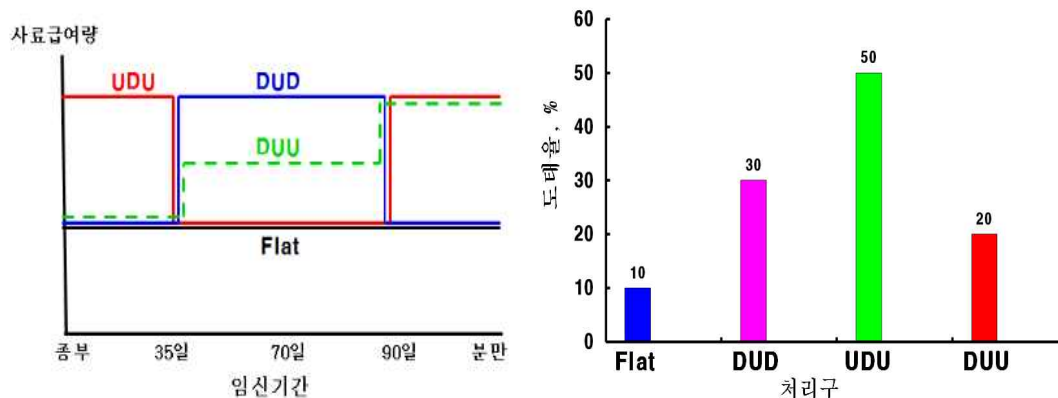


그림 21. 임신돈 사료 급여 프로그램 실험 처리구와 1-3산차 도태율

표 221. 임신 모돈의 사료급여 프로그램에 따른 초산돈의 번식 성적

	임신 모돈의 사료급여 프로그램			
	Flat	DUD	UDU	DUU
실험 모돈수, 두	10	11	10	10
모돈의 번식 성적/두				
총산자수, 두	11.1	12.8	11.5	12.5
생존 자돈 수, 두	10.0	10.3	10.1	10.6
이유 자돈 수, 두	9.9	9.9	10.0	10.4
발정재귀, 일	6.1	6.2	6.2	6.1

모돈의 영양과 관련하여 검증되지 않은 방법이 시행되고 있는 경우가 또 있는데 바로 임신 말기의 증량급여 방법이다. 임신말기 증량급여의 이론적 바탕으로는 임신말기에 모돈 자체의 유지를 위한 영양소 요구량이 체중의 증가와 함께 최대가 되며, 태아의 성장 또한 급격히 증가하기 때문에, 사료 섭취량이 부족할 경우 임신 말기 모돈은 자신의 체내에 축적된 영양소를 소모하게 되는 상태 (catabolic status)가 될 수 있다는 이론과 (Shields와 Mahan, 1983; Trottier, 1991). 임신 초기와 중기보다 임신 말기에 태아의 성장이 급격하게 이루어진다 (Noblet, 1985)는 연구결과가 있다. 이러한 바탕아래 임신 말기에 사료를 증량 급여하여야 태아를 더 성장시킬 수 있고 모돈에게도 좋다는 생각으로 대부분의 농가가 증량 급여 방법을 선택한다. 하지만 임신기 과도한 사료급여는 포유기 사료 섭취량 감소로 인한 체단백질과 체지방의 소모라는 결과를 초래할 수 있다는 연구결과 외에 (Weldon 등, 1994; Trottier과 Easter, 1995; Revell 등, 1998), 유생산량 감소 (Weldon 등, 1994) 또는 분

만직후 저유 증후군 (PHS; periparturient hypogalactic syndrome)을 유발한다는 결과가 있다. 임신기 과도한 사료는 유선조직 내 과량의 지방침적으로 인한 유선 발달 장애 (udder hypoplasia)를 유발할 수 있으며, 이러한 문제가 지속될 경우 유방 부종 (udder edema)의 원인이 되기도 한다.

앞에서 살펴보았듯이 임신말기의 사료증량 급여효과에 대해서는 아직 논쟁중이다. 실제로 본 연구실에서 실시된 실험결과 임신 말기의 모돈에게 두당 하루 300~900g 까지 사료를 증량 급여하여도 임신말기의 사료증량급여는 포유기 모돈의 사료 섭취량, 체중 및 등지방 감소량, 생시 총 자돈 수 및 이유 자돈 수, 복당 또는 평균 자돈 생시체중 및 이유체중, 모돈의 재귀 발정일에 영향을 미치지 않았다 (그림 22, 표 222).

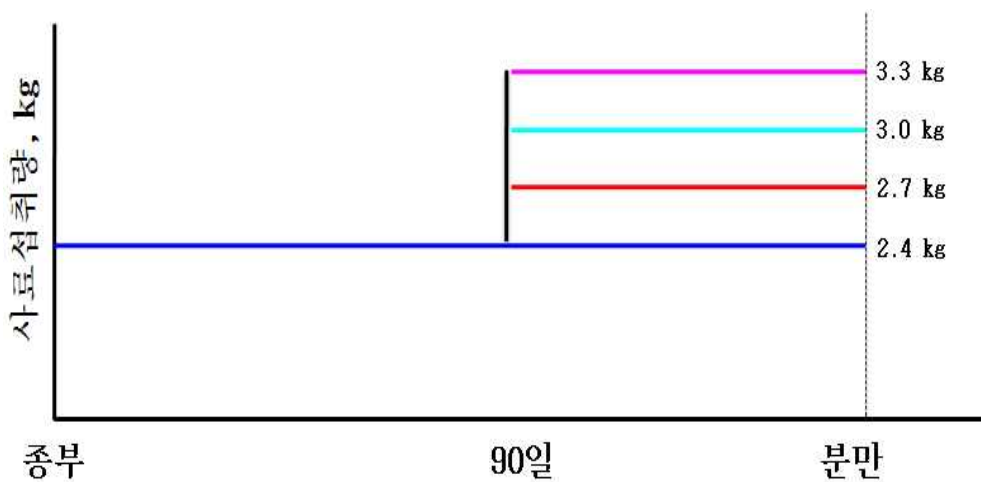


그림 22. 임신 말기 증량급여 실험의 처리구

위에서도 언급했지만 과학적으로 검증되지 않은 방법을 막연히 생각하고 양돈농가에 적용하는 것은 생산비의 향상과 생산성을 떨어뜨리는 원인이 될 수 있다. 임신말기 모돈의 영양소 요구량에 미치는 다양한 요인들을 각 농장에 맞게 모두 반영하기는 어렵기 때문에 근래의 영양학자와 사료회사에서는 이러한 점을 고려하여 매우 특수한 상황이 아니라면 임신 말기 충분한 영양소 공급이 이루어지도록 사료를 배합하고 그에 따른 사료급여량을 제시하고 있다. 따라서 질병이나 매우 열악한 사육환경, 또는 낮은 사료급여량을 고집하는 농가가 아닌 경우에 임신 말기의 과도한 사료증량급여는 오히려 모돈의 과도한 체중 증가로 난산을 유발할 수 있고, 포유기간 중 모돈의 사료 섭취량을 줄여 모돈의 분만 후 회복과 포유자돈의 성장에 나쁜 영향을 줄 수 있다. 여러 양돈농가들이 본 실험 결과를 개별 농장에서 간단히 검증한 후 그 결과를 적용 시킨다면 반드시 임신기 모돈 사료비를 대폭 절감하여 양돈장의 경쟁력을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

표 222. 증량급여에 따른 번식 성적

	1일 사료 급여량			
	2.4kg	2.7kg	3.0kg	3.3kg
실험 모돈수, 두	9	6	7	9
모돈의 번식 성적/두				
총 산자수, 두	13.7	13.7	12.8	12.5
생존 자돈 수, 두	12.2	11.8	12.0	11.8
이유 자돈 수, 두	10.3	10.6	10.1	10.6

대부분의 양돈 농가에서는 일정 수준의 번식 성적을 얻기 위해 스톨 사육이나 제한 급여 같이 제한된 상황에서 모돈을 사육해 왔다. 그러나 이러한 사육 환경은 개별 관리가 가능하고 공격적인 성향을 막을 수 있다는 장점을 가지고 있으나, 한정된 공간으로 인해 모돈의 움직임과 사회적인 행동이 억압될 수 있다는 단점을 가지고 있다. 또한, 제한 급여는 모돈의 체형을 조절하고 포유기 사료 섭취량을 증가시킬 수 있는 반면, 특정 시간에 정해진 양의 사료만 급여하기 때문에 모돈의 공복감을 가중시키고 이상행동을 야기할 수 있다는 단점이 있다. 임신기의 이러한 환경들은 모돈의 복지에도 부정적인 영향을 미칠 수 있기 때문에 농장의 경영과 동물 복지를 위한 대안이 필요한 상황이며, 작업근로자의 노동 강도 조절을 위한 임신돈의 1일 1회 사료급여 방법을 시도해 보았다.

임신기 모돈의 사료 급여 횟수에 따른 litter size 및 포유자돈의 성장 성적에 미치는 영향을 조사한 결과 (표 223) 생시 자돈 두수, 사산, 미이라, 생존 산자수, 포유 중 폐사 및 이유두수에서 처리구 간 통계적 유의차를 나타내지 않았다. 포유자돈 체중에서도 위와 같은 결과를 나타내었으나, 1회 급여 처리구의 복당 생시체중이 2회 급여 처리구보다 유의적으로 높은 결과를 나타내었다 ($P < 0.05$). 1회 급여는 2회 급여에 비해 모돈의 이상행동 및 cortisol 수치 및 면역 성상에서도 처리구 간 차이점을 나타내지 않았으며, 모돈의 휴식 활동 증가와 물 섭취량을 줄여 추가적인 생산비를 절약하는데 효과적이었다. 또한 임신돈사에서 사료를 2회 급여할 때에는 사료급여 시간마다 임신돈이 사료통이나 임신틀을 기어오르는 행동을 하면서 부상이 많은데, 2회 급여할 분량의 사료를 오전에 1회 급여하면 오후에 관리자가 임신사를 들어가도 임신돈이 이상행동을 하지 않아 부상의 위험이 줄어들 수 있는 것이 관찰되었다. 또한 임신돈에게 사료 급여횟수를 2회에서 1회로 급여할 때 약 한달 동안의 훈련기간이 필요한 것도 알 수 있었다. 결론적으로 양돈 농가에서 1일 1회 급여는 노동시간 및 인건비를 줄여 생산비 절감효과를 기대할 수 있음은 물론, 소규모 양돈 농가에도 임신 모돈에게 쉽게 적용 가능한 동물복지방법 중 하나가 될 수 있을 것이라 판단된다.

표 223. 임신돈의 일회 사료급여가 번식 성적에 미치는 영향

	1일 사료 급여 횟수		SEM
	1회 급여	2회 급여	
모돈 수, 두	10	10	-
복당 자돈 수, 두			
총 산자수	12.7	11.9	0.76
사산	1.3	1.2	0.40
미이라	0.0	0.0	0.00
생존 자돈 수	11.4	10.6	0.53
양자 후	10.8	10.8	0.14
폐사	0.3	0.4	0.13
이유 두수	10.5	10.4	0.17
복당 체중, kg			
생시 체중	19.82	17.34	1.054
양자 후 체중	17.34	17.29	0.653
21일령 체중	71.08	70.08	1.653
자돈 체중, kg			
생시 체중	1.58	1.53	0.071
양자 후 체중	1.60	1.61	0.063
21일령 체중	6.77	6.75	0.130

■ 포유기 사양관리

▲ 입블이사료의 잘못된 사용

현재 모돈 농가에서 가장 논란이 되고 있는 사양관리 중 하나는 입블이사료의 실효성 및 입블이사료의 급여 시점이라고 할 수 있다. 우리나라 양돈 농가의 입블이사료 급여 현황에 대해 살펴보면, 사료 섭취량이 적은 포유자돈의 입블이사료 생산량이 다른 성장 단계의 사료 생산량에 비해 상당한 비율을 차지하는 것을 볼 수 있다. 돼지의 전체 사육기간에서 포유 기간이 차지하는 비율을 감안 했을 때 (그림 23), 이는 여전히 높은 양으로 포유중인 자돈들에게 입블이사료를 급여하면 포유 모돈의 건강회복과 포유자돈들의 성장에 도움이 될 것이라는 막연한 믿음을 가지고 있는 양축농가가 많다는 것을 보여준다.

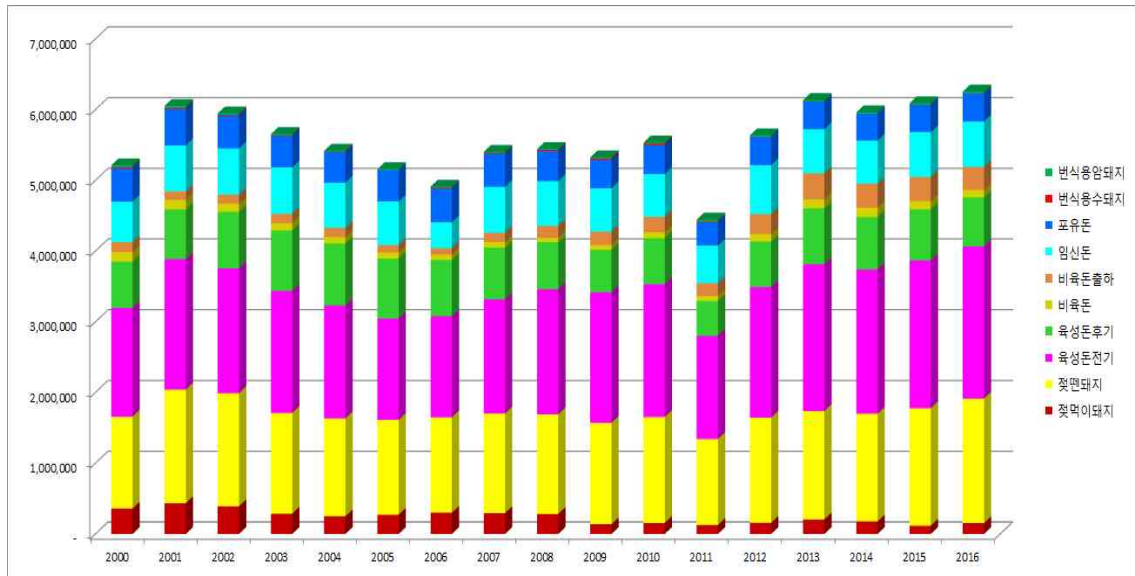


그림 23. 양돈 사료 생산량 (농림축산식품부, 대한한돈협회, 2014)

국내의 많은 양돈 농가에서는 자돈의 이유 후 사료 적응력과 고품사료로 인해 발생 하는 설사 등을 예방하기 위해 입블이사료를 급여하여 왔다. 입블이사료는 외국에서도 다양하게 연구가 이루어져 이유 후 사료 적응력을 높임으로써 사료 섭취량이 증가되고, 자돈의 성장 개선 및 설사 방지 효과를 보인다고 보고되었다. 입블이사료를 급여할 경우 이유 자돈은 자돈의 소장 내 면역체계에서 고품 사료가 새로운 항원이 아니게 인식되어 설사가 예방되고, 건강을 유지할 수 있으며 (Makinde 등, 1997), 입블이사료를 섭취한 자돈은 섭취하지 않은 자돈에 비해 이유 시기의 증가된 사료 섭취량과 높은 성장 성적을 나타냈다는 연구 결과가 있다 (Bruininx 등, 2002). 이와는 반대로 입블이사료의 급여가 자돈의 성장 성적에 개선 효과를 보이지 않는다는 연구결과도 발표되어 왔다 (Kavanagh 등, 1995; Perkins과 Mahan, 1992). 하지만 국내에서는 입블이사료의 급여효과에 대한 검증 연구가 거의 이루어 지지 않았으며, 특히 양돈 농가에서는 이러한 검증 없이 외국의 연구나 농장 적용 사례 등을 기초로 하여 입블이사료가 적용되고 있다. 특히 국내의 많은 농장에서 포유기간 중에 입블이사료를 너무 이른 시기 (예, 분만 후 5일)에 급여하고 또한 급여량도 일정한 급여 기준 없이 많은 양이 급여되고 있다. 일반적으로 포유중인 자돈들은 생후 2주 정도부터 모돈이 섭취하는 사료에 관심을 보이며, 3주령 정도가 되어야 사료섭취를 시도하게 된다. 따라서 이른 시기의 입블이사료 급여는 값비싼 입블이사료의 낭비를 가져오며, 이는 농가에 경제적인 큰 손해가 아닐 수 없다. 특히 이른 시기의 입블이사료 급여는 포유 기간의 모돈의 젓 생산량을 저해하며, 모돈이 섭취한 영양이 모유를 통해 자돈에 전이되지 않고 모돈의 체중 증가에 이용되며, 이로 인해 과비하게 된 모돈은 이유 후 재귀발정일이 증가되고, 다음 산차의 번식 성적도 저하될 가능성이 높게 된다. 또한 포유 자돈에게 가장 최고의 영양소 공급원은 입블이사료가 아니라 모유인 것은 자명한 사실이며, 포유가 정상적으로 이루어지고 있는 모돈에

대한 입불이사료의 급여는 자돈의 포유를 감소시켜, 모유가 유선에서 제대로 빠져나가지 못하고 정체되어 유방염에 걸릴 수 있게 된다. 따라서 모유의 충분한 섭취와 보조 성격의 입불이사료에 대한 기준 마련이 시급한 상황이다. 아래 제시되어 있는 표 224-239의 내용은 입불이사료 급여 시점과 실효성을 검증하기 위하여 급여일령을 처리구로 하여 실시된 실험에 대한 것으로 자돈의 성장에 미치는 영향과 증가되는 사료비를 나타낸 것이다. 결과를 보면 입불이사료를 조기에 급여할 경우 사료비가 두당 최고 1,440원정도 추가적으로 지출되지만 실질적인 성장의 척도라고 볼 수 있는 이유 후 5주령 체중에는 차이가 없는 것을 알 수 있다. 이 결과는 기본적인 입불이사료에 대한 생각과는 반대되는 것으로 자체적으로 검증되지 않은 입불이사료의 급여는 자돈의 성장에 도움이 되지 않을 뿐만 아니라 농가의 생산성을 저하시키는 원인이 될 수 있다는 것을 나타낸다.

입불이사료를 조기에 급여하면 이외에도 포유자돈의 모유 섭취량을 줄여 모돈의 사료 섭취량을 낮추어 포유 불량 및 자궁회복, 재귀발정일 등 차후의 번식 성적과 관련된 연산성과 관련된 항목에까지 악영향을 미칠 수 있으며, 입불이사료에 대한 자돈의 관심과 섭취의 변이가 심하여 그 효용성이 일정하게 나타나지 않을 수 있다. 또한, 이른 시기의 입불이사료의 급여는 입불이사료에 관심이 없는 자돈에게는 허실로 낭비되므로, 입불이사료의 급여를 사료 섭취에 관심이 높은 2주령 이후로 늦추어야 하며, 이유 직전 3~5일 정도의 짧은 기간의 급여로도 효과를 볼 수 있다고 할 수 있다.

표 224. 입불이사료의 급여 일령이 자돈의 성장에 미치는 영향

	급여 안함	이유 전 7일	이유 전 14일	이유 전 21일
생시체중, kg	1.52	1.53	1.57	1.51
3주령체중, kg	4.71	5.11	5.23	4.97
사료 섭취량, g/두	0	576	492	240
사료비, 원/두	0	1,440	1,230	600
이유 후 5주령 체중, kg	26.74 ^a	25.16 ^b	26.84 ^a	24.34 ^c

^{abc}Means with different superscripts within the same row significantly differ (P<0.05).

▲ 분만사 건식급여

모돈의 사양과 관련하여 포유 모돈에게 있어 분만 후 충분한 포유능력의 유지 및 이에 따른 포유자돈의 성장 및 건강성을 향상시키기 위한 방안으로 분만사에서 습식 급여라 할 수 있다. 습식 급여 형태는 우리나라 양돈농가의 약 90% 이상의 농가에서 분만사 모돈을 관리할 때 사용하는 방법으로 대체로 하루 2회 사료를 급여하는 방식과 함께 쓰이고 있다. 여름철에 습식 급여를 하게 되면 사료의 부패속도 때문에 정확하게 모돈이 섭취할 수 있는

양을 계산하여 급여해야 한다. 하지만 대부분의 경우 모든마다 개체차이가 심하기 때문에 많은 관심을 가지고 관리를 하지 않는다면 이를 조율하기 매우 어렵다. 실제로 습식 급여를 하는 많은 농가에서 고용된 직원들이 분만사를 관리하고 있는데 사료통에 남겨진 사료가 변질되어 버려지는 것을 우려하여 사료를 아예 소량 급여하는 경우가 많고 제대로 관리가 되고 있지 않은 상황이다. 이는 바로 모든의 불충분한 사료섭취로 이어지고 유생산량을 떨어뜨리는 원인이 되고 있다. 사료를 많이 급여하는 경우에도 모든이 섭취한 이후에 남은 사료가 시간이 지남에 따라 사료가 변질되게 되어 모든의 사료 섭취량이 떨어져 유생산 불량 등 포유 능력 불량으로 생산성의 문제를 가지고 올 수 있다. 이로 인해 남은 사료는 포유 모든이 먹지 않는 사료로 사료통 내에 남아있게 되고 분만사 관리자에 의해 버려지게 되는데, 이들 사료를 급여내어 분만사 바닥 및 슬러리로 버리는 경우가 많아 결국 패하여 악취를 내거나 병원성 곰팡이 등의 생성으로 병원균을 발생시키는 원인이 된다.

이에 관한 연구를 진행해 본 결과, 여름철에 습식급여를 한 모든의 포유자돈들 보다 건식 급여한 모든의 포유자돈들의 성장 성적이 더 높은 것을 확인 할 수 있었다 (표 225).

표 225. 건식급여와 습식급여가 포유자돈의 성장 성적에 미치는 영향

	급여 방식		SEM	P-value
	건식급여	습식급여		
복당 체중, kg				
양자 후 체중	19.41	19.29	0.571	0.92
포유 21일령 체중	64.63	57.16	1.985	0.06
자돈 체중, kg				
양자 후 체중	1.50	1.49	0.040	0.84
포유 21일령 체중	5.51	5.05	0.161	0.16

포유기의 사료 섭취량을 측정한 결과 (표 226), 사료 섭취량에서는 처리구간의 통계적 유의차가 나타나지 않았지만, 사료 허실량을 조사하였을 때 습식급여 처리구의 사료 허실량이 많이 발생하는 것으로 조사되었다 ($P < 0.01$). 이러한 사료 섭취량과 사료 허실량의 결과를 근거로 경제성 분석을 실시한 결과, 사료 허실량으로 인해 발생하는 비용이 습식급여 처리구가 건식급여 처리구에 비해 두당 3,610원이 더 많이 발생하였다 ($P < 0.01$). 이러한 결과는 습식급여 시 발생하는 사료변패 및 부패에 의한 사료허실 발생으로 인한 사료비용 및 노동력이 추가로 발생한다는 것을 의미한다. 본 연구결과로 미루어 볼 때, 습식급여는 건식 급여에 비해 많은 사료 허실량이 발생함에 따라 손실되는 사료비용 또한 높아지는 것으로 사료된다.

표 226. 사료급여방법이 포유 모돈의 사료 섭취량 및 사료 허실량에 미치는 영향

	급여 방식		SEM	P-value
	건식급여	습식급여		
일당 사료 섭취량, kg	6.16	5.87	0.183	0.43
사료 허실, kg	0.75	7.97	0.985	<0.01
사료 허실 비용, 원 ¹	376	3,986	492.6	<0.01

¹사료 가격 : 500원/kg

습식급여의 문제를 보완하려면 분만사 관리자가 사료를 여러 번 나누어 조금씩 급여하여야 하는데 모돈이 사료를 섭취하는 대로 나누어 급여하려면 관리자가 사료통에 계속 매달려 있어야 하는 등 노동력의 문제가 발생하여 일반적인 농장에서는 이를 적용하기 힘든 상황이다. 이러한 여러 가지 문제를 해결하기 위해서는 분만사에서 건식급여를 해야 한다 (그림 24). 실제로 본인 연구자의 실험농장인 야곱농장에서도 이러한 사료의 변질 문제 때문에 건식 급여 방법을 선택하였으며, 결과적으로 포유 모돈에게 신선한 사료를 무제한으로 공급할 수 있어 포유능력이 향상되어 건강한 이유 자돈을 생산할 수 있게 되었다. 따라서 모돈의 건강성과 포유능력의 향상을 위해 습식급여에서 건식급여로의 전환을 권장한다.

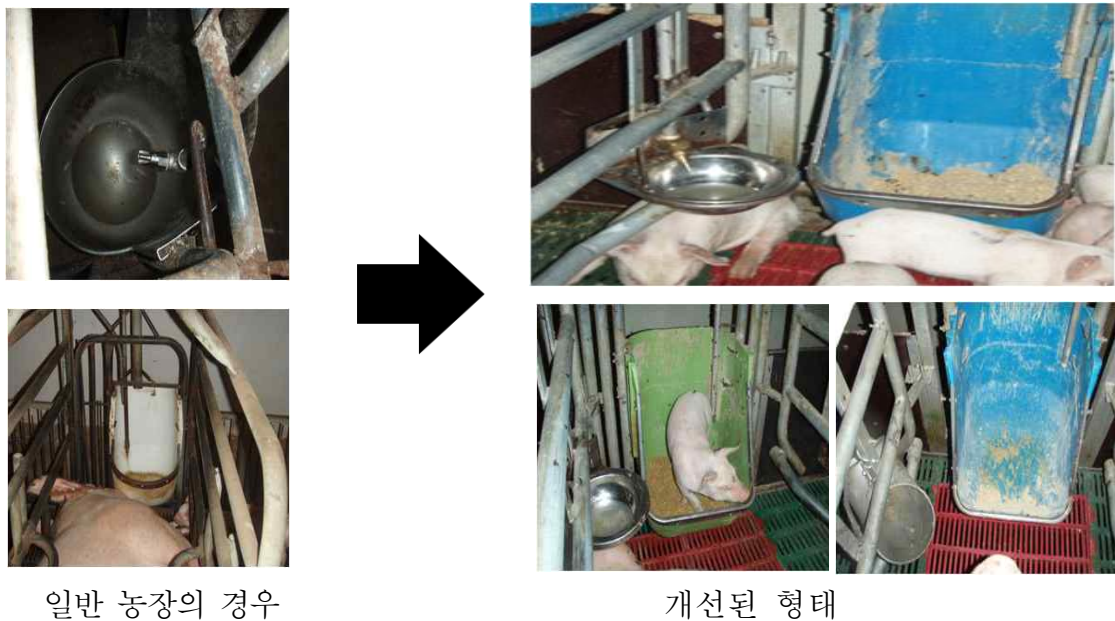


그림 24. 건식 급여가 용이한 분만사 사료통의 형태

▲ 이유일령

이전에는 많은 양돈장에서 모돈의 회전율을 높이기 위하여 조기이유를 실시하였으며, 2-3주령 사이의 이유는 이후 자돈의 성장에 부정적인 영향 없이 모돈의 번식 성적을 극대화할 수 있는 것으로 보고되었다. (Parience 등, 2000; Drum 등, 1998; Frangman 등, 1996). 그러나 포유 자돈의 조기이유에 따른 폐사율의 상승, 항생제 사용의 증가, 돈 사 환경 조성의 어려움 등 격리 조기 이유의 문제점이 지속적으로 드러나고, 기대했던 수직감염의 예방효과나 모돈 회전율의 극대화가 이론적인 계산과는 차이가 있었다. 유럽의 경우 고능력 모돈의 개량으로 이유일령이 점차 증가하고 있는 실정이다. 우리나라에서는 자돈의 성장능력 개선을 위해 28일령 이유가 권장되었고 (정현정 2006), 포유 모돈의 연산성 개선 및 자돈의 면역력 증진을 위해 25일령 이유실시가 권장되었다 (김유용, 2012). 하지만 기존의 실험처리구가 28일령 이내로 제한되어 있었던 한계를 고려하여, 28일령이상의 이유일령을 고려한 연구를 진행해본 결과, 모돈의 성장 성적에서는 모돈의 체중의 변화 와 WEI 에서는 유의적 차이가 나타나지 않았지만, 이유 시 모돈의 등지방 두께에서는 이유일령이 증가함에 따라 linear 하게 감소하였다. 사료 섭취량에서는 25일령에 이유한 처리구의 모돈이 가장 높은 사료 섭취량을 보였다. 이유 시에 모돈의 낮은 등지방은 다음 산차의 포유 능력에 악영향을 끼칠 수 있다. 재귀발정일과 사료 섭취량에 있어서도 21일령 처리구가 가장 안좋은 결과를 나타냈다. 모돈의 이유성적에서는 이유일령이 증가함에 따라 복당 이유 자돈의 체중 증가하였으며, 25일령과 28일령에 이유한 처리구에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 폐사율은 25일령이 가장 높았는데, 이러한 결과를 바탕으로 포유자돈의 성장에 있어서는 28일령이나 31일령 이유한 처리구가 가장 적합한 것으로 사료된다. 이유 시 낮은 등지방 두께는 다음 산차의 분만성적에 악영향을 끼칠 수 있고, 25일령 처리구에서 폐사율이 높은 점을 미루어 보았을 때, 28일령에 이유하는 것이 가장 적합하며, 그룹관리 시스템 하에서도 7일 간격으로 28일령의 포유기간을 가진 후 이유하는 것이 그룹관리 시스템에 가장 적합한 이유일령이 될 것으로 사료된다.

표 227. 이유일령이 모돈의 체형변화에 미치는 영향

항목	이유일령				SEM	P-value	
	21일	25일	28일	31일		Linear	Quadratic
모돈 수, 두	10	10	10	10			
체중, kg							
분만시 ¹	210.6	230.5	223.5	222.3	4.72	0.65	0.13
이유 시	199.7	226.5	211.0	215.7	5.76	0.66	0.13
체중변화량 (0일-21일)	-10.9	-4.0	-12.5	-6.6	2.53	0.91	0.56
등지방 두께, mm							
분만시	24.2	18.9	20.3	19.6	0.93	0.13	0.33
이유 시	21.8 ^a	17.5 ^{ab}	17.3 ^{ab}	15.5 ^b	0.93	0.03	0.46
체중변화량 (0일-21일)	-2.4	-1.4	-3.0	-4.1	0.55	0.05	0.09
채귀발정일, 일	5.2	4.6	4.7	4.6	0.11	0.13	0.09
사료섭취량, kg	4.49 ^c	6.39 ^a	5.47 ^b	5.51 ^b	0.21	0.28	<0.01

¹ 모돈의 평균개시체중: 222.2 ± 29.22 kg.

^{abc} Means with different superscripts within the same row significantly differ (P<0.05).

표 228. 이유일령이 포유자돈의 성장 성적에 미치는 영향

항목	이유일령				SEM	P-value	
	21일	25일	28일	31일		Linear	Quadratic
모돈 수, 두	10	10	10	10			
복당 자돈 수, 두							
양자 후	10.56 ^c	13.10 ^a	11.70 ^b	10.75 ^a	0.224	0.18	<0.01
이유 두수	10.11 ^b	11.30 ^a	11.20 ^a	10.25 ^b	0.175	0.74	<0.01
폐사율, %	4.40 ^b	15.32 ^a	5.69 ^b	6.10 ^b	0.170	0.39	0.03
복당 체중, kg							
양자 후	16.76	16.19	16.51	16.15	4.141	0.15	0.13
이유 두수	57.22 ^b	76.73 ^{ab}	75.89 ^{ab}	90.13 ^a	2.627	<0.01	0.20
자돈 체중, kg							
양자 후	1.59	1.47	1.41	1.52	0.357	0.57	0.12
이유 두수	5.67 ^b	6.79 ^{ab}	6.59 ^{ab}	8.77 ^a	0.223	<0.01	0.51

^{abc} Means with different superscripts within the same row significantly differ (P<0.05).

▲ 생시처치

일반적으로 번식농장에서는 새끼가 태어난 직후 및 빠른 시일 내에 생시처치를 시행해 준다. 철분주사, 단미, 견치, 이각, 털줄처리 등의 처치를 생시자돈에게 해주는데 이러한 생시처치는 포유자돈의 건강을 위해서 꼭 필요하지만 이에 따른 스트레스로 인한 성장정체 및 동물복지에 맞지 않는다는 의견이 대두되고 있다. 꼬리자르기와 같은 단미는 돼지가 스트레

스를 받게 되면 꼬리물기와 같은 카니발리즘 (cannibalism)이 발생하게 되는데, 이러한 증상이 나타난 돼지는 꼬리에 상처를 입어 행동이 둔화되어 계속 공격을 받게되고 결국에 폐사에 이르게 된다. 단미처치의 유무에 따른 포유자돈의 성장에 대한 연구를 시행해본 결과, 단미를 한 자돈과 단미를 하지 않은 자돈의 포유기 성장 성적에는 차이가 나지 않았으며, 혈중 스트레스지표들을 조사한 결과에서도 단미가 스트레스에 큰 영향을 주지는 않는 것으로 나타났다. 최근 유럽에서는 돼지의 꼬리자르기에 대하여 동물복지적 차원에서 이를 지양하고 대체안을 개발하는 방향으로 의논이 되었지만, 실제 농가에서 단미를 하지 않은 돼지에서 카니발리즘이 발생하는 빈도가 늘어감에 따라 카니발리즘을 예방하기 위해서 단미를 다시 시행한다고 한다. 따라서 생시처치 중 단미는 돼지의 카니발리즘 예방을 위해서는 필수적으로 시행해야 한다.

표 229. 꼬리자르기가 포유자돈의 성장에 미치는 영향

	단미함	단미안함	SEM	P-value
자돈 수, 두				
양자 후	11.2	11.8	0.27	0.29
포유 21일령	9.2	10.6	0.57	0.24
복당 체중, kg				
양자 후	14.99	17.89	0.907	0.11
포유 21일령	50.06	61.26	4.808	0.27
두당 증체량, kg	35.07	43.37	4.170	0.35
두당 체중, kg				
양자 후	1.34	1.53	0.083	0.27
포유 21일령	5.37	5.31	0.254	0.51
두당 증체량, kg	4.03	4.20	0.215	0.71

모든의 유두손상을 방지하기 위하여 포유자돈의 송곳니를 잘라주거나 그라인더로 갈아주는 견치를 시행한다. 하지만 숙련된 작업자에게도 포유자돈의 송곳니를 잘라주는 일은 고된 일이고 잘못된 견치로 이빨에서 출혈이 일어나거나 신경을 손상시켜 며칠 동안 포유자돈이 스트레스를 받고 성장정체를 유발하는 일들이 발생하기 쉽다. 그룹관리 시스템 하에서 견치의 유무가 포유자돈의 성장 및 모든의 유두손상에 미치는 영향을 조사해 본 결과 (표 17), 견치 유무에 따라 포유 모든의 젖꼭지 및 몸의 상처의 발생빈도는 차이가 없었으며, 포유 성적에서도 처리구간의 차이가 나타나지 않은 것을 확인할 수 있었다. 기존에는 포유 모든의 젖꼭지 손상 및 자돈들간의 싸움으로 인한 상처발생, 육성비육기 구간에서의 카니발리즘 발생을 우려하여 견치를 시행하였지만, 견치를 시행하지 않았을 경우 포유 모든의 유두손상에 차이가 없었으며, 자돈 및 육성비육돈 구간에서 카니발리즘 및 몸의 상처발생빈도에서 차이

가 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 그룹관리 시 분만주간에 태어나는 생시자돈들을 2-3일 이내에 견치를 해줘야 하는 작업량을 줄여줄 것으로 사료되며, 오히려 견치를 안 함으로써 자돈의 스트레스를 예방하고 건강한 자돈을 사육할 수 있을 것으로 생각된다.

표 230. 견치가 포유자돈의 성장에 미치는 영향

	견치함	견치안함	SEM	P-value
자돈 수, 두				
양자 후	11.38	11.11	0.20	0.53
포유 21일령	10.13	10.44	0.25	0.54
복당 체중, kg				
양자 후	17.49	17.61	0.417	0.89
포유 21일령	61.64	58.35	3.289	0.63
두당 증체량, kg	44.15	40.74	3.095	0.60
두당 체중, kg				
양자 후	1.54	1.59	0.042	0.55
포유 21일령	6.07	5.58	0.273	0.39
두당 증체량, kg	4.53	3.99	0.254	0.30

거세는 일반적으로 양돈농가에서 웅취를 억제하고 도체 품질을 향상시키기 위해서 수컷의 고환을 임의적으로 제거하는 방법이나 성장에 부정적인 영향을 미친다고 보고되어왔다 (Rault 등, 2011). 농가에서 일반적으로 적용되고 있는 거세일령은 제각기 다르기 때문에 이를 위한 거세일령에 따른 성장 성적 연구를 진행해 보았다. 거세일령을 1일, 3일, 7일로 지정하여 거세를 시행해본 결과, 1일차에 거세한 처리구의 성장 성적이 다른 처리구들에 비해 낮게 나타났으며, 포유자돈 3일령과 7일령에 거세한 처리구들은 21일차에 암컷과 대등한 성장 성적을 나타내었다. 이러한 결과는 모든 거세 돼지들에서 일령에 상관없이 거세로 인한 행동 변화가 있었음에도 불구하고 (McGlone 등, 1993; Taylor 등, 2001), 거세일령이 늦은 포유자돈들은 젖꼭지를 이미 확보해 두었기 때문에 거세 후 더 빠르게 정상적인 행동이나 성장 성적을 회복한 것으로 사료된다. 포유자돈의 거세일령은 21일령의 성장 성적을 고려하였을 때 3일령 및 7일령에 거세하는 것이 적합하고, 3일령과 7일령에서 거세에 따른 스트레스의 차이는 없지만 작업자의 능률 및 노동력을 고려하였을 때는 체중이 낮은 3일령에 작업하는 것이 효율적이다.

표 231. 거세시기가 포유자돈의 성장 성적에 미치는 영향

	암컷	거세일령			SEM	P-value	
		1일	3일	7일		Trt.	Linear
자돈 수, 두	16	8	8	7			
체중, g							
1일령	1,580	1,533	1,606	1,502	72.9	0.78	0.66
3일령	1,788	1,739	1,744	1,794	47.0	0.77	0.43
7일령	2,631 ^a	2,297 ^b	2,487 ^{ab}	2,618 ^a	101.5	0.09	0.06
14일령	4,272 ^a	3,541 ^b	4,089 ^a	4,291 ^a	201.7	0.05	0.03
21일령	5,707 ^a	4,909 ^b	5,763 ^a	6,065 ^a	291.2	0.08	0.03
일당증체량, g/d							
1-3일	113.4	89.4	91.5	116.7	23.48	0.77	0.43
3-7일	210.9 ^a	139.5 ^b	186.0 ^{ab}	206.1 ^a	19.35	0.05	0.05
7-14일	234.4 ^a	177.6 ^b	228.7 ^a	238.9 ^a	17.39	0.07	0.05
14-21일	205.1 ^B	195.5 ^B	239.2 ^A	253.4 ^A	15.14	0.04	0.03
7-21일	219.7 ^a	186.6 ^b	234.0 ^a	246.2 ^a	15.15	0.08	0.03
1-21일	207.4 ^a	167.5 ^b	210.1 ^a	225.2 ^a	14.56	0.08	0.02

^{AB} Means with different superscripts within a row significantly differ (P<0.05).

^{ab} Means with different superscripts within a row significantly differ (0.05<P≤0.10).

생시처치에 관한 연구결과들을 종합해보면, 생시처치는 3일령에 거세를 함과 동시에 철분주사 및 꼬리자르기를 시행해주고, 견치는 하지 않아도 포유자돈이 건강하게 성장할 수 있으며, 추가적인 약품 및 백신은 농장의 상황에 맞게 사용하는 것을 권장한다.

▲ 실제 그룹관리 적용 농장의 사례

OO농장 : 충청북도 음성군 소재의 모돈 500두 번식농장

3주간 그룹관리, 7개 그룹, 그룹당 70두 관리

▲ 모돈의 번식 성적

그룹관리를 적용하고 있는 농장의 경우, 총산자수는 평균 12.74두를 기록하고 있었으며 포유개시는 평균 11.71두, 이유두수는 평균 10.5두를 기록하고 있었다.

▲ 모돈의 산차구성

2015년 5월부터 2016년 4월까지의 그룹관리 적용 농장의 모돈 산차구성을 조사해보았다. 조사결과, 2015년 5월에는 주산차가 5-6산차이고, 시간이 지날수록 6-7산차, 7-8산차, 8-9산차가 모돈 그룹의 주 산차가 되어 가는 변화를 볼 수 있다. 이러한 결과는 그룹관리를 통한 모돈의 사양관리가 모돈의 생산성, 연산성, 건강성을 향상시켜 고산차 모돈을 통

해서도 높은 번식 성적을 유지할 수 있다는 것을 의미하며, 고산차 모돈 중 포유불량 및 번식불량인 모돈들만 도태하고 자체선발되는 후보돈으로 해당 모돈들을 갱신하였다.

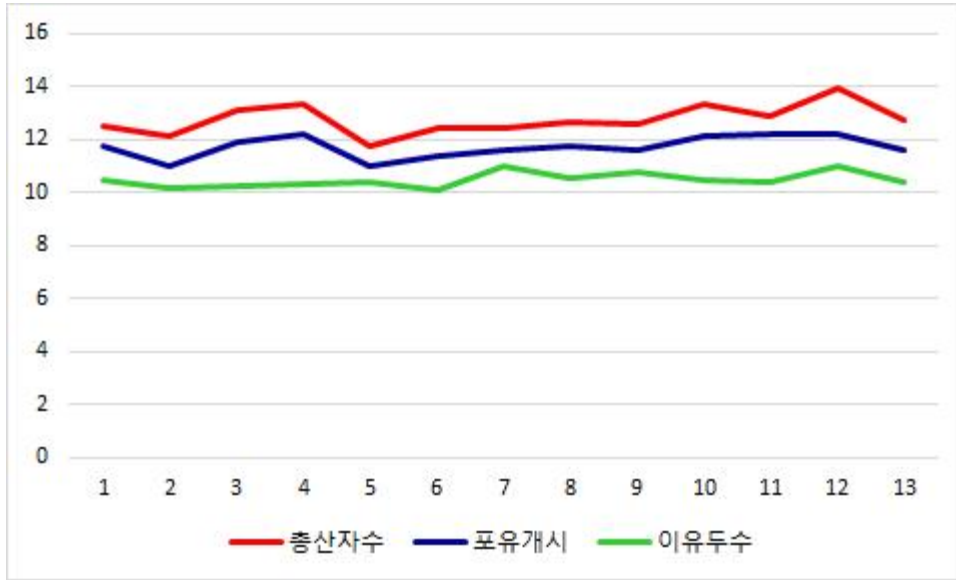


그림 25. 2015년 하반기 - 2016년 상반기 번식 성적

▲ 모돈의 도태율

모돈의 도태는 월평균 4-5두 정도로, 평균 산차는 8-12산차로 추산되었다. 해당 농장은 모돈의 도태근거를 모돈의 포유불량, 발정불량, 재발정 3회이상일 경우에만 도태를 하였으며, 모돈의 산차보다는 모돈의 포유능력 및 번식능력을 우선시하여 모돈을 관리하고 갱신하는 모습을 보였다.

▲ 그룹 관리 시 모돈 사양관리 애로사항

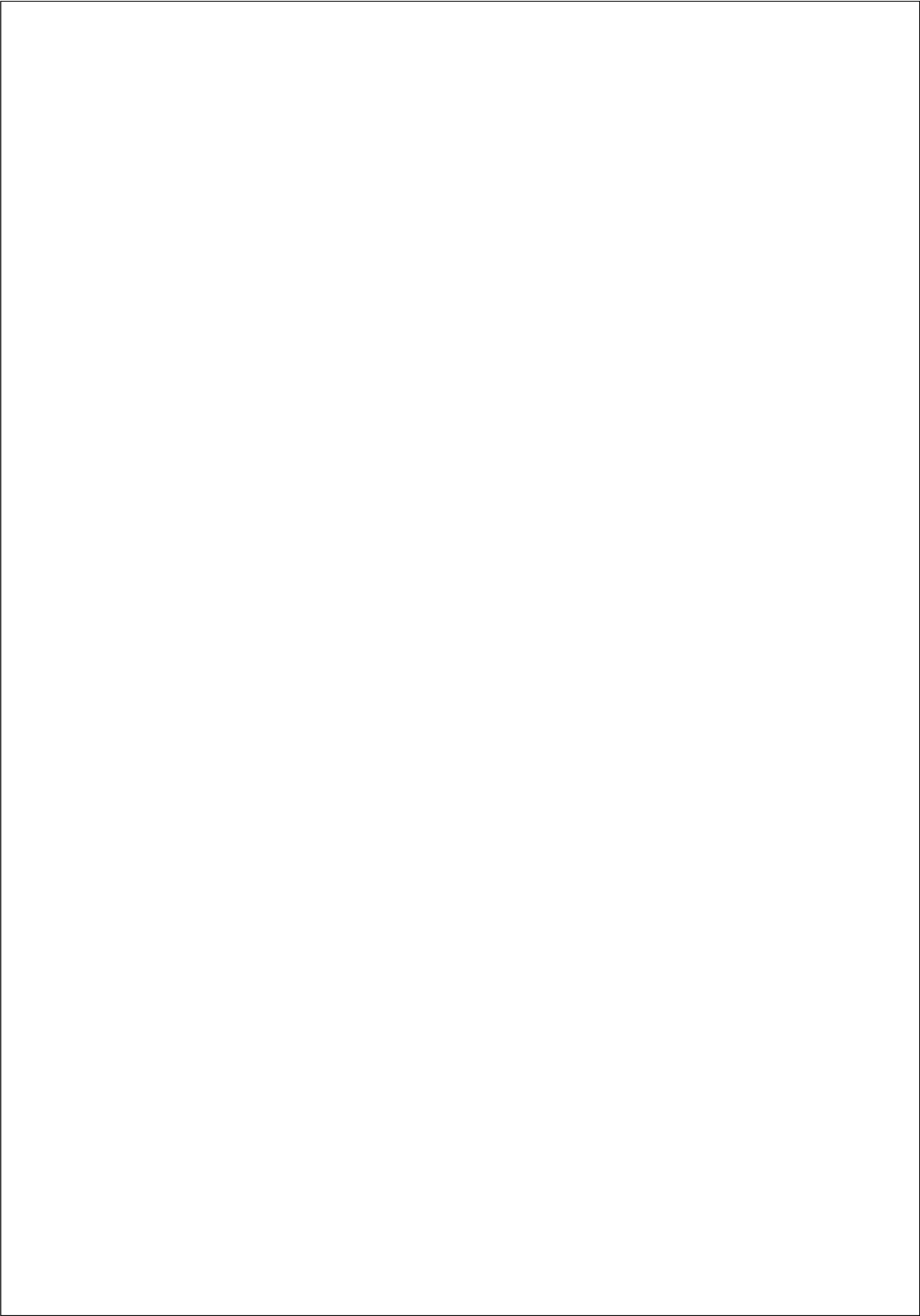
그룹 내 모돈 갱신 시, 후보돈 편입에 따른 애로사항이 따른다. 해당 농장에서는 후보돈 편입 시 발정동기화를 위한 호르몬 주사를 쓰지 않고, 편입하고자 하는 그룹이 시작되는 일자부터 후보돈들을 종부사로 이동시켜서 발정을 주기적으로 확인하고 종부하는 방식을 적용하고 있었다. 이럴 경우 후보돈의 발정이 모돈의 개체별로 각기 다르게 오게 되므로 발정을 동기화하기 어려우며, 종부일이 달라짐에 따라 분만일자도 달라지게되는 애로사항이 있다. 하지만 포유기를 거친 뒤 이유일을 같은 날에 하여 후보돈 및 그룹 내 모든 모돈들의 발정을 동기화하여 그 다음 종부시에 그룹 내 모돈의 편차를 줄이거나 발정을 동기화 할 수 있어 종부일 및 분만일을 집약시킬 수 있다.

모돈의 사육두수가 크거나 그룹 내 모돈 두수가 커지면 커질수록, 종부, 분만, 생시처치, 이유하는 돈군 및 작업량이 커지는 애로사항이 존재한다. 종부의 경우 해당농장에서는 2-3일 동안 70-80두를 종부하고 있었는데, 그룹 내 모돈의 두수가 더 많아지게 된다면, 옹돈

의 발정확인 후 중부하기까지의 시간적 간격이 생길 수도 있으며, 농장 내 작업자의 수가 적을 경우 오전 또는 오후 일과 내에 중부작업량을 다 끝내지 못할 수도 있다. 주간관리의 경우 매일 적은 두수의 모돈이 분만을 하여 분만팀장 또는 관리자의 세심한 처치가 가능하지만, 그룹관리의 경우 분만일이 3-5일내로 모여 있어서 해당 기간에는 분만하는 복수가 급격히 늘어나게 됨으로써 분만팀장 또는 관리자의 역량이 부족할 경우 세심한 관심을 기울이기 어려울 수도 있다. 분만 후 생시처치의 경우에도 해당농장은 생후 3일령에 생시처치를 진행하지만, 농장에 다른 일이 생기거나 분만복수가 많아질 경우 생시처치를 해당 일령에 하지 못하고 밀리는 경우가 발생할 수도 있다.

▲ 그룹 관리시 미약발정에 대한 방안 조사

해당 농장에서는 미약발정돈이 한 그룹 70두에 1-2두 정도로 유지가 잘 되어 있었으며, 미약발정돈의 발생빈도가 적은이유로는 포유기 사양관리 시 모돈의 사료 섭취량을 극대화하고, 입불이사료를 사용하지 않으며, 포유일령을 28일을 기준으로 포유하여 포유량을 극대화하는 방법을 사용하고 있었다. 이러한 포유기 사양관리 방법은 이유 후 모돈의 재귀발정에 긍정적인 영향을 미쳐 발정이 잘 오게 되는 결과를 낳고 있었다. 자세한 포유돈 사양관리 방법은 앞선 포유기 사양관리 항목에 기입되어 있다.



총 결론

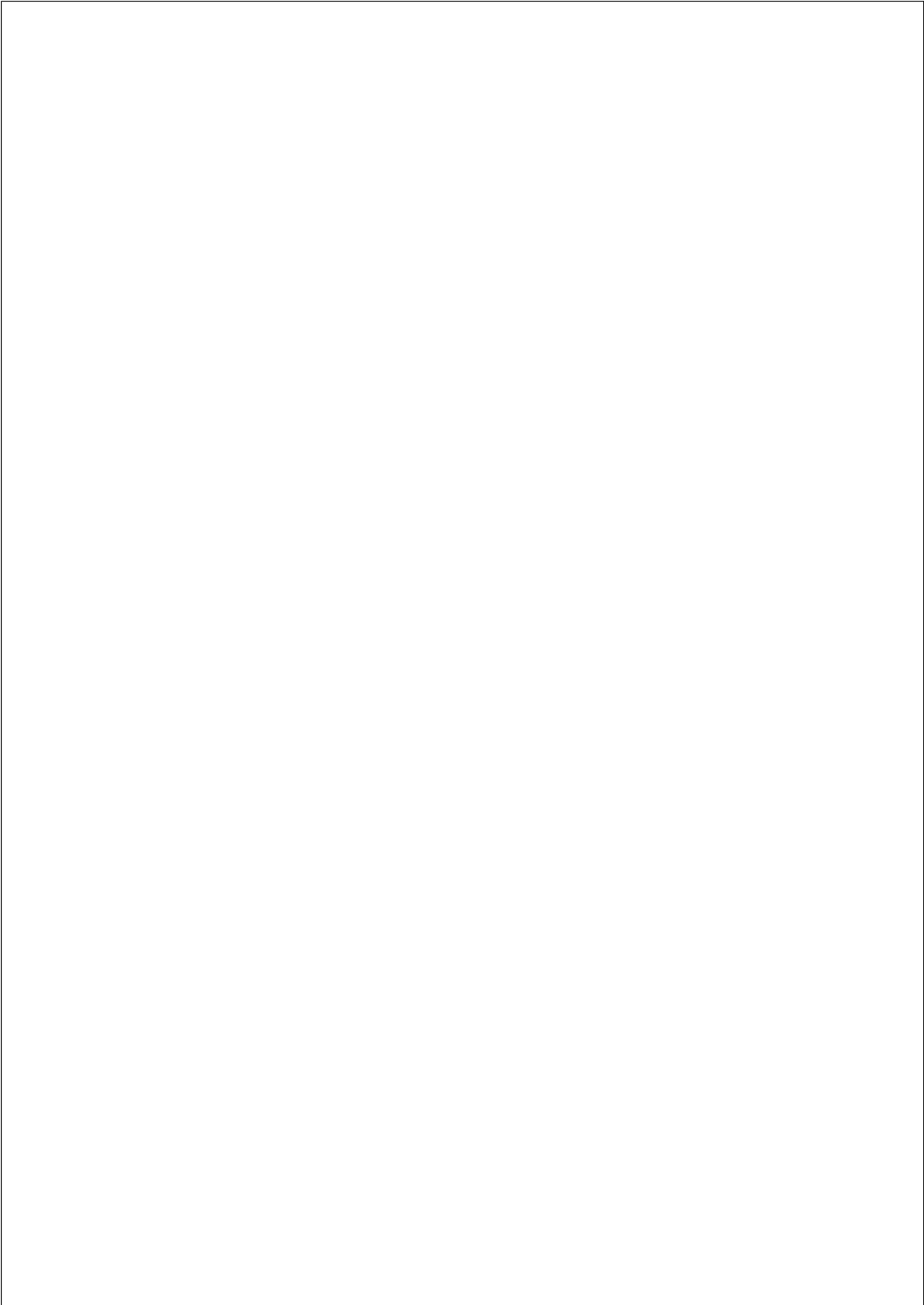
본 연구는 2014년부터 2017년까지 3년동안 부경양돈협동조합과 서울대학교가 공동으로 양돈생산비 절감 현장접목형 영양사양변식 기술개발을 목표로 현장위주의 연구를 수행하였다.

대체원료 사용 및 유제품 절감 연구를 수행한 결과, 1차년도 실험에서 영양소함량 절감시 사료비를 16%(127,399원→107,108원), 10% 절감(93,491원→84,591원)이 가능하였으며, 유제품함량을 30%에서 10%로 절감시, 사료비용을 26% (17,669원→12,983원) 절감하면서 대등한 성장성적을 기대할수 있는 것으로 나타났다. 2차년도에서 개발된 유제품 10/5% 사료 현장검증실험 수행시, 기존의 시판사료와 비교시 사료비용을 25% 절감할 수 있다는 결과가 도출되었으며 (162,241원→122,391원), 대체원료로 팜박을 12% 첨가시, 증체당사료비는 1,843원에서 793원으로 56%를 절감할 수 있으며, 대신에 6주차 종료체중은 28kg vs 23kg의 체중의 차이가 발생하였다.

양돈생산비 절감을 위한 현장접목형 사양기술개발을 위하여, 모돈의 생산성 및 연산성 향상을 위한 그룹관리 및 모돈 사양관리 방식을 제안하였으며, 이와 더불어 모돈의 적정 종부, 분만, 이유체중을 제시하여 모돈의 연산성 제고에 기여할 수 있는 연구결과를 도출하였다. 또한 2산차증후군 예방을 위한 사료프로그램 개발 및 암수분리사육방식 검증(암수분리사육시 두당 8,856원의 추가수익 기대)을 통하여 농가의 생산성 및 연산성 향상 방안을 제시하였다. 실제로, 모돈의 연산성 향상으로 모돈갱신율이 4산차 도태시 두당 394원의 이익이 발생하지만, 9산차 도태시 2,785원의 추가이익이 발생하여, 농가의 수익성 증가에도 기여하였다. 또한 모돈의 1회 급여에 대한 다양한 방식을 검증하고 제안하여, 양돈농가에서 소요되는 노동력의 소요를 줄여서 노동력 투자비용을 절감할 수 있게 되었다.

모돈 생산성 향상을 위한 변식기술개발에서는 모돈의 인공수정 적기 조사 및 적정 인공수정 횟수 검증 연구를 통하여 인공수정횟수를 발정 적기에 실시하면 인공수정용 정액의 소모량을 4개에서 1개로 감소시켜 모돈 1두당 21,000원의 절감효과가 발생하며, 모돈의 번식성적 향상으로 인한 추가적인 이익효과가 기대된다.

결론적으로 본 연구를 통하여 개발된 현장접목형 영양사양변식 기술의 적용을 통하여 양돈농가는 최소 20% 이상의 생산비 (사료비, 인공수정비, 가축비, 인건비)를 절감할 수 있을 것으로 사료된다.



사업화성과 및 매출실적

- 사업화 성과

항목	세부항목			성 과	
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	20.9 억원	
			향후 3년간 매출	60.0 억원	
		관련제품	개발후 현재까지	관련제품 없음 억원	
			향후 3년간 매출	관련제품 없음 억원	
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 0.1 % 국외 : 0.0 %	
			향후 3년간 매출	국내 : 0.1 % 국외 : 0.0 %	
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : - % 국외 : - %	
			향후 3년간 매출	국내 : - % 국외 : - %	
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위			-위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위			-위

- 사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세부 항목		성 과		
사업화 계획	사업화 소요기간 (년)		3년		
	소요예산 (백만원)		1,350,000 천원		
	예상 매출규모 (억원)		현재까지	3년후	5년후
			20.9	60.0	100.0
	시장 점유율	단위 (%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	0.1	0.1	0.1
		국외	-	-	-
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획					
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)		현재	3년후	5년후
	수입대체 (내수)		-	-	-
	수 출		-	-	-

4. 목표달성도 및 관련분야 기여도

		코드번호	D-06	
4-1. 목표달성도				
구분	세부연구개발 목표	가중치	평가의 착안점 및 기준	달성도
부경 양돈 농협	◎기존 제품에 비해 저렴하고 고품질의 사료제조기술개발	20%	●대체원료를 이용한 사료배합비 개발 및 자돈 사료 내 유제품 절감 사료제조기술 개발 (사료 제조원가 20%이상 절감)	100%
서울 대학교	◎양돈장에서 생산비와 노동력 절감, 모돈의 연산성을 높여 모돈도태율을 낮출 수 있는 사육기술개발	15%	●그룹관리의 실제적 적용방법 제시 (농가의 생산비 10%, 노동력 30% 감소) ●모돈의 산차별 적정 종부체중 및 등지방 두께의 제시 (도태율 20% 감소)	100%
서울 대학교	◎국내 양돈농가의 MSY 증가와 생산비를 절감할 수 있는 번식기술개발	15%	●임신 모돈의 적정 인공수정 횟수 검증 (정액비용 50-75% 노동력 50% 감소) ●모돈의 종부적기 조사 (수태율 및 생산성 향상)	100%
부경 양돈 농협	◎일반 양돈농가에서의 현장 실증 시험을 통한 경제성 분석	20%	●일반농가 현장 실증 시험을 통한 경제성 분석	100%
부경 양돈 농협 서울 대학교	◎현장 실증시험에서 도출된 문제점 분석 및 개발 기술의 고도화	10%	●현장 실증시험에서 도출된 문제점 분석 및 개발 기술의 고도화	100%
서울 대학교	◎일반 양돈농가 대상 보급 모델개발 및 매뉴얼화	10%	●양돈농가에 실질적으로 적용 가능한 보급형 사양관리 모델 개발 ●일반 양돈농가에 보급하기 위한 사양관리 기술 및 번식기술 관련 매뉴얼 작성 및 농가보급	100%
부경 양돈 농협	◎개발 기술의 현장 보급·확산을 위한 관련 정책안 제시	10%	●개발 기술의 현장 보급 및 확산을 위한 관련 정책안 제시	100%

4-2. 관련분야 기여도

(1) 기술적 측면

- 대체 원료사료의 선별 및 적정 첨가수준 검증을 통한 대체원료 사용 가능성 확인 및 고품질 사료제조기술 개발
- 자돈의 건강성에 무해한 고품질 저비용 자돈 사료 배합기술 개발
- 모돈의 산차별 적정 종부체중 및 등지방 두께에 대한 과학적인 자료에 근거한 사양표준 제시
- 임신돈의 적정 AI 횟수 및 적정 종부시기 검증을 통한 모돈의 수태율 및 번식 성적 향상
- 모돈의 생산성 향상 및 생산비 절감 기술의 현장접목형 사양관리 시스템의 제시
- 생산비를 절감하는 종합적인 한국형 영양·사양·번식 기술 개발

(2) 경제적·산업적 측면

- 대체원료를 이용한 자돈 사료 개발로 농가의 사료비용 절감 및 수익성 증대
- 농가의 생산비 및 노동력 절감으로 인한 업무 효율 및 생산성 향상
- 모돈의 연산성 증진 및 도태율 감소를 통한 일반 양돈 농가의 생산성 향상
- 모돈의 생산성 향상 및 생산비 절감 번식 기술을 통한 농가의 MSY 향상 및 가격경쟁력 확보
- 농가의 생산성 향상 및 가격경쟁력 확보를 통한, FTA시대의 대외 양돈경쟁력 확보

5. 연구결과의 활용계획

코드번호	D-07
<ul style="list-style-type: none">○ 개발된 사료제조기술을 이용한 사료 생산 및 사업화○ 모돈의 일회 급여 및 그룹관리 (batch system)의 농가 보급 및 교육○ 모돈의 산차별 적정 중부체중 및 등지방 두께 제시를 통한 농가의 연산성 증진○ AI횟수 및 중부적기 기술개발을 통한 농가의 MSY 생산성 향상 기여○ 생산비 절감 및 양돈 생산성 향상을 위한 사양관리방법 체계화 및 표준화○ 실증시험을 통하여 일반 양돈 농가에서 현장 적용 방법의 제시○ 개발 기술의 현장 보급을 위한 정책안 제시	

6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

코드번호

D-08

6-1. 경제 사료 배합 기술

- 단계별 요구량에 맞지 않는 고영양소 사료 급여는 영양소 과잉으로 인한 돼지의 생리적인 불균형, 사료비 상승과 수입자원의 낭비, 소화되지 못한 영양소들에 의한 환경오염 등의 많은 문제점을 가지고 있으며, 이는 개인농가에 큰 손실을 미치고 있을 뿐만 아니라 원료사료의 대부분을 수입에 의존하는 현 상황에서 국가적으로 막대한 손실을 초래함 (Ferket 등, 2002; Jongblode와 Lenis, 1998)
- 팜박은 단백질의 함량이 15-18% 정도로 옥수수나 소맥피에 비해 높은 편이지만, 비전분성다당류인 mannan을 함유하고 있고, 기호성이 낮으며 아미노산 이용률이 낮아서 단위동물 사료로 주목받지 못함 (McDonald 등, 1988)
- 미생물이나 곰팡이 등에서 생산되는 mannanase를 양돈 사료에 첨가하였을 때, 사료 효율 및 성장 성적이 향상되었다는 보고가 있음 (Jackson 등, 1999)
- 팜박은 장내 미생물 균총 조절을 통하여 돼지의 건강성을 향상시킬 수 있는 prebiotics로서의 기능도 가진다는 보고가 있음 (Gibson 등, 2000)
- 비트펄프는 펙틴 (pectins) 및 글루칸 (glucans)과 같은 수용성 섬유소의 높은 수준을 포함함 (Fadel, 2000)
- 최소 수준의 섬유질을 급여하면 소화관에서 정상적인 생리적 활성을 유지 할 수 있음 (Wenk, 2001)
- 식이 섬유 급여로 설사 발생률을 낮추고 이유 자돈의 성장을 향상시킬 수 있음 (Molist 등, 2014; Mateos 등, 2006)
- 양돈 사료에 있어서 유당은 이유 자돈 사료에 있어서 주요 원료로 사용되고 있으며, 이유 자돈 소화기관의 환경과 성장능력 및 사료 섭취량을 향상시킴 (Graham 등, 1981)
- 이유 자돈에 지방과 유제품의 공급은 이유로 인한 이유 자돈의 사료섭취량의 감소 및 성장지연을 줄일 수 있고, 지방의 첨가는 지방산 소화율 개선, 증체율 및 사료 효율을 개선시킴 (Lawrence 등, 1983; Frobish 등, 1970)
- 유화제는 지방의 유화를 안정화함으로써 동물 체내에서 지방의 소화를 돕는 역할을 함 (Davis, 1990)
- 사료 내 효소제의 첨가가 단위동물의 영양소 소화율을 향상시킴 (Baidoo 등, 1997; Choct와 Annison, 1992)
- 효소제의 사용이 돼지의 성장 성적을 향상시킴 (Omogbenigun 등, 2004)

6-2. 모돈 및 육성비육돈 사양기술

- 모돈의 번식 성적이 적정 급여횟수에 의해서 향상됨 (Wittman, 1986)
- 급여 횟수를 감소시켰을 때 모돈이 급여 후 활동이 더 활발해졌으며, 위의 팽창에 따른 포만감 증가로 인해 더 많은 양의 물을 섭취함 (Lawrence 와 Terlouw, 1993)
- 1일 1회 급여는 2회 급여에 비해 식욕을 억제하고 부정적인 행동들을 감소시킴 (Robert 등, 2002)
- 모돈의 배란 시점은 이유 후 재귀발정일령과 연관이 있으며, 재귀발정일령이 길어질수록 발정지속기간은 감소하게 됨 (Knox 등 2002)
- 돼지의 생리적 특징은 산차, 유전적 요인, 건강상태, 등에 따라 차이가 날수 있지만, 일반적으로 돼지의 발정주기는 17-24 (평균 21)일 사이 이고 발정 지속시간은 48-72h 이며, 발정이 시작 되어서부터 30-40 시간 후에 배란이 시작 됨 (Bartol 등, 2008)
- 이유 후 재귀발정 일령을 불문하고 배란 24 시간 전에 인공수정을 하였을 때 제일 높은 수태율을 보임 (Kemp, 1996; Soede, 1995)
- 중부 횟수를 1회, 2회, 3회로 늘려도 수태율, 임신율, 분만율이 향상되지 않음 (Xue, 1998)
- 후보돈과 경산돈에 각각 1회 중부와 2회 중부 결과 후보돈에서는 분만율과 총 산자수에서 유의적인 차이를 보이지 않았고, 경산돈에서는 1회 중부를 실시한 처리구가 유의적으로 낮은 분만율을 나타내었으나, 총 산자수에서는 처리구간 차이가 없음 (Tarocco, 2001)
- 모돈의 2산차 증후군은 발정이 오지 않고, 임신이 되지 않으며, 산자수가 적은 상태임 (Morrow 등, 1992)
- 일반적으로 임신돈은 초산 시기에 체중이 과도하게 손실됨 (Thaker 과 Bilkei, 2005)
- 초산 포유시기에 체중이 과도하게 손실됨 (Schenkel 등, 2010)
- 포유시기 모돈의 체손실이 10%-12% 이상이면 다음 산차의 번식 성적과 이유 후 발정에 부정적인 영향을 주며, 모돈의 2산차 증후군이 오게 됨. (Thaker 과 Bilkei, 2005; Clowes 등, 2003)
- 때문에 2산차 모돈은 초산돈에 비해 분만율과 산자수가 적음 (Hoving 등, 2010; Morrow 등, 1992).
- 2산차 증후군으로 인해 어린 모돈을 많이 도태하게 됨 (Lucia 등, 2010)
- 사양관리가 잘 되는 네덜란드도 2산차 시기 임신 실패율이 15.7%로 높은 수준임 (Hoving 등, 2011a)

- 2산차 때 모돈의 번식 성적을 증가시킬 수 있다면 모돈의 이용률 및 경제성을 증가시킬 수 있음 (Soede 등, 2011)
- 육종은 산자수 및 이유두수를 증가시키는 방향으로 진행되고 있지만, 사료섭취량은 증가되지 않았음 (Soede 등, 2011)
- 현 포유기 사료섭취량은 젖 생산량, 체형의 유지와 발달에 불충분함 (Bergsma, 2011)
- 임신 초기는 전 산차 포유기에 손실된 체중을 제일 잘 회복할 수 있는 시기이며, 이 시기는 체성장 및 체성숙이 이루어지는 시기임 (Dourmad 등, 1996)
- 후보 모돈은 임신 초기에 사료섭취량이 증가하면, 태아의 폐사율이 증가한다고 알려져 있지만, 2산차 모돈의 사료 섭취량에 대한 연구는 적음 (Jindal 등, 1996; Pharazyn, 1992)
- 포유기 비정상적으로 적은 사료 섭취량은 포유 성적에 부정적인 영향을 미치며, 이유 후 재귀발정일에 영향을 미침 (Koketsu 등, 1996; Revell 등, 1998)
- 사료섭취량은 이유두수, 유생산량 및 모돈의 건강상태와 관련있음 (Jackson 과 Cockroft, 2007; Messias de Braganca 등, 1998; Muirhead 과 Alexander, 1997)
- 포유 모돈의 사료 섭취량이 낮은 경우는 포유기 체중, 등지방 변화량과 연산성에 부정적 영향을 미침 (Eissen 등, 2000)
- 또한 포유자돈 성장과 재귀 발정일에도 부정적인 영향을 줌 (Bergsma 과 Hermes, 2012)
- 포유자돈의 성장은 포유 모돈의 젖 생산량과 관련있음 (Hales 등, 2013; Harrell 등, 1993; Noblet 과 Etienne, 1989)
- 그러나 모돈의 사료섭취량은 증가하지 않았음 (Hoving 등, 2013)
- 반면에 생리학, 영양학, 유전학, 행동학, 환경학 등 축산의 발전에 따라 동물의 번식 능력은 많이 증가함 (Kraeling과 Webel, 2015)
- 일반적으로 지방 축적 정도는 거세돈이 가장 높고 다음으로는 암퇘지, 수퇘지 순이며 반대로 살코기 축적률은 수퇘지가 가장 높고 다음으로 암퇘지, 거세돈 순임 (Seideman 등, 1982; Siers, 1975)
- 사료 섭취량은 거세돈이 가장 많고 다음으로는 수퇘지, 암퇘지 순인데, 이들을 분리하지 않고 합사할 경우 거세돈은 사료만 많이 먹고 지방을 많이 생산함으로써 결과적으로 돈육의 품질을 저하시키고 사료를 낭비하게 됨 (Ekstrom, 1991)
- 암수 분리 사육을 실시하였을 때 약 두당 700원의 생산비가 절약됨 (PIC, 2012)

6-3. 현장 실증형 양돈 기술

- 팜박 (palm kernel meal)은 원료의 가격이 옥수수나 대두박에 비해 원료의 가격이 월등히 낮으며 옥수수나 소맥피에 비하여 단백질 및 lysine 함량이 높지만, 항영양인자 (anti-nutritional factor)로 작용하는 만난 (mannan)의 높은 함량으로 인해 포도당 대사 (glucose metabolism)를 방해하고 인슐린 (insulin)의 분비를 억제함 (Leeds 등, 1980).
- 인슐린 분비의 억제는 장내 흡수율을 떨어뜨리고 말초조직 안의 포도당과 아미노산 이용을 방해하여 성장과 사료효율을 감소시킴 (Rainbird 등, 1984)
- 팜박은 색이 검고, 기호성이 낮으며, 촉감이 모래 같음. 또한 섬유소 함량과 비전분성 다당류 (NSP) 함량이 높으며, 필수 아미노산은 부족하고, 항영양인자 (anti-nutritional factor)가 포함되는 등 단위동물에서는 사용이 제한적임 (Sundu 와 Dingle, 2003; Babatunde 등, 1975)
- Mannanase 효소를 첨가하게 되면 mannan의 부정적인 영향을 줄이고 팜박의 이용효율을 높임으로써 육성·비육돈의 성장 성적에 부정적인 영향을 미치지 않으며 출하일령, 생산비 감소의 긍정적인 효과를 보임 (Yoo, 2016; Jackson 등, 1999).
- 유당 (lactose)은 이유 자돈의 소화기관 환경을 개선함으로써 소화능력의 손실을 방지하며 증체량 및 사료 섭취량을 개선함으로써 강건한 자돈을 생산할 수 있음 (Graham 등, 1981)
- 이유 자돈에 지방과 유제품의 공급은 이유로 인한 이유 자돈의 사료섭취량의 감소 및 성장지연을 줄일 수 있고, 지방의 첨가는 지방산 소화율 개선, 증체율 및 사료 효율을 개선시킬 수 있음 (Lawrence 등, 1983; Frobish 등, 1970).
- 비육후기에 요구량 보다 높은 단백질 사료의 급여는 사양성적을 개선시키지 못 할뿐만 아니라 단계별 요구량에 맞지 않는 고영양소 사료는 돼지의 생리적인 불균형, 사료비 상승과 수입자원의 낭비, 소화되지 못한 영양소들에 의한 환경오염 등의 다양한 문제점을 유발함 (Ferket 등, 2002; Jongblode와 Lenis, 1998).

7. 연구개발결과의 보안등급

	코드번호	D-09
○공개		

8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	코드번호		비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록번호
					구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)		

작성요령 (제출 시 삭제할 것)

- 당해과제 연구개발 시작부터 최종 연구종료 시점까지 현금으로 구입한 1개 (건)당 3,000만원 (부가세 포함) 이상의 연구시설·장비 및 3,000만원 미만이라도 공동활용이 가능한 연구시설·장비라도 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 시설·장비를 기재

9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

코드번호

D-11

1. 실험실 안전관리 개요

가. 목적

서울대학교 실험실 및 실험 농장의 안전사고 예방과 연구 활동종사자를 보호하기 위하여 환경안전교육, 실험실 안전점검, 안전사고 대응 대책수립 등 안전한 실험실 환경조성 및 연구활동종사자의 건강보호와 안전을 확보

나. 법적근거

- 1) 연구실 안전환경 조성에 관한 법률
- 2) 원자력안전법
- 3) 유전자변형생물체의 국가 간 이동 등에 관한 법률
- 4) 산업안전보건법
- 5) 수질 및 수생태계 보전법
- 6) 화학물질 관리법
- 7) 위험물안전관리법
- 8) 소방법
- 9) 전기안전법
- 10) 폐기물관리법
- 11) 고압가스안전관리법
- 12) 서울대학교 연구실안전환경관리규정
- 13) 서울대학교 방사선안전관리규정

2. 연구·실험실 안전관리 추진

가. 연구활동종사자 환경안전교육 실시

- 1) 개요
 - 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」 및 「서울대학교 안전환경관리규정」에 의거 안전한 실험실 환경조성과 연구활동종사자를 대상으로 사고예방을 위한 환경안전교육을 실시함
 - 교육 받은 사람 : 대학원생 및 교수 등 본 과제에 등록된 연구원 전체
- 2) 석/박사
 - 신규교육 : 신입생을 대상으로 하는 집체교육으로 현재 매 학기 당 이틀 간 14시간 교육을 매년 2월, 8월 교육을 진행했음

- 정기교육
 - 서울대학교 환경안전원 홈페이지와 교직원 홈페이지에 공개된 사고사례 및 안전 교육 동영상을 자체교육 자료로 활용하여 실험실안전 통합관리시스템에서 자체 교육을 실시했음
 - 연구개발인력교육원에서 개발한 연구실 안전 온라인 콘텐츠와 환경안전원에서 제작한 콘텐츠 54개를 서울대학교 교수학습개발센터에서 제공받아 운영된 온라인 공개강좌 기반 시스템을 통해 정기 교육을 실시함

나. 실험실 안전점검 실시

1) 개요

- 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」에 의거 A형 실험실로 분류되어 관련한 일상 점검, 정기점검, 특별안전점검, 정밀안전진단 실시

* 실험실 분류 기준 :

- A형 : 미생물 및 동물 (LMO), 방사성동위원소 물질 등을 사용하는 실험실
- B형 : 화학약품 등을 사용하는 실험실
- C형 : 기계·전기 설비 등을 사용하는 실험실
- D형 : 실험·실습을 수행하지 않는 설계·컴퓨터 관련 등의 실험실

2) 일상점검

- 연구개발 활동 전 연구개발 활동에 사용되는 실험 약품 및 장비의 이상 유무 점검
- 기간 : 연중
- 실시자 : 본 과제에 등록된 연구원
- 내용 : 점검표 작성 및 점검 실시

3) 정기점검

- 실험실 안전점검 체계[붙임 1]에 따른 정기점검을 실시하여, 그 결과를 환경안전원 점검팀에 제출하여 부적합 사항을 개선함
- 기간 : 매년 6 - 9월
- 실시자 : 환경안전원 점검팀
- 내용 : 안전점검 프로그램을 사용하여 분야별 항목 점검

다. 실험실 안전사고 대응 및 예방

1) 개요

- 실험 과정에서 발생할 수 있는 안전사고에 적절히 대응하여 그 피해를 최소화 하고 유사 사고 방지를 위해 대책을 수립

2) 실험실 안전사고 대응 및 처리 매뉴얼 보완과 사고 대응 훈련 실시

- 실험실 안전사고 대응 및 처리 매뉴얼 「붙임2」에 따라 사고 전파, 조치하며 실험실

안전사고 대응훈련을 실시하여 유사사고 발생 시 대응능력 향상하도록 하였음

3) 실험실 사고사례 전파

- 안전사고에 대한 경각심을 높이고 유사사고 예방하기 위해 국·내외 대학과 연구기관에서 발생한 사고를 수집하여 대학원생 및 연구원 등에게 이메일과 공문을 통해 전달 받음

4) 실험실 사고처리흐름도 및 비상연락스티커 [붙임3, 4]

- 실험실사고 발생 시 신속하고 정확하게 처리할 수 있도록 일련의 사고처리 흐름도 및 비상연락 스티커를 실험 농장 및 연구실에 배포

라. 생물 (LMO) 실험실 안전관리

1) 개요

- 「유전자변형생물체 국가 간 이동 등에 관한 법률 (2008.1)」 과 보건복지부 「실험실 생물안전지침 (2006.12)」 에 따라 실험실내 생물안전 확보를 위하여 생물실험에 대한 신고·허가/안전교육/안전점검을 「서울대학교 생물안전관리」 [붙임5] 체계에 따라 교육 및 점검을 받음

2) 병원체 및 LMO 실험실 안전교육

- 기간 : 매년 2월 - 9월
- 대상 : 본 연구에 참여했던 연구원 전원
- 내용 : 생물안전에 관한 이론교육 및 실습교육 (총 3시간)

3) LMO 실험실 안전점검

- 2등급 이상 생물안전연구시설 (LMO)에 대하여 미래창조과학부와 공동으로 점검 실시 및 점검 후 개선여부 확인

마. 실험실습실 안전환경 기반 조성

실험실 안전사고 예방과 실험종사자 보호를 위해 학교 측으로부터 안전 장비를 제공 받음

- 안전장비: 가연성 및 독성가스 캐비닛, 냉장안전시약장

바. 공기오염도 조사 실시

- 1) 개요 : 연구·실험실내 공기오염도 조사를 통해 부적합 시 환경을 개선
- 2) 기간 : 매년 11월 - 12월
- 3) 내용 : 미세먼지, 휘발성유기화합물, 포름알데히드, 이산화탄소 등 7가지 항목

자. 연구활동종사자 상해보험 가입

「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」 제14조에 따라 연구실에서 발생한 사고로 인한 부상, 질병, 신체 장애, 사망 등 생명 및 신체상의 손해를 보상하는 연구실 상해보험 가

입

- 1) 대상: 등록 연구원 전원
- 2) 보험명: 연구활동종사자 상해보험
- 3) 보험 회사: 현대해상화재보험
- 4) 보상 금액: 사망-1억원, 후유장해-1억원 이하, 부상-1천만원이하

10. 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문/특허/기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국 가	코드번호		D-12	
						Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/인 용횟수 등)
1	논문	인공수정 횡수가 모든의 번식성적에 미치는 영향	서울대학 교	위탁연 구	농업생명과 학연구지		2016.10	단독	비SCI
2	논문	Effect of dietary sugar beet pulp supplementation on growth performance, nutrient digestibility, fecal microflora, blood profile and diarrhea incidence in weaning pigs	부경양돈 농협, 서울대학 교	주관, 위탁	journal of animal science and technolog y		2017.9	단독	비SCI
3	논문	Various levels of copra meal supplementation with β -Mannanase on growth performance, blood profile, nutrient digestibility, pork quality and economical analysis in growing-finishing pigs	부경양돈 농협, 서울대학 교	주관, 위탁	journal of animal science and technolog y		2017.8	단독	비SCI
4	논문	Comparing gestating sows housing between electronic sow feeding system and a conventional stall over three consecutive parities	서울대학 교	위탁연 구	Livestock science	1.377	2017.2	단독	SCI

11. 기타사항

코드번호	D-13
<input type="checkbox"/>	

12. 참고문헌

코드번호

D-14

- AACC. 2001. The definition of dietary fiber. AACC report. American Association of Cereal Chemists 46:112-126.
- Adeola O., and A. J. Cowieson. 2011. Board-invited review: Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. J. Anim. Sci. 89:3189-3218
- Agunbiade J. A., J. Wiseman, and D. J. A. Cole. 1999. Energy and nutrient use of palm kernels, palm kernel meal and palm kernel oil in diets for growing pigs. Anim. Feed Sci. Technol. 80:165-181.
- Aldersberg D., and H. Sobotka. 1943. Influence of lecithin feeding on fat and vitamin A absorption in man. J. Nutr. 25:255-263.
- Andoh A., T. Bamba, and M. Sasaki, 1999. Physiological and anti-inflammatory roles of dietary fiber and butyrate in intestinal functions. J. Parenter. Enteral Nutr. 23:70-73.
- Ao X., T. X. Zhou, Q. W. Meng, J. H. Lee, H. D. Jang, J. H. Cho, and I. H. Kim. 2011. Effects of a carbohydrase cocktail supplementation on the growth performance, nutrient digestibility, blood profiles and meat quality in finishing pigs fed palm kernel meal. Livest. Sci. 137:238-243.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis (1th ed). Association of Official Analytical Chemiss. Washington, D. C., USA.
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th Edition. Association of Official Analytical Chemist. Washingtons, D.C., USA.
- Apple J. K., C. V. Maxwell, D. C. Brown, K. G. Friesen, R. E. Musser, Z. B. Johnson, and T. A. Armstrong. 2004. Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamine. J. Anim. Sci. 82 (11):3277-3287.

- Argenzio R. A., and K. Southworth. 1974. Analysis of starch and other main constituents of cereal grains. *Swed. J. Agri. Res.* 14:135-139.
- Argenzio R. A., and S. C. Whipp, 1979. Inter-relationship of sodium, chloride, bicarbonate and acetate transport by the colon of the pig. *J. Physiol.* 295:365-381.
- Armstrong W. D., and T. R. Cline. 1976. Effects of various dietary nutrients levels on the incidence of colibacillary diarrhoea in pigs: intestinal ligation studies. *J. Anim. Sci.* 42:592-598.
- Asakawa A., A. Inui, T. Kaga, H. Yuzuriha, T. Nagata, N. Ueno, S. Makino, M. Fujimiya, A. Niijima, M. Fujino, and M. Kasuga. 2001. Ghrelin is an appetite-stimulatory signal from stomach with structural resemblance to motilin. *Gastroenterol.* 120:337-345.
- Ashworth C. J. 1991. Effect of pre-mating nutritional status and post-mating progesterone supplementation on embryo survival and conceptus growth in gilts. *Anim. Reprod. Sci.* 26:311-321.
- Asp N. G. 1996. Dietary carbohydrates: classification by chemistry and physiology. *Food Chem.* 57:9-14.
- Aumaitre A., D. Bourdon, J. Peiniau, and J. Bengala Freire. 1989. Effect of graded levels of raw and processed rapeseed on feed digestibility and nutrient utilization in young pigs. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 24:275-287.
- Babatunde G. M., B. L. Fetuga, O. Odumosu, and V. A. Oyenuga. 1975. Palm kernel meal as the major protein concentrate in the diets of pigs in the tropics. *J. Food and Agri. Sci.* 26 (9):1279-1291.
- Bach K. E. 1997. Carbohydrates and lignin contents of plant materials used in animal feeding. *Anim. Feed Sci. Technol.* 67:319-338.
- Bach K. E., and I. Hansen. 1991. Gastrointestinal implications in pigs of wheat and

oat fractions. 1. Digestibility and bulking properties of polysaccharides and other major constituents. *Br. J. Nutr.* 65:217-232.

Baidoo S. K., Y. G. Liu, and R. R. Grandhi. 1997. Exogenous microbial enzymes and hulless barley utilization by young pigs. *Proc. Manitoba Swine Seminar.* 11:135-140.

Balasubramaniam K. 1976. Polysaccharides of the kernel of maturing and matured coconuts. *J. Food. Sci.* 41:1370-1373.

Ball R. O., and F. X. Aherne. 1982. Effect of diet complexity and feed restriction on the incidence and severity of diarrhea in early weaned pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 62:907-913.

Bartol F. F., A. A. Wiley, and C. A. Bagnell. 2008. Epigenetic programming of porcine endometrial development. *Reproduction in Domestic Animals.* 43: 273-279.

Bayes-Genis A., C. A. Conover, and R. S. Schwartz. 2000. The insulin-like growth factor axis : A review of atherosclerosis and restenosis. *Circulation Res.* 86:125-130.

Beames R. M. 1990. Seaweed. In *Non traditional feed sources for use in swine production*, ed. P. A. Thacker, and R. N. Kirkwood). Butterworths, Stoneham. MA.

Bedford M. R., and H. L. Classen. 1992. Reduction of intestinal viscosity through manipulation of dietary and pentosane concentration is effected through changes in the carbohydrate composition of the intestinal aqueous phase and results in improved growth rate and food conversion efficiency of broiler chicks. *J. Nutr.* 122:560-569.

Bee G., C. Biolley, G. Guex, W. Herzog, S. M. Lonergan, and E. Huff-Lonergan. 2006. Effects of available dietary carbohydrate and pre-slaughter treatment on glycolytic potential, protein degradation, and

quality traits of pig muscles. *J. Anim. Sci.* 84:191–203.

Bell J. M. 1984. Nutrients and toxicants basis of thyroid hormone action. *N. Engl. Med.* 331:847–853.

Bell J. M., and M. O. Keith. 1993. Effects of combination of wheat, corn or hulless barley with hulled barley supplemented with soybean meal or canola meal on growth rate, efficiency of feed utilization and carcass quality of market pigs. *Anim. feed Sci. Technol.* 44:129–150.

Bendall J. R., and J. Wismer–Pedersen. 1962. Some properties of the fibrillar proteins of normal and watery pork muscle. *J. Food Sci.* 27 (2):144–159.

Bergner H. 1977. Protein evaluation and protein metabolism. FEBS 11th Meeting. Copenhagen. 149-160.

Bergsma R. 2011. Genetic aspects of feed intake in lactating sows. Ph D thesis. Wageningen Univ., Wageningen.

Bergsma R., and S. Hermesch. 2012. Exploring breeding opportunities for reduced thermal sensitivity of feed intake in the lactating sow. *J. Anim. Sci.* 90:85–98.

Bertschinger H. U., and E. Eggenberger. 1978. Evaluation of low nutrient, high fibre diets for the prevention of porcine *Escherichia coli* enterotoxaemia. *Vet. Microbiol.* 3:281–290.

Berrocso J. D. 2015. Effects of fiber inclusion on growth performance and nutrient digestibility of piglets reared under optimal or poor hygienic conditions. *J. Anim. Sci.* 93 (8):3919–3931.

Bindelle J., A. Buldgen, M. Delacollette, J. Wavreille, R. Agneessens, J. P. Destain and P. Leterme. 2009. Influence of source and concentrations of dietary fiber on in vivo nitrogen excretion pathways in pigs as reflected by in vitro fermentation and nitrogen incorporation by fecal bacteria. *J. Anim.*

Sci. 87:583-593.

Bikker P., A. J. Van Dijk, A. Dirkzwager, J. Fledderus, M. Ubbink-Blanksma, and A. C. Beynen. 2004. The influence of diet composition and an anti-microbial growth promoter on the growth response of weaned piglets to spray dried animal plasma. *Livest. Prod. Sci.* 86 (1):201-208.

Bikker P., A. Dirkzwager, J. Fledderus, P. Trevisi, I. le Huërou-Luron, J. P. Lallas, and A. Awati. 2007a. Dietary protein and fermentable carbohydrates contents influence growth performance and intestinal characteristics in newly weaned pigs. *Livest. Sci.* 108:194-197.

Bikker P., A. Dirkzwager, J. Fledderus, P. Trevisi, I. le Huërou-Luron, J. P. Lallas and A. Awati, 2007b. The effect of dietary protein and fermentable carbohydrates levels on growth performance and intestinal characteristics in newly weaned piglets. *J. Anim. Sci.* 84:3337-3345.

Blecha F. 2001. Immunology. In: W. G. Pond and H. J. Mersmann, editors, *Biology of the domestic pig*. Cornell Univ. Press. Ithaca. NY. 688-711.

Bouton P. E., F. D Carroll, P. V. Harris, and W. R. Shorthose. 1973. Influence of pH and fiber contraction state upon factors affecting the tenderness of bovine muscle. *J. Food Sci.* 38:404-409.

Brandtzaeg P. 2003. Role of secretory antibodies in the defence against infections. *Int. J. Med. Microbiol.* 29:3-15.

Brockman R., and E. N. Berbman. 1975. Effect of glucagon on plasma alanine and glutamine metabolism and hepatic gluconeogenesis in sheep. *Am. J. Physiol.* 228:1327-1331.

Brumm M., and D. Carlson. 1985. Nursery feeder space — how much? *Nebraska Swine Report EC85-219*, Univ. of Nebraska Coop. Ext., Lincoln, 17.

Brumm M. C., and J. M. Dahlquist. 1995. Nursery and growing-finishing space interactions. *Nebraska Swine Report EC95-219*, Univ. of Nebraska Coop.

Ext., Lincoln. 44.

Burel C., T. Boujard, F. Tulli, and S. J. Kaushik. 2000a. Digestibility of extruded peas, extruded lupin and rapeseed meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture* 188:285-298.

Burel C., T. Boujard, S. J. Kaushik, G. Boeuf, A. Van der Geyten, K. A. Mol, E. R. Kuhn, A. Quinsac, M. Krouti, and D. Ribailier. 2000b. Potential of plant protein sources as fish meal substitute for turbot (*Psetta maxima*): growth, nutrient utilization and thyroid status. *Aquaculture* 188:363-382.

Burel C., T. Boujard, A. M. Escaffre, S. J. Kaushik, G. Boeuf, K. A. Mol, S. Van der Geyten, and E. R. Kuhn. 2000c. Dietary low glucosinolate rapeseed meal affect thyroid status and nutrient utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Br. J. Nutr.* 83:653-664.

Cai Y., and D. R. Zimmerman. 1996. Lysine requirement of the lactating sow determined by using plasma urea nitrogen as a rapid response criterion. *J. Anim. Sci.* 74:1056-1062.

Callesen J., D. Halas, F. Thorup, K. B. Knudsen, J. C. Kim, B. P. Mullan, and J. R. Pluske. 2007. The influence of nutritional and management factors on piglet weight gain to weaning in a commercial herd in Denmark. *Livest. Sci.* 108 (1)117-119.

Canh T. T., A. L. Sutton, A. J. A. Aarnink, M. W. A. Verstegen, J. W. Schrama, J. W., and G. C. M. Bakker. 1998. Dietary carbohydrates alter the fecal composition and pH and the ammonia emission from slurry of growing pigs. *J. Anim. Sci.* 76:1887.

Casewell M., C. Friis, E. Marco, P. McMullin, and I. Phillips, 2003. The European ban on growth-promoting antibiotics and emerging consequences for human and animal health. *J. Antimicrobial Chemotherapy.* 52:159-161.

Cassar G., R. N. Kirkwood, Z. Poljak, K. Bennett-Steward, and R. M. Friendship. 2005. Effect of single or double insemination on fertility of sows bred at an

induced estrus and ovulation. *J. Swine Health Prod.* 13(5):254-258.

Carneiro M., M. Lordelo, L. F. Cunha, and J. Freire. 2007. Microbial activity in the gut of piglets. II. Effect of fibre source and enzyme supplementation. *Livest. Sci.* 108:262-265.

Carney H. E. E., H. Tran, J. W. Bundy, R. Moreno, P. S. Miller, and T. E. Burkey. 2013. Effect of dam parity on litter performance, transfer of passive immunity, and progeny microbial ecology. *J. Anim. Sci.* 91:2885-2893.

Cera K. R., D. C. Mahan, and G. A. Reinhart. 1988a. Effects of dietary dried whey and corn oil on weanling pig performance, fat digestibility and nitrogen utilization. *J. Anim. Sci.* 66:1438-1445.

Cera K. R., D. C. Mahan, and G. A. Reinhart. 1988b. Weekly digestibility of diets supplemented with corn oil, lard or tallow by weanling swine. *J. Anim. Sci.* 66:1430-1437

Cera K. R., D. C. Mahan, and G. A. Reinhart. 1989. Apparent fat digestibilities and performance responses of postweaning swine fed diets supplemented with coconut oil, corn oil or tallow. *J. Anim. Sci.* 67:2040-2047.

Cera K. R., D. C. Mahan, and G. A. Reinhart. 1990. Effect of weaning, week postweaning and diet composition on pancreatic and small intestinal luminal lipase response in young swine. *J. Anim. Sci.* 68:384-3914.

Chabeauti E., J. Noblet, and B. Carr. 1991. Digestion of plant cell walls from four different sources in growing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 32:207-213.

Chen Y. J., O. S. Kwon, B. J. Min, K. S. Son, J. H. Cho, J. W. Hong, and I. H. Kim. 2005. Effects of dietary *Enterococcus faecium* SF68 on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics and faecal noxious gas content in finishing pigs. *Asian-Austr. J. animal Sci.* 19:4009-411.

Chesson A. 1995. Dietary fiber. In: Stephen A.M. Food polysaccharides and their

applications. New York: Marcel Dekker. 547–576.

Cho S., J. Kim, P. Seong, Y. Cho, W. Chung, B. Park, and C. Ahn. 2008. Physico-chemical meat quality properties and nutritional composition of Hanwoo steer beef with 1++ quality grade. *Kor. J. Food Sci. Anim. Resources.* 28:422–430.

Choct M., and G. Annison. 1992. Anti-nutritive effect of wheat pentosans in broiler chickens: Roles of viscosity and gut microflora. *Br. Poult. Sci.* 33:821–834.

Choe J. H., H. S. Yang, S. H. Lee, and G. W. Go. 2015. Characteristics of pork belly consumption in South Korea and their health implication. *J. Anim. Sci. and Technol.* 57:22

Choi H. B., J. H. Jeong, D. H. Kim, Y. Lee, H. Kwon and Y. Y. Kim. 2015. Influence of rapeseed meal on growth performance, blood profiles, nutrient digestibility and economic benefit of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 28:1345–1353.

Clowes E. J., F. X. Aherne, G. R. Foxcroft, and V. E. Baracos. 2003. Selective protein loss in lactating sows is associated with reduced litter growth and ovarian function. *J. Anim. Sci.* 81:753-764.

Coma J., D. R. Zimmerman, and D. Carrion. 1996. Lysine requirement of the lactating sow determined by using plasma urea nitrogen as a response criterion. *J. Anim. Sci.* 74:1056-1062.

Corey C. 2016. Corn silage data 101: check fiber digestibility levels. Dairyland Laboratories. Latham Hi-Tech Seeds. Alexander. USA.

Cozannet P., A. Preynat, and J. Noblet. 2010. Digestible energy values of feed ingredients with or without addition of enzymes complex in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 90:209–211.

Cromwell G. L., and T. R. Cline. 1993. The dietary protein and (or) lysine

requirements of barrows and gilts. *J. Anim. Sci.* 71:1510–1519

Cummings J. H., and H. N. Englyst. 1995. Gastrointestinal effects of food carbohydrate. *Am. J. Clin. Nutr.* 61:928S–945S.

Cummings J. H., and A. M. Stephen. 2007. Carbohydrate terminology and classification. *European J. Clin. Nutr.* 61:5–18.

Daud M. J., and M. C. Jarvis. 1992. Mannan of oil palm kernel. *Phytochemistry* 31:463–464.

Davidson M. H., and A. McDonald. 1998. Fiber: Forms and functions. *Nutr. Res.* 18:617.

Davis S. S. 1990. Phospholipids stabilized emulsions for parenteral nutrition and drug delivery. Plenum Press. New York and London.

De Vries J. W., L. Prosky, B. Li, and S. Cho, 1999. A historical perspective on defining dietary fiber. *Cereal Foods World.* 44:367–369.

Dewey C. E., S. W. Martin, R. M. Friendship, B. W. Kennedy, and M. R. Wilson. 1995. Associations between litter size and specific sow-level management factors in Ontario swine. *Prev. Vet. Med.* 23:101–110.

Dobbins J. W., and H. J. Binder. 1981. Pathophysiology of diarrhoea: alterations in fluid and electrolyte transport. *J. Clin. Gastroenterol.* 10:605–626.

Douglas M. W., J. E. Cunnick, J. C. Pekas, D. R. Zimmerman, and E. H. von Borell. 1998. Impact of feeding regimen on behavioral and physiological indicators for feeding motivation and satiety, immune function, and performance of gestating sows. *J. Anim. Sci.* 76:2589–2595.

Dourmad J. Y., M. Etienne, and J. Noblet. 1996. Reconstitution of body reserves in multiparous sows during pregnancy: Effect of energy intake during

pregnancy and mobilization during the previous lactation. *J. Anim. Sci.* 74: 2211-2219.

Dusterhoft E. M., A. G. J. Voragen, and F. M. Engels. 1991. Non-starch polysaccharides from sunflower (*Helianthus annuus*) meal and palm kernel (*Elaeis guineensis*) meal preparation of cell wall material and extraction of polysaccharide fractions. *J. Food and Agri. Sci.* 55:411-422.

Edwards S. A. 1996. A new look on the role of fibre in the diet of pigs. In *Proceedings of the 6th European Society of Veterinary Internal Medicine*. September 12-14. Veldhoven. The Netherlands. 90-91.

Eggum B. O. 1970. Blood urea measurement as a technique for assessing protein quality. *Br. J. Nutr.* 24:983-988.

Eggum B. O., 1995. The influence of dietary fibre on protein digestion and utilisation in monogastrics. *Arch. Tierzucht.* 48:89-95.

Eissen J. J., E. Kanis, and B. Kemp. 2000. Sow factors affecting voluntary feed intake during lactation. *Livest. Prod. Sci.* 64:147-165.

Ekstrom K. E. 1991. Genetic and sex considerations in swine nutrition. In: E. R. Miller, D. E. Ullrey, and A. J. Lewis (Ed.) *Swine Nutrition*. 415-424.

Emiola I. A., F. O. Opapeju, B. A. Slominski, and C. M. Nyachoti. 2009. Growth performance and nutrient digestibility in swine fed wheat distillers dried grains with solubles-based diets supplemented with a multicarbohydrase enzyme. *J. Anim. Sci.* 87:2315-2322.

Equus magazine, 2010. Should you feed beet pulp?, Accessed via equisearch.com June 28.

Fabian J., L. I. Chiba, L. T. Frobish, W. H. McElhenney, D. L. Kuhlert, and K. Nadarajah. 2003. Compensatory growth and nitrogen balance in grower-finisher pigs. *J. Anim. Sci.* 82 (9):2579-2587.

- Fadel J. G., E. J. De Peters, and A. Arosemena. 2000. Composition and digestibility of beet pulp with and without molasses and dried using three methods. *Anim. Feed Sci. Technol.* 85:121-129.
- Farmer C., M. C. Meunier-Salaun, R. Bergeron, and S. Robert. 2002. Hormonal response of pregnant gilts fed a high-fiber or a concentrate diet once or twice daily. *Can. J. Anim. Sci.* 82:159-164.
- Fernandez J. A., J. N. Jorgensen, and A. Just. 1986. Comparative digestibility experiments with growing pigs and adult sows. *Anim. Prod.* 43:127-132.
- Feyera T., and P. K. Theil. 2017. Energy and lysine requirements and balances of sows during transition and lactation: A factorial approach. *Livest. Sci.* 201:50-57
- Flowers W. L. 1996. An update of swine A.I. In: *Proc. 16th Technol. Conf. A.I. and Reprod., Nat. Assoc. Anim. Breed. Madison. WI.* 88-95.
- Flowers W. L., and H. D. Alhusen. 1992. Reproductive performance and estimates of labor requirements associated with combinations of artificial insemination and natural service in swine. *J. Anim. Sci.* 70:615-621.
- Freire J. P. B., A. J. G. Guerreiro, L. F. Cunha, and A. Aumaitre. 2000. Effect of dietary fibre source on total tract digestibility, caecum volatile fatty acids and digestive transit time in the weaned piglet. *Anim. Feed Sci. Technol.* 87:71-83.
- Frobish L., V. Hays, V. Speer, and R. Ewan. 1969. Effects of diets form and emulsifying agents on fat utilization by young pigs. *J. Anim. Sci.* 29:320-324
- Frobish L. T., V. W. Hays, V. C. Speer, and R. C. Ewan. 1970. Effect of fat source and level on utilization of fat by young pigs. *J. Anim. Sci.* 30:197-202.

- Froseth J. A. 1984 Northwest feedstuffs for swine. Wash. State Univ. Swine Day Proc. 70.
- Fuller M. F., R. M. Livingstone, B. A. Baird, and T. Atkinson. 1979. The optimal amino acid supplementation of barley for the growing pig. 1. Response of nitrogen metabolism to progressive supplementation. Br. J. Nutr. 41:321–331.
- Fuller M. F., and A. G. Chamberlain. 1985. Protein requirements of pigs. In Recent Developments in Pig Nutrition. Butterworths. London. 85–96.
- Garner D. L., and E. S. E. Hafez. 1993. Spermatozoa and seminal plasma. In: E. S. E. Hafez (Ed.) Reproduction in Farm Animals. Lea and Febiger, Philadelphia. PA. 165–187.
- Gaskins H. R., J. Wiseman, M. A. Varley, and J. P. Chadwick. 1998. Immunological development and mucosal defence in the pig intestine. Nottingham Univ. Press. Nottingham. UK. Pig Sci. 81:10.
- Gdala J. 1998. Composition properties and nutritive value of dietary fibre of legume seeds. A review. J. Anim. Feed Sci. 7:131–149.
- Gerritsen R., P. van der Aar, and F. Molist. 2012. Insoluble nonstarch polysaccharides in diets for weaned piglets. J. Anim. Sci. 90:318–320.
- Gibson G. R., P. B. Ottaway, and R. A. Rastall. 2000. Prebiotics new developments in functional foods. England: Chandos Publishing (Oxford). 108
- Gill B. P. 1991. The use of whole rapeseed in young pig diets. Anim. Prod. 49:317–321.
- Gill B. P., J. Mellange, and J. A. Rooke. 2000. Growth performance and apparent nutrient digestibility in weaned piglets offered wheat-, barley- or sugar-beet pulp-based diets supplemented with food enzymes. Anim. Sci. 70:107–118.

- Goerl K. F., S. J. Eilert, R. W. Mandigo, H. Y. Chen, and P. S. Miller. 1995. Pork characteristics as affected by two populations of swine and six crude protein levels. *J. Anim. Sci.* 73:3621–3626.
- Gohl B. O. 1981. Tropical feeds: feed information summaries and nutritive values.
- Gonzalez -Alvarado J. M., E. Jimanez–Moreno, D. G. Valencia, R. Lazaro, and G. G. Mateos. 2008. Effects of fiber source and heat processing of the cereal on the development and pH of the gastrointestinal tract of broilers fed diets based on corn or rice. *Poult. Sci.* 87:1779–1795.
- Goodband R. D., and R. H. Hines. 1988. An evaluation of barley in starter diets for swine. *J. Anim. Sci.* 66:3086.
- Goodlad R. A. 2001. Dietary fibre and the risk of colorectal cancer. *Gut* 48:587–589.
- Goodlad R. A., J. A. Plumb, and N. A. Wright. 1987. The relationship between intestinal crypt cell proliferation and water absorption measured in vitro in the rat. *Clin. Sci.* 72:297–304.
- Gooneratne A. D., R. N. Kirkwood, and P. A. Thacker. 1989. Effects of injection of gonadotropin–releasing hormone on sow fertility. *Can. J. Anim. Sci.* 69:123–129.
- Gourdine J. L., J. P. Bidanel, J. Noblet, and D. Renaudeau. 2006. Effects of breed and season on performance of lactating sows in a tropical humid climate. *J. Anim. Sci.* 84:360–369.
- Graham H., J. G. Fadel, C. W. Newman, and R. K. Newman. 1989. Effect of pelleting and β -glucanase supplementation on the ileal and fecal digestibility of a barley-based diet in the pig. *J. Anim. Sci.* 67:1293–1298.
- Green S., and T. Kiener. 1989. Digestibilities of nitrogen and amino acids in

soyabean, sunflower, meat and rapeseed meals measured with pigs and poultry. *Anim. Prod.* 48:157–179.

Green J. A., and R. W. Hardy. 2002. The optimum dietary essential amino acid pattern for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), to maximize nitrogen retention and minimize nitrogen excretion. *Fish Physiol. and Biochem.* 27 (1):97–108.

Grizard D., and C. Barthomeuf. 1999. Non-digestible oligosaccharides used as prebiotic agents: mode of production and beneficial effects on animal and human health. *Reprod. Nutr. Development.* 39:563–588.

Gustafson R. H., and R. E. Bowen. 1997. Antibiotic use in animal agriculture. *J. Appl. Microbiol.* 83:531.

Hales J., V. Moustsen, M. Nielsen, and C. Hansen. 2013. Individual physical characteristics of neonatal piglets affect preweaning survival of piglets born in a non-crated system. *J. Anim. Sci.* 91:4277–4289.

Hahn J. D., R. R. Biehl, and D. H. Baker, 1995. Ideal digestible lysine for early and late finishing swine. *J. Anim. Sci.* 73:773.

Hahn J. D., M. J. Gahl, M. A. Giesemann, D. P. Holsgraefe, and D. W. Fodge. 1995. Diet type and feed form effects on the performance of finishing swine fed the β -mannanase enzyme product Hemicell. *J. Anim. Sci.* 73:175 (Abstr.).

Hamm R. 1986. Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. P. J. Bechtel (Ed.) *Muscle as Food.* 135–199.

Hampson D. J. 1994. Postweaning *Escherichia coli* diarrhoea in pigs. In: Gyles, C.L. (Ed.), *Escherichia coli in Domestic Animals and Humans.* CABI publishing. Wallingford. 171–191.

Hans H. S. 2011. Feeding the pig' s immune system. Department of Animal Sci.

Univ. of Illinois. Urbana. IL 61801.

Harrell R., M. Thomas, and R. Boyd. 1993. Limitations of sow milk yield on baby pig growth. In: Proceedings of the 1993 Cornell nutrition conference for feed manufacturers, Department of Animal Sci. and Division of Nutritional Sci. of the New York State College of Agriculture and Life Sci., Cornell Univ., Ithaca. New York. 156–164.

Hartwig E. E., T. M. Kuo, and M. M. Kenty. 1997. Seed protein and its relationship to soluble sugars in soybean. *Crop Sci.* 27:770–773.

Hatori Y., G. Noguchi, M. Itoh, and T. Ishibashi. 1994. Effects of dietary protein levels on performance, plasma amino acid concentrations and biochemical components of female growing pigs. *Anim. Sci. Technol.* 65:942–949.

Havrevoll O. 1984. Experiments with different kinds of lecithin in milk replacers. *Rep. Agri. Univ.* 226:6–12.

Henry R. J. 1988. The carbohydrates of barley grains; A review. *J. Inst. Brew.* 94:71–78.

Hesselman K., and P. Aman. 1986. The effect of β -glucanase on the utilization of starch and nitrogen by broiler chicks fed on barley of low- or high-viscosity. *Anim. Feed Sci. Technol.* 14:83–93.

Hill G. M., and D. C. Mahan. 2016. Essential and nonessential amino acid compositions of the total litter and individual fetal pig content and accretion rates during fetal development. *J. Anim. Sci.*, 94 (12): 5239–5247.

Hinson R. B., B. R. Wiegand, M. J. Ritter, G. L. Allee, and S. N. Carr. 2011. Impact of dietary energy level and ractopamine on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 89:3572–3579.

Holt J. P., L. J. Johnston, S. K. Baidoo, and G. C. Shurson. 2006. Effects of a

high-fiber diet and frequency of feeding on behavior, reproductive performance, and nutrient digestibility in gestating sows. *J. Anim. Sci.* 84:946–955.

Honikel K. O. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.* 49:447–457

Hopwood D. E., D. W. Pethick, and D. J. Hampson, 2002. Increasing the viscosity of the intestinal contents stimulates proliferation of enterotoxigenic *Escherichia coli* and *Brachyspira pilosicoli* in weaner pigs. *Br. J. Nutr.* 88:523–532.

Hoving L. L., N. M. Soede, E. A. M. Graat, H. Feitsma, and B. Kemp. 2010. Effect of live weight development and reproduction in first parity on reproductive performance of second-parity sows. *Anim. Reprod. Sci.* 122:82–89.

Hoving L. L., N. M. Soede, E. A. M. Graat, H. Feitsma, and B. Kemp. 2011a. Reproductive performance of second parity sows: Relations with subsequent reproduction. *Livest. Sci.* 140:124–130.

Hoving L. L., N. M. Soede, C. M. C. Van Der Peet–Schwering, E. A. M. Graat, H. Feitsma, and B. Kemp. 2011b. An increased feed intake during early pregnancy improves sow body weight recovery and increases litter size in young sows. *J. Anim. Sci.* 89:3542–3550.

Hoving L. L., N. M. Soede, H. Feitsma, and B. Kemp. 2012. Embryo survival, progesterone profiles and metabolic responses to an increased feeding level during second gestation in sows. *Theriogenol.* (in press).

Howard K. A., D. M. Forsyth, and T. R. Cline. 1990. The effect of an adaption period to soybean oil additions in the diets of young pigs. *J. Anim. Sci.* 68:678–683.

Hunter R. H. F., and P. Dziuk. 1968. Sperm penetration of pig eggs in relation to the timing of ovulation and insemination. *J. Reprod. Fertil.* 15:199–208.

- Inbarr J., and R. B. Ogle. 1988. Effect of enzyme treatment of piglet feeds on performance and post weaning diarrhoea. *Swed. J. Agric. Res.* 18:129-133.
- Jackson J. R., W. L. Hurley, R. A. Easter, A. H. Jensen, and J. Odle. 1995. Effects of induced or delayed parturition and supplemental dietary fat on colostrum and milk composition in sows. *J. Anim. Sci.* 73:1906-1913
- Jackson M. E., D. W. Fodge, and H. Y. Hsiao, 1999. Effects of beta-mannanase in corn-soybean meal diets on laying hen performance. *Poult. Sci.* 78 (12): 1737-1741.
- Jackson, P. G. G., and P. D. Cockroft. 2007. *Handbook of pig medicine.* Saunders Elsevier, Edinburgh.
- Jang Y. D. 2012 . Effects of live yeast, dietary protein levels and ingredients in sow diets on reproductive performance and growth of their progeny. Ph D thesis. Seoul National Univ. Korea.
- Jaworski N. W., J. Shoulders, J. C. Gonzalez-Vega, and H. Stein. 2014. Effects of using copra meal, palm kernel expellers, or palm kernel meal in diets for weaning pigs. *The Professional Anim. Scientist* 30:243-251.
- Jensen B. B. 1998. The impact of feed additives on the microbial ecology of the gut in young pigs. *J. Anim. Feed Sci.* 7:45-64.
- Jensen B. B. 1999. Impact of feed composition and feed processing on the gastrointestinal ecosystem in pigs. In: Jansman, A.J.M., Huisman, J. (Eds.). *Nutrition and Gastrointestinal Physiology—Today and Tomorrow.* TNO. Wageningen. 43-56.
- Jensen B. B. 2001. Possible ways of modifying type and amount of products from microbial fermentation in the gut. In: Piva, A., Bach Knudsen, K.E., Lindberg, J.E. (Eds.). *Gut Environment of Pigs.* Nottingham Univ. Press. Nottingham. 181-200.

- Jeong T. S., P. S. Heo, G. Y. Lee, D. H. Kim, W. S. Ju, and Y. Y. Kim. 2010. The influence of phase feeding methods on growth performance, meat quality, and production cost in growing–finishing pigs. *J. Anim. Sci. and Tech.* 52:29–36.
- Jha R., and J. D. Berrocoso. 2015. Review: Dietary fiber utilization and its effects on physiological functions and gut health of swine. *Anim.* 9 (9):1441–1452.
- Ji Y. J. 2016. Inclusion of palm kernel meal with β -mannanase on growth performance, immune responses, fecal mannan content and microbial flora in weaning pigs. M. S. Thesis. Seoul National. Univ. Seoul. Korea.
- Jin L., L. P. Reynolds, D. A. Redmer, J. Caton, and J. D. Screenshot. 1994. Effects of dietary fiber on intestinal growth, cell proliferation, morphology in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 72:2270–2278.
- Jindal R., J. R. Cosgrove, F. X. Aherne, and G. R. Foxcroft. 1996. Effect of nutrition on embryonal mortality in gilts: Association with progesterone. *J. Anim. Sci.* 74:620–624.
- Jo J. K., S. L. Ingale, J. S. Kim, Y. W. Kim, K. H. Kim, J. D. Lohakare, J. H. Lee, and B. J. Chae. 2012. Effects of exogenous enzyme supplementation to corn and soybean meal–based or complex diets on growth performance, nutrient digestibility, and blood metabolites in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 90:3041–3048.
- Jones D., J. Hancock, D. Harmon, and C. Walker. 1992. Effects of exogenous emulsifiers and fat sources on nutrient digestibility, serum lipids, and growth performance in weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 70:3473–3476.
- Jonsson E., and S. Hemmingsson. 1991. Establishment in the piglet gut of lactobacilli capable of degrading mixed–linked beta glucans. *J. Appl. Bacteriol.* 70:512–516.

- Joo S. T., R. G. Kauffman, and B. K. Kim. 1994. The relationship between color and water-holding capacity in postrigor porcine longissimus muscle. *J. Muscle Food*. 3:211-226.
- Jorgensen H., X. Q. Zhao, and B. O. Eggum. 1996. The influence of dietary fibre and environmental temperature on the development of the gastrointestinal tract, digestibility, degree of fermentation in the hind-gut and energy metabolism in pigs. *Br. J. Nutr.* 75:365-378.
- Jorgensen H., A. Serena, M. S. Hedemann, and K. E. Bach-Knudsen. 2007. The fermentative capacity of growing pigs and adult sows fed diets with contrasting type and level of dietary fibre. *Livest. Sci.* 109:111-114.
- KAPE. 2014. Comparison of meat quality and carcass trait by pork pH. Korea Institute for Animal Products Quality Evaluation. Sejong. Korea.
- Kemp B., and N. M. Soede. 1996. Relationship of weaning to estrus interval to timing of ovulation and fertilization in sows. *J. Anim. Sci.* 74:944-949.
- Kerr B. J., and R. A. Easter. 1995. Effect of feeding reduced protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen and energy balance in grower pigs. *J. Anim. Sci.* 73 (10):3000-3008.
- Kim S. W., D. A. Knabe., J. W. Hong, and R. A. Easter. 2003. Use of carbohydrases in corn soybean meal based nursery diets. *J. Anim. Sci.* 81: 2496-2504.
- Kim B. G., J. W. Lee, and H. H. Stein. 2012. Energy concentration and phosphorus digestibility in whey powder, whey permeate, and low-ash whey permeate fed to weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 90 (1):289-295.
- King R. H., and I. H. Williams. 1984. The effect of nutrition on the reproductive performance of first litter sows. 1. Feeding level during lactation and between weaning and mating. *Anim. Prod.* 38:241.

- Klaver J., G. J. M. van Kempen, P. G. B. de Lange, M. W. A. Verstegen, and H. Boer. 1981. Milk composition and daily yield of different milk composition as affected by sow condition and lactation/feeding regimen. *J. Anim. Sci.* 52:1091–1097
- Klobasa F., E. Wehahn, and J. E. Butler. 1981. Regulation of humoral immunity in the piglet by immunoglobulin of maternal origin. *Res. Vet. Sci.* 31:195–206.
- Knox R. V., and S. L. Rodriguez-Zas. 2001. Factors influencing estrus and ovulation in weaned sows as determined by transrectal ultrasound. *J. Anim. Sci.* 79:2957–2963.
- Koketsu Y., G. D. Dial, J. E. Pettigrew, and V. L. King. 1996. Feed intake pattern during lactation and subsequent reproductive performance of sows. *J. Anim. Sci.* 74:2875.
- Kraeling R. R., and S. K. Webel. 2015. Current strategies for reproductive management of gilts and sows in North America. *J. Anim. Sci. and Biotech.* 6:3
- Kunnin C. H., T. K. Oh, Y. H. Park, Y. S. Kim, D. Y. Yoo, and K. H. Cho, 1991. *Lactobacillus* sp. KCTC 8458 BP and its application. *Kor. Patent Publ.* 187–195.
- Kyriazakis I., and G. C. Emmans. 1995. The voluntary feed intake of pigs given feeds based on wheat bran, dried citrus pulp and grass meal, in relation to measurements of bulk. *Br. J. Nutr.* 73:191–207.
- Laakkonen E., G. H. Wellington, and J. N. Sherbon. 1970. Low-temperature, long-time heating of bovine muscle 1. changes in tenderness, water-holding capacity, pH and amount of water-soluble components. *J. Food Sci.* 35:175–177.
- Lalles J. P., P. Bosi, H. Smidt, and C. R. Stokes. 2007. Nutritional management of gut health in pigs around weaning. *Proc. Nutr. Soc.* 66:260–268.

- Lawrence N. J., and C. V. Maxwell. 1983. Effect of dietary fat source and level on the performance of neonatal and early weaned pig. *J. Anim. Sci.* 57:936–942.
- Lawrence N. J., C. V. Maxwell, and C. G. Belcher. 1980. *Okla. State Univ. Anim. Sci. Res.* MP-107, USA. 159.
- Lawrence A. B., and E. M. C. Terlouw. 1993. A review of behavioral factors involved in the development and continued performance of stereotypic behavior in pigs. *J. Anim. Sci.* 71:2815–2825.
- Lee K. H. 2001. Insulin-like Growth Factors and Nutrition. *Kor. J. Pediatrics* 44 (3):235–241.
- Leeds A. R., S. S. Kang, A. G. Low, and I. E. Sambrook. 1980. The pig as a model for studies on the mode of action of guar gum in normal and diabetic man. *Proc. Nutr. Soc.* 39–44.
- Leheska D., M. Wulf, and R. J. Maddock. 2002. Effects of fasting and transportation on pork quality development and extent of postmortem metabolism. *J. Anim. Sci.* 80:3194–3202.
- Li S., W. Sauer, S. Huang, and V. Gabert. 1996a. Effect of β -glucanase supplementation to hulless barley or wheat-soybean meal diets on the digestibilities of early-weaned pigs. MS Thesis. Univ. Manitoba. Winnipeg. Canada.
- Li S., W. C. Sauer, R. Mosenthin, and B. Kerr. 1996b. Effect of β -glucanase supplementation of cereal-based diets for starter pigs on the apparent digestibilities of dry matter, crude protein and energy. *Anim. Feed Sci. Technol.* 59:223–231.
- Li Y., A. R. Zhang, H. F. Luo, H. Wei, Z. Zhou, J. Peng, and Y. J. Ru. 2015. In vitro and in vivo digestibility of corn starch for weaned pigs: effects of amylose: amylopectin ratio, extrusion, storage duration, and enzyme

supplementation. *J. Anim. Sci.* 93:3512–3520.

Li F., Y. Zhu, L. Ding, and Y. Zhang. 2016. Effects of dietary glucose on serum estrogen levels and onset of puberty in gilts. *Asian–Austr. J. Anim. Sci.* 29 (9):1309–1313

Liebler E. M., J. F. Pohlenz, and S. C. Whipp. 1992. Digestive system, in: Leman, A. D., Straw, B. E., Mengeling, W.L., D'Allaire, S., Taylor, D.J. (Eds.). *Diseases of Swine.* Iowa State Univ. Press. Iowa. 12–20.

Lizardo R., J. Peiniau, Y. Lebreton, and A. Aumaitre. 1997. Effects de l'incorporation de pulpe de betterave dans les aliments du porcelet et du port en croissance: performances de croissance, digestibilit  et composition corporelle. *Ann. Zootech.* in press.

Long H. F., W. S. Ju, L. G. Piao, and Y. Y. Kim. 2010. Effect of dietary energy levels of gestating sows on physiological parameters and reproductive performance. *Asian–Austr. J. Anim. Sci.* 23 (8):1080–1088.

Longland A. C., J. Carruthers, and A. G. Low. 1994. The ability of piglets 4 to 8 weeks old to digest and perform on diets containing two contrasting sources of non–starch polysaccharides. *Anim. Prod.* 58:405–410.

Low A. G. 1985. Role of dietary fibre in pig diet. In: Haresign, W., Cole, D.J.A. (Eds.). *Recent Advances in Animal Nutrition.* Butterworths. London. 87–112.

Lucia T., G. D. Dial, and W. E. Marsh. 2000. Lifetime reproductive performance in female pigs having distinct reasons for removal. *Livest. Prod. Sci.* 63: 213–222.

Macfarlane G. T., and J. H. Cummings. 1991. The colonic flora, fermentation, and large bowel digestive function. In: Phillips, S.F., Pemberton, J.H., Shorter, R.G. (Eds.). *The Large Intestine: Physiology, Pathophysiology and Disease.* Raven Press. New York. 51–92.

- Mahan D. C., and E. A. Newton. 1993. Evaluation of fed grains with dried skim milk and added carbohydrate sources on weanling pig performance. *J. Anim. Sci.* 71: 3376.
- Mahan D. C., and J. C. Peters. 2004. Long-term effects of dietary organic and inorganic selenium sources and levels on reproducing sows and their progeny. *J. Anim. Sci.* 82:1343-1358.
- Malkki Y. and E. Virtanen. 2001. Gastrointestinal effects of oat bran and oat gum—a review. *J. Food Sci. Technol.* 34:337-347.
- Mateos G. G., F. Martin, M. A. Latorre, B. Vicente, and R. Lazaro. 2006. Inclusion of oat hulls in diets for young pigs based on cooked maize or cooked rice. *Anim. Sci.* 82:57-63.
- Mathers J. C. 1991. Digestion of non-starch polysaccharides by non-ruminant omnivores. *Proc. Nutr. Soc.* 50:161-172.
- Mawson R., R. K. Heaney, Z. Zdunczyk, and H. Kozłowska. 1994. Rapeseed meal glucosinolates and their antinutritional effects. Part 3. Animal growth and performance. *Die Nahrung.* 38:167-177.
- May T., R. I. Mackie, G. C. Fahey, J. C. Cremin, and K. A. Garleb. 1994. Effect of fiber source on short-chain fatty acid production and on the growth and toxin production by *Clostridium difficile*. *Scand. J. Gastroenterol.* 29:916-922.
- McDonald P., R. A. Edwards, and J. F. D. Greenhalgh. 1988. Palm kernel meal. In: *Animal Nutrition.* (4th ed.) Longman. Harlow. 462-463.
- McDonald D. E., D. W. Pethick, B. P. Mullan, and D. J. Hampson. 2001. Increasing viscosity of the intestinal contents alters small intestinal structure and intestinal growth, and stimulate proliferation of enterotoxigenic *Escherichia coli* in newly-weaned pigs. *Br. J. Nutr.* 86:487-498.

- McDonnell P., C. O´Shea, S. Figat, and J. V. O´Doherty. 2010. Influence of incrementally substituting dietary soya bean meal for rapeseed meal on nutrient digestibility, nitrogen excretion, growth performance and ammonia emissions from growing–finishing pigs. *Archives of Anim. Nutr.* 64 (5):412–424.
- Merriman L., C. Walk, C. Parsons, and H. Stein. 2016. Effects of tallow, choice white grease, palm oil, corn oil, or soybean oil on apparent total tract digestibility of minerals in diets fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 94:4231–4238.
- Messias de B. M., A. M. Mounier, and A. Prunier. 1998. Does feed restriction mimic the effects of increased ambient temperature in lactating sows? *J. Anim. Sci.* 76:2017–2024.
- Meunier–Salaun M. C. 1999. Fibre in diets of sows. In: Garnsworthy, P.C., Wiseman J. (Eds.). *Recent Advances in Animal Nutrition*. Nottingham Univ. Press. Nottingham. 257–273.
- Molist F., M. van Oostrum, J. F. Perez, G. G. Mateos, C. M. Nyachoti, and P. J. van der Aar. 2014. Relevance of functional properties of dietary fibre in diets for weanling pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 189:1–10.
- Montagne L., J. R. Pluske, and D. J. Hampson, 2003. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non–ruminant animals. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 108 (1):95–117.
- Monjan A. A., and M. I. Collector. 1977. Stress–induced modulation of the immune response. *Sci.* 196:307–308.
- Moon J. H. 2012. Efficiency of sodium stearoyl–2–lactate as an exogenous emulsifier supplementation on growth performance, nutrient digestibility and blood component in weaning pigs. MS Thesis. Seoul National Univ. Seoul. Korea.

- Morrow W. E. M., A. D. Leman, N. B. Williamson, R. B. Morrison, and R. A. Robinson. 1992. An epidemiological investigation of reduced second-litter size in swine. *Prev. Vet. Med.* 12:15-26.
- Morrow-Tesch J. L., J. J. McGlone, and J. L. Salak Johnson. 1994. Heat and social stress effects on pig immune measures. *J. Anim. Sci.* 72:2599-2609.
- Muirhead M. R., and T. J. L. Alexander. 1997. Managing pig health and the treatment of disease: A reference for the farm. 5M. Sheffield. UK.
- Mullan B. P., and I. H. Williams. 1989. The effect of body reserves at farrowing on the reproductive performance of first-litter sows. *Anim. Prod.* 48:499-457.
- Nabuurs M. J. 1998. Weaning piglets as a model for studying pathophysiology of diarrhoea. *Vet. Quart.* 20:42-45.
- NAHMS. National Animal Health Monitoring System in USDA. 2008. Swine 2006, Part IV: Changes in the U.S. Pork Industry, 1990-2006. Pages 31-45 in Section III. Management Changes in the U.S. Pork Industry. NAHMS Population Estimates - 1990, 1995, 2000, and 2006.
- Nam D. S., and F. X. Aherne. 1994. The effects of lysine:energy ratio on the performance of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 72:1247-1256.
- Nam K. C., D. U. Ahn, M. Du, and C. Jo. 2001. Lipid oxidation, color, volatiles, and sensory characteristics of aerobically packaged and irradiated pork with different ultimate pH. *J. Food Sci.* 66:1225-1229.
- Nissen A. K., N. M. Soede, P. Hyttel, M. Schmidt, and L. D'Hoore. 1997. The influence of time of insemination relative to time of ovulation on farrowing frequency and litter size in sows, as investigated by ultrasonography. *Theriogenol.* 47:1571-1582.

- Noblet J. and M. Etienne. 1989. Estimation of sow milk nutrient output. *J. Anim. Sci.* 67:3352–3359.
- NRC. 1998. *Nutrient Requirements of Swine* (10th Ed.). National Academy Press. Washington, D. C.
- NRC. 2012. *Nutrient Requirements of Swine* (11th Ed.). National Academy Press. Washington, D. C..
- Nunes C. S., and K. Malmlof. 1992. Effects of guar gum and cellulose on glucose absorption, hormone release, hepatic metabolism in the pig. *Br. J. Nutr.* 68:693.
- Nyachoti C. M., C. F. M. De Lange, B. W. MacBride, and H. Schulze. 1997. Significance of endogenous gut nitrogen losses in the nutrition of growing pigs: a review. *Can. J. Anim. Sci.* 77:149–163.
- Nyman M., N. G. Asp, J. Cumming, and H. Wiggins, 1986. Fermentation of dietary fibre in the intestinal tract: comparison between man and rat. *Br. J. Nutr.* 55:487–496.
- Ochetim S., and I. D. Odur. 1979. The effect of varying the level of saccharin on the performance of young pigs. *E. Afr. Agric. For. J.* 44:202–205.
- Officer D. I. 1995. Effect of multienzyme supplements on the growth performance of piglets during the post-weaning periods. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 56:55–65.
- O' Grady J. F., P. B. Lynch, and P. A. Kearney. 1983. Mating management of sows. *Ir. J. Agri. Res.* 22:11–19.
- Okoye F. C., M. C. Ugwuene, and J. U. Mbarah. 2006. Effects of local spices on the utilization of cassava peel meal-based diets by weaner rabbits. *Pakistan. J. Nutr.* 5 (3):203–205.

- Olukosi O., J. S. Sands, and O. Adeola. 2007. Supplementation of carbohydrases or phytase individually or in combination to diets for weanling and growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 85:1702–1711.
- Omogbenigun F. O., C. M. Nyachoti, and B. A. Slominski. 2004. Dietary supplementation with multienzyme preparations improves nutrient utilization and growth performance in weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 82:1053–1061.
- Onifade A. A., and G. M. Babatunde. 1998. Comparison of the utilization of palm kernel meal, brewers' dried grains and maize offal by broiler chicks. *Br. Poul. Sci.* 39:245–250.
- Onwudike O. C. 1986a. Palm kernel meal as a feed for poultry. 1. Composition of Palm kernel meal and availability of its amino acids to chicks. *Anim. Feed Sci. Technol.* 16:179–186.
- Onwudike O. C. 1986b. Palm kernel meal as a feed for poultry. 2. Diets containing palm kernel meal for starter and grower. *Anim. Feed Sci. Technol.* 16:187–194.
- Onwudike O. C. 1986c. Palm kernel meal as a feed for poultry. 3. Replacement of groundnut cake by palm kernel meal in broiler diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 16:195–202.
- Overland M., M. Tokach, S. Cornelius, J. Pettigrew, and J. Rust. 1993. Lecithin in swine diets: I. Weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 71:1187–1193.
- Overland M., Z. Mroz, and F. Sundstol. 1994. Effect of lecithin on the apparent ileal and overall digestibility of crude fat and fatty acids in pigs. *J. Anim. Sci.* 72:2022–2028.
- Owens P. C., R. G. Campbell, G. L. Francis, and K. J. Quinn. 1994. Growth hormone, gender and insulin-like growth factors: Relationship to growth performance in pigs. *J. Anim. Sci.* 72 (1):253.

- Palansky O., and V. Nosal. 1991. Meat quality of bulls and heifers of commercial cross breeds of the improved slovak spotted cattle with the limousine breed. *Vedecke prace Vyskummeho Ustaru Zivocisnej Vyrohy Nitre (CSFR)*. 24:59.
- Palmer N. C., and T. J. Hulland. 1965. Factors predisposing to the development of coliform gastroenteritis in weaned pigs. *Can. Vet. J.* 6:310-316.
- Pascoal L. A. F., M. C. Thomaz, P. H. Watanabe, U. S. Ruiz, J. M. B. Ezequiel, A. B. Amorim, E. Daniel, and G. C. I. Masson. 2012. Fiber sources in diets for newly weaned piglets. *R. Bras. Zootec.* 41:636-642.
- Patience J. F., and P. A. Thacker, 1989. *Swine nutrition guide*. Prairie Swine Centre. Univ. of Saskatchewan. Canada.
- Patrick M., C. O'Shea, S. Figat, and J. V. O'Doherty. 2010. Influence of incrementally substituting dietary soya bean meal for rapeseed meal on nutrient digestibility, nitrogen excretion, growth performance and ammonia emissions from growing–finishing pigs. *Archive of Anim. Nut.* 64:412–424.
- Peinado P., P. Medel, A. Fuentetaja, and G. G. Mateos. 2008. Influence of sex and castration on growth performance and carcass and meat quality of heavy pigs destined for dry–cured industry. *J. Anim. Sci.* 86:1410.
- Perez J. F., A. G. Gernat, and J. G. Murillo. 2000. Research notes: The effect of different levels of palm kernel meal in layer diets. *Poul. Sci.* 79 (1):77–79.
- Pharazyn A. 1992. Nutritional effects on embryonic survival in the gilt. Ph D thesis. Univ. of Alberta. Edmonton. Canada.
- PIC. 2012. Spring tips to management feed cost.
- Pietrasik Z., and Z. Duda. 2000. Effect of fat content and soy protein/carrageenan mix on the quality characteristics of comminuted, scalded sausages. *Meat*

Sci. 56:181–188.

Pluske J. R., and M. D. Lindemann. 1998. Maximizing the response in pig and poultry diets containing vegetable proteins by enzyme supplementation. *Biotechnology in the Feed Industry. Proc. of Alltech' s 14th Annum. Symp.* 375. Nottingham Univ. Press. Nottingham. UK.

Pluske J. R., D. J. Hampson, and I. H. Williams. 1997. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig—a review. *Livest. Prod. Sci.* 51:215-236.

Pluske J. R., Z. Durmic, D. W. Pethick, B. P. Mullan, and D. J. Hampson. 1998. Confirmation of the role of rapidly fermentable carbohydrates in the expression of swine dysentery in pigs after experimental infection. *J. Nutr.* 128:1737-1744.

Pluske J. R., J. C. Kim, D. E. McDonald, D. W. Pethick, and D. J. Hampson. 2001. Non-starch polysaccharides in the diets of young weaned piglets. In: Varley, M.A., Wiseman, J. (Eds.). *The Weaner Pig: Nutrition and Management.* CABI publishing. Wallingford. 81-112.

Pluske J. R., D. W. Pethick, D. E. Hopwood, and D. J. Hampson. 2002. Nutritional influences on some major enteric bacterial diseases of pig. *Nutr. Res. Rev.* 15:333–371.

Polin D. 1980. Increased absorption of tallow with lecithin. *Poult. Sci.* 59:1652 – 1659.

Poulsen H. D. 1989. Zinc oxide for pigs during weaning. *Meddelelse No. 746.* Denmark: Statens Husdrybrugsforsog.

Prohaska L. 1986. Antibacterial mechanism of volatile fatty acids in the intestinal tract of pigs against *Escherichia coli*. *Zentralbl. Veterin. Med. Reihe B* 33:166-173.

- Rackis J. J. 1981. Flatulence caused by soya and its control through processing. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 58:503–511.
- Rainbird A. L., A. G. Low, and T. Zebrowska. 1984. Effect of guar gum on glucose and water absorption from isolated loops of jejunum in conscious growing pigs. *Br. J. Nutr.* 52 (3):489–498.
- Revell D. K, I. H. Williams, B. P. Mullan, J. L. Ranford, and R. J. Smits. 1998. Body composition at farrowing and nutrition during lactation affect the performance of primiparous sows: I. Voluntary feed intake, weight loss, and plasma metabolites. *J. Anim. Sci.* 76:1729.
- Rhule S. W. A. 1996. Growth rate and carcass characteristics of pigs fed diets containing palm kernel cake. *Anim. Feed Sci. Technol.* 61:167–172.
- Robert S., J. J. Matte, C. Farmer, C. L. Girard, and G. P. Martineau. 1993. High-fibre diets for sows: Effects on stereotypies and adjunctive drinking. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 37:297–309.
- Robert S., R. Bergeron, C. Farmer, and M. C. Meunier-Salaun. 2002. Does the number of daily meals affect feeding motivation and behaviour of gilts fed high-fibre diets? *Appl. Anim. Behav. Sci.* 76:105–117.
- Roediger W. E. W. 1982. Utilisation of nutrients by isolated epithelial cells of the rat colon. *Gastroenterology* 83:424-429.
- Roediger W. E. W., and A. Moore. 1981. Effect of short chain fatty acids on sodium absorption in isolated human colon perturbed through the vascular bed. *Digest. Dis. Sci.* 26:100-106.
- Rooke J. A., and I. M. Bland. 2002. The acquisition of passive immunity in the new-born piglet. *Livest. Prod. Sci.* 82:632–639.
- Roongsitthichai A., S. Koonjaenak, and P. Tummaruk. 2011. Association between backfat depth and litter size at birth in primiparous sows. *Kasetsart J. Nat.*

Sci. 45(3):422–427.

Rozeboom K. J., M. H. T. Troedsson, G. C. Shurson, J. D. Hawton, and B. G. Crabo. 1997. Late estrus or metestrus insemination after estrual inseminations decreases farrowing rate and litter size in swine. *J. Anim. Sci.* 75:2323–2327.

Rushen J. 1984. Stereotyped behavior, adjunctive drinking and the feeding period of tethered sows. *Anim. Behav.* 32:1059–1067.

Rutowski A. 1971. The feed value of rapeseed meal. *J. American Oil Chemists Soc.* 48:863–868.

Ryohei O. 2006. *Function and Application of Surfactants*. Jin, Tokyo, Japan.

Ryoichi S., T. Deguchi, and Y. Nagata. 1993. Effectiveness of the filterpaper press methods for determining the water holding capacity of meat. *Fleischwirtsch* 73:1399–1400.

Sajilata M. G., R. S. Singhal, and P. R. Kulkarni. 2006. Resistant starch – a review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 5:1–17.

Sakata T. 1987. Stimulatory effect of short-chain fatty acids on epithelial cell proliferation in the rat intestine: a possible explanation for trophic effects of fermentable fibre, gut microbes and luminal trophic factors. *Br. J. Nutr.* 58:95–103.

Sakata T., and A. Inagaki, 2001. Organic acid production in the large intestine: implication for epithelial cell proliferation and cell death. Piva, A., Bach Knudsen, K.E., Lindberg, J.E. (Eds.). *The Gut Environment of Pigs*. Nottingham Univ. Press. Nottingham. 85–94.

Savage D. C. 1986. Gastrointestinal microflora in mammalian nutrition. *Ann. Rev. Nutr.* 6:155–178.

- Saleh E. A., S. E. Watkins, A. L. Waldroup, and P. W. Waldroup. 2004. Effects of dietary nutrient density on performance and carcass quality of male broilers grown for further processing. *International J. Poult. Sci.* 3:1–10
- Salobir J. Vlaknina v prehrani prasicev. In: Zbornik predavanj 8. posvetoanja o prehrani domacih zivali. Zdravcevi–Erjavcevi dnevi, radenci, 1999–10–28/29. Murska Sobota, zivinorejko- veterinarski zavod za Pomurje, 1999. 113.
- SAS. 1996. SAS user' s guide: Release 8.02 edition. SAS Inst. Inc. Cary, NC. USA.
- SAS. 2004. SAS User Guide. SAS Inst. Inc. Cary, NC. USA.
- Schams D., W. D. Kraelzl, G. Brem, and F. Graf. 1994. Secretory pattern of metabolic hormones in the lactating sow. *Exp. Clin. Endocrinol.* 102:439–447.
- Schenkel A. C., M. L. Bernardi, F. P. Bortolozzo, and I. Wentz. 2010. Body reserve mobilization during lactation in first parity sows and its effect on second litter size. *Livest. Sci.* 132:165–172.
- Seabolt B. S., E. van Heugten, S. W. Kim, K. D. Ange–van Heugten, and E. Roura. 2009. Feed preferences and performance of nursery pigs fed diets containing various inclusion amounts and qualities of distillers coproducts and flavor. *J. Anim. Sci.* 88 (11):3725–3738
- Seideman S. C., H. R. Cross, R. R. Oltjen, and B. C. Schanbacher. 1982. Utilization of the intact male for red meat production: A review. *J. Anim. Sci.* 55:826–840.
- Serena A., H. Jogensen, and K. E. Bach–Knudsen. 2008. Digestion of carbohydrates and utilization of energy in sows fed diets with contrasting levels and physicochemical properties of dietary fiber. *J. Anim. Sci.* 86: 2208–2216.

- Shi X. S., and J. Noblet. 1994. Effect of body weight and feed composition on the contribution of the hindgut to digestion of energy and nutrients in pigs. *Livest. Prod. Sci.* 38:225.
- Shintani M., Y. Ogawa, K. Ebihara, M. Aizawa–Abe, F. Miyanaga, K. Takaya, T. Hayashi, G. Inoue, K. Hosada, M. Kojima, K. Kangawa, and K. Nakao. 2001. Ghrelin, an endogenous growth hormone secretagogue, is a novel orexigenic peptide that antagonizes leptin action through the activation of hypothalamic neuropeptide Y/Y1 receptor pathway. *Diabetes.* 50:227-232.
- Siers D. G. 1975. Live and carcass traits in individually fed Yorkshire b o a r , barrows and gilts. *J. Anim. Sci.* 41:522–526.
- Simons P., H. Versteegh, A. Jongbloed, P. Kemme, P. Slump, K. Vos, M. Wolters, R. Beudeker, and G. Verschoor. 1990. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. *Br. J. Nutr.* 64:525-540.
- Slominski B. 2000. A new generation of enzymes for animal feeds. 21st Western Nutr. Conf. Winnipeg. 1–29.
- Smit M. N., R. W. Seneviratne, M. G. Young, G. Lanz, R. T. Zijlstra and E. Beltranena. 2014. Feeding increasing inclusion of canola meal with distillers dried grains and solubles to growing–finishing barrows and gilts. *Anim. Feed Sci. Technol.* 189:107–116.
- Smith H. W. 1965. The development of the flora of the alimentary tract in young animals. *J. Path. Bact.* 90:495–513.
- Smith H. W., and S. Halls. 1968. The production of oedema disease and diarrhoea in weaned pigs by the oral administration of *Escherichia coli*: factors that influence the course of the experimental disease. *J. Med. Microbiol.* 1:45–59.
- Smith H. W. 1975. Persistence of tetracycline resistance in pig *E. coli*. *Nature.*

258:628.

- Smith II J. W., M. D. Tokach, J. L. Nelssen, and R. D. Goodband. 1999. Effects of lysine:calorie ratio on growth performance of 10- to 25-kilogram pigs. *J. Anim. Sci.* 77:3000-3006.
- Soede N. M., J. P. T. M. Noordhuizen, and B. Kemp. 1992. The duration of ovulation in pigs, studied by transrectal ultrasonography, is not related to early embryonic diversity. *Theriogenol.* 38:653-666.
- Soede N. M., C. C. H. Wetzels, W. Zondag, W. Hazeleger, and B. Kemp. 1995a. Effects of a second insemination after ovulation on fertilization rate and accessory sperm count in sows. *J. Reprod. Fertil.* 105:135-140.
- Soede N. M., C. C. H. Wetzels, W. Zondag, M. A. I. de Koning, and B. Kemp. 1995b. Effects of time of insemination relative to ovulation, as determined by ultrasonography, on fertilization rate and accessory sperm count in sows. *J. Reprod. Fertil.* 104:99-106.
- Soede N. M., P. Langendijk., and B. Kemp. 2011. Reproductive cycles in pigs. *Anim. Reprod. Sci.* 124:251-8.
- Soede N. M., L. L. Hoving, J. J. van Leeuwen, and B. Kemp. 2013. The second litter syndrome in sows; causes, consequences and possibilities of prevention. 9th international conference in pig reproduction. 28-34.
- Southon S., G. Livesey, J. M. Gee, and I. T. Johnson. 1985. Differences in international protein synthesis and cellular proliferation in well-nourished rats consuming conventional laboratory diets. *Br. J. Nutr.* 53:87-95.
- Soyka L. F. *Pharmacological Properties of a Series of Alkyl Monoquatary Atropone Derivates.* 1960.
- Souffrant W. B. 2001. Effect of dietary fibre on ileal digestibility and endogenous nitrogen losses in the pig. *Anim. Feed Sci. Technol.* 90:93-102.

- Sumathi S., S. P. Chai, and A. R. Mohamed. 2008. Utilization of oil palm as a source of renewable energy in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 12(9):2404–2421.
- Suzuki K., M. Nakagawa, K. Katoh, H. Kadowaki, T. Shibata, H. Uchida, Y. Obara, and A. Nishida. 2004. Genetic correlation between serum insulin-like growth factor-1 concentration and performance and meat quality traits in Duroc pigs. *J. Anim. Sci.* 82:994–999.
- Swine Nutrition 2nd Edition. 2001. Austin J. Lewis L. Lee Southern. CRC Press. Boca Raton. London. New York. Washington D. C.
- Tarocco C., and R. N. Kirkwood. 2001. The effect of estrus duration and number of artificial inseminations on fertility of gilts and multiparous sows having a four-day wean-to-estrus interval. *J. Swine Health Prod.* 9(3):117–120.
- Tarres J., J. Tibau, J. Piedrafita, E. Febrega, and J. Reixach. 2006. Factors affecting longevity in maternal Duroc swine lines. *Livest. Sci.* 100:121-131.
- Taylor S. J., D. A. Cole, and D. Lewis. 1985. Amino acid requirements of growing pigs. 6. Isoleucine. *Anim. Prod.* 40:153-160.
- Terlouw E.M.C., A. B. Lawrence, J. M. Koolhaas, and M. Cockram. 1993. Relationship between feeding, stereotypies and plasma glucose concentrations in food-restricted and restrained sows. *Physiol. Behav.* 54:189–193.
- Thomlinson J. R., and T. L. Lawrence. 1981. Dietary manipulation of gastric pH in the prophylaxis of enteric disease in weaned pigs: some field observations. *Vet. Record* 109:120-122.
- Thaker M. Y. C., and G. Bilkei. 2005. Lactation weight loss influences subsequent reproductive performance of sows. *Anim. Reprod. Sci.* 88:309-318.
- Tikk K., M. Tikk., A. H. Karlsson, and H. J. Andersen. 2005. The significance

of a muscle glycogen reducing diet on porcine meat and fat color. 51st Int. Congr. Meat. Sci. Technol. in Proc. Baltimore. MD. 144–49

Tokach M. D., J. E. Pettigrew, L. J. Johnston, M. Overland, J. W. Rust, and S. G. Cornelius. 1995. Effect of adding fat and (or) milk product to the weaning pig diet on performance in the nursery and subsequent grow–finish stages. *J. Anim. Sci.* 73:3358–3368.

Tripathi M. K., and A. S. Mishra. 2007. Glucosinolates in animal nutrition: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 132:1–27.

Trugo L. C., A. Farah, and L. Cabral. 1995. Oligosaccharide distribution in Brazillian soya been cultivars. *Food Chem.* 52:385–387.

Urriola P. E., and H. H. Stein. 2012. Comparative digestibility of energy and nutrients in fibrous feed ingredients fed to Meishan and Yorkshire pigs. *J. Anim. Sci.* 90:802–812.

Urriola P. E., G. C. Shurson, and H. H. Stein. 2010. Digestibility of dietary fiber in distillers coproducts fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 88:2373–2381.

van den Brand H., N. M. Soede, and B. Kemp. 2000. Dietary energy source at two feeding levels during lactation of primiparous sows: II. Effects on periestrus hormone profiles and embryonal survival. *J. Anim. Sci.* 78: 405–411.

Varel V. H., S. J. Fryda, and I. M. Robinson. 1984. Cellulolytic bacteria from pig large intestine. *Appl. and Environmental Microbiol.* 47 (1):219–221.

Veum T. L., and J. Odle. 2001. Feeding neonatal pigs. *Swine Nutrition* 22nd ed. CRC Press. New York. USA.

Virolainen J. V., O. A. T. Peltoniemi, C. Munsterhjelm, A. Tast, and S. Einarsson. 2005. Effect of feeding level on progesterone concentration in early pregnant multiparous sows. *Anim. Reprod. Sci.* 90:117–126.

- Von Engelhardt W., K. Rannau, G. Rechkemmer, and T. Sakata. 1989. Absorption of short-chain fatty acids and their role in the hindgut of monogastric animals. *Anim. Feed Sci. Technol.* 23:43-53.
- Waberski D. 1997. Effects of semen components on ovulation and fertilization. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 52:105-109.
- Warris P. D. 1982. The relationship between pH45 and drip in pig muscle. *J. Food Technol.* 17:573-578.
- Warriss P. D., and S. N. Brown. 1985. The physiological responses to fighting in pigs and the consequences for meat quality. *J. Sci. Food Agric.* 36:87-92.
- Warriss P. D., and S. N. Brown. 1993. Relationships between the subjective assessment of pork quality and objective measures of colour. Occasional Publication of the Brit. Society of Anim. Prod. 17:98-101.
- Weber T. E., and B. J. Kerr. 2006. Butyrate differentially regulates cytokines and proliferation in porcine peripheral blood mononuclear cells. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 113:139-147.
- Wellock I. J., P. D. Fortomaris, J. G. M. Houdijk, J. Wiseman, and I. Kyriazakis. 2008. The consequences of non-starch polysaccharide solubility and inclusion level on the health and performance of weaned pigs challenged with enterotoxigenic *Escherichia coli*. *Br. J. Nutr.* 99:520-530.
- Wenk C. 2001. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. *Anim. Feed Sci. Technol.* 90:21-33.
- Werner C., R. Natter, and M. Wicke. 2014. Changes of the activities of glycolytic and oxidative enzymes before and after slaughter in the longissimus muscle of Pietrain and Duroc pigs and a Duroc-Pietrain crossbreed. *J. Anim. Sci.* 88:4016-4025.
- Whang K. Y., and R. A. Easter. 2000. Blood urea nitrogen as an index of feed

efficiency and lean growth potential in growing-finishing swine. *Asian-Austr. J. Anim. Sci.* 13:811-816.

Whittaker X., H. A. M. Spooler, S. A. Edwards, A. B. Lawrence, and S. Corning. 1998. The influence of dietary fiber and the provision of straw on the development of stereotypic behaviour in food restricted pregnant sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 61:89-102.

Whittemore C. T. 1983. Development of recommended energy and protein allowances for growing pigs. *Agric. Systems.* 11 (3):159-186.

Williams B. A., M. W. A. Verstegen, and S. Tamminga. 2001. Fermentation in the large intestine of single-stomached animals and its relationship to animal health. *Nutr. Res. Rev.* 14:207-227.

Xue J., G. D. Dial, T. Trigg, P. Davies, and V. L. King. 1998. Influence of mating frequency on sow reproductive performance. *J. Anim. Sci.* 76:2962-2966.

Yakar S., C. J. Rosen, W. G. Beamer, C. L. Ackert-Bicknell, Y. Wu, J. L. Liu, G. T. Ooi, J. Setser, J. Frystyk, Y. R. Boisclair, and D. LeRoith. 2002. Circulating levels of IGF-1 directly regulate bone growth and density. *J. Clin. Invest.* 110 (6): 771-781.

Yang H., P. R. Eastham, P. Phillips, and C. T. Whittemore. 1989. Reproductive performance, body weight and body condition of breeding sows with differing body fatness at parturition, differing nutrition during lactation and differing litter size. *Anim. Prod.* 48:181-201.

Yannick L. C., C. David, V. Bbeaumal, S. Johansen, and J. Y. Dourmad. 1998. Effect of the feeding level during rearing on performance of Large White gilts. Part 2: effect on metabolite profiles during gestation and lactation, and on glucose tolerance. Inra. 35590 Saint-Gilles. France.

Yoo H. B. 2016. Different levels of palm kernel meal supplementation with β -mannanase on growth performance, blood profiles, pork quality and

economic analysis in growing–finishing pigs. MS thesis. Seoul National Univ. Korea.

Yoo J. S., H. D. Jang, and I. H. Kim. 2010. Effects of dietary bio ethanol by–product and complex enzyme on meat quality of pork loin. Korean J. Food Sci. Resour., 30:1007–1013.

Yoon S. Y., Y. X. Yang, P. L. Shinde, J. Y. Choi, J. S. Kim, Y. W. Kim, K. Yun, J. K. Jo, J. H. Lee, S. J. Ohh, I. K. Kwon, and B. J. Chae. 2010. Effects of mannanase and distillers dried grain with solubles on growth performance, nutrient digestibility, and carcass characteristics of grower–finisher pigs. J. Anim. Sci. 88:181–191.

Zhao P., J. Cho, B. Balasubramanian, S. Kathannan, and I. Kim. 2016. Essential oil and emulsifier in low energy density diets increase growth performance and finishing pigs. J. Anim. Sci. 94: 130 (Abstr.).

국길, 정진형, 김광현. 2005. 죽초액 첨가수준이 비육돈의 육생상성, 혈액 정상, 도체성적 및 육질 특성에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 47 (5):721–730.

권오석, 김인호, 홍종욱, 이상환, 홍의철. 2000. 육성비육돈에 있어서 고–저 영양소 수준의 사료급여가 생산성에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 42 (5):571–578.

사단법인 대한한돈협회. 2016. 2014년도 주요 양돈국가 실태와 경쟁력 비교 조사.

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농식품기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농식품기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.