최 종
연구보고서

저가사료 사양관리를 통한 경제적 사료 급이 프로그램 적용과 효과 현장 검증

Field test of economical feeding program with cheap ingredients and swine manegement

연구기관 : 서울대학교 농업생명과학대학 동물영양생화학실

연구책임자 : 교 수 김 유 용

한돈자조금관리위원회

제 출 문

한돈자조금관리위원회 위원장 귀하

본 보고서를 "저가사료 사양관리를 통한 경제적 사료 급이 프로그램 적용과 효과 현장 검증 (Field test of economical feeding program with cheap ingredients and swine manegement)" 에 관한 연구의 최종 보고서로 제출합니다.

2012. 3. 31.

연구기관명: 서울대학교

연구책임자: 교수 김유용

연 구 원: 허필승 신동욱

김동혁 진경영

김광호 강효곤

장재철 김보라

조윤영 강명주

요 약 문

Ⅰ. 제 목

저가사료 사양관리를 통한 경제적 사료 급이 프로그램 적용과 효과 현장 검증

Ⅱ. 연구내용

본 연구는 양돈농가들의 소득 증대를 위한 생산비 절감 및 생산성 향상 기술 개발을 목표로 저가 사료의 성장단계별 사료 급여 프로그램과 포유자돈에서의 입붙이 사료 급여가 양돈 생산성에 어떠한 영향을 미치는지 규명하기 위하여 수행되었다.

저가사료 및 성장단계별 사료급여 프로그램의 농장 적용 실험에서는 전국 각지의 9개 농장 (백암농장, 대산농장, 황금농원, 희영농장, 만종축산, 경태농장, 대박농장, 진촌농장 및 마석유축)을 포유자돈에서의 입붙이사료 급여의 농장 적용 실험에서는 3개 농장 (대경농장, 경태농장, 개척농장)을 선정하여 검증 실험을 진행하였다.

저가 사료 농장 적용의 첫 번째 실험은 경기도 용인시에 소재한 백암농장에서 진행 되었다. 평균 체중 56.4kg의 비육돈 120두를 공시하였으며, 약 1,200두 규모의 위탁사육 농장에서 사양실험을 진행 하였다. 전체 2 처리 4반복으로 돈방당 15두씩 성별에 상관없이 체중에 따라 임의 배치하였다 (RCBD, Randomized complete block design). 처리구는 다음과 같다. 1) 기존사료 : 현 농장에서 급여하는 사료와 급여 방법, 2) 기획사료 : 대체원료를 사용하여 비용을 절감한 사료와 단계별 급여 방법. 기존사료 처리구는 육성기 사료를 급여 하였으며, 기획사료 처리구는 두 단계로 나누어 급여를 실시하였다. 사양 실험 결과, 처리간 전체 평균을 비교하였을 때 기존사료에 비해 기획사료의 종료체중이 2.08kg 높은 것으로 나타났다. 실험기간이 56일로 상당히 짧은 기간임을 고려할 때 2kg의 증체량 차이는 상당한 수준인 것으로 사료되며, 체중과 마찬가지로 일당증체량도 기존사료 0.761kg, 기획사료 0.798kg으로 기획사료가 기존사료보다 높게 나타났다. 두당 사료 섭취량의 경우 기

존사료 129.82kg, 기획사료 132.42kg으로 기획사료가 돼지 한 마리당 2.60kg을 더 섭취하였다는 것을 알 수 있었다. 생체중 1kg 증체에 대한 사료요구율은 기존사료 3.043, 기획사료 2.961로 기획사료가 기존사료보다 낮은 요구량을 나타내었으며, 결과적으로 증체량과 섭취량 대비 기획사료가 높은 사료효율을 보였다. 1kg 증체시키기 위한 사료비는 기존사료 2,374원 기획사료 1,412원으로 기획사료가 961원 저렴하게 나타났으며, 지육율은 0.47%로 기존사료가 높았으며, 등지방 두께는 기존사료 22.3mm, 기획사료 21.7mm로 기획사료가 0.6mm 낮은 것으로 나타났다. A-B등급 출현율을 보면 기존사료 86%, 기획사료 100%로 기획사료가 14%정도 향상되는 결과를 얻을 수 있었다. 전반적으로 기획사료를 급여하였을 경우 높은 성장률, 사료섭취량 및 사료효율을 보이는 것으로 나타났으며, 높은 A-B등급 출현율을 보여 수익성을 향상시킬 수 있는 가능성도 보여주었다.

저가사료 농장 적용의 두 번째 실험은 경상북도 경주시에 소재한 대산농장에서 진행되었다. 평균 체중 34.90kg의 육성돈 160두를 공시하였으며, 모돈 약 250두 규모의 일괄 사육농장에서 사양실험을 진행 하였다. 전체 2 처리 2반복으로 돈방당 40두씩 성별에 상관없이 체중에 따라 임의 배치하였다 (RCB design). 처리구는 첫 번째 실험과 동일하게 설정하였으며, 실험돈의 체중이 34.90kg 일 때 실험이 개시되었고, 116.20kg 일 때 종료 되었다. 사양 실험 결과, 체중의 증체량은 육성기만 본다면 기존사료가 높았으며, 비육기에는 기획사료가 2.69kg 높았다. 이에 따라 육성기와 비육기 전체 증체량을 보면 두 처리 모두 비슷한 수준으로 나타났다. 두당 사료 섭취량의 경우 기존사료 291.56kg, 기획사료 265.93kg으로 기존사료 처리구가 25.63kg을 더 섭취한 것으로 나타났으며, 사료요구율은 기존사료 3.596, 기획사료 3.271로 기획사료가 더 높은 사료효율을 보이는 것으로 나타났다. 총 실험기간 112일 동안 처리별 80두를 사육 할 경우 사료비는 기존사료의 경우 12,152,221원, 기획사료의 경우 10,096,830원으로 약 200만원 이상의 생산비를 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 출하 실험 결과, 지육율은 기존사료가 1.27% 높았으며, 등지방 두께는 기존사료 19.78mm, 기획사료 20.03mm로 지육율과 등지방 두께에 있어서 두 처리간 별다른 차이는 보이지 않았다. A-B등급 출현율에서도 기존사료 65%, 기획사료 60%로 백암농장과는 다르게 A-B등급 출현율의 차이는 나타나지 않았다. 결론적으로 기획 사료의 급여는 육성 · 비육돈의 성장률 및 출하성적에 특별한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, 사료비 절감 효과를 가지는 것으로 나타났다.

저가 사료 농장 적용의 세 번째 실험은 경상북도 경주시에 소재한 황금농원에서 진행 되었다. 평균 체중 42.10kg의 육성돈 106두를 공시하였으며, 전체 2 처리 1 반복으로 돈방당 53두씩 성별에 상관없이 체중에 따라 임의 배치하였다 (RCB design). 처리구는 위 실험들과 동일하게 설정하였으며, 실험개시 체중은 42.1kg이었고, 종료체중은 61.53kg이었다. 사양 실험 결과, 실험 개시 30일 후에 측정한 종료체중은 기존사료 61.86kg 및 61.21kg으로 큰 차이가 나타나지 않았다. 일당증체량 또한 기획사료 0.655kg, 기획사료 0.640kg으로 역시 동일하게 통계적인 유의차를 나타내지 않았다. 황금농원의 기존사료 가격은 kg당 638원이었고, 기획사료의 가격은 495원으로 기획사료가 143원 낮게 책정되어 있었다. 기존사료는 육성기 사료를 출하시까지 급여하고, 기획사료는 세단계로 나누어 급여되기 때문에 기획사료를 이용하여 단계별 사양을 할 경우 kg당 474원까지 사료가격을 낮출 수 있을 것으로 예상되었다. 종합적으로 기획사료 및 기존사료 이용시에 육성돈의 성장에 특별한 차이가 없었으며, 기획사료를 이용할 시 kg당 143원정도 절약할 수 있는 것으로 나타났다.

저가 사료 농장 적용의 네 번째 실험은 전라남도 나주시에 소재한 희영농장에서 진행 되었다. 평균 체중 35.7kg의 육성돈 154두를 공시하였으며, 전체 2 처리 2반복으로 돈방당 약 38두씩 성별에 상관없이 체중에 따라 4개의 돈방에 임의 배치하였다 (RCB design). 처리구는 위 실험들과 동일하게 설정하였다. 사양 실험 결과, 총 실험기간 동안 희영농장의 기존사료를 섭취한 실험돈의 체중 증체량 및 일당증체량은 각각 74.72kg, 0.830kg 이었으며, 기획사료를 섭취한 실험돈의 체중 증체량 및 일당증체량은 각각 71.43kg, 0.794kg 이었다. 이외에 단순히 사료 단가를 비교해 보면 생산비 절감을 위한 기획사료보다 희영농장에서 급여하는 기존사료의 단가가 1kg당 84원이 더 저렴했다. 이는 희영농장에서 나주시 인근에서 발생하는 제과 부산물과 제당 부산물 등을 이용하여 기존사료를 설계했기 때문으로 지역에서 발생하는 산업 폐기물이라고도 할 수 있는 부산물을 최대한으로 활용하여 더 많은 수익을 얻을 수 있었다. 해당 내용과 관련하여 본 실험 결과 이외에 추가적인 검증 절차가 이루어진다면 양돈 생산성을 높이는데 이바지할 수 있을 것으로 사료된다.

저가사료 농장 적용의 다섯 번째 실험은 경상북도 경주시에 소재한 만종축산에서 진행 되었다. 실험을 위하여 평균체중 33.3kg의 육성돈 140두를 공시하였으며, 7월 6일부터 10월24일까지 111일간 사양실험을 진행하였다. 전체 2 처리 4반복으로 돈

방당 약 35두씩 성별에 상관없이 체중에 따라 4개의 돈방에 임의 배치하였다 (RCB design). 처리구는 위 실험들과 동일하게 설정하였다. 총 실험기간 동안 만종축산의 기존사료를 섭취한 실험돈의 체중 증체량 및 일당증체량은 각각 91.02kg, 0.827kg 이었으며, 기획사료를 섭취한 실험돈의 체중 증체량 및 일당증체량은 각각 89.85kg, 0.817kg 이었다. 사료단가를 비교한 결과 기획사료가 kg당 68.5원 낮은 가격을 나타냈으며, 육질 분석 결과 지육율은 기획사료가 0.68% 높았으며, 등지방 두께는 기존사료가 24.9mm, 기획사료는 25.4mm로 기획사료가 0.5mm 높은 것으로 나타났다. 추가적으로 A-B등급 출현율을 보면 기존사료 86.84%, 기획사료 60.52%로 만종축산의 기존사료가 16%정도 더 높은 결과를 보였다. 결론적으로 기획사료를 급여하였을 경우 돼지의 성장률에 특별한 악영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, A-B등급 출현율이 낮아 질 수 있는 것으로 나타났다. 해당 농장에서 육질 분석과 관련하여 다른 농장과 다른 결과가 나온 요인을 분석하기 위해서는 추가적인 검증 실험이 필요할 것으로 사료된다.

저가 사료 농장 적용의 여섯 번째 실험은 경상북도 경주시에 소재한 경태농장에서 진행 되었다. 검증 실험을 위하여 평균 체중 35.8kg의 육성돈 132두를 공시하였으며, 7월23일부터 10월31일까지 101일간 사양실험을 진행하였다. 실험돈을 전체 2 처리 2반복으로 돈방당 34두씩 성별에 상관없이 체중에 따라 RCB design으로 4개의 돈방에 임의 배치하였다. 처리구는 위 실험들과 동일하게 설정하였다. 사양 실험 결과, 총 실험기간 동안 경태농장의 기존사료를 섭취한 실험돈의 체중 증체량 및 일당증체량은 각각 75.9kg, 0.759kg 이었으며, 기획사료를 섭취한 실험돈의 체중 증체량 및 일당증체량은 각각 72.6kg, 0.726kg 이었다. 처리별 각각의 총 사료 급여량은 기존사료 14,444kg, 기획사료 14,547kg으로 기획사료가 기존사료에 비해 102kg 높게 나타났다. 이것을 두당 사료 섭취량으로 환산해보면 기존사료는 218.85kg, 기획사료는 220.41kg로 기획사료가 돼지 한 마리당 1.56kg을 더 섭취한 것으로 나타났다. 사료요구율 역시 기존사료 2.883, 기획사료 3.036로 기존사료의 사료효율이 좋은 것으로 나타났지만, 사료단가에서 차이가 있어 (기존사료: 549원, 기획사료: 474원) 1kg을 증체시키기 위한 사료비는 기획사료가 144원 저렴한 것으로 나타났다.

저가 사료 농장 적용의 일곱 번째 실험은 전라남도 무안군에 소재한 대박농장에서 진행 되었다. 평균 체중 26.9kg의 육성돈 120두를 공시하였으며, 약 2,000두 규

모의 일괄 사육 농장에서 사양실험을 진행 하였다. 전체 2 처리 3반복으로 돈방당 20두씩 성별에 상관없이 체중에 따라 RCB design으로 임의 배치하였으며, 처리구는 위 실험들과 동일하게 설정하였다. 사양 실험 결과, 종료체중은 기존사료 110.54kg, 기획사료 117.49kg으로 처리간 전체 평균을 비교하였을 때 기획사료에 비해 기존사료가 6.95kg 높게 나타났다. 기획사료의 성장률이 전반기에는 기존사료에 비하여 낮았으나, 후반기 때 성장률이 기존사료보다 비슷하거나 높은 것으로 나타났다. 체중과 마찬가지로 일당증체량도 기획사료 0.719kg, 기존사료 0.798kg으로 기존사료가 높은 수치를 나타냈다. 사료요구율은 기존사료 2.442, 기획사료 2.599로 근소한 차이지만 기존사료가 조금 덜먹고 조금 더 크는 경향을 나타내었다. 사료단가는 기존사료 590원 및 기획사료 474원으로 기획사료가 116원의 절감 효과를 가지는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 토대로 경제성분석을 해보면 1kg 증체시키기 위한 사료비는 기존사료 1,441원, 기획사료 1,232원으로 기획사료가 209원 저렴한 것으로 나타났으며, 총 실험기간의 사료비는 기존사료 7,778,442원, 기획사료 6,224,094원으로 기획사료를 사용할 시 1,554,348원의 비용을 절약할 수 있는 것으로 나타났다.

저가 사료 농장 적용의 여덟 번째 실험은 경기도 용인시에 소재한 진촌농장에서 진행 되었다. 평균 체중 31.3kg의 육성돈 180두를 공시하였으며, 전체 2 처리 2반복으로 돈방당 45두씩, 성별을 구분하여 RCB deisgn에 따라 균등하게 배치하였다. 실험 처리구는 위 실험들과 동일하게 설정하였다. 종료체중은 기존사료 102.13kg 및 기획사료 103.88kg으로 통계분석은 하지 못하였지만, 처리간 전체 평균을 비교하였을 때 기획사료가 기존사료에 비해 1.75kg 높은 수치를 나타냈다. 체중과 마찬가지로 일당증체량 또한 기획사료 0.620kg 및 기존사료 0.605kg으로 기획사료가 기존사료에 비해 높은 것으로 나타났다. 처리별 각각의 총 사료 급여량은 기존사료 17,192kg, 기획사료 17,695kg으로 기획사료가 503kg 높은 섭취량을 보였다. 이것을 두당 사료 섭취량으로 환산해 보면 기존사료 191.03kg 및 기획사료 196.63kg으로 기획사료가 돼지 한 마리당 5.60kg의 사료를 더 섭취한 것으로 나타났다. 사료요구율은 기존사료 2.697, 기획사료 2.709로 거의 동일한 수준을 나타냈으며, 사료단가는 kg당 기존사료 509.1원 및 기획사료 489.5원으로 기획사료를 이용할 시 kg당 19.6원의 사료비를 절약할 수 있는 것으로 나타났다.

저가 사료 농장 적용의 아홉 번째 실험은 경상북도 경주시에 소재한 마석유축에

서 진행 되었다. 평균 체중 40.2kg의 육성돈 120두를 공시하였으며, 전체 2 처리 4반복으로 돈방당 15두씩 성별에 상관없이 체중에 따라 RCB design으로 임의 배치하였다. 실험 처리구는 위 실험들과 동일하게 설정하였다. 사양 실험 결과, 총 실험 기간 동안의 일당증체량에서 기존사료 0.642kg, 기획사료 0.656kg으로 기존사료보다 기획사료가 높은 것으로 나타났으며, 두당 사료 섭취량의 경우에도 기존사료 179.17kg, 기획사료 187.92kg으로 기획사료가 돼지 한 마리당 8.75kg을 더 섭취한 것으로 나타났다. 사료요구율은 기존사료 3.003, 기획사료 3.081로 1kg 증체하는데 필요한 사료량은 기존사료가 근소하게 적었다. 1kg 증체시키기 위한 사료비는 기존사료 1,402원 기획사료 1,460원으로 기존사료가 58원 저렴하게 나타났다. 종합하여 보면 전체 실험기간동안 출하일령에는 큰 차이가 없었으며 기획사료가 특별한 사료비 절감효과를 가지지 못하는 것으로 나타났다.

마지막으로 저가 사료 농장 적용 실험 결과들을 총 종합해서 통계 분석 tool인 SAS의 TTEST procedure를 이용하여 비교·분석 해 보았다. 통계 분석 결과, 일당 증체량, 일당 사료 섭취량, 사료요구율, 지육율, 등지방 두께 및 A-B등급 출현율 항목에서 모두 통계적으로 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 하지만 사료 1kg당 가격 ($P<0.01$) 및 1kg 증체당 사료비 ($P<0.05$) 항목의 경우 기획사료 급여에 의해 영향을 받는 것으로 나타났다. 본 실험에서 기획사료를 사용할 시 사료비용을 kg당 76원 (기존사료, 556원; 기획사료, 480원) 줄일 수 있는 것으로 나타났는데, 이를 2011년 11월 국내 양돈사료 총 생산량 (농림수산식품부, 2012) 수치에 대입해 보면 11월 한달만 약 150억원의 사료비를 절감할 수 있다는 계산이 나온다. 실험 결과, 육성·비육돈의 성장 및 육질에도 전혀 악영향을 미치지 않는 것으로 나타났기 때문에, 이러한 사료비 절감 효과는 일반 농가의 생산비를 낮추는 기본적인 요인이 될 수 있을 것으로 예상되며, 외국 양돈 선진국과의 FTA 체결로 인한 경쟁무대에서 가격 경쟁력을 상승 시킬 수 있는 주요한 요인으로 작용 할 수 있을 것으로 사료된다.

포유자돈에서의 입붙이 사료 급여 효과 검증을 위한 실험은 경태농장, 대경농장 및 개척농장에서 수행되었다. 경태농장에서 시행 된 실험은 경산돈인 2원 교잡종 (Yorkshire × Landrace, 평균 산차 3.5, 평균 등지방 두께 17.5 mm) F1 분만모돈 8두를 공시하여 , 2처리, 4반복, 반복 당 한 두씩 완전임의 배치법 (CRD: completely randomized design)으로 배치하여 실시하였다. 2011년 7월 10일 ~

8월 27일 사이에 수행되었고, 포유기간 15일, 입붙이 급여기간 7일, 이유 후 총 35일 동안 실험이 진행되었다. 포유 모돈의 실험사료로는 옥수수-대두박 위주(corn-soybean meal basal)의 일반 시중에서 판매되는 시판사료(commercial feed)가 제공되었고, 각 처리구와 상관없이 모든 모돈들에게는 동일한 사료가 급여되었다. 입붙이 사료는 시중에서 판매되고 있는 입붙이 사료를 구매하여 사용하였으며, 처리구 및 각각의 일령에 따라 자돈들에게 급여하였다. 처리구는 총 2처리로 입붙이를 급여한 처리구와 입붙이를 미급여한 처리구가 실험 처리구로 설정되었다. 대경농장에서 실시된 실험은 경산돈인 2원 교잡종 (Yorkshire × Landrace, 평균 산차 3.4, 평균 등지방 두께 19.0 mm) F1 분만모돈 10두를 공시하여 , 2처리, 5반복, 반복 당 한 두씩 완전임의 배치법 (CRD: completely randomized design)으로 배치하여 실시하였다. 2011년 7월 10일 ~ 8월 27일 사이에 수행되었고, 포유기간 15일, 입붙이 급여기간 7일, 이유 후 총 35일 동안 실험이 진행되었다. 다른 항목의 경우 경태농장과 동일한 방법으로 시행되었다. 개척농장에서 수행된 실험의 경우 경산돈인 2원 교잡종 (Yorkshire × Landrace, 평균 산차 3.6, 평균 등지방 두께 19.2 mm) F1 분만모돈 12두를 공시하여 , 2처리, 6반복, 반복 당 한 두씩 완전임의 배치법 (CRD: completely randomized design)으로 배치하여 실시하였다. 2011년 8월 2일 ~ 9월 8일 사이에 수행되었고, 포유기간 20일, 입붙이 급여기간 5일, 이유 후 총 21일 동안 실험이 진행되었다. 다른 항목의 경우 역시 위의 두 농장과 동일한 방법으로 시행되었다. 입입붙이 사료의 급여가 세 개 농장의 포유기 및 이유기 자돈에 미치는 영향을 살펴보면 입붙이 사료의 급여에 따른 포유성적은 세 농장에서 뚜렷하게 나타나거나 유의적인 차이를 보이지 않았다. 일반적으로 많은 양축가들이 포유자돈의 성장 극대화를 위해 입붙이사료를 급여하나, 본 실험 결과 포유 자돈에 대한 입붙이사료의 효과는 거의 없는 것으로 나타났다. 이유 이후의 입붙이 사료 급여에 대한 효과 비교 결과를 살펴보면 경태농장에서는 입붙이 사료를 급여한 처리구의 이유자돈 성장이 높았던 반면 대경농장에서는 입붙이 사료 미급여 처리구가 높게 나타났으며, 마지막 개척농장은 비슷한 경향을 보였다. 폐사율 비교에서는 세 곳의 농가가 비슷한 경향을 보였는데, 포유기에는 농장마다 처리구에 따른 뚜렷한 경향이나 차이를 나타내지 않았지만, 이유기에서는 확연한 수치상 차이를 나타내었으며, 입붙이사료를 미 급여한 처리구의 폐사율이 낮게 나타나는 것을 관찰할 수 있었다. 본 실험에서 모돈의 사료섭취량은 경태농장 1곳

에서 측정하였는데, 실험결과 입붙이사료의 급여에 따른 모돈의 사료 섭취량에서 차이가 나는 것이 관찰되었으며, 입붙이사료 급여에 따라 모돈의 사료섭취량이 감소되는 것으로 나타났다. 결론적으로 입붙이사료를 급여하여도 포유기와 이유자돈기 성장률에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, 오히려 이유 이후 폐사율이 증가하는 경향을 나타냈다. 입붙이사료의 미급여는 포유 모돈의 사료 섭취량을 늘려 건강성 회복을 증진시키고, 다음 산차의 번식 성적에 긍정적인 영향을 줄 수 있으며, 양돈 산업에서 고질적인 문제인 이유 후 자돈 폐사율을 낮추는 계기가 될 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구를 통하여 검증된 저가 사료를 통한 성장단계별 사료 급여 프로그램 및 포유자돈에서의 입붙이 사료 미급여 프로그램 등은 우리나라의 양돈 농가에 곧바로 적용이 가능하며, 이를 통하여 양돈 생산비를 줄이고 일반 농가의 생산성을 향상시킬 수 있는 기본 지침이 될 수 있을 것으로 사료된다.

주요어 : 포유모돈, 단계별 사료급여 프로그램, 입붙이사료, 육성 · 비육돈

목　　차

page

제 1 장 연구 개발의 목적 및 필요성 ····· 17

제 1 절 저가사료 개발 ····· 17

제 2 절 성장단계별 사료 급여 (phase feeding) ····· 24

제 3 절 입붙이사료 효과 검증 ····· 29

제 2 장 연구개발 과정에서 수집한 해외 과학기술정보 ····· 33

제 1 절 대체 원료사료 ····· 33

제 2 절 성장단계별 사료 급여 (phase feeding) ····· 40

제 3 절 입붙이 사료급여 ····· 52

제 3 장 연구 개발 수행 내용 및 결과 ····· 59

제 1 절 저가사료 및 성장단계별 사료급여 프로그램의 농장 적용 연구: 백암 농장 ····· 59

1. 요　　약 ····· 60

2. 서　　론 ····· 61

3. 실험 방법 및 재료 ····· 63

4. 연구 결과 및 고찰 ····· 66

제 2 절 저가사료 및 성장단계별 사료급여 프로그램의 농장 적용 연구: 대산 농장 ····· 72

1. 요　　약 ····· 73

2. 실험 방법 및 재료 ····· 74

3. 연구 결과 및 고찰 ····· 77

제 3 절 저가사료 및 성장단계별 사료급여 프로그램의 농장 적용 연구: 황금 농원 ····· 82

1. 요 약 ····· 83
2. 실험 방법 및 재료 ····· 84
3. 연구 결과 및 고찰 ····· 86

제 4 절 저가사료 및 성장단계별 사료급여 프로그램의 농장 적용 연구: 희영 농장 ····· 89
1. 요 약 ····· 90
2. 실험 방법 및 재료 ····· 91
3. 연구 결과 및 고찰 ····· 93

제 5 절 저가사료 및 성장단계별 사료급여 프로그램의 농장 적용 연구: 만종 축산 ····· 97
1. 요 약 ····· 98
2. 실험 방법 및 재료 ····· 99
3. 연구 결과 및 고찰 ····· 101

제 6 절 저가사료 및 성장단계별 사료급여 프로그램의 농장 적용 연구: 경태 농장 ····· 106
1. 요 약 ····· 107
2. 실험 방법 및 재료 ····· 108
3. 연구 결과 및 고찰 ····· 111

제 7 절 저가사료 및 성장단계별 사료급여 프로그램의 농장 적용 연구: 대박 농장 ····· 116
1. 요 약 ····· 117
2. 실험 방법 및 재료 ····· 118
3. 연구 결과 및 고찰 ····· 120

제 8 절 저가사료 및 성장단계별 사료급여 프로그램의 농장 적용 연구: 진촌 농장 ····· 125

1. 요 약 ····· 126
2. 실험 방법 및 재료 ····· 127
3. 연구 결과 및 고찰 ····· 129

제 9 절 저가사료 및 성장단계별 사료급여 프로그램의 농장 적용 연구: 마석 유축 ····· 134
1. 요 약 ····· 135
2. 실험 방법 및 재료 ····· 136
3. 연구 결과 및 고찰 ····· 138

제 10 절 저가사료 및 성장단계별 사료급여 프로그램의 농장 적용 연구: 종합 비교 분석 ····· 142
1. 요 약 ····· 142
2. 분석 방법 및 재료 ····· 143
3. 분석 결과 및 고찰 ····· 144

제 11 절 포유자돈에서의 입붙이사료 급여에 대한 농장 적용 연구 ····· 149
1. 요 약 ····· 152
2. 서 론 ····· 154
3. 실험 방법 및 재료 ····· 156
4. 연구 결과 및 고찰 ····· 160

제 4 장 종합 결론 ····· 165
제 5 장 참고 문헌 ····· 169

목 차 <표>

표 1. 원료사료의 영양소 함량 비교 ····· 18
표 2. 야자박과 팜박의 제한 아미노산 함량 및 돼지에서의 이용성 ····· 19
표 3. 한미 FTA 발효에 따른 돼지고기 관세철폐 ····· 24
표 4. 미국산 농산물의 수입동향 ····· 24
표 5. Phase feeding 실험 처리구 ····· 28
표 6. Phase feeding 실험 결과 ····· 28
표 7. 입붙이사료의 급여 일령이 자돈의 성장에 미치는 영향 ····· 30
표 8. 입붙이사료 급여가 자돈 및 모돈에게 미치는 영향 ····· 31
표 9. 팜박의 화학적, 물리적 구성 ····· 33
표 10. 세계 코코넛 생산량 ····· 34
표 11. 다른 oil 추출 공정 후의 팜박과 야자박의 근사치 비교 ····· 36
표 12. 팜박과 야자박의 아미노산 구성과 이용률 ····· 36
표 13. 원료사료의 탄수화물 분류 ····· 37
표 14. 육성 · 비육돈의 영양소 요구량 ····· 41
표 15. Phase feeding이 분뇨로 배출되는 질소의 농도에 미치는 영향 (25~105kg) ····· 47
표 16. 기획사료 및 성장단계별 급여가 백암농장 비육돈의 성장에 미치는 영향 ····· 67
표 17. 기획사료 및 성장단계별 급여가 백암농장 비육돈의 사료섭취량과 경제성에 미치는 영향 ····· 69
표 18. 기획사료 및 성장단계별 급여가 출하 시 백암농장 육성 · 비육돈의 육질 등급에 미치는 영향 ····· 71
표 19. 기획사료 및 성장단계별 급여가 대산농장 육성 · 비육돈의 성장에 미치는 영향 ····· 78
표 20. 기획사료 및 성장단계별 급여가 육성 · 비육돈의 사료섭취량과 경제성에 미치는 영향 ····· 80

표 21. 기획사료 및 성장단계별 급여가 출하 시 육성·비육돈의 육질 등급에 미치는 영향 ····· 81
표 22. 기획사료 및 성장단계별 급여가 황금농원 육성돈의 성장에 미치는 영향 ····· 87
표 23. 기획사료 및 성장단계별 급여가 황금농원 육성돈의 사료섭취량과 경제성에 미치는 영향 ····· 88
표 24. 기획사료 및 성장단계별 급여가 희영농장의 육성·비육돈 성장에 미치는 영향 ····· 94
표 25. 기획사료 및 성장단계별 급여가 희영농장 육성·비육돈의 사료섭취량과 경제성에 미치는 영향 ····· 96
표 26. 기획사료 및 성장단계별 급여가 만종축산의 육성·비육돈 성장에 미치는 영향 ····· 102
표 27. 기획사료 및 성장단계별 급여가 만종축산 육성·비육돈의 사료섭취량과 경제성에 미치는 영향 ····· 103
표 28. 기획사료 및 성장단계별 급여가 출하 시 경태농장 육성·비육돈의 육질 등급에 미치는 영향 ····· 105
표 29. 기획사료 및 성장단계별 급여가 경태농장의 육성·비육돈 성장에 미치는 영향 ····· 112
표 30. 기획사료 및 성장단계별 급여가 경태농장 비육돈의 사료섭취량과 경제성에 미치는 영향 ····· 114
표 31. 기획사료 및 성장단계별 급여가 출하 시 경태농장 육성·비육돈의 육질 등급에 미치는 영향 ····· 115
표 32. 기획사료 및 성장단계별 급여가 대박농장 육성·비육돈의 성장에 미치는 영향 ····· 121
표 33. 기획사료 및 성장단계별 급여가 대박농장 육성·비육돈의 사료섭취량과 경제성에 미치는 영향 ····· 123
표 34. 기획사료 및 성장단계별 급여가 출하 시 대박농장 육성·비육돈의 육질 등급에 미치는 영향 ····· 124
표 35. 기획사료 및 성장단계별 급여가 진촌농장 육성·비육돈의 성장에 미치는 영향 ····· 130

표 36. 기획사료 및 성장단계별 급여가 진촌농장 육성 · 비육돈의 사료섭취량과 경제성에 미치는 영향 ····· 132
표 37. 기획사료 및 성장단계별 급여가 출하 시 진촌농장 육성 · 비육돈의 육질 등급에 미치는 영향 ····· 133
표 38. 기획사료 및 성장단계별 급여가 마석유축 육성 · 비육돈의 성장에 미치는 영향 ····· 138
표 39. 기획사료 및 성장단계별 급여가 마석유축 육성 · 비육돈의 사료섭취량과 경제성에 미치는 영향 ····· 140
표 40. 기획사료 및 성장단계별 급여가 출하 시 마석유축 육성 · 비육돈의 육질 등급에 미치는 영향 ····· 141
표 41. 저가 사료 및 성장단계별 사료급여가 육성 · 비육돈의 사양성적, 경제성 및 육질에 미치는 영향 (9개 농장 실험 결과 종합) ····· 146
표 42. 입붙이사료의 급여가 경태농장의 포유기 및 이유기 자돈의 성장에 미치는 영향 ····· 160
표 43. 입붙이사료의 급여가 대경농장의 포유기 및 이유기 자돈의 성장에 미치는 영향 ····· 161
표 44. 입붙이사료의 급여가 개척농장의 포유기 및 이유기 자돈의 성장에 미치는 영향 ····· 162
표 45. 입붙이사료를 비급여 할 경우, 급여시 대비 성장과 폐사율 및 모돈의 사료 섭취량 비교 ····· 163

목 차 <그림>

그림 1. 국제 원료사료의 가격 변화 ····· 17
그림 2. β-mannanase에 의한 galactomannan의 분해 ····· 20
그림 3. 야자박과 팜박의 급여가 육성·비육돈의 증체율과 사료섭취량에 미치는 영향 ····· 20
그림 4. 야자박의 급여가 임신돈의 복당산자수와 등지방에 미치는 영향 ····· 21
그림 5. 우리나라 양돈 생산비 항목 ····· 25
그림 6. 외국의 양돈생산성 비교 (MSY) ····· 25
그림 7. 한국 2011년 1~11월 배합사료 생산 실적 ····· 26
그림 8. 한국 양돈 경쟁력 비교 ····· 29
그림 9. 품복별 배합사료 생산량 ····· 30
그림 10. 체성장률에 따른 라이신 요구량과 사료섭취량 ····· 41
그림 11. 체성장률에 따른 라이신 요구량 ····· 41
그림 12. 육성·비육기에서 1 단계의 phase feeding system과 9 단계의 phase feeding system의 비교 ····· 42
그림 13. 기획사료를 급여한 돼지의 평균 체중 비교 ····· 144
그림 14. 기획사료 이용 시 1kg 증체당 사료비 절감액 ····· 145
그림 15. 기획사료 사용 시 실험기간 내 총 사료비 차액 ····· 145

제 1 장 연구 개발의 목적 및 필요성

제 1 절 저가사료 개발

우리나라에서 가축용 배합사료를 생산할 때 가장 많이 쓰이는 원료사료가 외국에서 전량 수입하고 있는 옥수수와 대두박이다. 농수산물유통공사의 통계자료에 따르면 2011년 한 해 동안, 한국의 사료 원료용 옥수수와 대두박 수입량은 566만톤, 152만톤으로 금액으로 환산하면 각각 17억 9천만 달러, 6억 5천만 달러였다(USD 기준). 우리나라의 경우 양돈사료 생산을 위한 원료의 90% 이상을 수입에 의존하고 있기 때문에 매년 이 정도 수준의 원료를 지속적으로 수입해야만 현재의 사료산업이 유지될 수 있는 것이다. 전 세계 옥수수 수출·입량의 약 10%를 차지하고 순위가 OECD국가 중에서 일본 다음일 정도로 우리나라의 원료사료 수입량은 매우 높은 편이다.

최근에는 미국을 중심으로 한 바이오연료 (biofuel)의 생산과 중국의 곡물소비량

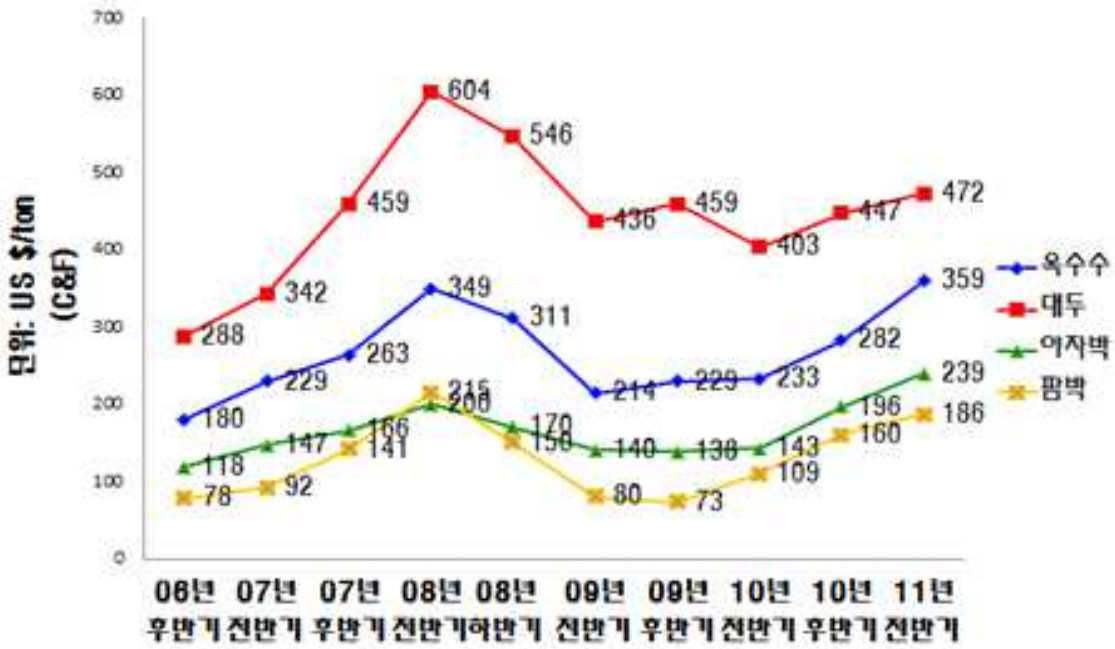


그림 1. 국제 원료사료의 가격 변화 (한국단미사료협회, 2012)

이 폭발적으로 증가함에 따라 세계 곡물가격이 급격히 상승하고 있다 (그림 1). 이러한 사료용 원료의 가격상승은 배합사료 가격의 인상을 가져와 양돈농가의 생산비를 상승시키는 원인이 되었고, 이에 따라 다른 양돈선진국들에 비해 생산성이 낮은 우리나라 양돈농가들이 더욱 어려운 상황에 처하게 되었다. 더욱이 한-EU, 한미 FTA등의 체결로 인해 수입산 돈육의 가격이 지금보다 더 낮아지면 우리나라 양돈농가들이 다른 양돈선진국들과의 경쟁에서 뒤쳐져 양돈산업 자체가 위험에 직면할 수 있다.

현재 우리나라뿐만 아니라 세계 여러 나라에서 곡물 가격 상승에 대한 해결책으로 다양한 대안을 찾고 있고 가장 현실적으로 받아들여지고 있는 해결책이 바로 새로운 대체원료사료의 개발이다. 원료사료 중에서 현재 주로 사용되고 있는 옥수수나 대두박을 대체할 원료사료를 찾기 위한 다양한 실험들이 세계 곳곳에서 점차 늘어나고 있는 실정이고, 벌써 많은 원료들이 대안으로 제시되었다. 하지만 아직 이러한 여러 원료 중에서 확실하게 그 대체효과를 인증 받은 경우는 없고 그 가능성만 꾸준히 제기되고 있다.

가축용 배합사료의 원료사료로 사용되기 위해서는 전제되어야 하는 몇 가지 조건이 있다. 우선 가격이 기존에 배합사료에 쓰이는 원료보다 저렴해야 하고, 동물의 성장능력은 저하되지 않아야 한다. 또한 세계적으로 생산량이 많아 꾸준한 물량을 확보하는데 어려움이 없어야 하며, 저장성도 우수해야 한다. 현재 이러한 여러 가지 조건을 충족하는 대체원료로 주목받고 있는 것이 바로 야자박 (copra meal)과 팜박 (palm kernel meal)이다. 야자박과 팜박은 동남아시아를 비롯한 열대지방에서 자라는 식물의 열매인 코코넛과 팜에서 기름을 추출하고 남은 부산물로서 단백질함량과 필수아미노산의 함량이 옥수수에 비하여 높은 편이다 (표 1, 2). 게다가 야자

표 1. 원료사료의 영양소 함량 비교 (NRC, 1998; Carvalho, 2006)

	조단백질 (%)	조지방 (%)	NDF (%)	ADF (%)
옥수수	8.3	3.9	9.6	2.8
대두박	43.8	1.5	13.3	9.4
야자박	21.9	3.0	51.3	25.5
팜박	18.9	-	73.4	47.2

표 2. 야자박과 팜박의 제한 아미노산 함량 및 돼지에서의 이용성

	아미노산 함량 (%)				이용성 (%)	
	야자박		팜박		야자박	팜박
	Yeong (1983)	Hutagalung (1982)	NRC (1994)	Lachance (1974)	Nwokolo (1976)	Degussa (unpublished)
Lysine	0.59	0.61	0.50	0.55	90.0	68.0
Methionine	0.30	0.34	0.28	0.31	91.0	79.0

박과 팜박의 수확량도 해마다 각각 15%, 1.4%씩 꾸준한 성장을 보이고 있고, 말레이시아나 인도네시아는 국가의 주요 시책으로 야자와 팜의 생산을 늘리고 있는 것으로 열려져 있다. (FAO: Food and Agriculture Organization, 2002). 최근의 논문에 의하면 야자박과 팜박을 급여할 경우 지방이 적고, 단단하며, 융점이 40℃ 이상으로 높은 백색의 경지방 돼지고기를 생산할 수 있고, 비전분성다당류 (NSPs: Non-Starch Polysaccharides)가 prebiotics로서 작용하여 유산균의 증식 및 병원성 미생물의 저하를 유도하는 등 여러 가지 이점을 창출할 수 있다고 한다. 게다가 섬유소 함량이 높은 사료를 급여할 경우 임신기 모돈의 공복으로 인한 스트레스 감소, 변비 예방 효과 및 위용적의 증대를 통한 포유기 사료섭취량의 극대화를 기대할 수 있다는 연구 결과 또한 발표되어, 점점 두 원료사료에 대한 관심이 증대되고 있는 상황이다.

이렇게 여러 가지 장점이 있음에도 불구하고 많은 사료회사들이 야자박과 팜박을 단위동물의 사료에는 첨가하지 않는 것을 자연스럽게 생각해왔다. 그 이유는 단위동물의 소장에서는 비전분성다당류의 일종인 mannan을 분해하기 위한 효소를 분비하지 않기 때문에 체내에서의 이용성이 문제가 있다는 것이었다. mannan은 결합한 당에 따라 pure mannan, glucomannan, galactomannan, glucogalacto-mannan 등으로 나뉘는데, 야자박과 팜박의 경우 galactomannan을 많이 함유하고 있다. 이 galactomannan은 특정한 효소에 의해 galactose와 mannose로 분해될 수 있는데 이 효소는 단위동물의 위내에서는 분비되지 않고 특정 미생물에 의해서만 합성된다. 이에 따라 단위동물에게 야자박과 팜박을 높은 함량 급여할 경우 분해되지 않은 mannan에 의하여 사료의 전체적인 영양가치가 내려가게 되고, 다른

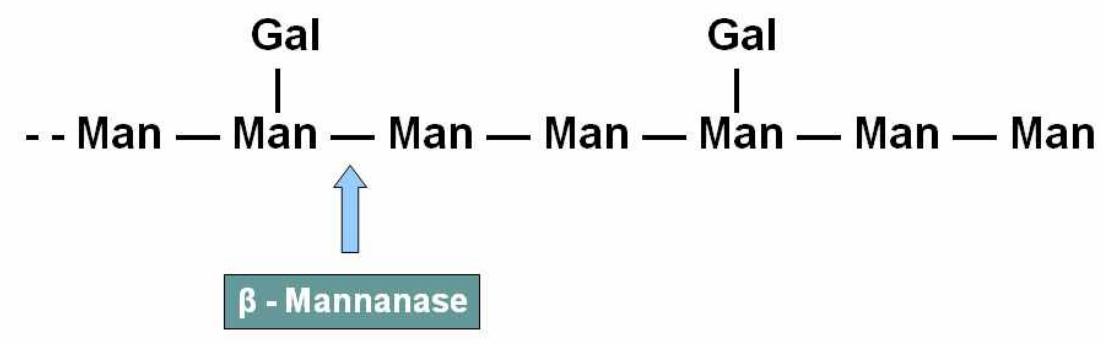


그림 2. β-mannanase에 의한 galactomannan의 분해

영양소의 소화 또한 방해를 받게 되어 정상적인 성장을 방해하게 되는 것이다.

최근에는 이러한 문제를 해결하기 위하여 국내의 첨가제회사에서 (CTCbio Ltd) 국제특허를 취득한 효소제의 일종인 β-mannanase를 사료 내에 일정량 첨가하는 실험이 여러 차례 수행되기도 하였다. β-mannanase는 mannan의 β-1,4 glycosidic 결합을 가수분해 하는 효소로, 미생물을 인위적으로 배양한 후 추출하여 생산한다 (그림 2). β-mannanase는 배양을 한 미생물에 따라서 여러 종류로 나뉘게 되는데, 사용되는 미생물의 종류에 따라 전 세계적으로 여러 가지 제품이 존재하고 현재도 시판되고 있다.

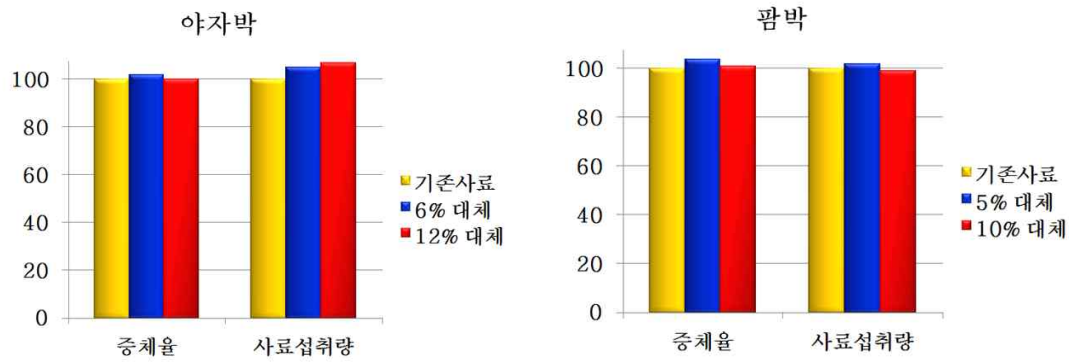


그림 3. 야자박과 팜박의 급여가 육성·비육돈의 증체율과 사료섭취량에 미치는 영향 (기존사료 100 기준)

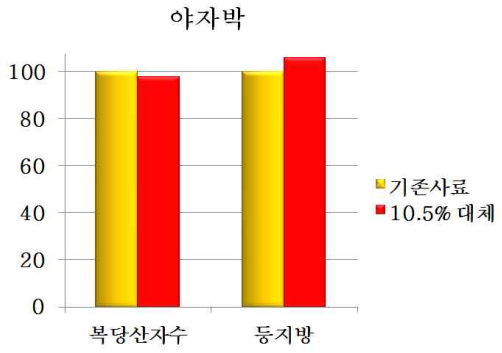


그림 4. 야자박의 급여가 임신돈의 복당산자수와 등지방에 미치는 영향
(기존사료 100 기준)

육성·비육돈 원료사료를 대체함에 있어서 가장 큰 관건은 성장률과 사료섭취량이 어떻게 달라지는가 하는 점이다. 출하 일령을 단축시킴에 있어서 이 두 가지 사항이 가장 큰 영향을 미치기 때문이다. 원료사료를 팜박과 야자박으로 대체했을 경우에 사료섭취량이 줄어들고, 성장률이 떨어진다는 선행 연구결과들도 있기 때문에 이러한 부분은 더욱 중요한 부분이었다. 본 실험실에서 실시한 실험결과 육성·비육돈 사료에 야자박을 6 또는 12% 급여했을 경우 상대적 증체성적은 기존사료를 100으로 산정했을 때 각각 102, 100이였다. 또한 상대적 사료섭취량도 105, 107로 기존사료와 차이가 없었다. 팜박을 이용한 실험에서도 5 또는 10%씩 급여하였을 때 증체율 (5, 10%: 각각 104, 101)과 사료섭취량 (5, 10%: 각각 102, 109)에 차이가 없었다. 이 같은 실험결과들은 육성·비육돈 사료의 경우 옥수수와 대두박의 10% 정도를 야자박이나 팜박으로 대체하여도 돼지의 정상적인 성장에 영향을 미치지 않는다는 것을 나타낸다.

이 밖에 보수력, pH, 육색 등의 돈육품질과 관련된 분석도 실시되었는데 마찬가지로 기존 옥수수-대두박 사료의 급여구에 비해 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 임신돈의 경우는 육성·비육돈과 다르게 복당산자수와 등지방 두께가 매우 중요하다. 복당산자수의 경우 바로 출하두수와 연관이 되기 때문이고, 등지방 두께의 경우 모돈의 연산성 (longevity)과 밀접한 관련을 가지고 있기 때문이다. 본 실험실에서는 임신돈 사료에서 옥수수 대신 야자박을 10.5% 대체한 실험을 실시하였는데 실험결과 복당산자수와 등지방 두께가 기존사료 대비 각각 98, 106으로 큰 차이를

나타내지 않았다. 이 결과는 임신돈 사료의 경우에도 복당산자수와 등지방에 악영향 없이 야자박을 10.5%까지 급여할 수 있음을 나타낸다.

기존의 사료에서 옥수수와 대두박 대신에 야자박과 팜박을 10% 첨가할 경우 배합사료 1톤당 약 23.65 USD 절감효과가 생기게 된다. 2011년 1월부터 11월까지 국내의 총 배합사료 생산량은 약 403만톤이었고, 이 중 61.4%인 248만톤 정도가 임신돈과 육성·비육돈 사료의 생산량이었으므로, 이를 전체 사료생산량에 환산하여 계산하여 보면 약 5,865만 USD 절약할 수 있다는 결론을 얻을 수 있다.

우리나라에서 가축용 배합사료를 생산할 때 옥수수, 대두박 대신에 팜박이나 야자박을 사용한다면 사료비의 절감 이외에도 국제 곡물가격의 변화에 따라 우리나라는 또 다른 이익을 기대할 수 있다. 야자박과 팜박을 이용하여 옥수수와 대두박의 사용량을 감소시킬 수 있다면, 그에 따라 수입량이 감소하게 될 것이다. 앞에서 제시했던 바와 같이 국내 수입량이 국제 시장에서 차지하는 비중이 상당히 높기 때문에 이러한 수입량의 감소는 국제 수요와 수입 가격에 영향을 미칠 것으로 예상된다. 이 같은 가설은 이미 국제 유당(lactose)시장에서 이미 그 효과가 검증된 것이므로 신빙성이 매우 높다고 할 수 있다. 2007년 우리나라에서 양돈사료 중에서 젖을 먹는 어린 돼지사료로 불리는 1호 사료의 생산량이 약 30만톤에 이르렀는데, 1호 사료의 생산을 위해서는 중요한 원료사료인 유당의 확보가 매우 중요하였다. 따라서 2007년 국제 유당의 톤당 가격은 2,000달러까지 급등하였다가 2008년 우리나라의 1호 사료 생산량이 15만톤으로 급격히 감소하자 국제 유당가격이 톤당 500달러까지 떨어진 사례가 있었는데, 우리나라에서 많이 사용되는 원료사료의 이용량이 감소하면 국제 원료사료의 가격도 커다란 변동을 가져올 수 있다는 것을 보여주었던 좋은 예라고 할 수 있다.

우리나라는 국토면적이 좁고, 산악지형이 대부분이라 가축사료의 생산에 필요한 원료사료의 대부분을 외국에서 수입하고 있는 실정이다. 수입되는 원료사료의 가격은 국제 원료사료가격의 변동에 따라 영향을 받으므로 우리나라에서는 배합사료의 생산에 사용되는 원료사료를 보다 효율적으로 사용하여 가축사료의 생산원가를 낮추어야 한다. 사료비는 특히 양돈업에서 생산원가의 50~60%를 차지하므로 기존에 사용하던 옥수수, 대두박 대신에 동남아지역에서 연간 800만톤이나 생산되는 팜박 및 야자박을 우리나라 양돈사료에 효율적으로 사용할 수 있다면 원료사료의 수입에

사용되는 외화를 절감할 수 있을 뿐만 아니라 국내 양돈사료의 생산비도 절감되어 궁극적으로 우리나라 양돈 산업의 국가경쟁력도 상승하게 될 것이다. 본 연구과제는 이러한 배경 및 자체적인 실험 결과를 바탕으로 기존 사료에 비해 가격 경쟁력이 높은 기획 사료를 이용하여 일반 양돈 농가의 경제성을 어느 정도 향상시킬 수 있는지 검증해 보고, 육성·비육돈의 성장 및 육질에 미치는 영향 또한 평가해 보았다.

제 2 절 성장단계별 사료 급여 (phase feeding)

2007년 타결되었던 한-미 FTA가 2010년 추가 협상을 거쳐 2012년 3월 15일부터 발효되는 것으로 최종 확정되었다 (표 3). 한-미 FTA가 발효될 경우 국내 양돈업계에 가격 경쟁력을 높여주었던 관세가 냉장 삼겹살, 목살 및 갈비의 경우는 향후 10년에 걸쳐서 철폐되지만, 이분도체 및 전, 후지 냉장육의 경우 2014년 1월 1일부터 목살 및 갈비 등의 냉동육은 2016년 1월 1일부터 전면적으로 없어지게 되었다. 미국으로부터의 축산물 수입량은 아래 표 4에 나타나있는 바와 같이 점점 증가 추세로 여기에 관세 장벽이 사라질 경우 이러한 추세는 더욱 가속화될 것이다. 2010년 말 발생된 구제역 파동과 관련하여 2011년 돼지고기 수입량은 폭발적으로 증가되었고, 이에 따라 상대적으로 낮은 가격의 외국산 수입육 소비량이 매우 늘어났다. 한 번 낮은 가격의 돼지고기를 소비해 본 소비자가 그 상태로 고착화 하지 않으리란 보장이 없기 때문에 현 시점에서 외국의 양돈 선진국과의 경쟁에서 살

표 3. 한미 FTA 발효에 따른 돼지고기 관세철폐

양허 유형	품목
2014년 1월 1일까지	돼지고기 (냉장 도체 및 이분도체, 냉장 전·후지, 냉동육, 설육, 가공품)
2016년 1월 1일까지	냉동 기타 돼지고기 (목살, 갈비살 등)
10년	돼지고기 (냉장 삼겹살·목살·갈비 등)

표 4. 미국산 농산물의 수입동향 (단위: 백만 $, %)

	2006	2007	2008	2009	2010	증감률(10/09)
농산물	2,074	2,596	5,027	3,265	4,333	32.7
수산물	151	145	140	124	126	2.2
축산물	505	686	889	702	927	32.0
임산물	247	272	345	501	574	14.5

출처: 농림수산식품부 통계자료 (2011)

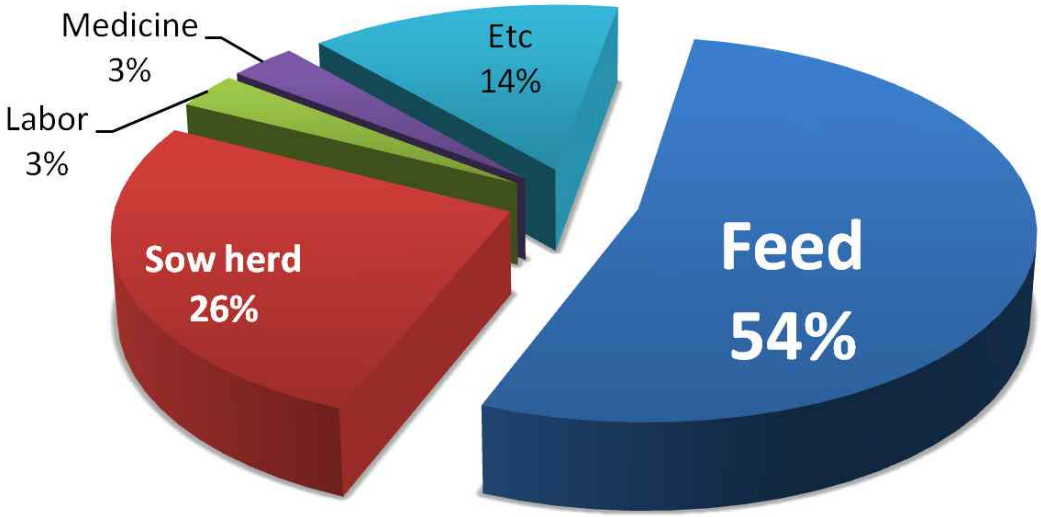


그림 5. 우리나라 양돈 생산비 항목

아 남기 위한 우리나라 일반 양돈 농가의 생산성 향상이 매우 시급한 실정이다.

우리나라 양돈생산비 중 사료비는 약 40~60%를 차지하고 있다. 이에 따라 사료비가 상승될 경우 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. 국내에 만연한 소모성질환과 부적절한 사육방식 등으로 인해 우리나라의

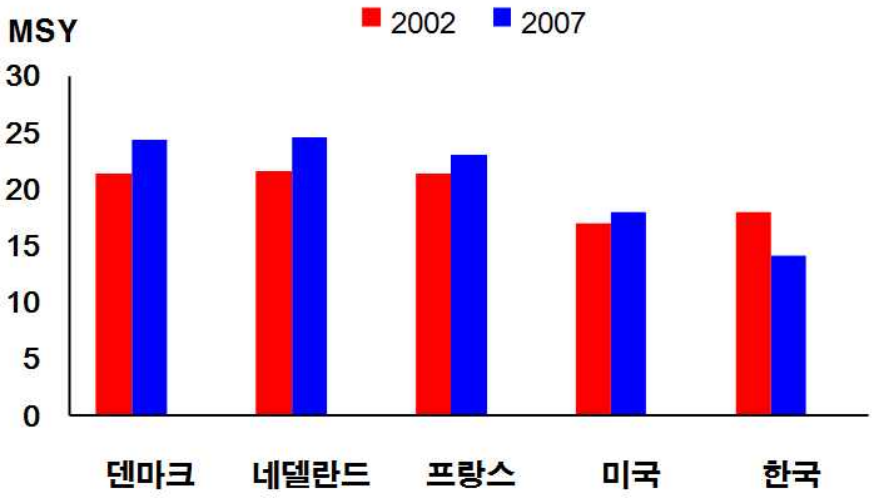


그림 6. 외국의 양돈생산성 비교 (MSY)

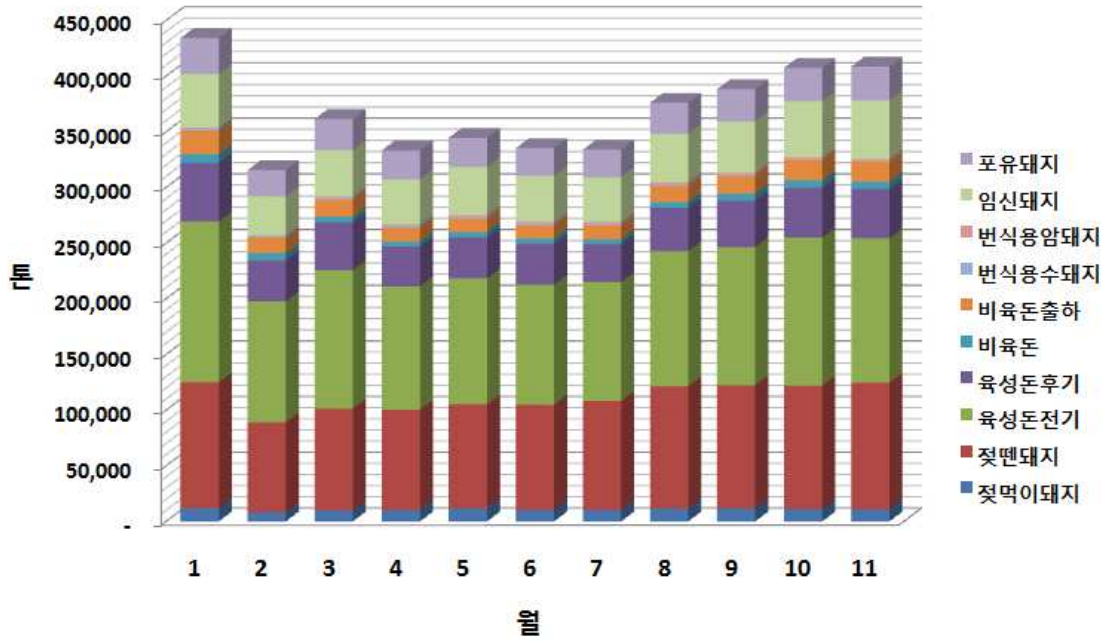


그림 7. 한국 2011년 1~11월 배합사료 생산 실적 (농림수산식품부, 2012)

MSY (모돈 두당 연간출하두수)는 국가별 도축체중의 차이를 감안하더라도 14.1두 (2008년)로 20두 이상인 양돈 선진국들에 비해 매우 낮은 생산성을 보여서 비육돈 생산비가 도체중당 약 4,200원으로 유럽의 양돈선진국들에 비해 약 1,200원이나 높아 두당 생산비가 약 10만원이나 높게 나타나고 있다 (Danish report, 2008).

국내 양돈산업의 가장 현실적인 문제 중 하나는 낮은 양돈생산성과 사료비의 상승에도 불구하고 많은 농가들이 아직도 사료비 절감을 위한 노력에 무관심하다는 점이다. 2011년 11월 국내 양돈사료 총 생산량 40만 8천톤 중 자돈사료의 생산량은 12만 4천톤 (30.5%), 육성돈사료 생산량은 17만톤 4천톤 (42.6%)인 것으로 집계되었다. 하지만 일당 사료섭취량이 가장 높고 사육기간이 가장 긴 비육돈사료 생산량은 2만 4천톤으로 총 생산량 중 6.0%에 불과했다 (농림수산식품부, 2012). 이것은 아직도 국내 양돈업에 육성 시기에 맞지 않는 사료를 급여하는 매우 기형적인 사료급여 시스템이 고쳐지지 않고 있다는 것을 의미한다.

성장단계별 사료급여 (phase feeding)의 필요성은 이미 동물영양학 분야에서는 오래전부터 확립되고 증명된 이론이다. 그러나 안타깝게도 다른 나라에서는 모두 이용되고 있지만 우리나라에서는 여전히 제대로 시행되지 못하고 있어서 많은 양축

가들이 경제적으로 손해를 보고 있다. 성장단계별 사료의 급여가 우리나라에서 제대로 시행되지 못하는 이유를 살펴보면 첫째 우리나라 돈육가격의 특징, 둘째는 양축가들의 조급함으로 설명할 수 있다. 다른 나라들과는 달리 우리나라에서는 돈육가격이 3월부터 6월까지 매우 높으므로 양축농가들은 가능한 출하시기를 돈가가 높은 기간에 맞추기 위해서 영양소함량이 높은 사료를 급여하면 빨리 성장할 것을 기대하고 적정 영양소보다 높은 영양소를 함유한 사료를 급여하는 관행이 정착되어 있다. 그러나 이는 양축농가들이 조금만 깊이 생각하면 얼마나 그릇된 판단인지 쉽게 알 수 있는 것임에도 불구하고 여전히 고쳐지지 못하는 악습으로 남아있는 것이 현실이다. 혹자는 우리나라의 사육환경이 외국에 비해 열악하므로 성장단계별 사료급여가 어렵다고 하지만, 우리나라보다 사육환경이 더 어려운 나라들도 시행하고 있다는 점을 보면 이러한 주장에는 설득력이 없다는 것을 알 수 있다.

표 5 및 6은 2009년 서울대학교에서 한돈자조금관리위원회의 연구과제로 수행한 연구의 처리구 및 결과를 나타낸 표로서 육성 · 비육기 phase feeding의 효과를 나타내고 있다. 우리나라에서 관행적으로 급여하는 다양한 형태로 구분하여 사료를 급여한 후 성장능력 및 돈육의 품질을 비교, 분석한 실험으로 사료는 일반사료회사의 배합사료를 이용하였으며 육성기는 따로 구분하지 않았지만, 비육기는 전, 후기로 구분하여 총 13주동안 실험을 실시하였다. 육성돈의 개시체중은 25kg 이었으며 우리나라의 일반적인 관행을 고려하여 자돈후기사료도 처리구에 넣고 실험을 실시하였다. 표 6에서 보는 바와 같이 E 처리구에서는 성장단계별로 사료를 급여하였음에도 불구하고, 우리나라에서 관행적으로 이용되고 있는 사료급여방법인 B나 C처리구에 비하여 성장능력이나 출하일령 및 육질에서 전혀 차이가 없는 것을 알 수 있었으며, 두당 사료비에서는 처리별로 최대 6만원정도까지 차이가 나는 것을 알 수 있었다. 돼지가 육성전기를 지나면 유전적으로 성장능력이 점차 감소하여 영양소요구량이 낮아지므로 사료 내 영양소함량이 낮아져서 사료가격은 점차 낮아진다.

이 같은 방법으로 사료비를 절감하여 두당 사료비를 4만원만 절약한다면 총 양돈생산비 중에서 사료비가 차지하는 비율을 50%로 가정한다면 비육돈 두당 약 2만원의 생산비가 절약됨을 알 수 있다. 성장 단계별로 돼지의 영양소 요구량에 맞지 않는 잘못된 사료급여에 대한 우려는 1990년에 발표된 이 등의 연구에서도 볼 수 있는데, 비육후기에 NRC (1998)에서 제시한 수준보다 높은 단백질 사료의 급여가 사양성적을 개선시키지 못했다 하였으며, 약 20년이 지난 현재에도 우리나라

표 5. Phase feeding 실험 처리구

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**

표 6. Phase feeding 실험 결과

항목	A	B	C	D	E
개시 체중, kg	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2
6주차 체중, kg	56.6	58.1	54.7	55.3	54.9
10주차 체중, kg	84.3	84.3	84.4	80.8	83.8
종료 체중, kg	107.8	106.7	106.2	102.6	107.1
총 사료섭취량, 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	93.9	94.2	95.1	99.2	94.0

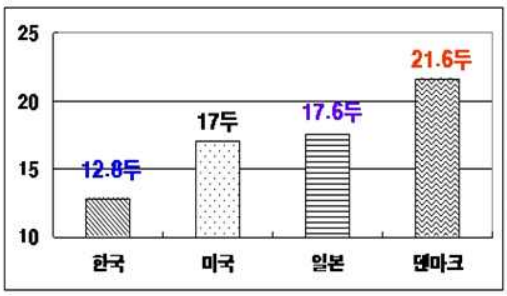
에서는 이러한 잘못된 사료급여 방법은 앞서 언급한 성장단계별 사료판매 실적을 볼 때 크게 개선이 이루어지지 않고 있음을 알 수 있다. 하지만 이러한 단계별 요구량에 맞지 않는 고영양소 사료 급여는 영양소 과잉으로 인한 돼지의 생리적인 불균형, 사료비 상승과 수입자원의 낭비, 소화되지 못한 영양소들에 의한 환경오염 (Jongblode and Lenis., 1998, Ferket 등, 2002) 등의 많은 문제점을 유발시킬 수 있으며 있으며, 이는 개인농가에 큰 손실을 미치고 있을 뿐만 아니라 원료사료의 대부분을 수입에 의존하는 현 상황에서 국가적으로 막대한 손실을 초래하고 있다. 따라서 본 연구과제에서는 이러한 상황을 배경으로 성장단계별 사료급여 방법에 따라 육성·비육돈에게 기획사료를 급여하였으며, 기존 사료와 비교하여 사양성적, 육질 및 경제성에 미치는 영향을 규명하였고, 경제적이고 올바른 양돈사료 급여체계를 검증해보았다.

제 3 절 입붙이사료 효과 검증

모돈의 생산성은 모돈 두당 연간 출하두수 (MSY) 및 출하체중 (WSY)을 포함한 발정재귀일, 수정율, 분만율 등의 번식성적에 관한 통합적인 개념이며, 번식성적은 모돈의 사양관리기술에 의해 결정된다고 할 수 있다. 모돈의 사양관리 기술은 대상이 생명체인만큼 더욱 세심하고 전문적인 기술이며 따라서 많은 연구투자가 이루어져야 하는 분야이다. 이렇게 모돈의 사양관리는 양돈업에 있어서 가장 핵심적인 요소로 모돈의 건강과 알맞은 관리는 생산성 향상에 매우 중요하다고 할 수 있다. Jorgensen 등 (1998)은 모돈의 연산성 유지에 영향을 미치는 요소로 모돈의 건강상태, 첫 종부일령, 체형 (body condition score) , 임신기의 사양관리 (feeding program) 및 포유기의 사료섭취량 등이라고 보고했다.

하지만 아쉽게도 우리나라 모돈의 사육규모는 급격히 증가하여 95만두를 넘어서고 있음에도 외국에 비해 모돈의 연산성 (longevity)이 떨어져서 평균 3산차를 넘기지 못하고 있고, 모돈의 중간 도태율 (culling rate)이 연간 40 ~ 50 % 정도로 국내 모돈 사양관리의 현 상황은 외국에 비해 현저하게 뒤떨어져 있다. 이러한 모돈 사양관리의 문제 및 질병으로 인한 폐사 등의 문제가 결국 생산성 하락으로 이어져 모돈 두당 출하두수 (MSY)가 12.8두라는 낮은 성적을 기록하고 있다 (그림 8).

우리나라의 모돈 생산성이 낮은 이유는 여러 가지를 들 수 있겠지만 가장 큰 부분이 검증되지 않은 사실에 대한 믿음이다. 현재 모돈과 관련하여 국내의 환경에 맞게 검증하는 실험이 거의 수행되지 않았음에도 불구하고 여러 가지 상황에 따라



	한국	미국	일본	덴마크
모돈두수	95만두	600만두	92만두	114만두
사육두수	900만두	5,900만두	970만두	1,290만두
연간 출하두수	1,350만두	10,000만두	1,620만두	2,470만두
모돈 두당 출하두수	12.8두	17두	17.6두	21.6두
비교	100%	132.8%	137.5%	168.8%

그림 8. 한국 양돈 경쟁력 비교 (정P&C, 2006)

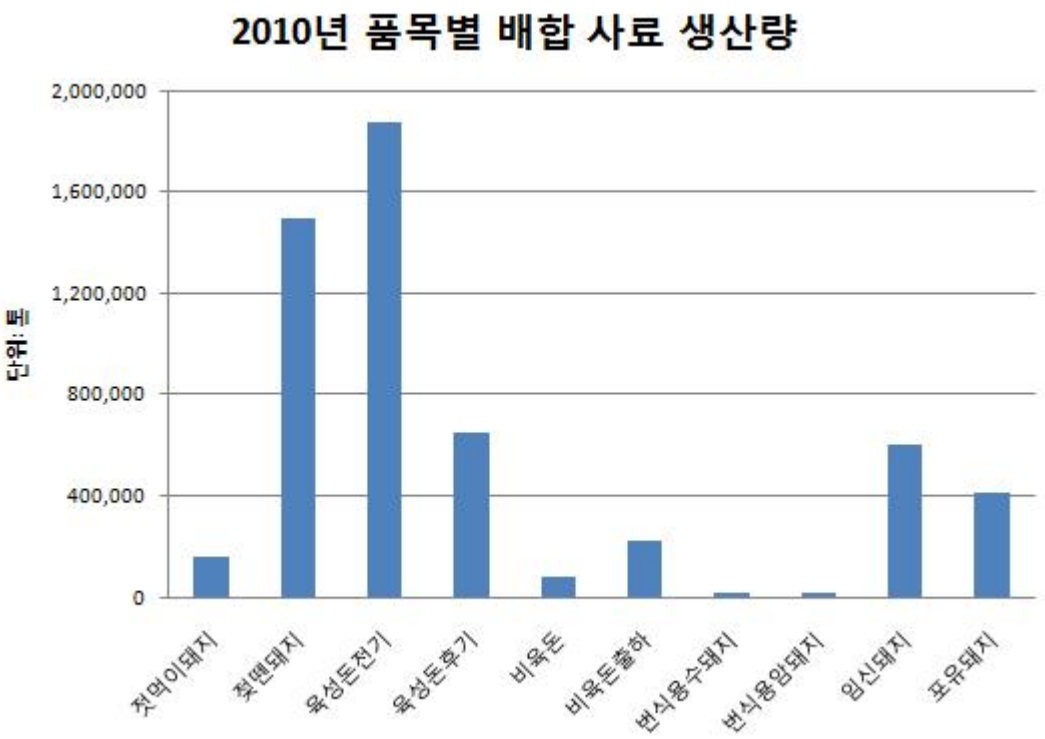


그림 9. 품복별 배합사료 생산량 (농림수산식품부, 2011)

많은 모돈 사양관리 방법이 우후죽순으로 실행되고 있다. 이러한 일치되지 않은 일선의 사양관리 방법은 일반 양돈 농가에 혼란을 불러일으키는 원인이 되고 있으며, 추가적으로 검증되지 않은 결과에서 초래된 생산성 저하 문제가 양돈 산업 전반에 잔존해 있는 실정이다.

농림수산식품부의 통계에 따르면 2010년 양돈사료 총생상량은 553만톤 이었으며, 이 중 입붙이사료 생산량은 15만 7천톤이었다 (그림 9). 돼지의 전체 사육기간에서 포유 기간이 차지하는 비율을 감안 했을 때 이는 여전히 높은 량으로 포유중인 자돈들에게 입붙이 사료를 급여하면 포유모돈의 건강회복과 포유자돈들의 성장

표 7. 입붙이사료의 급여 일령이 자돈의 성장에 미치는 영향 (서울대학교, 2012)

	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
이유후 5주령 체중, kg	26.74[a]	25.16[b]	26.84[a]	24.34[c]

에 도움이 될 것이라는 막연한 믿음을 가지고 있는 양축농가가 많다는 것을 보여준다. 위에 제시되어 있는 표의 내용은 서울대학교에서 입붙이사료 급여 일령을 처리구로 하여 실시된 실험에 대한 것으로 자돈의 성장에 미치는 영향과 증가되는 사료비를 나타낸 것이다. 결과를 보면 입붙이 사료를 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 입붙이사료에 대한 생각과는 반대되는 것으로 자체적으로 검증되지 않은 입붙이사료의 급여는 자돈의 성장에 도움이 되지 않을 뿐만 아니라 농가의 생산성을 저하시키는 원인이 될 수 있다는 것을 나타낸다.

입붙이사료를 조기에 급여하면 이외에도 포유자돈의 모유 섭취량을 줄여 모돈의 사료섭취량을 감소시키고 자궁회복, 재귀발정일 등 연산성과 관련된 항목에까지 악영향을 미칠 수 있으므로 급여할 시 반드시 적당한 시기에 대해 한번 더 고려해 보아야 한다.

아래 표 8은 서울대학교에서 실시한 또 다른 실험의 결과를 나타낸 것이다. 해당 실험에서는 입붙이사료를 0, 4, 11 및 18일 동안 포유 자돈에게 급여하였을 경우 포유자돈 체중, 복당체중 및 모돈의 사료 섭취량에 어떠한 영향을 미치는지 분석해

표 8. 입붙이 사료 급여가 자돈 및 모돈에게 미치는 영향 (서울대학교, 2012)

항목	0일	4일	11일	18일	SEM
No. of sows	3	4	3	4	
개시 포유두수	12.67	11.75	12.33	11.75	0.27
이유 자돈두수	10.67	11.75	12.00	11.00	0.31
포유자돈체중 (g)					
Initial	1,526	1,475	1,416	1,526	42.90
25일	6,496	6,209	6,155	5,798	239.8
복당체중 (kg)					
Initial	19.2	17.4	17.5	18.0	0.69
25일	69.2	72.9	73.9	63.6	3.14
모돈 사료섭취량 (g)					
0-25일	5,933	5,134	4,697	4,665	280.2
등지방 두께변화, mm	-2.3	-3.8	-2.7	-3.0	-

보았다. 실험 결과 18일동안 입붙이 사료를 급여한 경우 모돈의 복당 체중이 다른 처리구에 줄어드는 경향을 나타냈다. 이는 모돈의 줄어든 사료섭취량에서 기인한 것으로 입붙이 사료를 급여할 경우 모돈의 사료섭취량을 줄여 포유기간 동안의 회복을 방해하고 연산성을 낮추는 계기가 될 수 있음을 시사한다.

모돈의 사료섭취량과 관련하여 위와 같은 차이가 있음에도 불구하고 아직까지도 입붙이 사료의 급여량이 일정 수준 이상으로 줄어들지 않는 원인은 일반 사양가들이 입붙이 사료 급여를 멈출시 포유자돈의 성장을 악화시킬 수 있다고 생각하기 때문이다. 해당 부분에 대한 전반적인 설득을 위해서는 일반 농가를 선정하여 실험한 결과의 제시밖에 없다고 판단된다. 이러한 배경을 바탕으로 본 연구과제는 입붙이 사료를 사용하고 있는 일반 농가 중에 몇 군데를 선정하여 입붙이 사료 급여에 따른 영향을 분석하여 보았다.

제 2 장 연구개발 과정에서 수집한 해외 과학기술정보

제 1 절 대체 원료 사료

1. Palm kernel meal (팜박)

Palm은 세계에서 가장 오래된 식물중 하나이며 남아시아 지방에서는 경제적인 이유로 매우 중요한 수출 식물로 취급되고 있다. 지금까지 팜박은 55-60%의 NDF 값을 가지고 있으며, 높은 섬유소 함량 및 떫은맛에 의한 낮은 기호성 때문에 단위 동물의 사료 내에서는 몇몇 제한적인 경우를 제외하고는 사용되지 못하고 있었다. 하지만 반추 동물의 경우 높은 섬유소가 미생물에 의한 발효과정을 거칠 경우

표 9. 팜박의 화학적, 물리적 구성

Fraction	Composition(%)	Reference
Dry matter	94	Sunde 등, 2005
Crude protein	14-21	Sunde 등, 2005, Onwougike, 1986, Nwokolo 등, 1976
Gross energy (kcal/kg)	4998	Sunde 등, 2005
Crude fiber	21-23	Sunde 등, 2005, Sue, 2001
Lipid	8-17	Sunde 등, 2005, Sue, 2001
Ash	3-6	Sunde 등, 2005, Sue, 2001
Bulk density (g/copra 박)	0.67	Sunde 등, 2005
Bulk density (0.5 mm) (g/copra 박[3])	0.57	Sunde 등, 2005
WHC (1mm) (g water/g feed)[1]	2.82	Sunde 등, 2005
WHC (1mm) (g water/g feed)	2.93	Sunde 등, 2005

[1] WHC : water holding capacity

에너지와 단백질 공급원으로 이용될 수 있기 때문에 태국이나 인도네시아, 인도 등지에서 반추동물을 위한 원료사료로서 널리 이용되고 있는 실정이다 (Devendra, 1989). 최근에 진행된 몇몇 연구들에 의하면 palm 박은 옥수수와 밀기울보다 높은 21-25% 정도의 단백질을 함유하고 있으며, 10.5-12.5 MJ/kg DM 정도의 에너지 값을 가지는 것으로 보고되고 있다. 이 밖에도 다른 원료를 용매를 이용하여 추출하였을 때와 비교하여 높은 오일함량 (8-10%)을 나타내고 methionine과 cystine 등의 중요 아미노산이 풍부하다고 하여 단위동물에서 새로운 대체원료 사료로서 여러 축종에서 연구되고 있다. 지금까지 원료사료로서 사용되기 위해 해결되지 못한 과제는 팜박의 오일 추출공정 및 열매의 종류, 껍질의 존재유무에 따라 mycotoxin의 일종인 alfatoxin B1이 발생될 수 있다는 것이며 (O' Mara 등, 1999), 13.6%를 초과할 정도의 껍질의 리그닌 성분 및 높은 밀도 (0.67g/cc)와 보수성이 사료섭취에 악영향을 미칠 수 있다는 점이다 (Kyriazakis와 Emmans, 1995).

2. 야자박 및 팜박의 영양적 가치

아주 오랜 시간 전부터 남동아시아인들은 뿌리, 줄기, 껍질 및 식물성 기름을 얻고 난 후의 부산물 원료 등을 여러 가지 용도로 사용하여 왔다. 상대적으로 매우

표 10. 세계 코코넛 생산량 (FA0, 2000)

Producer	1,000 tones	% of total
World	48,844	100
Asia	42,866	88
Indonesia	14,710	30
The Philphines	12,000	25
India	10,000	20
Sri Lanka	1,900	4
Thailand	1,420	3
Vietnam	1,400	3
Malaysia	967	2

낮은 비용으로 이러한 원료를 사용할 수 있음에도 불구하고 아직까지 단위동물의 사료에서 이러한 원료들이 많이 사용되지 못한 것은 높은 non-starch polysaccharides (NSP) 함량 때문이었다. 이 NSP는 단위동물의 소화효소에 의해 소화되지 않기 때문에 일반적으로 동물에게 높은 함량 급여했을 경우 성장률 및 영양소소화율을 떨어뜨리는 것으로 보고되고 있다. Coconut cake과 copra cake은 열대 지방에서 동물 사료를 위해 매우 중요한 역할을 하고 있다. 코코넛은 오세아니아, 멕시코 및 필리핀과 같은 남동아시아 국가에서 주로 재배되는 품종으로 코코넛으로부터 기름 추출 공정을 마친 부산물이 copra meal, coconut cake 또는 coconut meal 이라 알려져 있으며, 이들은 약 34-42%의 습윤 중량을 지니는 것으로 보고되고 있다 (Hutagalung, 1981). 조단백질 함량은 21-25% 정도로 옥수수나 소맥피에 비해 높은 편이며 반추동물, 토끼 등의 사료에 쓰이지만 낮은 라이신과 높은 섬유소 함량 때문에 단위동물보다는 반추동물 사료로서 주로 이용되어 왔다. 대두박과 비교하여 copra 박은 더 높은 식이섬유소와 적은 조단백질을 함유하고 있다. 일반적으로 copra 박의 조단백질은 다른 단백질원에 비하여 함유량이 낮기 때문에, 사료에 단백질 급원으로 단독으로 쓰일 시 그 요구량이 제한될 수 있는 것으로 알려져 있다 (Nhu Phuc, 2003).

영양학적으로 팜박과 야자박은 적당한 양의 탄수화물과 단백질을 함유하고 있다. 이 원료들의 영양소 함량과 품질 범위는 얼마나 오일 추출 과정이 잘 이뤄졌는지, 원료의 저장 상태가 좋은지, 그리고 껍질부분을 깨끗이 제거 후 추출에 쓰였는지에 따라 화학적 분석 값이 달라진다. Expeller에 의한 방법과 extract의 방법으로 제조한 팜박과 야자박의 영양적 가치에 대한 연구가 NRC (1984)와 O'Mara (1999) 등에 의해 이루어졌고, 그 결과로 extract 방법으로 제조 시 사료 내 조단백질 (crude protein) 함량과 조섬유 (crude fiber)가 높았다고 보고되었다. 야자박과는 달리, 팜박은 알맹이와 껍질의 분리가 쉽지 않아 공정 전에 분리하지 않으면 정확한 팜박 영양소 함량을 구하기 어렵다. 스크린 공정과 분리과정의 효율에 따라 15-17%의 껍질 함량에 팜박에 존재한다고 보고된 연구결과만 봐도 이를 알 수 있다 (Chin, 2002).

팜박과 야자박의 단백질 수준은 각각 13-22%, 15-26% 정도이다. 몇몇 필수 아미노산의 부족 (lysine, methionine, tryptophan)과 열에 의한 손상 가능성 때문에 단백질 소화율은 야자박이 60% (Khrisnamoorthy 등, 1995), 팜박이 40%

표 11. 다른 oil 추출 공정 후의 팜박과 야자박의 근사치 비교

Feedstuffs	Protein	Ether extract	Ash	Crude fiber	Oil Extraction	Reference
Palm 박	15.5	6.9	5.4	24.1	Expeller	O'Mara 등, 1999
Palm 박	18.5	0.5	5.0	30.5	Solvent extraciton	O'Mara 등, 1999
Palm 박	13.6	17.1	2.7	21.3	Expeller	Sundu 등, (Unpublished)
Copra 박	23.4	3.9	6.6	15.4	Solvent extraciton	NRC(1984)
Copra 박	22.4	6.9	7.6	12.4	Expeller	NRC(1984)
Copra 박	21.7	6.9	5.6	14.1	Expeller	Sundu 등, (Unpublished)

표 12. 팜박과 야자박의 아미노산 구성과 이용률

Amino acids	Palm 박 Amino acids(%)		copra 박 Amino acids(%)		Availability(%)	
	(A)	(B)	(C)	(D)	palm 박(E)	copra 박(F)
Arginine*	2.18	2.40	1.97	2.32	93.2	92.0
Cysteine	0.20	-	0.28	-	-	73.0
Glycine	0.82	0.84	0.82	0.60	63.3	-
Histidine*	0.29	0.34	0.36	0.24	90.1	-
Isoleucine*	0.62	0.61	0.63	0.50	86.1	74.0
Leucine*	1.11	1.14	1.18	0.99	88.5	80.0
Lysine*	0.59	0.61	0.50	0.55	90.0	68.0
Methionine*	0.30	0.34	0.28	0.31	91.0	79.0
Phenylanine*	0.73	0.74	0.88	0.60	90.5	-
Threonine*	0.55	0.60	0.58	0.48	86.5	71.0
Tyrosine	0.38	0.47	0.44	0.35	85.0	-
Serine	0.69	0.77	0.79	0.68	88.7	-
Valine*	0.93	0.80	0.91	0.78	68.4	78.0
Tryptophan*	0.17	0.19	0.12	0.14	-	-

* Essential amino acids

출처: (A) Yeong 등, 1983; (B) Hutagalung 등, 1982; (C) NRC, 1994; (D) (D' Mello와 Lewis, 1970). Lachance와 Molina, 1974; (E) Nwokolo 등, 1976; (F) Degussa (Unpublished)

(O' Mara 등, 1999)로 낮다. 그러나 야자박과 팜박을 함유한 사료에 몇 가지 제한 아미노산의 결핍은 황 아미노산(cysteine and methionine)과 lysine을 보충해 줌으로써 단백질의 품질을 높일 수 있다. 이 사료의 높은 arginine 함량은 조류의 lysine 요구량을 맞춰주고 arginine과 lysine의 비율을 유지시켜 주기 때문에 lysine을 첨가해줌으로서 해결할 수 있다. Lysine 과 arginine은 동물체내에서 dldye될 때 영양소간의 길항작용이 있어 한쪽의 비율이 높으면 다른 쪽이 결핍되므로, 비율을 유지하지 못하면 돼지의 성장을 악화시키는 결과를 초래할 수 있다. 탄수화물은 에너지의 공급원으로서 동물체내에서 분해되면서 1g 당 약 4kcal의

표 13. 원료사료의 탄수화물 분류 (Knudsen, 1997)

Category	Monomeric residues	Sources
Non-starch polysaccharides(NSP)		
Cell wall NSP		
Cellulose	Glucose	Most feedstuff
Mixed linked β-glucans	glucose	Barley, oats, rye
Arabinoxylans	Xylose, arabinose	Rye, wheat, barley
Arabinogalactans	Galactose, arabinose	Cereal by-products
Xyloglucans	Glucose, xylose	Cereal flours
Rhamnogalacturans	Uronic acids, rhamnose	Hulls of peas
Galactans	Galactose	Soya bean meal, beet pulp
Non-cell wall NSP		
Fructans	Fructose	Rye
Mannans	Mannose	Coconut cake, palm cake
Pectins	Uronic acids, rhamnose	Beet pulp
Galactomannans	Galactose, mannose	Guargum
Non-digestible oligosaccharides(NDO)		
Alpha-Galacato-oligosaccharides	Galactose, glucose	Soya bean meal, peas
Fructo-oligosaccharides	Fructose	Cereals, feed additives
Transgalacto-oligosaccharides	Galcatose, glucose	Whey,/milk products
Resistant starch(RS)		
Phsical inaccessible starch	Glucose	Peas, faba beans
Native starch	Glucose	Potatoes
Retrograded starch	Glucose	Heat-treated starch products

에너지를 공급하며, 분해되어 에너지를 발생하는 과정 중 동물의 생리적 요구에 따라 지방산 또는 비필수아미노산의 합성 원료로 쓰일 수 있다.

탄수화물 중 특히 섬유소의 영양학적 기능 및 중요성과 관련하여 식이섬유소 (dietary fiber)를 살펴보면, 비전분성 다당류 (non-starch polysaccharide: NSP)와 비슷한 개념으로서 단위동물의 소화효소에 분해되지 않는 탄수화물과 lignin 성분을 포함한 것을 말한다. Palm 박과 copra 박에도 NSP가 존재하는데, 이들의 대부분이 만난 (mannan)이며 건물기준으로 palm 박은 NSP의 30-35%, copra 박은 25-30%의 mannan을 함유하고 있다. 이들은 mannan, glucomannan, galactomannan, galactoglucomannan의 형태로 존재하는데, mannan은 단위동물이 이를 분해할 수 있는 효소를 분비하지 못하기 때문에 항 영양인자 (anti-nutritional factor)로 알려져 왔다. Mannan은 돼지에 있어서 포도당 대사 (glucose metabolism)를 방해하며 insulin의 분비를 억제하는 부정적인 영향을 갖고 있다 (Leeds 등, 1980). Rainbird 등 (1984)에 의하면 돼지의 공장 내에 mannan 함량이 높은 guar gum을 6.7g/L을 주입하였을 때, glucose의 흡수가 50% 정도 감소되었다고 보고하였다. 이외에도 다양한 연구 결과에서 mannan이 glucose의 흡수와 인슐린 분비의 방해, gastric emptying의 감소, 순환적인 insulinotropic peptide 및 IGF-I의 분비의 감소한다는 결과가 발표되었다 (Sambrook과 Rainbird, 1985; Nunes와 Malmlof, 1992).

3. 단위동물의 원료사료로서 팜박의 가치

육계를 대상으로 진행된 선행 실험에 따르면 육계의 성장에 전혀 악영향을 미치지 않는 범위 내에서 추천되는 팜박의 첨가량은 20% 였다 (Yeong, 1980; Hutagalung, 1980). Onwudike (1986)은 어린 육계를 위한 사료로서 28-35% 수준까지 사용할 수 있다고 하였으며, 메치오닌과 라이신을 같이 첨가해 줄 경우 추가적으로 40%까지도 성장 정체없이 첨가할 수 있다는 보고도 있었다 (Panigrahi와 Powell, 1991). Fetuga, Babatunde와 Oyenuga (1977)는 사료 내 성분 영양 함량에 균형이 잡혀져 있을 경우 팜박을 높은 함량으로 첨가하여도 별다른 영향이 없다고 하였으며, Nwokolo 등 (1977) 및 Yeong 등 (1981)도 육계의 사료에 첨가할 수 있다고 보고하였다.

위에서 팜박의 경우 떫은 맛 때문에 기호성을 악화시킬 수도 있다는 논문 결과를 제시한 적이 있다. 하지만 Onwudike (1986), Ezieshi와 Olomu (2004) 및 Sunde 등 (2005)에 따르면 팜박을 사료 내에 첨가할 경우 기존의 옥수수 위주의 대조구 사료보다 오히려 사료섭취량을 향상시킬 수 있다는 보고도 있었다. 이러한 원인은 소화 기관 내의 장 내용물 통과속도가 팜박의 높은 식이섬유소 함량 때문에 가속화되기 때문이라고 추가적인 실험을 통해 밝혀진 바 있다 (Onifade와 Babatunde, 1998). 이 밖에도 bulk 빈도가 높아지는 것과 보수력이 낮은 것 또한 추가적인 원인으로 보고되었다. Panigrahi와 Powell (1998)은 관점을 달리하여 육계에 팜박을 급여할 경우 음수량을 늘릴 수 있다고 하였으며 이에 따라 배설물 내 습도가 높아질 수 있다는 보고도 있었다 (Onifade와 Babatunde, 1998).

양돈사료와 관련된 연구에서는 Siriwattananukul (1998)이 팜박을 아미노산과 함께 비육기 사료 내에 첨가할 수 있다고 하였으며, 특히 라이신과 트레오닌 및 메치오닌을 함께 첨가하면 기존 사료에 비해 더 나은 일당증체량, 사료효율 및 사료비를 얻을 수 있다고도 보고하였다. 여기에 추가적으로 해당 실험에서 밝혀진 바에 따르면 육질에도 영향을 미쳐 등심 함량이 다른 처리구에 비해 높아졌다고 한다.

팜박과 관련된 초기 실험들은 대부분 단위동물사료 내에서 팜박을 첨가하는 것이 동물의 성장에 악영향을 미칠 수 있다고 보고하였다 (Oyenuga, 1968; Babatunde 등, 1975). 이는 팜박 내 단백질 함량이 18% 이상이라 하여도 그 질에는 문제가 있다는 것으로 원료의 가공과정에서 발생할 수 있는 차이 또한 사료 원료로서 사용할 수 없는 이유로 제시하곤 하였다. Omer 등 (1998)은 이후에 사료 내에 13% 이상으로 첨가할 시 돼지의 ME 소화율에 영향을 미칠 수 있다고 보고하기도 하였다. 팜박내의 mannan 부분이 항영양인자로서 작용하는 기작을 해결할 수 있는 방법이 그 당시에는 존재하지 않았던 것이 팜박 첨가에 따른 성장 저하의 원인이라고 인식되었지만, 이후에 이와 반대되는 실험의 결과를 여러 차례 발표되었다.

Okai와 Opoku-Mensah (1988)는 pakm kernel cake를 돼지 사료 내에 0, 10 및 20% 첨가하는 실험을 하였는데 28일의 실험기간이 지난 후에 측정항목들을 분석해본 결과 모든 처리구에서 돼지의 성장 및 사료효율에 특별한 경향이 나타나지 않았다. 오히려 돼지의 등지방은 pakm kernel cake 첨가량이 증가할수록 함께 늘어났으며, 첨가 수준이 올라갈수록 사료비가 개선되는 것으로 나타나 20% 이상의 첨가 수준을 결정하는 추가실험이 필요하다고 제시하기도 하였다. Rhule (1996)은

그 이후에 palm kernel cake를 0, 20, 30 및 40% 육성돈 사료에 첨가하는 실험을 하였는데 그 결과 성장률에서 특별한 차이를 발견해지 못했다고 보고하였다. 일당증체량은 각각 처리구에 따라 0.46, 0.46, 0.43 및 0.41kg 이었으며 통계적으로 유의적인 차이가 없어 팜박을 양돈 사료에 높은 함량으로 첨가할 수 있다는 기준을 제시하였다. 이 외에도 Okai (2006)는 palm kernel cake를 돼지 사료내에 34.5% 수준으로 첨가하는 실험을 수행하였고, 동물의 성장 및 육질에 특별한 악영향이 없음을 확인하였다. 가장 최근에 진행된 Oluwafemi 등 (2010)의 실험에서도 팜박을 높은 함량 첨가하여도 육질에 영향이 없는 것으로 나타났으며, 오히려 돼지의 생체중이 늘어난다고 보고하여 양돈 사료에서 팜박 사용의 가능성을 확인하였다.

제 2 절 성장단계별 사료급여 (phase feeding)

1. 육성 · 비육돈의 영양소 요구량

Phase feeding이란, 성장기에서 급격하게 변화하는 영양소 요구량에 맞도록 정확한 양의 아미노산을 공급하는 것이다. 돼지의 아미노산 요구량은 육성 · 비육돈의 단백질 축적, 에너지 섭취량과 농도와 직접적인 관련이 있다. NRC (1998)는 유지상태와 단백질 축적 시 라이신 요구량 모델을 제시하였다. 체내 단백질 축적률이 유전적 품종, 성별, 건강상태와 사육밀도에 따라 다르더라도, 육성 · 비육돈의 라이신 요구량은 돼지가 성장함에 따라 감소하게 되는데, quadratic curve의 형태를 나타낸다 (그림 10). 돼지가 성장할 때, 약 65kg 체중에서 가장 높은 수준의 라이신이 요구되고 이를 기점으로 감소한다. 그러나 사료섭취량은 사료 내 포함되어 있는 에너지의 농도에 관계없이 이 시기에 현격히 증가하므로 육성돈의 라이신의 요구량은 linear하게 감소하게 된다 (그림 11).

체단백질의 성장이 높은 경우, 중간에서 높은 경우, 평균인 돼지의 경우 (도체기준 지방을 제외한 단백질 축적률이 300, 325, 350g/day)를 기준으로 계산한 total lysine requirement를 사료 내 비율로 그림 2에 나타내었다. 기존의 농장에서는 3

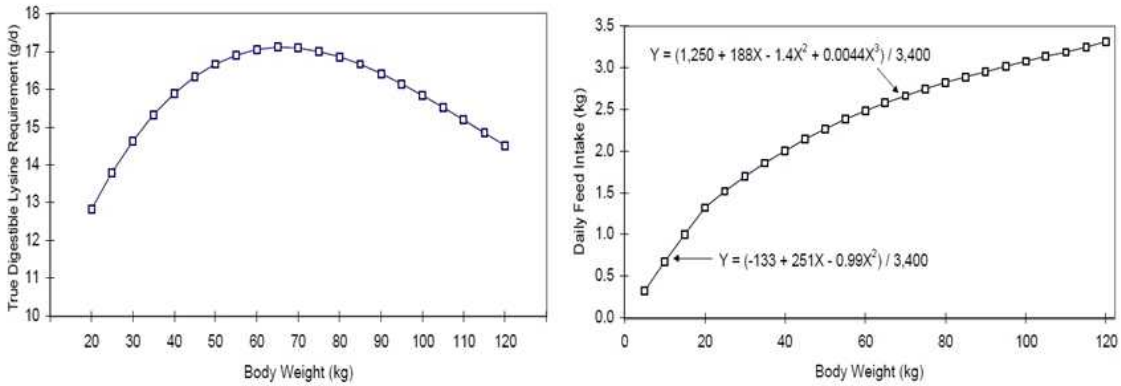


그림 10 . 체성장률에 따른 라이신 요구량과 사료섭취량 (NRC, 1998)

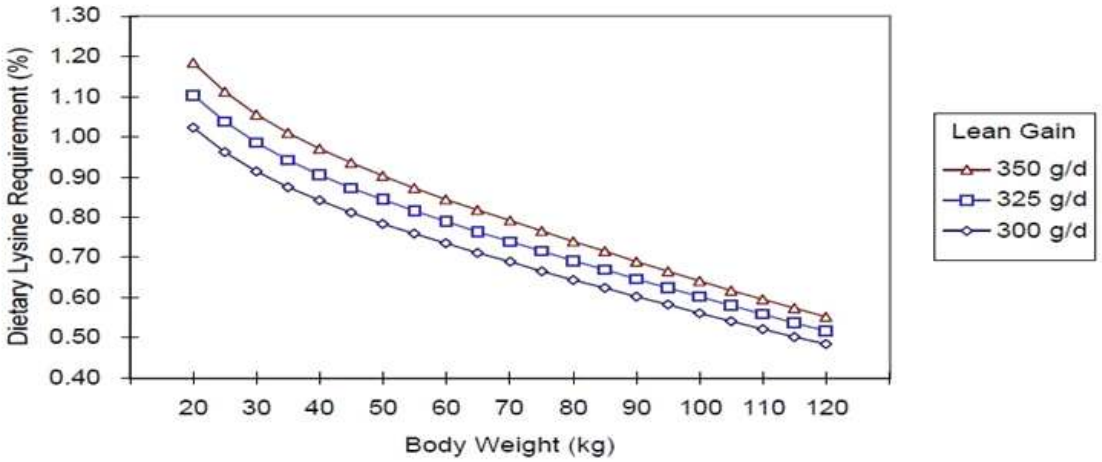


그림 11. 체성장률에 따른 라이신 요구량 (NRC, 1998)

표 14. 육성 · 비육돈의 영양소 요구량 (Kohler, 1998)

Number of phases	Diet cost/pig	Saving over 2 phase program	Increase in saving per additional diet
2	$42.55	–	–
3	$41.41	$1.14	$1.14
4	$41.01	$1.54	$0.40
5	$40.67	$1.88	$0.34
6	$40.43	$2.12	$0.24
9	$40.10	$2.45	$0.11
12	$29.90	$2.65	$0.06

구간의 phase feeding program이 사용되고 있으며, 또한 사료회사에서도 NRC의 육성 · 비육돈의 영양소 요구량을 기준으로 사료를 생산하고 있다 (표 14).

2. 양돈영양에서의 성장단계별 사료급여

가. Phase feeding (단계별 사료급여)

Phase feeding은 정확한 시기에 동물의 영양소 요구량에 알맞은 사료를 공급하기 위한 방법 중 하나이다. 이미 밝혀진 바와 같이 대부분 영양소의 요구량은 돼지의 체중이 증가할수록 감소한다. Kornegay와 Haper (1997)는 육성기에서 한 종류의 사료를 사용하게 되면 대부분 돼지의 경우에 영양소가 부족하거나 과잉으로 공급됨을 증명하였다 (그림 12). 심지어 여러 단계의 사료를 사용하는 경우에도 여전히 영양소의 공급이 과잉되거나 부족하게 되는 것이 발견되었다. Phase feeding은 사료의 허실을 감소시키는 데 효과적이다. 게다가 이 사료 허실에 이어지는 비용을 감소시키는데 중요한 역할을 한다. 그리고 phase feeding이 중요한 또 다른 이유는 체내에 축적되지 못하고 배출되는 질소의 공급을 감소시키는 데 있다. 아미노산 중 라이신은 보통 phase feeding에 맞는 사료를 배합하는데 주요한 요소이

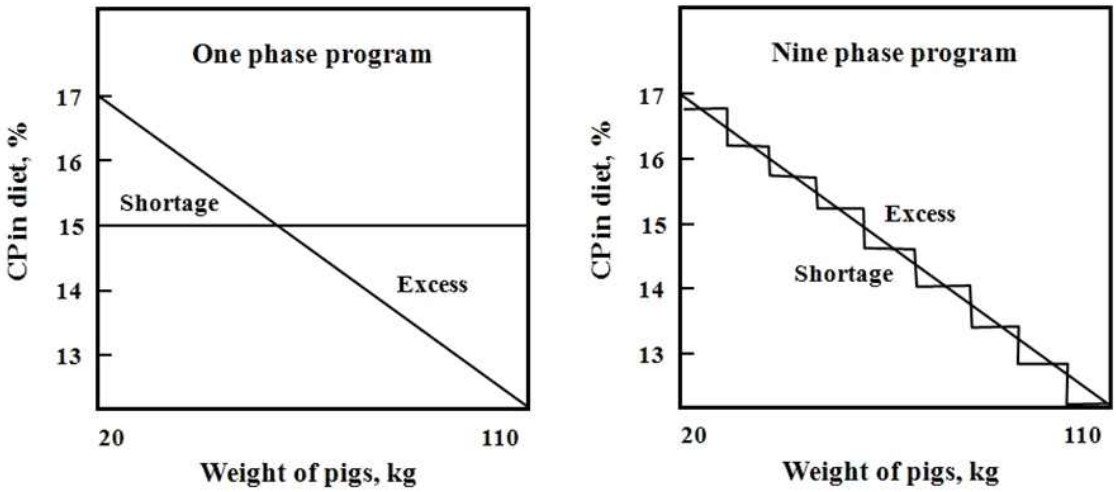


그림 12. 육성 · 비육기에서 1 단계의 phase feeding system과 9 단계의 phase feeding system의 비교 (Kornegay and Haper, 1997)

다. 그러므로 적은 양의 라이신 공급은 다소 성장률이 감소될 수 있으나 사료효율은 증가하게 된다. 반면, 많은 양의 라이신 공급은 사료효율의 증가와 함께, 증체 kg당 사료비의 상승과 분을 통해 빠져나가는 질소의 증가로 이어진다. Nam과 Aherne (1995)는 육성·비육기에서 한가지의 사료 (16% CP)를 사용했을 때와 세 단계의 phase feeding system (18%-16%-14% CP)을 사용하였을 때를 비교해보면, 3단계의 phase feeding system을 적용하는 것이 약 3.5kg의 단백질을 절약할 수 있다고 보고하였다.

나. 단계별 사료급여의 활용

기존의 사료 급이 시스템에서는 체중이 증가하고 성숙이 진행되는 상태에 따라서 영양소가 공급되고 성장하는 동물은 자유채식이 가능하도록 한다. 이것은 시기에 따라 사료의 조성을 다르게 하는 것이 가능하도록 한다. 시기에 따른 사료의 영양소 조성을 세분화 하는 것은 동물의 요구량에 근접하게 영양소 공급이 가능하고 영양소 과잉공급을 최소화 시킬 수 있다. 그러나 실제로 시기별로 세분화된 사료를 공급하는 것은 현재 농장에서 실행하기에 어려운 일이기 때문에 동물의 영양소 요구량과 단계별로 사용할 수 있는 사료의 종류 사이에서 타협점이 필요하다. 돼지는 보통 이유부터 출하까지 다양한 종류의 사료가 공급된다. Devilat 등 (1970)과 Davey (1978)의 연구에서는 단백질의 함량은 다르지만, 같은 에너지의 양을 포함하고 있는 두 가지의 사료를 돼지에게 선택하도록 하였을 때, 돼지는 자신의 요구량에 맞는 단백질 수준이 포함된 사료를 선택하게 된다고 보고하였다. 이러한 사료급이 방법은 돼지가 자신이 필요로 하는 영양소만큼을 포함하고 있는 사료를 선택할 수 있다는 가설을 전제로 한다. 이를 통해 사육되는 돼지는 다른 수준의 단백질이 포함된 사료들을 구별해 낼 수 있고 자신의 요구량에 맞는 단백질 섭취를 한다는 것이 보고되었다 (Kyriazakis, 1989; Kyriazakis 등; 1990). Bradfored와 Gous (1997b)의 연구결과에서도 phase feeding을 하는 것 보다 돼지가 사료를 선택하게끔 급여하는 것이 정확한 요구량에 맞는 영양소를 공급하기에 더 나은 방법이라는 것이 더 나은 방법임이 증명되었다. 반면, Braude (1967)는 돼지는 자신의 요구량이 충족되면 사료를 선택할 수 없기 때문에 한가지의 사료만을 급여하는

것 보다 우수한 방법이라고 볼 수 없다고 밝혔다. 최근 Gourley 등 (1993), Owen 등(1994)와 Nam and Aeme (1995)의 연구에서는 사료가 같은 수준의 에너지를 포함하고 다른 수준의 단백질이 포함된 사료를 공급하였을 때, 돼지는 자신의 요구량에 맞는 단백질 사료를 선택할 수 없는 것으로 나타났다. 돼지가 성장함에 따라서 돼지의 아미노산 요구량은 변화하는데, phase feeding은 돼지의 성장에 있어서 부정적인 영향 없이 분변으로 배출되는 영양소를 줄이는 대안으로 소개되었다, Kornegay와 Harper (1997)의 연구에서 한 종류의 사료를 공급하였을 때와 9단계의 사료 급이를 하였을 때를 비교하였다 (그림 12). 이 실험에서는 9단계의 phase feeding이 환경적인 면에서 접근하였을 때 배출되는 영양소를 감소시키기 때문에 더욱 친환경적인 방법이라는 것을 증명하였다. Dourmad등 (1996)은 라이신의 진정 소화율에 대한 요구량이 돼지가 생체기준 50kg일 때 0.80g/MJ net energy에서 100kg일 때 0.63g/MJ로 감소한다고 보고하였다. 또한 Jongbloed 등 (1997)의 연구에 따르면, 사료 1kg당 아미노산 요구량돼지의 체중이 25kg에서 110kg으로 증가함에 따라 감소하는 것으로 나타났다. 이것은 여러 단계의 사료 급이 방법이 배출되는 질소의 양을 감소시키는 방법임을 뒷받침하는 중요한 근거이다. Phase feeding은 돼지의 요구량에 거의 근접하는 사료 급이 방법이며, 이것은 영양소의 과잉공급과 분뇨로 빠져나가는 영양소를 감소시킨다 (Paik 등, 1996). Paik 등 (1996)과 Jongbloed와 Lenis (1992)는 phase feeding을 하게 되면, 2~10%가량의 질소와 인의 배출을 감소시킬 수 있다고 보고하였다.

다. 성장성적에 미치는 영향

현재 phase feeding이 돼지의 성장에 영향을 미치는가에 대한 많은 연구들이 수행되고 있다. Nam과 Aherne (1995)는 돼지 체중 50~100kg사이에서 phase feeding system을 사용하였을 때, 성장에는 영향을 미치지 않는다고 보고하였다. Han 등 (1998)과 Kim 등 (2000a)은 비육기에 1단계의 사료를 급여하였을 때와 2 단계의 사료를 급여하였을 때를 비교하면 성장에 전혀 유의적 차이가 나지 않는다고 밝혔다, Han 등 (1998)의 연구에서 사료급이 시스템을 육성기, 비육전기와 비육후기로 나누어 급여하였을 때, 60~105kg의 비육기에 phase feeding을 적용하는 것은 성장 성적에는 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 또한

Hines 등 (1993)의 연구에서 낮은 수준의 라이신 (20~68kg; 0.80% 라이신, 68~113kg; 0.60% 라이신)을 공급하였을 때와 높은 수준의 라이신 사료를 공급하였을 때 (20~45kg; 0.95% 라이신, 45~68kg; 0.80%의 라이신, 68~90kg; 0.70% 라이신, 90~113kg; 0.60% 라이신)를 비교하였을 때, ADG와 ADFI에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 그리고 Dourmad 등 (1996)의 연구에서 육성기보다 비육기에 낮은 수준의 라이신을 공급하는 것은 ADG에 있어서 덜 민감하게 작용하는 것으로 나타났다. Lee (2001)은 비육기에 14%의 CP수준은 필요치 않으며 비육 후기에서도 12%의 CP수준의 사료를 공급하더라도 높은 성장률을 나타낼 수 있다고 밝혔다. 그러나 다른 몇몇 연구들에서는 지나치게 높은 수준의 단백질 혹은 라이신의 공급은 오히려 돼지의 성장을 방해할 수 있다는 것으로 나타났다 (Hensen과 Lewis, 1993; Chen 등 1999; Lawrence 등, 1994). 또한 Owen등 (1994)은 극도로 낮은 수준 (0.75-0.60-0.50%) 혹은 지나치게 높은 수준 (1.15-1.00-0.90%)의 라이신 공급은 성장에 부정적인 영향을 미칠 수 있지만 이 두 수준 사이의 적절한 양의 라이신 공급은 성장 성적에 영향을 미치지 않는다고 보고하였다. 결론적으로 phase feeding system은 특히 세분화된 단계의 phase feeding의 경우에 영양소의 과잉공급 없이 돼지의 영양소 요구량에 맞도록 사료를 공급할 수 있으며 값비싼 단백질과 아미노산 공급원을 절약하는 방법이며 양돈사양가와 환경에 모두 유익한 방법인 것으로 사료된다.

라. 사료비에 미치는 영향

통상적으로 양돈 생산비에서 사료비가 50~60%가량을 차지한다. 보통 분만에서 출하까지 소비되는 전체 사료의 75%의 사료가 육성·비육기에 사용되며, 60kg 이상의 돼지는 50% 이상의 사료를 소비한다. 게다가 보통의 양돈 사료에서 에너지와 단백질 원료는 사료비 전체의 85% 가량을 차지한다. Lee (2001)의 연구에 따르면 사료비는 1단계의 feeding system에 비해 4단계의 phase feeding 시스템에서 유의적으로 낮게 나타났다. Koehler (1998)의 phase feeding의 경제성에 대한 논문은 옥수수 bushel당 $2.24와 톤당 $240의 대두박 (CP44%)을 사용한 예로 1998년에 개최된 Pork 98에 개제되었다. 모든 비용에 대한 내용은 phase feeding이 성장에 적합하게 작용한다는 가정에서 계산되고, 이와 비슷하게 체중뿐

만 아니라 성별에 대해서도 사료의 영양소 요구량을 맞춰 공급하면 사료비를 더욱 절감하고 배출되는 영양소의 양도 감소시킬 수 있을 것이다. 단지 노동력, 배설물 처리비용에 관한 요소는 phase feeding에 포함되지 않는다.

마. 혈중 요소태질소 (BUN, blood urea nitrogen)에 미치는 영향

보통 혈중 요소태질소 (BUN)는 돼지의 체내에서 단백질과 아미노산의 이용률을 나타내는 좋은 척도이다 (Nam 등, 1995; Eggum 등, 1970). Phillip 등 (1998)은 BUN을 측정하는 것은 단백질 요구량을 측정하는 간편한 방법이며 높은 수준의 BUN은 사료 내 단백질수준이 높거나 잉여 아미노산이 요구량보다 높게 이용되고 있음을 나타낸다 (Gomez 등, 1998). 이전의 연구에서 BUN 농도는 육성·비육돈의 아미노산 요구량을 평가하는 방법으로 사용되어 왔다 (Lewis 등, 1980; Yen 등, 1986a; Coma와 Zimmerman, 1993). 동물은 체내에 개별 아미노산들을 축적하는 능력이 없으므로 아미노산이 단백질을 합성하는데 즉시 동원되지 않으면, 바로 분해되거나 에너지로서 사용된다. 아미노산은 요구량을 초과하면 결국 이화작용으로 분해되고 급격하게 BUN의 농도가 증가하여 나타난다. 비육기의 돼지의 경우에는 BUN농도에 내한 자료가 제한되어 있다. Lee 등 (2000)은 BUN의 농도가 2단계나 3단계의 phase feeding system에서 사육된 비육돈의 경우 BUN의 농도가 감소하여 나타난다고 보고하였다. 반면, 한가지의 사료로만 사육된 비육돈의 경우에는 높은 수준의 BUN농도를 나타냈다. 또한 Chiba 등 (1991)은 라이신이 높은 농도로 포함된 다양한 단백질 수준의 사료를 섭취한 돼지의 BUN의 농도가 linear하게 증가는 것을 증명하였다. Ko (2004)는 2 단계의 phase feeding system으로 사육된 비육돈의 BUN농도도 돼지의 일령이 증가함에 따라 증가하여 나타나지만, 3단계로 phase feeding system에서 성장한 비육돈의 BUN의 농도에는 변화가 없는 것으로 보고하였다.

바. 영양소의 배출과 환경에 대한 영향

가축분뇨는 처리하는 방법에 따라 자원이 될 수도 있고, 오염원이 될 수도 있다. 특히, 돼지의 분뇨는 포함되어있는 높은 수준의 영양소 때문에 주요한 환경 오염원

이다. 보통 돼지의 분뇨에는 사료의 조성에 따라 소화가 되지 않은 사료의 성분들. 내생물질 혹은 소화되지 않은 세균, 무기질, 사료첨가제 등이 포함될 수 있다 (Sutton 등, 1999). 이것은 돼지에게 제공된 영양소들이 모두 소화 및 이용이가 되는 것이 아니고 남게 되는 것을 의미한다. Kornegay와 Haper (1997)의 연구에서는 영양소가 소화되는 비율이 5%~88%까지 다양하며 10%~70%가량의 영양소가 남게 될 수 있다는 것이 밝혀졌다. 그리고 Kornegay와 Verstegen (2001)는 환경의 영향, 사료의 가공 방법 및 조성, 공급되는 원료의 종류와 양과 가축의 일령 등의 요소들이 특정 영양소의 소화와 배설에 영향을 미칠 수 있다고 보고하였다.

배설되는 영양소의 양을 감소시키는 방법 중 하나는 좀 더 정확하게 성장에 맞는 영양소 요구량을 맞추어 사료를 공급하는 방법이다. 돼지의 영양소 요구량에 충족시키고 영양분의 배출을 최소화 시키는 가장 적절한 방법은 매일 사료의 조성을 변화시켜 주는 것이다. 하지만 이것은 현실적으로 불가능하며, 육성・비육기에 4~6단계의 사료 공급이 적합하다 (Holden 등. 1996). Henry와 Dourmad (1993)은 육성・비육돈에게 2단계 혹은 3단계의 사료를 공급하는 것이 1 단계의 사료만을 급여한 경우에 비해 분으로 빠져나가는 질소가 감소될 수 있다는 것을 증명하였다 (표 15). Heneyman (1996)과 Paik 등 (1996)은 phase feeding이 가축분뇨의 양을 감소시키는 대안으로 주목하였다. Han 등 (1998)은 2%의 CP수준을 감소시킨 사료를 85kg의 돼지에게 공급하면 배출되는 질소의 양이 18%가량 감소한다고

표 15. Phase feeding이 분뇨로 배출되는 질소의 농도에 미치는 영향 (25~105kg)

	Single feed (17% CP)	Two-feed[a] (17% then 15% CP)	Three-feed[b] (17%, followed by 15%, followed by 13% CP)
Nitrogen output, g/day	31.9	29.0	26.7
Percentage of two-feed strategy	110	100	92

[a] Crude protein changed at 55kg.
[b] Crude protein changed at 55 and 75kg.
Adapted from Henry and Dourmad (1993).

발표하였다. 그리고 Jongblod와 Lenis (1992)와 Paik등 (1996)은 phase feeding을 적용하면서 질소와 인의 배설을 2~ 10%까지 감소시킬 수 있다고 보고하였다. 또한 Carter 등 (1996)은 질소의 배출은 사료의 조정을 통해서 35%까지도 감소시킬 수 있다고 제안하였다. Koch (1990)의 연구에 따르면 적절한 일령과 체중에 대한 영양소 요구량을 충족시키는 사료를 급이 하는 phase feeding system은 질소의 배출을 14%정도 감소시키고, 질소의 체내 축적률을 10%가량 상승시킬 수 있다고 보고하였다. Coppoolse 등 (1990)은 한 단계의 사료를 급여하는 것 보다 두 단계의 사료를 급여하는 것이 질소와 인의 배출을 6%정도 감소시키는 데 효과적이라고 제안하였다. 환경에 있어서 영양소 배출의 부정적인 효과는 양돈장 주변에 소화되지 못한 질소들이 암모니아를 생성한다는 것이다. Obrock 등 (1997)은 제한아미노산의 수준을 충족시킨 상태에서 CP수준을 4% 감소시키는 것은 대기로 발산되는 암모니아의 양을 29%까지 감소시킬 수 있다고 밝혔다.

사. 기타 요소

현장에 phase feeding을 적용시키기 위해서는 영양소의 소화율과 이용성을 고려해야 한다. 질소와 인의 배출은 더 소화가 잘되고 이용성이 우수한 원료사료를 사용할수록 감소된다. 또한 돼지의 요구량에 맞는 질소와 인을 공급하기 위해서는 사료 원료의 아미노산과 인의 소화율에 대한 연구의 결과들이 필요하다. Kwon 등 (1997)은 인산일칼슘 (monocalcium-phosphate)은 다른 인산삼칼슘 (tricalcium-phosphate)에 비해 이용성이 좋은 광물질 원료이라고 보고하였다. Van Der Klis와 Versteegh (1996)은 닭에 있어서 inorganic P의 이용성은 55~92%로 다양하다고 보고하였다. 그러므로 소화되지 못하는 영양소에 인한 손실을 감소시키기 위해서 적절한 원료를 선택하는 것은 중요하다.

성별에 따라서 분리하여 사료를 급여하는 것과 phase feeding은 사료 내 영양소 수준과 요구량의 사이에서 최적의 상태를 맞춰줄 수 있다, 보통의 웅돈 (boar)와 거세돈 (barrow)의 경우에 암컷 (gilt)보다 급격히 빠르게 성장한다 (Ekstrom, 1991). 게다가 거세돈과 비교해서 웅돈은 비슷하거나 높은 성장률을 나타내며, 사료섭취량은 감소하여 나타난다 (Bayley와 Summers, 1968). 그러나 암컷의 경우에는 적은 사료를 섭취하지만 높은 사료효율을 나타내며, 도체기준에서 거세돈이나

웅돈에 비해 지방의 축적이 적고 근육함량이 높게 나타난다 (Hahn 등 1995). 그러므로 성별에 의한 영양소 요구량의 차이는 정확한 사료공급을 위해서 고려되어야 할 사항이다. 몇몇의 연구에서는 다른 수준의 아미노산 또는 단백질 요구량이 성별에 의해 변화한다는 것이 입증되어 있다. 동물의 성별은 단백질 50kg 이상에서 영양소 수준에 따라 단백질의 이용성을 결정하는 데 중요하게 작용한다 (Prescott과 Lammimg, 1967; Newell과 Bowland, 1972; Taverner 등, 1977; Cresswell 등, 1975; William 등 1984; Yen 등, 1986a, b). 이들 연구에서 웅돈의 경우가 단백질 이용성이 가장 높게 나타나고, 거세돈의 경우 가장 낮으며, 암컷이 중간정도라고 밝혔져 있다. Cromwell 등 (1993)은 거세돈과 암컷의 단백질과 라이신의 요구량을 조사하였고, 암컷의 경우가 거세돈에 비하여 더 많은 양의 라이신을 필요로 한다고 밝혔다. 그리고 최적의 단백질과 라이신의 요구량은 거세돈의 경우 CP 13% (0.58% lysine), 암컷의 경우 CP 17% (0.90% lysine)으로 제시하였다. Van Lunen (1996)은 성호르몬과 연계되어 있는 내분비계는 돼지의 단백질 축적에 중요한 역할을 한다고 제시하였다. Batterham 등 (1985)의 연구에서는 돼지에게 자유채식 (*ad libitum*) 시킬 경우 웅돈의 라이신 요구량이 암컷에 비해 높게 나타나지만, 사료를 제한급이 하였을 때에는 성별의 차이가 나타나지 않는 결과를 제시하였다. 돼지의 성장을 최대화시키기 위한 사료급이 시스템을 발전은 양돈 사양가가 돼지의 유전적 특성을 이해해야 가능하다. 하지만 돼지의 품종간에 성장률에 대한 유전적 변이가 크게 나타난다. 최근에는 Perdue University에서는 9가지의 품종 간에 일당 증체량의 변이가 35%가량으로 다르게 나타나며, 한 유전적 종에서는 38%까지 나타날 수 있다는 내용을 발표하였다. 몇몇의 연구에서는 유전적 특성에 의해 라이신 요구량도 다르게 나타난다고 보고하였다. 그리고 Stahly (1991)과 Stahly 등 (1998)의 연구에서는 라이신의 요구량이 대략 3~16%까지 medeum-lean pig와 high-lean pig사이에서 차이가 날 수 있다고 밝혔다. Friesen 등(1995)의 결과에서는 72.5~104kg의 high-lean pig의 경우 라이신 요구량이 25g/d로 NRC (1998)의 요구량보다 높은 수준으로 나타났다. 결국 phase feeding은 영양소의 수준의 단계별로 세분화하여 사료를 공급하기 때문에 성별이나 유전적 요소에 의한 영양소 요구량에도 근접하게 충족시킬 수 있다.

과도한 섭취에 의한 영양소의 배설은 돼지의 물질대사와 경제적 손실로 이어진다. 비육기에서 영양소의 배설은 제대로 관리되지 않는 상황에서는 큰 문제가 될

수 있다. 비육 후기에서 사료의 원료를 빼거나 감소시키는 것은 경제적으로 사료비를 절감시키며 환경오염 방지에도 도움을 줄 수 있다. McGlone (2000)은 P, Ca 그리고 미량 무기물을 사료에서 제외시키고 비육기 30일간 돼지에게 급여하였을 때 성장 혹은 육질에 전혀 영향을 미치지 않는다는 것을 증명하였다. 이 결과에 의하면 비육기 사료의 무기물은 충분히 감소시킬 수 있는 부분이며 사료의 비용을 절감하고 무기물의 배출로 인한 환경오염을 감소시킬 수 있다. 도축 전 3~6주간 비육기 사료에서 비타민과 무기질을 감소시키는 것은 돼지의 성장과 도축성적에 전혀 영향을 미치지 않는다 (Kim 등,1997; Mavromichalis 등, 1999; McGlone, 2000). Creech 등 (1998)은 구리, 아연, 철, 마그네슘의 함량을 25, 150, 180, 60mg/kg에서 5, 25, 25, 10mg/kg으로 포유기부터 육성·비육기까지 급여하였을 때와 비교하면, 성장성적에는 전혀 유의적 차이가 나타나지 않았음을 증명하였다. 그러나 분 내 아연과 구리의 농도는 50%가량 절감되는 것으로 나타났다. 무기인산을 도축 전 48~75일까지 급여하지 않았을 경우, 이와 비슷하게 성장성적 혹은 도축성적에 영향을 미치지 않았으며, 분으로 배출되는 인의 농도는 감소하는 것으로 나타났다 (O'Quinn 등, 1997; Michal과 Froseth, 1999). Tian 등 (2001)은 비육돈에게 Zn, Fe, Mn, Cu, I 와 Se를 요구량의 50%만 급여하여도 육질에 전혀 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. Shelton 등 (2004)은 미량광물질을 육성·비육기의 사료에서 제외시키는 것은 돼지의 성장성적을 변화시키지 않지만 도체성적과 육질에는 약간의 부정적으로 작용한다고 보고하였다. 결과들을 토대로 살펴보면 현재 비육후기 사료에 권장되고 있는 광물질의 양보다는 적게 공급해도 돼지의 성장이나 육질에는 문제가 되지 않는 것으로 사료된다.

사료첨가제는 효과적인 사료의 이용성과 질소와 인의 배설을 감소시키기 위해서 사용된다. Jongblod (1992)는 이유자돈과 육성돈에게 사료 첨가제를 급여하였을 경우에 질소와 인의 배설이 각각 7%와 3%감소되었다고 보고하였다. 비전분성 다당류 (NSP)는 탄수화물의 한 종류인데 cellulose, hemicellulose, oligosaccharide와 같은 성분들이 포함된다. Xylanase와 β-glucanase는 밀이나 보리와 같은 곡물의 NSP를 분해하는 효소이다. NSP의 소화율은 매우 낮게 나타나는데 그 이유는 돼지의 소화기관에서 xylanase나 β-glucanase와 같은 효소가 분비되지 않기 때문이다. 또한 이러한 NSP는 단백질과 무기물을 소화되지 못하도록 방해하여 질소와 무기물이 그대로 배설되도록 한다. 그러므로 곡물을 포함하고 있는 사료에 효소

제를 첨가시키는 것은 사료의 효율과 소화율을 증가시킬 수 있는 방법이다. 효소제의 첨가로 인해 밀과 호밀로 이루어진 사료의 단백질 회장소화율이 9% 상승하였다 (Graham과 Inborr, 1993). 반면, Li 등 (1996)과 Hensen 등 (1998)의 논문에서는 섬유질을 분해하는 효소제가 질소의 소화율을 상승시키지 않았다고 보고하였다. 돼지는 원료사료에 포함된 인의 대략 30~40%만을 소화시킬 수 있다. 그 이유는 원료사료에 포함된 인중에 60~80%정도가 돼지가 이용하기 어려운 phytate의 구조를 가지고 있기 때문이다. Phytase는 P의 이용성을 급격히 상승시키는 것으로 보고되고 있다 (Van der Peet-Schwering, 1993; Mroz 등 1994; Kwon 등, 1996ab; Kwon 등, 1997; Jongbloed 등, 1997). Kornegay (1997)은 옥수수와 대두박의 인 생물가는 10~30%라고 보고하였다. 이것은 돼지가 phytate P의 형태가 phytase에 의해 가수분해되고, inorganic P의 형태가 되어야 사용이 가능하다는 것이다. Phytase는 보통의 양돈사료에서 30~50%까지 인의 소화율을 상승시킬 수 있다 (Mroz 등, 1994). Haper 등 (1997)은 낮은 수준의 인이 포함된 사료에 phytase를 첨가하여 육성·비육돈에게 급여하였을 때, 높은수준의 인이 포함된 사료를 급여하였을 때와 비교한 결과 성장성적에 영향을 미치지 않는다고 보고하였다. 사료의 이용성은 β-agonist (Berschauer, 1990)와 rPST (Noblet 등, 1993)으로도 개선시킬 수 있다.

사료의 소화율은 적절한 사료가공으로 개선시킬 수 있다. 가료 가공은 소화효소가 곡물 입자에 쉽게 접근할 수 있도록 입자도를 감소시키는 것과 곡물의 입자표면을 넓게 하는 것, 펠렛화, 전분의 젤라틴화하는 과정을 의미한다 (Wondra 등, 1995). 옥수수의 입자도를 대략 400~1,000 micron으로 작게 하고, 펠렛팅 하는 것은 건물과 질소, 가소화에너지의 소화율을 증가시킨다고 보고되었다. 보통 사료입자의 크기가 미세해지면, 위궤양이 발생될 수 있다고 알려져 있다. 하지만 Vanschoubroed 등 (1971)의 연구에서는 돼지는 가루형태의 사료보다 펠렛화 된 사료에 대한 기호성이 높으며, 펠렛화된 사료의 경우 사료효율이 8.5%가량 증가하고, 단백질 소화율의 경우 3.7%가 상승한다는 결과를 나타내었다. 많은 연구에서 육성·비육기의 돼지에게 펠렛화된 사료를 먹였을 때, 평균적으로 6%가량의 증체율이 개선되었고 6~7%가량이 사료효율이 증가하였다 (Henry와 Dourmad, 1993). 적절한 사료가공의 가장 큰 장점은 항영양인자 (ANF)를 파괴할 수 있다는 점이다. 다양한 ANF (i. e. protease inhibitors, tannins, lectins and amylase

inhibitor)는 대두와 같은 콩과식물의 씨앗에 대부분 포함되어 있다. 사료의 ANF는 단백질 소화율과 흡수의 감소시킨다. 그러므로 적절한 사료가공을 통한 ANF의 제거는 질소 이용율을 증가시키고 질소의 배설을 감소시키는 데 효과적으로 작용한다.

선행연구 결과, 비육기 전체에 높은 영양소의 사료를 공급하는 것은 경제적인 방법이 아니다. 많은 연구자들이 돼지가 높은 사료를 공급하였을 때 항상 잘 자라는 것이 아니라는 것에 동의한다. 또한, 많은 요소들이 (성별, 원료사료, 유전, 환경조건) 돼지의 영양소 요구량에 영향을 미칠 수 있다. 많은 양돈생산자들은 보통 과잉의 영양소를 비육기의 돼지에게 공급하는 것이 단백질 원료와 무기질 인의 첨가가 경제적 측면에서 낭비되는 것뿐만 아니라 환경의 오염원으로 작용하여 바람직하지 못하다는 것을 인식하지 못하고 있다. Phase feeding을 적용하면, 합성 아미노산과 높은 소화율의 원료사료의 사용, 질소와 인의 배설을 감소시킬 수 있다. 그리고 phase feeding을 적용할 때, 사료회사에서 생산해야하는 사료의 양이 증가되기 때문에 여러 단계의 사료를 보관하기 위한 시설도 농장에서도 갖추어야 해서 비용이 증가될 수 있다. 그래서 단계별 사료를 급여하기 위해서는 동물의 시기에 맞는 사료의 요구량에 대한 내용이 확실히 입증되어야 한다 (Jongbloed와 Lenis, 1992).

그러므로, 양돈 산업에 phase feeding을 적용하기 전에 돼지의 성장단계별 영양소 요구량 평가에 대한 연구가 필요하다. 그러나 항상 사료급이 프로그램을 적용할 때, 사료에 대한 손실을 최소화 하겠다는 목표와 영양소원의 선택, 배합비, 사료의 질 개선, 비용 조절 등을 비교하여 실행해야 한다. 그리고 이런 경제적 비교를 지속적으로 해야 하기 때문에 컴퓨터를 이용한 phase feeding system의 조절도 뒷받침 되어야한다.

제 3 절 입붙이사료 급여

1. 이유 후 성장 정체

조기 이유된 자돈은 급격한 환경 변화와 모돈과의 분리, 사육시설의 변화, 한배새

끼들과의 단절, 새로운 서열경쟁, 모유에서 고형사료로의 변화와 이에 따른 대두단백질 등의 사료성분에 대한 일시적인 과민반응 등 많은 스트레스의 노출에 직면하게 된다. 이렇게 2-3주령에 조기 이유된 자돈에서 발생하는 스트레스의 대표적인 문제점은 성장정체를 겪는 것인데, 이는 이유와 동시에 일어난다 (Lecce 등, 1979). 이러한 성장 정체는 이유 후 "growth lag" 또는 "growth check"이라고 불린다. 조기 이유 시스템과 동반되는 이유 후 "growth check"는 과거에 일반적으로 양돈농가에서 감수해야 하는 생산비 항목의 일부로 받아들여지기도 했었다 (Lecce 등, 1979). Growth check는 사료 급이 관리와 환경적 요인에 따라 자돈이 유지에너지의 요구량을 충족시키기 위한 평균 수준의 사료 섭취량에 도달하기 전까지 짧게는 3일에서 길게는 2주까지 지속되는데, 이 기간 동안 체중 감소 (Leibbrandt 등, 1975; Worobec 등, 1999), 사료섭취량의 감소 (Leibbrandt 등, 1975; Bark 등, 1986; Marion 등, 2003; Pie 등., 2004)와 설사 문제가 나타난다 (Lecce 등, 1979; Madec et. al, 1998; Bosi 등, 2004).

일반 농가에서는, 모돈의 젖을 충분히 먹고 자라야 할 포유 자돈의 이유를 성장단계적이 아닌 농장장의 주관적인 기준으로 불시에 실시하는데, 이는 자돈이 스트레스에 더 쉽게 노출되는 결과를 초래한다. 자돈의 이유 일령에 따른 성장성적에 대하여 비교한 연구 결과에서 평균적인 성장 정체는 이유 후 대략 1주일 동안 지속되는 것으로 나타났다 (Leibbrandt 등, 1975; Shields 등, 1980; Fenton 등, 1985). 한 예로 Leibbrandt 등 (1975)은 2, 3 및 4 주령에 이유한 자돈간의 사료섭취량, 성장율과 소화율을 측정하였고, 그 결과 각 그룹의 자돈들은 이유 후 1주동안 성장정체를 보였으나, 이유 주령을 늘릴 수록 일당증체율과 사료 섭취량이 빠르게 회복되는 경향을 보였다. 이러한 결과로 보았을 때 이유일령은 이유 후 환경에 적응하는 능력에 영향을 미친다고 할 수 있다. 이 밖에, Spreeuwenberg 등 (2001)은 자돈이 이유 후 몇 주간 성장 정체를 겪는다고 보고하였다.

최근 한국을 포함한 세계 각국에서 이유후 전신성 소모성 질환 (PMWS), 돼지 피부염 신종 증후군 (PDNS)과 돼지 복합 호흡기 질병 (PRDC) 등과 같은 많은 질병이 발생하고 있다. 이러한 질병은 자돈의 건강성 및 성장정체를 더욱 촉진시키는 역할을 할 수 있으며, 나아가 양돈농가의 생산성에 치명적인 악영향을 미칠 수 있다.

2. 이유 전·후의 입붙이사료 섭취

이유 전·후 입붙이사료의 섭취는 성장성적과 소화기관의 발달 시기를 결정짓는 요소로 작용한다 (Vente-Spreeuwenberg, 2002). 이와 관련하여 Pluske 등 (1997)은 이유 후에 위와 장에서부터 결핍되는 영양소는 세포 감별법과 세포 회전율에 영향을 미칠 것이라 보고하였다. 자돈은 이유 후 스트레스에 각각 다르게 반응하는데, 가장 대표적으로 반응하는 것이 사료섭취라 할 수 있다. 몇몇 자돈들은 처음에는 식욕이 없다가 빠른 속도로 사료를 섭취하고, 다른 자돈들은 처음부터 빠른 속도로 사료를 섭취하기도 한다. Bruininx (2001)에 따르면 이유 후 4시간 이내 50% 이상의 자돈들이 사료를 섭취하지만, 나머지 50%는 새로운 고형사료로의 적응에 50시간 이상을 소요한다고 한다. 이유 후 모돈의 젖에서 생소한 고형 사료로의 영양소 섭취 방식 변화는 낮은 사료 섭취량의 원인이 된다. 입붙이 사료는 포유자돈에게 이유 전 고형사료를 섭취하기 위한 연습의 의미로서 포유자돈 1-2주령 급여된다. 입붙이사료의 급여는 아직까지 그 효과가 명확하게 밝혀진 바가 없지만 (Hampson and Kidder, 1986; Hampson, 1986a; Barnett 등, 1989; Kelly 등, 1990; Pajor 등, 1991; Appleyby 등, 1992) 현재 우리나라의 일반 양돈 농가들은 대부분 이유 전에 입붙이 사료를 급여하고 있다.

이유되어 고형사료에 갑작스럽게 적응해야 하는 자돈들은 더딘 성장과, 낮은 혈중 glucose, 혈중 높은 유리지방산과 낮은 간 내 glycogen 축적율을 나타낸다고 하였고 (Funderburke 등, 1990), 이러한 문제를 해결하기 위해 이유 전 입붙이 사료를 급여하였으나, 사료섭취량 감소와 이유 후 성장정체를 오히려 유발시킬 수도 있다는 Funderburke 등 (1990)의 연구결과도 있었다. 반면에, 입붙이 사료 미급여 자돈들은 입붙이 사료를 급여한 자돈들에 비하여 유의적으로 높은 고형사료 섭취율을 나타내었다는 연구결과가 발표되기도 하였다 (Hampson 와 Kidder, 1986).

이러한 반응의 차이는 자돈 간 입붙이 사료 섭취량의 변이차 또는 입붙이 사료의 복잡성에서 기인하는 것으로 보인다 (Bruinninx 등, 2004). 한편 몇몇 자돈들은 소화기관이 빠르게 발달하여 조기에 고형사료로의 적응이 용이해져 입붙이사료의 섭취가 증가하게 된다 (Aumaitre, 1972). 체형 변화와 빠른 성장율은 성숙도를 가늠하는 척도로 이용되며, 이러한 메커니즘은 큰 체형의 자돈들이 더 많은 입붙이

사료를 섭취한다는 추측할 수 있는 근거가 된다 (Pajor 등, 1991). 입붙이 사료는 돈유의 영양소 불균형을 잡아주며 (Algers 등, 1990), 저체중 이유자돈의 영양소 공급원이 될 수도 있다는 연구결과가 있었지만, Bruinninx 등 (2004)은 자돈의 입붙이 사료 섭취와 체중 사이에는 연관성이 없으며, 11일령 이유한 자돈과 28일령 이유한 자돈 간 성장에 특별한 차이가 없다고 보고하기도 하였다. 현재 이렇게 입붙이 사료와 관련된 연구의 경우 일관된 결과를 보이지 않고 있으며, 추가적으로 각각 개별 국가의 상황이나 환경에 따른 검증 실험이 필수적인 상황이다.

3. 이유일령이 농장성적에 미치는 영향

일반 농가에서 이유일령은 일반적으로 매주 분만한 모돈의 숫자와 포유가 가능한 분만틀의 개수와 얼마나 효율적으로 포유공간이 사용되는가에 따라 결정된다 (Main 등, 2004). 게다가 일반 양돈 사육 농가의 시스템에서는 최소한의 사양관리 품질 기준만 충족시켜도, 이유된 자돈은 공통적으로 성장성적에서 같은 값의 잠재력을 가진다고 하였다 (Main 등, 2004). 그러나 이러한 추측은 과학적으로 검증되지 않았으며, 이유 일령이나 이유 체중의 증가 또는 감소에 대해 연구된 논문이나 학술발표가 미비한 실정이다. 조기 이유가 이유자돈의 성장이나 생존율뿐 아니라 수익을 극대화할 것이라는 이론은 실제로는 오히려 모돈 화전율을 떨어뜨리고, 이유자돈의 성장이나 생존율을 개선시키지 못하는 것으로 나타났다 (Fenton 등, 1985). 이유는 일령을 불문하고 자돈에게 극심한 스트레스를 주며, 이와 함께 창자 독소생성 대장균과 같은 질병의 감염과 설사를 유발하는 결과를 초래할 수 있기 때문이다 (Bosi 등, 2004). 이유 시 일령이 낮고 저체중의 자돈일수록 온도를 높여주고, 소화율이 좋은 곡류와 식물성 단백질을 공급해 주어야 하며, 식욕이 없고 질병 저항성이 낮다고 알려져 있다 (Aherne 등, 1992). 수의사와 양돈 생산가들은 건강한 돼지들이 성장이 빠르고 질병에 걸린 돈군에 비하여 사료 효율이 좋다고 하였다. 많은 생산가들은 지난 10년간 격리조기 이유 (SEW, segregated early weaning)를 시행하였고, 이 방식은 모돈 농장의 생산성 지표인 PSY 향상과 포유자돈의 성장성적 향상에 효과적이라 보고됐었다 (Harris, 1988; Williams 등, 1997). 그리고 이와 비슷한 현상으로 SEW 시스템은 자돈의 면역학적인 스트레스

를 감소시켜 면역 시스템의 활성에 적은 에너지 소비 결과를 나타낸다고 보고하기도 하였다 (Feedstuffs, 2006). 많은 나라의 사양 농가에서 SEW 방식이 사용되어 왔다. SEW는 기존의 사양방식과는 다르게 10-14일령 자돈들이 이유되어 다른 농장 시설로 이동되어 자돈으로의 질병 전염성 차단과 모돈의 생산성 향상에 효과적인 사양 방식이다. 조기 이유의 장점은 높은 성장율과 (Dritz 등, 1996) PSY의 향상을 기대할 수 있다는 것이지만, 비육기 까지 성장의 일관성을 기대할 수 없고, 비정상적인 사료섭취량, 체미돈 발생의 증가와 체중의 균일성이 떨어진다는 단점이 있다 (Hohenshell 등., 2000). 비록 격리 조기 이유된 자돈들이 건강하지 않다고 해도 그들의 어미돼지에서 전이된 항체가 존재하므로, 자돈들을 일정량의 질병 예방과 육성·비육기의 성장에 크게 영향을 미치는 호흡기 질환에 저항성을 가진다. Drum 등 (1998)은 생후 10일 후 조기 이유된 자돈들이 4주령에 이유된 자돈보다 체중이 17% 증가하였다고 발표하였다. Walker 와 Wiseman (1994) 또한 SEW (생후 10일 이유)된 자돈이 4주령 이유된 자돈에 비하여 ADG가 16% 향상되었다고 보고하였다. 그러나 Fangman 등 (1996)은 격리 조기 이유와 기존 이유 방식간에 어떠한 통계적 유의차도 발견하지 못하였다고 보고하였다. SEW 방식으로 사육되는 자돈의 ADFI는 일관적이지 않다. On site와 off site 간 이유자돈의 사료섭취량에서 6주간 사양실험 결과 ADFI가 향상되었다고 보고된 연구가 있는 반면 (Drum 등, 1998; Patience 등, 2000), 차이가 없다는 연구 결과도 발표되었다 (Beaulieu 등, 2006).

액상 급이 (Kim 등, 2001), 선택급이시스템 (Lawlor 등, 2003), 유제품과 동물혈장단백질을 이용하여 품질을 강화한 사료급이 (Grinstead 등, 2000; Pierce 등., 2005), weaning off-site는 이유 후 스트레스를 저감하는데 도움을 준다. 이러한 시도들은 이유일령에 영향을 미치며 자돈기와 이유부터 출하까지 전반적인 농장의 성적에도 영향을 준다. Fenton 등 (1985)은 2주령에 이유한 자돈이 5주령에 이유한 자돈보다 체중이 덜 나가기 때문에 이유 후 성장률이 뒤쳐진다고 보고하였다. 두 그룹 모두 6주에서 8주령의 체중은 비슷하였다. 이유를 늦게 한다고 해서 이유를 빨리 하는 것보다 “growth check” 가 일어나는 것은 아니다. 이유를 빨리 한 자돈은 늦게 한 자돈보다 상대적으로 사료섭취량이 이유 후 첫 주에 떨어진다. 하지만 6-8주령에는 두 그룹의 사료섭취량은 비슷하며, 2주-5주령으로 성장하면서 자돈의 체지방 함량은 증가되게 된다. 2주령에 이유한 자돈은 약 25%의 체지방

이 이유 후 첫 주에 손실되지만, 이보다 늦게 이유한 자돈은 이러한 경향을 보이지 않는다. 자돈이 2주-5주령으로 성장하면서 지방 합성이 지방 조직보다 간에서 활발하게 이뤄졌고, 전체 실험기간 내내 일정하게 유지되었다. 지방 조직의 지방합성은 자돈기에는 낮지만 2주령에 이유한 그룹에서는 5주령, 5주령에 이유한 그룹에서는 7주령에 급격하게 증가했다. Fenton 등 (1985)은 이유일령이 체지방 조성에 영향을 끼치며, 돼지가 성장함에 따라 간 조직 보다는 지방 조직이 지방합성 능력에 더 많이 영향을 끼친다고 보고하였다. 간은 지방을 합성하는 조직으로 알려져 있는데 상대적으로 8주령 까지는 합성 활력이 상대적으로 일정하게 유지된다고 한다. Darby technical bulletin-다비육종 기술 박람회 (2000) 에서는 3주령 이유된 자돈의 체중은 6.8kg, 4주령 이유된 자돈의 체중은 7.7kg이라고 보고하였다. 이러한 이유 시 체중과 일령의 차이는 자돈의 성장성적에 영향을 끼친다. 이유 후 63일째에 3주령 이유된 자돈의 체중은 36.9kg, 4주령 이유된 자돈의 체중은 42.4kg 이었다. 비록 두 처리간 이유자돈의 체중이 같을 지라도 이후의 성장성적은 다르게 나타났다. 21, 24 및 28일령에 이유한 7.0kg 이유자돈의 체중은 이유 후 63일째에 각각 37.5, 38.7, 40.1kg이었다. Udomprasert (2001)은 23일 이전에 이유를 하게 되면 자돈의 성장이 낮아지는 경향이 있다고 보고하였다. 자돈의 성장율은 이유일령이 23일에서 20일로 빨라짐에 따라 감소하였다. 20일 이전에 이유를 하게되면 포유자돈의 일당증체량은 급격하게 감소한다. Udomprasert (2001)은 이유일령이 포유자돈의 일당증체량에 약 52% 정도 변동-변이 (variability)을 준다고 보고하였으며, Geary and Brooks (1998)도 이와 비슷하게 이유일령이 이유 후 4주동안의 일당증체량에 32%만큼 변동-변이(variability)을 준다고 보고하였다.

Udomprasert (2001)는 이른 이유에 의한 낮은 성장률에 대한 명백한 세 가지 이유가 있다고 보고하였다.

(1) 이유 후 set back (지연, 역행, 차질)의 정도가 이유일령이 빠를수록 커진다 (Muirhead and Alexander, 1997).
(2) 조기 이유는 자돈의 점막 균총 (mucosal flora)의 발달 차이 때문에 질병을 유발시킬 수 있다.
(3) 백신은 이른 이유 자돈의 성장을 일시적으로 지연시킨다 (Drum 등, 1998).

백신에 의한 증체 지연은 단기적 영향을 끼치는 것으로 보이나 몇몇 바이러스성 질병에 대해서만큼은 백신을 하는 것이 성장성적을 위해 필요하다 (Udomprasert, 2001). Dritz 등 (1996)은 이유일령 (9일과 19일)과 자돈사료의 complexity (복합성)이 이유부터 109kg에 도달할 때까지 성장성적과 지육 조성에 미치는 영향에 대해서 연구하였고, 1주령에 이유한 자돈이 3주령에 이유한 자돈보다 이유 후 37일~118일 동안 체중이 덜 나갔지만 109kg에 도달하는 날짜는 비슷하다고 하였다. 추후의 육성·비육 기간에서 사료의 복합성이 성장성적과 지육조성에 영향을 미치는 결과가 나타났으며, Dritz 등 (1996)의 실험과는 다르게 Leibbrandt 등 (1975), Lindemann 등 (1986), Mahan and Lepine (1991)은 이유체중이 성장성적에 영향을 끼친다고 보고하였다. Dritz, 등 (1994)은 9일에 이유를 하든 19일에 이유를 하든 성장성적은 비슷하다고 보고하였다. 건강상태와 사육환경이 유사하다면 생후 9일에 이유한 자돈이 19일에 이유한 자돈에 뒤지지 않는 층제를 할 수 있다고 하였다. Hohenshell 등 (2000)은 동일한 사육환경 내에서 이유일령 (조기이유 vs 관행적 이유)이 성장특징과 행동에 변화를 줄 수 있는지 그 효과를 조사하였다. 이 실험에서 이른 이유는 8일에서 13일령에 실시했고 늦은 이유는 27~34일령에 실시했다. 이유 후 4일 동안, 이른 이유 자돈은 늦은 이유자돈에 비해서 자돈간의 위계질서를 형성하기 위해서 더 많은 시간을 놀이와 투쟁에 소비하였다. 행동항적 차이는 이유 한 직후에만 발견되었다. 이른 시기에 이유한 자돈은 놀이와 싸움에 더 많은 시간을 쓰는데 이러한 특정 행동의 복잡성은 설명하기가 상당히 까다롭다고 언급하였다. 놀이는 가장 좋은 행동학적 지표로 보이나 공격적인 행동은 부상을 입히기 때문에 특히 좋지 않는 행동학적 결과로 여겨진다. 10일경에 이유한 자돈이 서열을 위해서 놀이와 싸움을 더 많이 하는 이유는 30일경에 이유한 자돈이 이미 이유 전에 자신의 어미 모돈 그룹 내에서 서열을 정해봤기 때문이라고 분석하기도 하였다. Madec 등 (1998)은 27.2일 이유, 산자수 9.8 두, 이유시 체중 8.1kg인 자돈의 일당증체량은 이유 후 14일 동안에는 283g, 그 다음 14일 동안에는 489g이라고 보고하였다. 또한 잠복기간 3~4주 후에 각 돈사 내 각 팬에서 설사가 발생하는 것을 관찰했다. 유병기간은 이유 후에 최대 대략 7~9일 이였으며, 이유 후 21일까지 지속되었다. 위 실험에서 실험자들은 여러 가지 변이가 나오는 요인을 자돈이 받아들일 수 있는 위생 수준과 관리 수준 그리고 축산업 수준이 위험하거나 안전한 개요를 이끌 수 있기 때문이라고 결론 내렸다.

제 3 장 연구 개발 수행 내용 및 결과

제 1 절 저가 사료 및 성장단계별 사료 급여 프로그램의 농장 적용 연구: 백암농장

* 농장 현황 및 전경

- 경기도 용인 소재, 육성 · 비육돈 사육, 약 1,200두 규모
- 돈사 4동, 돈방당 약 15두 수용

1. 요　　약

본 실험은 기획사료를 통해 사육단계별 급여프로그램을 적용하여 양돈 경제성을 개선하고자 하는 목적으로 경기도 용인시에 소재한 약 1,200두 규모의 위탁사육 농장인 백암농장에서 진행 되었다. 사양실험을 위해 평균 체중 56.4kg의 비육돈 120두를 공시하였으며, 전체 2 처리 4반복으로 돈방당 15두씩 성별에 상관없이 체중에 따라 임의 배치하였다 (RCBD, Randomized complete block design). 처리구는 1) 기존사료 : 현 농장에서 급여하는 사료와 급여 방법, 2) 기획사료 : 대체원료를 사용하여 비용을 절감한 사료와 단계별 급여방법을 적용한 처리구로 설정하였다. 기존사료 처리구는 실험 전 기존의 사료 급여 방식에 따라 출하시 까지 육성기 사료를 급여 하였으며, 기획사료 처리구는 체중의 변화에 따라 두 단계로 나누어 급여를 실시하였다. 개시, 육성 종료와 비육 종료 시에 체중과 사료 섭취량을 측정하여 일당증체량 (average daily gain ; ADG), 일당사료섭취량 (average daily feed intake ; ADFI) 및 사료요구율(feed conversion ratio ; FCR)을 계산하였다. 실험기간은 9월 26일 ~ 11월28일 까지 56일간 진행되었고 실험 개시부터 종료까지 실험돈의 돈사 이동 없이 진행되었으며, 출하체중에 먼저 도달한 성장능력이 우수한 실험돈을 고려하여 전체 평균 100.1kg에 실험을 종료 하였다. 또한 육질분석을 위해 실험종료 후에도 처리별로 사료를 급여하여 출하하였다.

사양 실험 결과, 처리간 종료체중의 평균을 비교하였을 때 기존사료에 비해 기획사료가 2.08kg높게 나타났으며, 실험기간이 56일로 다른 농장에 비해 상대적으로 짧은 기간임을 고려할 때 2kg의 증체량 차이는 상당한 의미가 있을 것으로 사료된다. 체중과 마찬가지로 일당증체량도 기존사료 0.761kg, 기획사료 0.798kg으로 기획사료가 기존사료보다 높게 나타났다. 처리별 각각의 총 사료 급여량은 기존사료 7789.4kg, 기획사료 7945.2kg으로 기획사료가 기존사료에 비해 155.7kg 높게 나타났다. 이것을 두당 사료 섭취량으로 보면 각각 기존사료 129.82kg, 기획사료 132.42kg으로 기획사료를 급여할 경우 출하 시 까지 약 2.60kg의 사료를 더 섭취하는 것으로 나타났다. 사료 요구율은 기존사료 3.043, 기획사료 2.961로 기획사료가 기존사료보다 낮은 요구량을 나타내었으며, 결과적으로 증체량과 섭취량 대비 기획사료가 높은 사료효율을 보였다. 사료단가를 통해 두 사료 급여형태의 경제성을 분석한 결과 사료단가는 기존사료 780원, 기획사료 477원으로 기존사료가 303원

대비 약 1.8배 높았다. 이러한 결과를 토대로 사료섭취량과 사료단가를 계산하면 돼지를 1kg 증체시키기 위한 사료비는 기존사료 2,374원, 기획사료 1,412원으로 기획사료를 이용할 경우 농장에서 사용되던 기존 사료에 비해 kg 당 961원을 절약할 수 있는 것으로 나타났다. 출하돈의 평균체중은 기존사료 116kg, 기획사료 117.7kg으로 출하체중으로 인한 차이는 없는 것으로 사료된다. 지육율은 0.47%로 기존사료가 높았으며, 등지방 두께는 기존사료 22.3mm, 기획사료 21.7mm로 기획사료가 0.6mm 낮은 것으로 나타났다. 이에 반해 A-B등급 출현율을 보면 기존사료 86%, 기획사료 100%로 기획사료를 적용할 경우 기존 사료에 비해 높은 A-B 등급을 기대할 수 있는 것으로 나타났다.

결론적으로 기획사료를 육성·비육돈에게 급여하였을 경우 더 높은 성장률과 사료섭취량 및 사료효율을 보이는 것으로 나타났으며, 우수한 가격경쟁력 및 육질 개선효과가 관찰되었다. 따라서 일반 양돈 농가들이 기획사료를 이용할 경우 생산비 절감과 동시에 양돈 수익성을 향상 시킬 수 있을 것으로 사료되며, 이러한 수익성의 증가는 외국 양돈 선진국들과의 FTA발효 이후 한국 양돈의 경쟁력을 향상시킬 수 있는 계기가 될 수 있을 것으로 사료된다.

2. 서 론

국내 사료 산업은 원료사료 수급의 대부분을 외국 수입물량에 의존해왔다. 따라서 연이은 국제 곡물가의 상승은 주요 사료 곡물로 이용되는 옥수수, 대두, 밀 등의 가격을 가파르게 상승시켰으며 이는 양돈 사료용 곡류 수급에 상당한 어려움을 유발하였고 이로 인해 사료 가격 또한 급격하는 결과가 초래되었다. 사료가격의 상승은 고스란히 양돈 농가의 부담으로 전가될 수밖에 없으며, 이는 생산원가를 상승시키고 최종적으로 소비자의 부담을 증가시키게 된다. 따라서 이러한 상황을 해결하기 위해 바이오 연료의 생산에 이용되는 주요 곡물의 첨가량을 줄이고, 이들을 대체할 수 있는 대체사료를 탐색하고 개발하고자 다양한 해결책들이 시도되었다. 미국의 경우 바이오 연료의 생산 증진 정책과 더불어 옥수수의 바이오 에탄올 생산에 의한 부산물인 DDGS (Distillers Dried Grains With Solubles)의 대체 원료로써의 가능성을 찾는 연구가 활발히 진행되고 있다 그러나 국내의 경우 바이오 에탄올 생산량이 적어 DDGS (Distillers Dried Grains With Solubles)와 같은 바이오 연

료 부산물의 생산이 극히 제한되어 있기 때문에 수급이 용이한 대체원료들을 물색하고 있다.

이러한 맥락에서 팜박 (palm kernel meal)과 야자박 (copra meal) 등 열대 박류는 가격이 옥수수나 대두박에 비해 월등히 낮고 열대지방에서 다량 생산되는 부산물이라는 장점을 가져, 곡류 원료사료 대체용 원료로 부각되고 있다. 팜박은 열대성 열매인 팜에서 기름을 추출하고 남은 부산물이며, 야자박은 코코넛에서 기름을 추출하고 남은 부산물이다. 팜박은 단백질의 함량이 15~18%, 야자박은 단백질함량이 21~25% 정도로 옥수수나 소맥피에 비해 높은 편이며, 반추동물, 토끼 등의 사료로 이용되어 왔다. 하지만 이 원료사료들은 높은 섬유소 함량과, 낮은 기호성, 필수 아미노산의 부족, 높은 비전분성다당류 (NSP, non-starch polysaccharide) 함량으로 인해 단위 동물의 사료로 사용하기에는 제한이 따르고 있다. 팜박과 야자박의 비전분성다당류 (non-starch polysaccharide)는 대부분이 만난 (mannan)이며, 건물기준으로 팜박은 30~35%의 mannan을, 야자박은 25~30%의 mannan을 함유하고 있다. Mannan은 단위동물에 있어서 매우 심각한 항영양인자 (anti-nutritional factor)로 알려져 있다. Mannan은 돼지에 있어서 포도당 대사 (glucose metabolism)를 방해하며 insulin의 분비를 억제하는 부정적인 영향을 미친다는 보고가 있으며 (Leeds 등, 1980), Rainbird 등 (1984)의 연구에서 돼지의 공장 내에 mannan함량이 높은 guar gum을 6.7g/L을 주입하였을 때, glucose의 흡수가 50%정도 감소하는 것이 관찰되었다. 이외에도 다양한 연구에서 mannan이 glucose의 흡수와 insulin 분비의 방해, gastric emptying의 감소, 순환적인 insulinotropic peptide 및 IGF-I의 분비의 감소 등에 영향을 미침이 밝혀졌다 (Sambrook과 Rainbird, 1985; Nunes 와 Malmlof, 1992).

따라서 바이오틴, NaOH, 효소 등의 첨가를 통해 야자박과 팜박에 대한 단위동물의 이용효율을 증진시키기 위한 연구가 진행되어 왔으며 (Oloyo, 1991; Nwokolo et al, 1970; Dingle et al, 1997), 최근의 연구에 따르면 미생물 (bacteria)나 곰팡이 (fungi) 등에서 생산되는 mannanase를 돼지나, 육계 등의 사료에 첨가하였을 때, 사료 효율이나 사양성적을 증진 시킬 수 있다는 것이 밝혀졌다 (Jackson et. al., 1999). Mannanase는 mannan의 β-1,4 glycosidic 결합을 가수분해 하는 역할을 한다. 따라서 mannan을 분해하는 효소인 mannanase를 사료에 첨가할 경우 mannan의 부정적인 기능을 억제하고 이용성을 증가시킬 수 있을 것으로 사료되며,

이를 통해 야자박과 팜박의 이용성을 증가시키고 단위동물 사료로의 이용범위를 확장할 수 있으리라 판단된다.

따라서 본 연구는 이러한 배경을 바탕으로 대체원료를 상당부분 함유한 저가 기획사료의 공급을 통해 사육단계별 급여프로그램을 개선하고 생산비 절감을 위한 돼지의 사양관리 방법을 개발하기 위하여 수행되었다.

3. 실험 방법 및 재료

가. 농장소개

육성·비육돈 실험을 진행한 백암농장은 경기도 용인시 처인구 백암면 석천리 192-1번지에 위치한 약 1,200두 규모의 육성·비육 위탁사육 농장이며, 2010년 말부터 2011년 초까지 발생한 FMD로 전 두수가 매몰되었던 농장으로 2011년 여름에 재 입식을 시작하였다. 농장은 도로변에 위치하여 접근이 용이한 반면, 다른 양돈농가들이 다수 위치한 지역에 있어서 방역상 취약점을 가지고 있었다. FMD의 영향으로 돈사 외부에 약 1m 높이의 울타리가 설치되어 있었으며, 차량 소독기가 설치되어 있고 출하대는 농장 외부로만 차량이 접근할 수 있도록 되어 있었다. 농장의 구성은 약 50m 길이의 건물 4동, 창고, 사택, 분뇨 정화조로 구성 되어 있으며, 윈치 돈사로 우레탄으로 내부 시공이 되어 있었다. 돈사 바닥은 30%의 철-슬랏과 70% 콘크리트 바닥으로 이루어져 있었으며, 철-슬랏 밑으로 분뇨 처리를 위한 스크래퍼가 설치되어 있었다. 농장은 2명의 직원이 운영을 하고 있었고 모든 돈사는 자동라인이 설치되어 관리가 용이하도록 되어 있었다. 분뇨는 스크래퍼를 (주 2회 작동) 통해 정화조로 수집된 뒤 외부업체의 외주를 통해 처리되고 있었으며, 슬러리 돈사보다 가스발생량이 적어 쾌적한 환경을 유지 하고 있었다. 돈사 구조상 동선은 편리하게 만들어져 있지만 좁은 공간에 돈사가 밀집되어 있어서 돈군 이동이나 특히 출하 시 불편한 점이 있었다.

나. 실험 동물 및 실험설계

평균 체중 56.4kg의 비육돈 120두를 공시하였으며, 전체 2 처리 4반복으로 돈방당 15두씩 성별에 상관없이 체중에 따라 임의 배치하였다 (Randomized complete block design, RCBD). 처리구는 1) 기존사료 : 현 농장에서 급여하는 사료와 급여방법, 2) 기획사료 : 대체원료를 사용하여 비용을 절감한 사료와 단계별 급여방법을 적용한 처리구로 설정하였다. 기존사료 처리구는 실험 전 기존의 사료 급여 방식에 따라 출하시 까지 육성기 사료를 급여 하였으며, 기획사료 처리구는 체중의 변화에 따라 두 단계로 나누어 급여를 실시하였다. 개시, 육성 종료와 비육 종료 시에 체중과 사료 섭취량을 측정하여 일당증체량 (average daily gain ; ADG), 일당사료섭취량 (average daily feed intake ; ADFI) 및 사료요구율(feed conversion ratio ; FCR)을 계산하였다.

다. 실험 사료

기존사료 처리구는 실험 농장에서 사용하던 기존의 사료를 급여하였고, 기획사료 처리구의 경우 낮은 가격의 대체원료 사료를 급여 하였다. 기획사료는 옥수수·대두박에 비해 가격이 낮은 팜박으로 일부를 대체한 사료이며 육성 · 비육기를 30~50kg, 50~80kg 및 80kg 이상 세단계로 구분하여 급여하였다. 정확한 사료섭취량을 기록하기 위해 지대사료를 주문하여 각 돈방별로 급이 하고 기록하였다.

라. 사양 실험

실험기간은 9월 26일 ~ 11월28일 까지 56일간 진행되었고 실험 개시부터 종료까지 실험돈의 돈사 이동 없이 진행되었으며, 출하체중에 먼저 도달한 성장능력이 우수한 실험돈을 고려하여 전체 평균 100.1kg에 실험을 종료 하였다. 또한 육질분석을 위해 실험종료 후에도 처리별로 사료를 급여하여 출하하였다.

마. 경제성 분석

기획사료에 의한 생산비 절감 효과를 규명하기 위하여 사료단가를 통해 경제성 분석을 실시하였다. 전반적으로 제반 부대비용을 고려하지 않고 사료비용만을 기준으로 하였으며, 사료섭취량과 kg당 사료 가격을 통해서 kg 증체당 사료비와 총 사료비를 계산하여 처리구간 차이를 비교하였다.

바. 육질 분석

2011년 6월 1일부터 돼지등급판정 기준은 1+A, 1A, 1B, 2A, 2B, 2C, 등외로 변경 되었으며, 육질등급과 육량등급으로 나뉜다. 육질 분석은 축산물품질평가원의 등급판정서를 받아 분석하였으며, 2개의 처리를 구분하기 위해 분리하여 출하하였다. 적절한 출하시기를 선정하기 위해 총 120두의 실험돈에서 먼저 출하체중에 도달하는 개체들을 각 처리별로 30두씩 선발하여 출하를 하였다. 본 농장에서는 출하시 각 개체별로 체중측정을 하여 110kg~120kg 사이의 돈군을 처리별로 선발하여 출하 후 등급판정 확인서를 통해서 지육율, 등지방 두께, A-B등급 출현율을 비교하였다. 돼지고기 규격등급은 도체중 기준으로 A등급은 83~95kg, B등급은 78~99kg이며 이에 따라 A-B등급 출현율을 나타내었다.

4. 연구 결과 및 고찰

가. 사양성적

기획사료 및 성장 단계별 급여가 백암농장 비육돈의 사양성적에 미치는 영향을 표 16에 나타내었다. 실험개시는 기존사료 56.42kg, 기획사료 56.44kg으로 시작하였으며, 종료체중은 기존사료 99.08kg, 기획사료 101.16kg이었다. 처리간 종료체중의 평균을 비교하였을 때 기존사료에 비해 기획사료가 2.08kg높게 나타났으며, 실험기간이 56일로 다른 농장에 비해 상대적으로 짧은 기간임을 고려할 때 2kg의 증체량 차이는 상당한 의미가 있을 것으로 사료된다. 체중과 마찬가지로 일당증체량도 기존사료 0.761kg, 기획사료 0.798kg으로 기획사료가 기존사료보다 높게 나타났다.

팜박과 관련된 초기 실험들은 대부분 단위동물사료 내에서 팜박을 첨가하는 것이 동물의 성장에 악영향을 미칠 수 있다고 보고하였다 (Oyenuga, 1968; Babatunde 등, 1975). 이는 팜박 내 단백질 함량이 18% 이상이라 하여도 단백질의 질에 문제가 있다는 것으로, 이외에도 원료의 가공과정에서 발생할 수 있는 차이 또한 사료 원료로서 사용할 수 없는 이유로 제시되었다. 이에 반해 1998년 Siriwattananukul에 의해 진행된 연구에 따르면 팜박을 아미노산과 함께 비육기 사료 내에 첨가할 수 있음이 제시되었고, 특히 라이신과 트레오닌 및 메치오닌을 함께 첨가하면 기존 사료에 비해 더 나은 일당증체량, 사료효율 및 사료비를 얻을 수 있다고도 보고하였다. 본 실험에서도 이와 마찬가지로 팜박을 포함한 기획사료를 급여하였을 경우에 일당증체량이 증가되는 경향을 보였다. 또한 기획사료의 경우 사료섭취량이 증가하는 경향을 보였는데 이는 팜박을 사료 내에 첨가할 경우 소화기관 내의 장 내용물 통과속도가 팜박의 높은 식이섬유소 함량 때문에 가속화되어 기존의 옥수수 위주의 대조구 사료보다 사료섭취량을 향상시킬 수 있다고 보고했던 Onwudike (1986), Ezieshi와 Olomu (2004) 및 Sunde 등 (2005)의 연구와 동일한 결과였다.

표 16. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 백암농장 비육돈의 성장에 미치는 영향

항 목	처 리 구[1]		차 이[2]
	기존사료	기획사료	
실험 샘플, 두수	60	60	
체중, kg			
개시 (0일)	56.42	56.44	−
종료 (56일후)	99.08	101.16	−2.08
체중 증체량, kg			
전체 (0~56일)	42.66	44.72	−2.06
일당증체량, kg			
전체 (0~56일)	0.761	0.798	−0.037

[1] 기존사료 : 실험농장에서 기존에 사용하던 사료 급여, 기획사료 : 기획사료를 성장 단계별로 급여
[2] 차이=기존사료−기획사료

나. 경제성 분석

기획사료 및 성장 단계별 급여가 백암농장 비육돈의 사료섭취량과 경제성에 미치는 영향을 표 17에 나타내었다. 처리별 각각의 총 사료 급여량은 기존사료 7789.4kg, 기획사료 7945.2kg으로 기획사료가 기존사료에 비해 155.7kg 높게 나타났다. 이것을 두당 사료 섭취량으로 보면 각각 기존사료 129.82kg, 기획사료 132.42kg으로 기획사료를 급여할 경우 출하 시 까지 약 2.60kg의 사료를 더 섭취하는 것으로 나타났다. 사료 요구율은 기존사료 3.043, 기획사료 2.961로 기획사료가 기존사료보다 낮은 요구량을 나타내었으며, 결과적으로 증체량과 섭취량 대비 기획사료가 높은 사료효율을 보였다. 사료단가를 통해 두 사료 급여형태의 경제성을 분석한 결과 사료단가는 기존사료 780원, 기획사료 477원으로 기존사료가 303원 대비 약 1.8배 높았다. 이러한 결과를 토대로 사료섭취량과 사료단가를 계산하면 돼지를 1kg 증체시키기 위한 사료비는 기존사료 2,374원, 기획사료 1,412원으로 기획사료를 이용할 경우 농장에서 사용되던 기존 사료에 비해 kg 당 961원을 절약할 수 있는 것으로 나타났다. 총 실험기간 동안의 사료비 합은 기존사료 6,075,576원, 기획사료 3,789,860원으로, 기획사료가 60두 기준 2,285,716원의 절감효과를 발휘하는 것으로 나타났다. 이러한 차이를 단순히 실험돈이 아닌 농장의 총 두수로 생각한다면 기획사료의 사용은 농장에 상당한 경제적 이익을 가져다 줄 것으로 사료된다.

표 17. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 백암농장 비육돈의 사료섭취량과 경제성에 미치는 영향

항 목	처 리 구[1]		차 이[2]
	기존사료	기획사료	
실험 샘플, 두수	60	60	
사료 섭취량, kg			
총 사료급여량	7,789.4	7,945.2	−155.7
두당 사료섭취량	129.82	132.42	−2.60
평균 증체량, kg	42.66	44.72	−2.06
사료 요구율[3]	3.043	2.961	0.082
사료 단가	780.0	477.0	303.0
경제성 분석, 원			
1kg 증체당 사료비[4]	2,374	1,412	961
총 실험기간 사료비[5]	6,075,576	3,789,860	2,285,716

[1] 기존사료 : 실험농장에서 기존에 사용하던 사료 급여, 기획사료 : 기획사료를 성장 단계별로 급여
[2] 차이 = 기존사료−기획사료
[3] 사료 요구율 = 두당 사료섭취량/평균증체량
[4] 1kg 증체당 사료비 = 사료 요구율 X 사료 단가
[5] 총 실험기간 사료비 = 두당 섭취량 X 실험 두수 X 사료 단가

다. 육질 분석

기획사료 및 성장 단계별 급여가 백암농장 비육돈의 육질에 미치는 영향을 표 18에 나타내었다. 출하돈의 평균체중은 기존사료 116kg, 기획사료 117.7kg으로 출하체중으로 인한 차이는 없는 것으로 사료된다. 지육율은 0.47%로 기존사료가 높았으며, 등지방 두께는 기존사료 22.3mm, 기획사료 21.7mm로 기획사료가 0.6mm 낮은 것으로 나타났다. 이에 반해 A-B등급 출현율을 보면 기존사료 86%, 기획사료 100%로 기획사료를 적용할 경우 기존 사료에 비해 높은 A-B 등급을 기대할 수 있는 것으로 나타났다. 축산물품질평가원의 경락가격을 통해 육량등급에 따른 차이를 보면 육량등급에서 A와 B등급은 약 200원의 차이를 나타내며, C등급은 약 500원, 등외는 약 1500원 가격이 차감된다. 이러한 결과는 대략적인 추정치이며, 통계적인 수치는 아니지만 농가의 수익성을 생각할 때 돼지의 가격에 큰 영향을 미치는 등급 즉 A-B 출현율은 농가의 수익성을 결정하는 매우 중요한 요소가 된다.

선행 연구결과들을 보면 야자박과 팜박의 첨가는 옥수수에 비해 상대적으로 낮은 에너지 함량으로 인해 필연적으로 사료 내 지방함량을 증가시키게 된다. 특히 지방의 함량이 증가하면 energy density가 증가하게 되는데, 사료 섭취량이 energy density에 의해서 결정되게 되며(Cole 등, 1972), energy density가 증가할수록 등지방 두께는 감소하는 경향이 있다 (O'Doherty과 McKeon, 2000). 본 실험에서의 등지방 감소는 위와 같은 이유로 추정이 되나 실질적으로 육질 등급에는 기존사료 급여에 비해 오히려 개선되는 결과를 나타냈다. Oluwafemi 등 (2010)의 실험에서도 팜박을 높은 함량 첨가하여도 육질에 영향이 없는 것으로 나타났으며, 오히려 돼지의 생체중이 늘어난다고 보고하여 양돈 사료에서 팜박 사용의 가능성을 확인하였다. 결과적으로 팜박을 첨가한 저가 기획사료를 이용할 경우 육질 등급을 개선시킬 수 있는 것으로 나타났으며, 이를 통해 수익성을 증가시킬 수 있는 것으로 나타났다.

표 18. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 출하 시 백암농장 육성·비육돈의 육질 등급에 미치는 영향

처리[1]	출하 두수	총 중량 (kg)	평균 체중 (kg)	지육량 (kg)	지육율 (%)	등지방 두께(mm)	A-B등급 출현율(%)
기존 사료	30	3,480	116.0	2,648	76.09	22.3	86.0
기획 사료	31	3,650	117.7	2,760	75.62	21.7	100.0
차이[2]			-1.7		0.47	0.6	-14.0

[1] 기존사료 : 실험농장에서 기존에 사용하던 사료 급여, 기획사료 : 기획사료를 성장 단계별로 급여

[2] 차이 = 기존사료-기획사료

제 2 절 저가 사료 및 성장단계별 사료 급여 프로그램의 농장 적용 연구: 대산농장

* 농장 현황 및 전경

- 경북 경주 소재, 일괄 사육, 모돈 약 250두 규모
- 돈사 9동, 돈방당 약 40두 수용

1. 요　　약

본 실험은 기획사료를 통한 사육단계별 급여프로그램과 생산비 절감을 위한 돼지의 사양관리 방법을 개발하기 위하여 경상북도 경주에 소재한 대산농장에서 진행 되었다. 평균 체중 34.90kg의 육성돈 160두를 공시하였으며, 전체 2 처리 2반복으로 돈방당 40두씩 성별에 상관없이 체중에 따라 임의 배치하였다 (RCB design). 처리구는 1) 기존사료 : 현 농장에서 급여하는 사료와 급여 방법, 2) 기획사료 : 대체원료를 사용하여 비용을 절감한 사료와 단계별 급여방법을 적용한 처리구로 설정하였다. 기존사료 처리구는 육성·비육돈을 구분하지 않고 육성기 사료만을 급여하였으며, 기획사료 처리구는 세단계로 나누어 급여를 실시하였다. 개시 및 비육 종료 시에 체중과 사료 섭취량을 측정하여 일당증체량 (average daily gain ; ADG), 일당사료섭취량 (average daily feed intake ; ADFI) 및 사료요구율(feed conversion ratio ; FCR)을 계산하였다. 기존사료 처리구는 실험 농장에서 사용하던 기존의 사료를 급여하였고, 기획사료 처리구의 경우 낮은 가격의 대체원료 사료를 급여 하였다. 기획사료는 옥수수·대두박에 비해 가격이 낮은 팜박으로 일부를 대체한 사료이며 육성·비육기를 30~50kg, 50~80kg 및 80kg 이상 세단계로 구분하여 급여하였다. 정확한 사료 섭취량을 기록하기 위해 지대사료를 주문하여 각 돈방별로 급이 하고 기록하였다.

사양 실험 결과, 성장단계별 증체량은 육성기만 본다면 기존사료가 높았지만, 비육기에는 기획사료가 2.69kg 높게 나타나 종료체중은 기존사료 116kg, 기획사료 116.20kg으로 차이가 거의 없었다. 일당증체량 또한 체중측정의 결과와 마찬가지로 육성기에는 기존사료를 급여한 처리구가 높았으나, 비육기로 갈수록 기획사료를 급여한 처리구의 일당증체량이 높아지는 것으로 나타났다. 처리별 각각의 총 사료 급여량은 기존사료 23,324kg, 기획사료 21,274kg으로 기존사료가 기획사료에 비해 2,050kg 높은 것으로 나타났다. 이것을 두당 사료 섭취량으로 환산하면 기존사료 291.56kg, 기획사료 265.93kg으로 기획사료가 총 실험 기간동안 돼지 한 마리 기준 25.63kg을 더 섭취하였다. 사료요구율은 기존사료 3.596, 기획사료 3.271로 나타났으며, 이러한 사료 요구율의 증가는 상대적으로 비싼 사료 단가와 중복되어 농가의 경제성을 악화시키는 원인이 될 수 있을 것으로 사료된다. 1kg 당 사료단가는 기존사료는 521원, 기획사료는 477원인 것으로 나타났으며, 두 처리의 사료단가 차

이는 46.4원으로 기존사료가 기획사료에 비해 높았다. 사료 요구율과 사료 단가를 통해 체중 1kg 증체당 사료비를 계산한 결과 기존사료 1,873원, 기획사료 1,552원으로 기획사료가 321원 저렴했으며, 사료 요구율의 결과로 인해 사료단가만을 비교했을 때보다 두 처리구의 차이가 더 크게 나타났다. 출하돈의 평균체중은 기존사료 116.25kg, 기획사료 112.50kg으로 지육율에서 기존사료가 기획사료에 비해 1.27%가 높았으며, 등지방 두께는 기존사료 19.78mm, 기획사료 20.03mm로 지육율과 등지방 두께에 있어서 두 처리구간에 큰 차이는 보이지 않았다. 또한 A-B등급 출현율에서도 기존사료 65%, 기획사료 60%로 A-B등급 출현율의 차이 또한 5% 수준으로 크지 않았다.

결론적으로 기획사료를 사용할 경우 육성·비육돈의 성장률 및 출하 성적에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, 사료비도 총 실험기간 동안 약 200만원 정도 절감할 수 있는 것으로 나타나 생산비를 향상시킬 수 있는 가능성을 보여주었다.

2. 실험 방법 및 재료

가. 농장소개

본 실험은 기획사료를 통한 사육단계별 급여프로그램과 생산비 절감을 위한 돼지의 사양관리 방법을 개발하기 위하여 진행 되었다. 육성·비육돈 실험을 진행한 대산농장은 경상북도 경주시 양남면 효동리 1148-1번지에 위치한 모돈 약 250두 규모의 일괄사육농장으로 축산물 HACCP인증을 받았으며 대한양돈협회 경주지부의 추천을 받아 실험을 진행하게 되었다. 농장은 인근 농가와 상당히 떨어져 있었으며 산으로 둘러싸여 차단방역에 상당히 유리한 위치에 있었다. 돈사는 총 9동으로 이루어져 있으며, 샤워실과 반입창고가 잘 구비 되어 있다. 자동 급이라인은 자돈사를 제외하고 모두 설치되어 있었으며, 슬러리 돈사바닥은 통로를 포함해서 전부 슬랏-콘크리트로 만들어져 있어서 돼지와 돈방은 깨끗이 유지되고 있었다. 돈방당 2개의 니플과 6구 급이기가 설치되어 있으며, 돈사는 무창구조로 되어 있고, 내부 벽은 온도관리를 위해 우레탄 시공이 되어 있었다. 비육사는 약 50m 이상의 길이로 통로를 중심으로 양쪽 모두 돈방이 있어서 하나의 건물에 상당히 많은 두수를 사육할 수 있도록 설계되어 있었다.

나. 실험 동물 및 실험설계

평균 체중 34.90kg의 육성돈 160두를 공시하였으며, 전체 2 처리 2반복으로 돈방당 40두씩 성별에 상관없이 체중에 따라 임의 배치하였다 (RCB design). 처리구는 1) 기존사료 : 현 농장에서 급여하는 사료와 급여 방법, 2) 기획사료 : 대체원료를 사용하여 비용을 절감한 사료와 단계별 급여방법을 적용한 처리구로 설정하였다. 기존사료 처리구는 육성·비육돈을 구분하지 않고 육성기 사료만을 급여 하였으며, 기획사료 처리구는 세단계로 나누어 급여를 실시하였다. 개시 및 비육 종료시에 체중과 사료 섭취량을 측정하여 일당증체량 (average daily gain ; ADG), 일당사료섭취량 (average daily feed intake ; ADFI) 및 사료요구율(feed conversion ratio ; FCR)을 계산하였다.

다. 실험 사료

기존사료 처리구는 실험 농장에서 사용하던 기존의 사료를 급여하였고, 기획사료 처리구의 경우 낮은 가격의 대체원료 사료를 급여 하였다. 기획사료는 옥수수·대두박에 비해 가격이 낮은 팜박으로 일부를 대체한 사료이며 육성·비육기를 30~50kg, 50~80kg 및 80kg 이상 세단계로 구분하여 급여하였다. 정확한 사료섭취량을 기록하기 위해 지대사료를 주문하여 각 돈방별로 급이 하고 기록하였다.

라. 경제성 분석

기획사료에 의한 생산비 절감 효과를 규명하기 위하여 사료단가를 통해 경제성 분석을 실시하였다. 전반적으로 제반 부대비용을 고려하지 않고 사료비용만을 기준으로 하였으며, 사료섭취량과 kg당 사료 가격을 통해서 kg 증체당 사료비와 총 사료비를 계산하여 처리구간 차이를 비교하였다.

마. 육질 분석

육질 분석은 축산물품질평가원의 등급판정서를 받아 분석하였으며, 2개의 처리를 구분하기 위해 분리하여 출하하였다. 적절한 출하시기를 선정하기 위해 총 160두의 실험돈에서 먼저 출하체중에 도달하는 개체들을 각 처리별로 40두씩 선발하여 출하를 하였다. 본 농장에서는 출하 시 각 개체별로 체중측정을 하여 110kg~120kg 사이의 돈군을 처리별로 선발하여 출하 후 등급판정 확인서를 통해서 지육율, 등지방 두께, A-B등급 출현율을 비교하였다. 돼지고기 규격등급은 도체중 기준으로 A등급은 83~95kg, B등급은 78~99kg이었으며 이에 따라 A-B등급 출현율을 나타내었다.

3. 연구 결과 및 고찰

가. 사양성적

기획사료 및 성장 단계별 급여가 대산농장 육성·비육돈의 사양성적에 미치는 영향을 표 19에 나타내었다. 실험개시 체중은 각각 기존사료 34.91kg, 기획사료 34.90kg이었으며, 36일 후 육성기 체중측정 결과는 기존사료 55.45kg, 기획사료 52.96kg으로 기존사료가 2.49kg높게 나타났다. 성장단계별 증체량은 육성기만 본다면 기존사료가 높았지만, 비육기에는 기획사료가 2.69kg 높게 나타나 종료체중은 기존사료 116kg, 기획사료 116.20kg으로 차이가 거의 없었다. 일당증체량 또한 체중측정의 결과와 마찬가지로 육성기에는 기존사료를 급여한 처리구가 높았으나, 비육기로 갈수록 기획사료를 급여한 처리구의 일당증체량이 높아지는 것으로 나타났다. 대산농장의 기존사료 급이방식과 같이 영양소 수준이 높은 육성기 사료를 출하 시 까지 급여하게 되면 영양소의 이용율이 떨어지고 높은 사료 가격으로 인해 경제성에 큰 손실을 가져오게 된다. 이외에도 이용되지 못한 과잉의 영양소는 효율적으로 이용되지 못하여 분으로 배출되는 영양소가 증가하게 되어 환경오염을 유발하는 원인이 된다. Jongblode과 Lenis (1998) 및 Ferket 등 (2002)은 이렇게 사료를 통해 영양소를 과잉 공급할 경우 분을 통해 배출되는 함량이 늘어나게 되며 환경오염을 유발시키는 원인이 될 수 있다고 보고하였고, 1990년에 발표된 이 등 (2000)의 연구 결과를 보면 영양소요구량보다 높은 수준을 단백질 사료를 급여할 경우 사양성적을 개선시키지 못한다고 하였다. 결과적으로 본 실험은 선행 연구들과 유사한 결과를 보였으며, 성장단계별 사료공급의 세분화와 영양소 요구량에 적합한 사료를 공급하는 것의 중요성이 실험을 통해 증명되었다.

표 19. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 대산농장 육성·비육돈의 성장에 미치는 영향

항 목	처 리 구[1]		차 이[2]
	기존사료	기획사료	
실험 샘플, 두수	80	80	
체중, kg			
개시(0일)	34.91	34.90	-
전반기(36일후)	55.45	52.96	2.49
후반기(112일후)	116.00	116.20	-0.20
체중 증체량, kg			
전기(0~36일)	20.54	18.06	2.48
후기(37~112일)	60.55	63.24	-2.69
전체(0~112일)	81.09	81.30	-0.21
일당증체량, kg			
전기(0~36일)	0.571	0.502	0.069
후기(37~112일)	0.797	0.832	-0.035
전체(0~112일)	0.724	0.726	-0.002

[1] 기존사료 : 실험농장에서 기존에 사용하던 사료 급여, 기획사료 : 기획사료를 성장 단계별로 급여
[2] 차이=기존사료-기획사료

나. 경제성 분석

기획사료 및 성장 단계별 사료급여가 대산농장 육성·비육돈의 사료섭취량과 경제성에 미치는 영향을 표 20에 나타내었다. 처리별 각각의 총 사료 급여량은 기존사료 23,324kg, 기획사료 21,274kg으로 기존사료가 기획사료에 비해 2,050kg 높은 것으로 나타났다. 이것을 두당 사료 섭취량으로 환산하면 기존사료 291.56kg, 기획사료 265.93kg으로 기획사료가 총 실험 기간동안 돼지 한 마리 기준 25.63kg을 더 섭취하였다. 사료요구율은 기존사료 3.596, 기획사료 3.271로 나타났으며, 이러한 사료 요구율의 증가는 상대적으로 비싼 사료 단가와 중복되어 농가의 경제성을 악화시키는 원인이 될 수 있을 것으로 사료된다. 1kg 당 사료단가는 기존사료는 521원, 기획사료는 477원인 것으로 나타났으며, 두 처리의 사료단가 차이는 46.4원으로 기존사료가 기획사료에 비해 높았다. 사료 요구율과 사료 단가를 통해 체중 1kg 증체당 사료비를 계산한 결과 기존사료 1,873원, 기획사료 1,552원으로 기획사료가 321원 저렴했으며, 사료 요구율의 결과로 인해 사료단가만을 비교했을 때보다 두 처리구의 차이가 더 크게 나타났다. 총 실험기간 112일 동안 처리별 80두를 사육 할 경우 필요한 사료비용은 각각 기존사료 12,152,221원, 기획사료 10,096,830원으로 기획사료를 사용할 시 80두 기준 약 206만원의 생산비를 감축할 수 있으며 두당 약 25,700원의 생산비를 감축 할 수 있는 것으로 나타났다.

표 20. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 육성·비육돈의 사료섭취량과 경제성에 미치는 영향

항 목	처 리 구[1]		차 이[2]
	기존사료	기획사료	
실험 샘플, 두수	80	80	
사료 섭취량, kg			
총 사료급여량	23,324	21,274	2,050
두당 사료섭취량	291.56	265.93	25.63
평균 증체량, kg	81.09	81.30	−0.21
사료 요구율[3]	3.596	3.271	0.325
사료 단가	521.0	474.6	46.4
경제성 분석, 원			
1kg 증체당 사료비[4]	1,873	1,552	321
총 실험기간 사료비[5]	12,152,221	10,096,830	2,055,391

[1] 기존사료 : 실험농장에서 기존에 사용하던 사료 급여, 기획사료 : 기획사료를 성장 단계별로 급여
[2] 차이 = 기존사료−기획사료
[3] 사료 요구율 = 두당 사료섭취량/평균증체량
[4] 1kg 증체당 사료비 = 사료 요구율 X 사료 단가
[5] 총 실험기간 사료비 = 두당 섭취량 X 실험 두수 X 사료 단가

다. 육질 분석

기획사료 및 성장 단계별 급여가 대산농장 육성·비육돈의 육질 분석에 미치는 영향을 표 21에 나타내었다. 출하돈의 평균체중은 기존사료 116.25kg, 기획사료 112.50kg으로 지육율에서 기존사료가 기획사료에 비해 1.27%가 높았으며, 등지방 두께는 기존사료 19.78mm, 기획사료 20.03mm로 지육율과 등지방 두께에 있어서 두 처리구간에 큰 차이는 보이지 않았다. 또한 A-B등급 출현율에서도 기존사료 65%, 기획사료 60%로 A-B등급 출현율의 차이 또한 5% 수준으로 크지 않았다. 결과적으로 육질분석에서 기획사료의 단계별 급이는 도체등급에 큰 영향을 미치지 않은 것으로 나타났으며 사료 비용에 따른 경제성을 고려하면 반드시 개선되어야 할 부분으로 사료된다.

표 21. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 출하 시 육성·비육돈의 육질 등급에 미치는 영향

처리[1]	출하 두수	총 중량 (kg)	평균 체중 (kg)	지육량 (kg)	지육율 (%)	등지방 두께(mm)	A-B등급 출현율(%)
기존 사료	40	4,650	116.25	3,555	76.45	19.78	65
기획 사료	40	4,500	112.50	3,383	75.18	20.03	60
차이[2]		150	3.75	172	1.27	-0.25	5

[1] 기존사료 : 실험농장에서 기존에 사용하던 사료 급여, 기획사료 : 기획사료를 성장 단계별로 급여

[2] 차이 = 기존사료-기획사료

제 3 절 저가 사료 및 성장단계별 사료 급여 프로그램의 농장 적용 연구: 황금농원

* 농장 현황 및 전경

- 경북 경주 소재, 일괄 사육, 모돈 약 180두 규모
- 돈사 6동, 돈방당 약 53두 수용

1. 요　　약

본 실험은 기획사료를 통한 사육단계별 급여프로그램과 생산비 절감을 위한 돼지의 사양관리 방법을 개발하기 위하여 경상북도 경주에 소재한 약 1,800두 규모의 일괄사육 농장인 황금농원에서 사양실험이 진행 되었다. 평균 체중 42.10kg의 육성돈 106두를 공시하였으며, 전체 2 처리 1반복으로 돈방당 53두씩 성별에 상관없이 체중을 고려하여 두 돈방에 실험돈을 배치하였다. 처리구는 1) 기존사료 : 현 농장에서 급여하는 사료와 급여 방법 및 2) 기획사료 : 대체원료를 사용하여 비용을 절감한 사료와 단계별 급여방법을 적용한 처리구로 설정하였다. 기존사료 처리구는 육성기 사료를 급여 하였으며, 실험이 육성기에 종료되었으므로 기획사료 처리구도 육성기 사료만을 급여 하였다. 일당증체량, 일당 사료섭취량 및 사료요구율을 측정하기 위하여 실험 개시 및 비육 종료 시에 체중 및 사료섭취량을 측정하였다. 실험돈은 각각 콘크리트 바닥에서 2개의 니플 급수기와 6구 급이기가 2개씩 설치된 사료와 물의 자유 급이가 가능한 돈방에서 사육되었으며, 온도와 환기조절이 용이한 돈사에서 실험이 진행되었다. 실험기간은 7월 13일 ~ 8월12일 까지 30일간 진행되었고, 실험개시 체중은 42.1kg이었으며 종료체중은 61.53kg이었다.

실험 개시 체중은 기존사료 처리구 42.20kg, 기획사료 처리구 42kg 으로 개시되었으며 30일 후에 측정한 종료체중은 기존사료 61.86kg 및 61.21kg으로 두 처리구간의 큰 차이가 나타나지 않았다. 일당증체량 또한 기획사료 0.655g, 기획사료 0.640g으로 역시 동일한 수준이었다. 황금농원의 기존사료 가격은 kg당 638원이었고, 기획사료의 가격은 495원으로 기획사료가 143원 낮게 책정되어 있었다. 비록 농장의 문제로 인해 실험이 육성기에 종료되었지만 기존사료는 육성기 사료를 출하까지 급여하고, 기획사료는 세단계로 나누어 급여될 예정이었기 때문에 기획사료를 이용하여 단계별 사양을 할 경우 최대 kg당 474원까지 사료가격을 낮출 수 있을 것으로 예상되었다. 농장의 문제로 인해 사료섭취량을 계산할 수 없어 추가적인 경제성 분석 및 육질분석은 이루어지지 못하였다.

결론적으로 기획사료 및 기존사료 이용 시 육성돈의 성장에 차이가 없었고, 기획사료를 이용할 시 사료 kg당 143원정도를 절약할 수 있다는 결과가 도출되었다.

2. 실험 방법 및 재료

가. 농장소개

육성기 실험을 수행한 황금농원은 경북 경주시 외동읍 북토리 696-13번지에 위치한 약 1,800두 규모의 일괄사육 농장이며, 6개의 동으로 이루어져 있었다. 돈사의 형태는 윈치돈사와 무창돈사가 혼재되어 있었으며, 본 실험을 진행한 육성사는 2층으로 되어 있었다. 모돈사는 고상식 분만틀을 사용하고 있었으며, 육성사와 비육사는 슬러리 돈사와 평사 두종류로 되어 있었다. 육성사와 비육사의 내부는 우레탄 시공이 되어 있었지만, 돈방의 벽은 철근과 플라스틱 판으로 간이 칸막이 형식으로 만들어져 있었다. 농장입구에 사무실이 위치하고 있어 차량이 농장으로 들어오는 것을 차단하고 있었으며 출하대 또한 농장 앞쪽에 위치하고 있어서 차단방역에 적합한 구조를 잘 갖추고 있었다. 해당 농장에서 본래 육성·비육기 실험을 모두 진행 할 계획 이였으나, 농장 사정으로 인해서 육성기 실험만을 수행하고 실험을 종료하였다.

나. 실험 동물 및 실험설계

평균 체중 42.10kg의 육성돈 106두를 공시하였으며, 전체 2 처리 1반복으로 돈방당 53두씩 성별에 상관없이 체중을 고려하여 두 돈방에 실험돈을 배치하였다. 처리구는 1) 기존사료 : 현 농장에서 급여하는 사료와 급여 방법 및 2) 기획사료 : 대체원료를 사용하여 비용을 절감한 사료와 단계별 급여방법을 적용한 처리구로 설정하였다. 기존사료 처리구는 육성기 사료를 급여 하였으며, 실험이 육성기에 종료되었으므로 기획사료 처리구도 육성기 사료만을 급여 하였다. 일당증체량, 일당 사료섭취량 및 사료요구율을 측정하기 위하여 실험 개시 및 비육 종료 시에 체중 및 사료섭취량을 측정하였다.

다. 실험 사료

기존사료는 황금농원에서 사용하던 육성기 사료를 급여하고, 기획사료 처리구는

낮은 가격의 대체원료를 사용한 사료를 급여 하였다. 기획사료는 사료비 절감을 위한 방안으로 옥수수·대두박에 비해 가격이 낮은 팜박을 일부 첨가한 사료이다. 해당 농장에서 개시체중은 약 42.1kg이었고 모든 처리구는 자동라인이 설치되어 있음에도 불구하고, 정확한 사료 섭취량을 기록하기 위해 지대사료를 주문하여 각 돈방별로 급이하고 기록하였다.

라. 사양 실험

실험돈은 각각 콘크리트 바닥 돈사에서 돈방당 53두씩 사육 되었다. 실험돈은 2개의 니플 급수기와 6구 급이기가 2개씩 설치되었고, 사료와 물의 자유 급이가 가능하고 온도와 환기조절이 용이한 돈사에서 사육 되었다. 실험기간은 7월 13일 ~ 8월12일 까지 30일간 진행되었고 실험 개시부터 종료까지 실험돈의 돈사 이동 없이 진행되었으며, 체중이 61.53kg에 실험을 종료 하였다.

마. 사료단가 비교

농장 사정으로 인하여 사료섭취량이 정확히 기록되지 못하였다. 이 때문에 본 실험에서는 기존사료와 기획사료의 경제성 분석을 불가피하게 하지 못하였으며, 사료단가를 통해서 두 처리구간의 차이를 비교하였다.

3. 연구 결과 및 고찰

가. 사양성적

기획사료 및 성장 단계별 급여가 황금농장 육성돈의 사양성적에 미치는 영향을 표 22에 나타내었다. 실험 개시 체중은 각각 기존사료 42.20kg, 기획사료 42.00kg이었으며 실험개시 30일 후에 측정한 종료체중은 기존사료 61.86kg 및 기획사료 61.21kg으로 큰 차이가 발생하지 않았다. 일당증체량 또한 체중측정 결과와 마찬가지로 기획사료 0.655kg, 기획사료 0.640kg으로 두 처리간의 차이는 나타나지 않았다.

Thorne 등 (1992)은 팜박에 포함된 조단백질의 아미노산 구성이 이상적이지 못하기 때문에 사료에 팜박을 높은 함량으로 급여할 경우 라이신을 따로 첨가하여 주지 않으면 동물의 성장을 저해할 수 있다고 보고하였다. 또한 팜박의 높은 섬유소와 비전분성다당류의 함량 때문에 소화물의 통과속도가 증가되고, 다른 영양소의 소화를 방해하여 성장에 부정적인 영향을 미칠 수 있다는 보고도 있었다 (O'Doherty 등, 2000). 팜박을 다량 사용할 경우 높은 비율로 함유된 mannan이 돼지의 포도당 대사 (glucose metabolism)를 방해하여 인슐린 (insulin)의 분비를 억제하거나, gastric emptying 등에 부정적인 영향을 미칠 수 있는데 (Nunes와 Malmlof, 1992), 본 실험에서 사용된 수준은 비교적 높은 수준이 아니었기 때문에 성장에 악영향을 미치지는 않은 것으로 사료된다. 이 밖에도 섬유소가 높은 함량으로 첨가된 원료를 급여할 시 원료내의 높은 mannan, cellulose, hemicellulose, pectin, lignin 등의 단위동물의 효소에 의해 소화되지 않는 섬유소 때문에 동물의 영양소 소화율을 떨어뜨린다는 보고가 있다 (Bulasubramanian, 1976; Aspinal, 1970). 특히 육성기에는 높은 조섬유 함량을 이용할 수 있는 대장의 발달이 비육기에 비하여 미약하기 때문에 비육기보다 성장 능력이 더욱 크게 저하된다는 보고도 있었지만 (O'Doherty 등, 2000), 육성기에만 실시된 본 실험에서 이러한 선행실험과 일치하는 결과가 나타나지 않아, 기획사료 이용을 통한 생산성 향상의 가능성을 보여주었다.

표 22. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 황금농원 육성돈의 성장에 미치는 영향

항 목	처 리 구[1]		차 이[2]
	기존사료	기획사료	
실험 샘플, 두수	53	53	
체중, kg			
개시 (0일)	42.20	42.00	-
종료 (30일후)	61.86	61.21	0.65
체중 증체량, kg			
전체 (0~30일)	19.66	19.21	0.45
일당증체량, kg			
전체(0~30일)	0.655	0.640	0.015

[1] 기존사료 : 실험농장에서 기존에 사용하던 사료 급여, 기획사료 : 기획사료를 성장 단계별로 급여
[2] 차이=기존사료-기획사료

나. 사료단가 비교

기획사료 및 성장 단계별 급여가 황금농장 육성돈의 경제성에 미치는 영향을 표 23에 나타내었다. 해당 농장은 농장의 문제로 인해 사료섭취량이 정확히 기록되지 않아 경제성 분석을 하지 못하였으며, 사료단가만을 이용해 두 처리간의 차이를 비교하였다. 황금농원의 기존사료 kg당 가격은 638원, 기획사료 kg당 가격은 495원으로 기획사료가 143원 낮게 책정되어 있었다. 황금농원의 경우에도 기존사료 급여 방식은 육성기 사료를 출하까지 급여하여 왔으며, 기획사료는 세단계로 나누어 급여될 예정이었기 때문에 기획사료를 적용하여 단계별 사양을 할 경우 최대 474원까지 사료가격을 절감 할 수 있을 것으로 예상된다. 따라서 육성돈의 성장에 기획사료가 악영향을 미치지 않았다는 사양실험의 결과를 고려하면, 비육기까지 기획사료를 단계별 급여할 경우 기존사료에 비해 확실한 경제적인 이득을 예상된다.

표 23. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 황금농원 육성돈의 사료섭취량과 경제성에 미치는 영향

항 목	처 리 구[1]		차 이[2]
	기존사료	기획사료	
실험 샘플, 두수	53	53	
사료 섭취량, kg			
총 사료급여량	–	–	–
두당 사료섭취량	–	–	–
평균 증체량, kg	19.66	19.21	0.45
사료 요구율[3]	–	–	–
사료 단가	638.0	495.0	143.0
경제성 분석, 원			
1kg 증체당 사료비[4]	–	–	–
총 실험기간 사료비[5]	–	–	–

[1] 기존사료 : 실험농장에서 기존에 사용하던 사료 급여, 기획사료 : 기획사료를 성장 단계별로 급여
[2] 차이 = 기존사료-기획사료
[3] 사료 요구율 = 두당 사료섭취량/평균증체량
[4] 1kg 증체당 사료비 = 사료 요구율 X 사료 단가
[5] 총 실험기간 사료비 = 두당 섭취량 X 실험 두수 X 사료 단가

제 4 절 저가 사료 및 성장단계별 사료 급여 프로그램의 농장 적용 연구: 희영농장

* 농장 현황 및 전경

- 전남 나주 소재, 일괄 사육, 모돈 약 230두 규모
- 돈사 6동, 돈방당 약 38두 수용

1. 요　　약

본 실험은 기획사료를 통한 사육단계별 급여프로그램과 생산비 절감을 위한 돼지의 사양관리 방법을 개발하기 위하여 전라남도 나주시에 소재한 희영농장에서 진행되었다. 평균 체중 35.7kg의 육성돈 154두를 공시하였으며, 7월14일부터 10월12일까지 사양실험을 진행 하였다. 전체 2 처리 2반복으로 돈방당 약 38두씩 성별에 상관없이 처리구와 체중을 고려하여 4개의 돈방에 배치하였다. 처리구는 1) 기존사료 : 희영농장에서 급여하는 사료와 사료 급여 프로그램, 2) 기획사료 : 대체원료를 사용한 사료와 단계별 급여 처리구였다. 일당증체량 (average daily gain ; ADG)을 측정하기 위하여 총 실험기간을 육성기 (0일~38일) 및 비육기 (38일~91일)로 나누어 전기와 후기가 종료되는 시점에 각각 체중을 측정하였다. 실험돈은 돈방당 약 38두씩 사육 되었으며 육성기에는 윈치커튼으로 환기를 조절할 수 있는 콘크리트-슬랏 돈방에서 사육하였고 비육기에는 벽으로 막혀있고 환기콘트롤러로 온도 및 환기를 조절할 수 있는 돈방으로 돈군을 이동시켰다. 실험돈들은 육성사와 비육사 모두 사료와 물의 자유 급이가 가능하고 온도와 환기조절이 용이한 돈사에서 사육되었다.

기존사료를 섭취한 처리구의 육성기 말 평균 체중은 59.9kg이었으며 기획사료를 섭취한 처리구의 평균 체중은 57.2kg으로 희영농장의 기존사료를 섭취한 처리구의 실험돈이 2.7kg 높은 체중 증체량을 보였다. 측정한 체중 증체량을 34일로 나누어 일당증체량을 계산하였을 때, 기존사료를 섭취한 처리구의 일당증체량은 0.712 kg이었으며 기획사료를 섭취한 처리구의 일당증체량은 0.632kg이었다. 실험 종료시 측정한 체중 결과, 기존사료를 섭취한 처리구의 평균 체중은 110.42kg이었으며 기획사료를 섭취한 처리구의 평균 체중은 107.13kg 이었다. 실험개시일로부터 34일 후에 실시한 두 번째 체중측정 결과와 같이 희영농장의 기존사료를 섭취한 처리구의 실험돈이 3.29kg 더 높은 평균체중을 나타냈다. 총 실험기간 동안 희영농장의 기존사료를 섭취한 실험돈의 체중 증체량 및 일당증체량은 각각 74.72kg, 0.830kg 이었으며, 기획사료를 섭취한 실험돈의 체중 증체량 및 일당증체량은 각각 71.43kg, 0.794kg 이었다. 본 실험의 목적과 실험을 진행하는 방법을 전달하는 과정에서 실험수행자라 할 수 있는 농장에 근무하는 근로자가 타국에서 온 외국인이라 모든 내용을 숙지하는데 있어 어려움이 있었고, 기존사료 처리구와 기획사료 처리구 모두에

서 정확한 사료 급여량을 측정하지 못하여 사료 섭취량 및 경제성 분석 항목에서 정확한 값을 산출하지 못하였다. 사료 단가를 비교하면 생산비 절감을 위한 기획사료보다 희영농장에서 급여하는 기존사료의 단가가 1kg당 84원이 더 저렴했다. 이는 희영농장에서 나주시 인근에서 발생하는 제과 부산물과 제당 부산물 등을 이용하여 기존사료를 설계했기 때문으로 지역에서 발생하는 산업 부산물을 사료에 최대한으로 활용하여 많은 수익을 창출하고 있었다. 지역에서 발생하는 산업부산물을 이용할 경우 발생하기 쉬운 문제로 사료 성분이 균일하지 못한 것으로 꼽을 수 있지만, 해당 내용과 관련하여 본 실험 결과 이외에 추가적인 검증 절차가 이루어진다면 지역산업과 연계를 통해 양돈 생산성을 높이는데 이바지할 수 있을 것으로 사료된다.

2. 실험 방법 및 재료

가. 농장소개

해당 농장은 전라남도 나주시 봉황면 황용리에 위치하고 있으며 친환경을 슬로건으로 내건 양돈농장이다. 농장입구를 들어서면서부터 좌우로 마련된 과수원은 양돈 분뇨를 재활용한 거름을 이용하여 시비를 하는 곳으로 관련하여 효율적으로 부수입을 올리고 있었다. 또한 축산물위해요소중점관리기준원으로부터 가축사육업 (돼지) HACCP인증을 2011년 5월23일에 받아서 소비자들이 믿고 먹을 수 있는 돼지를 안전하게 사육하여 출하하고 있는 농장이다. 희영농장의 사육규모는 모돈 약 230두 규모의 일괄사육 농장으로 총 6개 동의 돈사가 있으며, 돈방당 약 38두씩 수용가능하다.

나. 실험 동물 및 실험설계

평균 체중 35.7kg의 육성돈 154두를 공시하였으며, 7월14일부터 10월12일까지 사양실험을 진행 하였다. 전체 2 처리 2반복으로 돈방당 약 38두씩 성별에 상관없이 처리구와 체중을 고려하여 4개의 돈방에 배치하였다. 처리구는 1) 기존사료 : 희영농장에서 급여하는 사료와 사료 급여 프로그램, 2) 기획사료 : 대체원료를 사용한 사료와 단계별 급여 처리구였다. 일당증체량 (average daily gain ; ADG)을

측정하기 위하여 총 실험기간을 육성기 (0일~38일) 및 비육기 (38일~91일)로 나누어 각 기간이 종료되는 시점에 체중을 측정하였다.

다. 실험 사료

희영농장에서 기존에 사용하던 사료와 낮은 가격의 대체원료를 사용한 기획사료를 두가지 처리구로 설정하여 급여하였다. 희영농장의 기존사료는 햄, 빵 및 쌀 등 나주 인근지역에서 생기는 부산물을 이용하여 배합한 자가배합 사료이다. 기획사료는 양돈사료에 주로 쓰이는 옥수수·대두박에 비해 낮은 가격인 팜박으로 일부를 대체하여 사료비를 절감시킨 사료였다. 이를 돼지의 체중에 따라서 30~50kg, 50~80kg 및 80kg 이상 총 세단계 (육성기, 비육전기, 비육후기)로 구분하여 급여하였다.

라. 사육 환경

육성기에는 윈치커튼으로 환기를 조절할 수 있는 콘-슬랏 돈방에서 사육하였으며 실험돈의 증체를 고려하여 비육기에는 벽에 창이 달려있고 환기콘트롤러로 온도 및 환기를 조절할 수 있는 비육 돈방으로 돈군을 이동시켰다. 실험돈은 육성사, 비육사 모두 사료와 물의 자유 급이가 가능하고 온도와 환기조절이 용이한 돈사에서 사육되었다.

마. 사료단가 비교

해당 농장에서는 농장의 사정으로 인하여 사료섭취량이 정확히 기록되지 못하였다. 본 항에서는 기존사료와 기획사료의 경제성 분석은 하지 못하였으며, 사료단가를 통해서 두 처리구간의 차이를 비교하였다.

3. 연구 결과 및 고찰

가. 사양성적

기획사료 및 성장 단계별 급여가 희영농장 육성·비육돈의 사양성적에 미치는 영향을 표 24에 나타내었다. 실험개시 시 두 처리구의 실험돈 개시체중은 동일하게다. 34일이 경과한 후 육성기 말에 체중을 측정한 결과 기존사료를 섭취한 처리구의 평균 체중은 59.9kg이었으며 기획사료를 섭취한 처리구의 평균 체중은 57.2kg으로 희영농장의 기존사료를 섭취한 처리구의 실험돈이 2.7kg 높은 체중 증체량을 보였다. 측정한 체중 증체량을 기반으로 일당증체량을 계산한 결과 기존사료를 섭취한 처리구의 일당증체량은 0.712 kg이었으며 기획사료를 섭취한 처리구의 일당증체량은 0.632kg이었다. 실험돈군의 성장 및 출하체중을 고려하여 실험개시일로부터 91일 후 비육기를 종료 하였으며 기존사료를 섭취한 처리구의 평균 체중은 110.42kg이었고 기획사료를 섭취한 처리구의 평균 체중은 107.13kg 이었다. 육성기 체중측정 결과와 마찬가지로 희영농장의 기존사료를 섭취한 처리구의 실험돈이 3.29kg 더 높은 평균체중을 나타냈다. 일당 증체량 또한 기존사료를 섭취한 처리구의 일당증체량이 0.902kg, 기획사료를 섭취한 처리구의 일당증체량이 0.892kg로 기존사료를 섭취한 처리구의 증체량이 기획사료에 비해 높게 나타났다.

실험개시일과 실험종료일의 체중측정을 토대로 사양실험의 최종결과인 총 실험기간동안의 체중 증체량과 일당증체량을 비교한 결과 총 실험기간 동안 희영농장의 기존사료를 섭취한 실험돈의 체중 증체량 및 일당증체량은 각각 74.72kg, 0.830kg 이었으며, 기획사료를 섭취한 실험돈의 체중 증체량 및 일당증체량은 각각 71.43kg, 0.794kg 이었다.

결론적으로, 희영농장에서 기존에 급여하던 사료 및 사료급여 프로그램은 팜박을 이용한 저가 기획사료를 급여하는 것보다 더 우수한 사양 성적을 보였으며, 이는 주변에서 생산되는 산업 부산물을 효과적으로 활용하여 경제성 및 생산성을 확보하는 농장의 긍적적인 예시가 될 수 있으리라 사료된다.

표 24. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 희영농장의 육성·비육돈 성장에 미치는 영향

항 목	처 리 구[1]		차 이[2]
	기존사료	기획사료	
실험 샘플, 두수	77	77	
체중, kg			
개시 (0일)	35.7	35.7	-
전반기(34일후)	59.9	57.2	2.7
후반기(90일후)	110.42	107.13	3.29
체중 증체량, kg			
전기(0~34일)	24.2	21.5	2.7
후기(35~90일)	50.52	49.93	0.59
전체(0~90일)	74.72	71.43	3.29
일당증체량, kg			
전기(0~34일)	0.712	0.632	0.079
후기(35~90일)	0.902	0.892	0.011
전체(0~90일)	0.830	0.794	0.037

[1] 기존사료 : 실험농장에서 기존에 사용하던 사료 급여, 기획사료 : 기획사료를 성장 단계별로 급여
[2] 차이=기존사료-기획사료

나. 사료단가 비교

본 실험의 목적과 실험을 진행하는 방법을 전달하는 과정에서 실험수행자라 할 수 있는 농장에 근무하는 근로자가 타국에서 온 외국인이라 모든 내용을 숙지하는데 있어 어려움이 있었다. 기존사료 처리구와 기획사료 처리구 모두에서 정확한 사료 급여량을 측정하는데 실패하여 사료 섭취량 및 경제성 분석 항목에서 정확한 값을 산출하지 못하였다. 또한 출하를 진행함에 있어 두 가지 처리구를 분리하지 못하고 자체적으로 농장에서 출하를 진행시켜 두 처리구가 섞이게 되어 육질 분석 항목의 결과 또한 얻지 못하였다. 이와 같이 실험진행에서 발생한 문제를 통해 외국인 노동자를 고용할 경우 새로운 사양방법을 적용하는데 있어 보다 많은 노력이 필요함을 짐작케 하였다.

사료 단가를 비교해 보면 생산비 절감을 위한 기획사료보다 희영농장에서 급여하는 기존사료의 단가가 1kg당 84원이 더 저렴하였다. 이는 사료비 절감을 목표로 설계한 기획사료 보다 더 낮은 사료단가로써 상당히 저렴한 사료단가라고 할 수 있다. 나주시 인근에서 발생하는 제과 부산물과 제당 부산물 등을 이용하여 기존사료를 설계한 희영농장의 사료는 지역에서 발생하는 산업 폐기물이라고도 할 수 있는 부산물을 최대한으로 활용하여 매우 낮은 단가의 사료를 이용할 수 있었다. 다른 산업과의 연계를 통한 수익성 향상뿐만 아니라 자원을 효율적으로 사용한 부분은 다른 지역의 양돈업에 종사하는 사람들에게도 좋은 지침이 될 수 있으리라 사료된다.

표 25. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 희영농장 육성·비육돈의 사료섭취량과 경제성에 미치는 영향

항 목	처 리 구[1]		차 이[2]
	기존사료	기획사료	
실험 샘플, 두수	77	77	
사료 섭취량, kg			
총 사료급여량	–	–	–
두당 사료섭취량	–	–	–
평균 증체량, kg	74.72	71.43	3.29
사료 요구율[3]	–	–	–
사료 단가	390.0	474.0	−84.0
경제성 분석, 원			
1kg 증체당 사료비[4]	–	–	–
총 실험기간 사료비[5]	–	–	–

[1] 기존사료 : 실험농장에서 기존에 사용하던 사료 급여, 기획사료 : 기획사료를 성장 단계별로 급여
[2] 차이 = 기존사료−기획사료
[3] 사료 요구율 = 두당 사료섭취량/평균증체량
[4] 1kg 증체당 사료비 = 사료 요구율 X 사료 단가
[5] 총 실험기간 사료비 = 두당 섭취량 X 실험 두수 X 사료 단가

제 5 절 저가 사료 및 성장단계별 사료 급여 프로그램의 농장 적용 연구: 만종축산

* 농장 현황 및 전경

- 경북 경주 소재, 일괄 사육, 모돈 약 220두 규모
- 돈사 9동, 돈방당 약 36두 수용

1. 요　　약

본 실험은 기획사료를 통한 사육단계별 급여프로그램과 생산비 절감을 위한 돼지의 사양관리 방법을 개발하기 위하여 경상북도 경주에 소재한 만종축산에서 진행 되었다. 실험을 위하여 평균체중 33.3kg의 육성돈 140두를 공시하였으며, 7월6일부터 10월24일까지 111일간 사양실험을 진행하였다. 전체 2 처리 4반복으로 돈방당 약 35두씩 성별에 상관없이 체중에 따라 4개의 돈방에 임의 배치하였다 (RCB design). 처리구는 1) 기존사료 : 만종축산에서 급여하는 사료와 사료 급여 프로그램, 2) 기획사료 : 대체원료를 사용한 사료와 단계별 급여처리구였다. 일당증체량(average daily gain ; ADG)을 측정하기 위하여 총 실험기간을 전기 (0일~36일) 및 후기 (37일~111일)로 나누어 전기와 후기가 종료되는 시점에 각각 체중을 측정하였다. 추가적으로 사료단가를 통해 두처리구간의 차이를 비교하였으며, 육질분석 결과를 분석해보았다.

육성기 종료 시 체중을 측정한 결과, 기존사료를 섭취한 처리구의 평균 체중은 51.78kg이었으며 기획사료를 섭취한 처리구의 평균 체중은 53.77kg으로 기획사료를 섭취한 처리구의 실험돈이 1.98kg 높은 체중 증체량을 보였다. 측정한 체중 증체량을 36일로 나누어 일당증체량을 계산하였을 때, 기존사료를 섭취한 처리구의 일당증체량은 0.514 kg이었으며 기획사료를 섭취한 처리구의 일당증체량은 0.569kg 이었다. 비육기 종료시 측정한 체중 측정 결과에서는 반면에 기존사료를 섭취한 처리구의 실험돈이 1.16kg 더 높은 평균체중을 나타냈다. 총 실험기간 동안 만종축산의 기존사료를 섭취한 실험돈의 체중 증체량 및 일당증체량은 각각 91.02kg, 0.827kg 이었으며, 기획사료를 섭취한 실험돈의 체중 증체량 및 일당증체량은 각각 89.85kg, 0.817kg 이었다. 사료단가를 비교한 결과 기획사료가 kg당 68.5원 낮은 가격을 나타냈으며, 육질 분석 결과 지육율은 기획사료가 0.68% 높았으며, 등지방 두께는 기존사료가 24.9mm, 기획사료는 25.4mm로 기획사료가 0.5mm 높은 것으로 나타났다. 추가적으로 A-B등급 출현율을 보면 기존사료 86.84%, 기획사료 60.52%로 만종축산의 기존사료가 16%정도 더 높은 결과를 보였다.

종합적으로 기획사료와 기존사료를 급여하였을 경우 성장률에는 차이가 없는 것으로 나타났으며, A-B등급 출현을 기획사료를 급여하였을 경우 낮출 수 있는 것으로 나타났다. 해당 농장에서 육질 분석과 관련하여 다른 농장과 다른 결과가 나온 요인

을 분석하기 위해서는 추가적인 검증 실험이 필요할 것으로 사료된다.

2. 실험 방법 및 재료

가. 농장소개

만종축산은 경상북도 경주시 외동읍 냉천리에 위치해 있다. 도로변에 자리하고 있어 사료차량과 출하차량의 접근성이 아주 용이하고 대인소독기 및 외부차량 소독시설을 설치하고 철저하게 운영함으로써 차단방역을 실시하고 있다. 또한 축산물위해요소중점관리기준원으로부터 가축사육업 (돼지) HACCP인증을 받아서 소비자들이 믿고 먹을 수 있는 돼지를 안전하게 사육하여 출하하고 있는 농장이다. 만종축산의 사육규모는 모돈 약 220두 규모의 일괄사육 농장으로 총 9개 동의 돈사가 있으며 돈방당 약 36두씩 수용가능하다.

나. 실험 동물 및 실험설계

기획사료 검증 실험을 위해 평균체중 33.3kg의 육성돈 140두를 공시하였으며, 7월6일부터 10월24일까지 111일간 사양실험을 진행하였다. 전체 2 처리 4반복으로 돈방당 약 35두씩 성별에 상관없이 체중에 따라 RCB design에 의해 4개의 돈방에 난괴법으로 배치하였다. 처리구는 1) 기존사료 : 만종축산에서 급여하는 사료와 사료 급여 프로그램, 2) 기획사료 : 대체원료를 사용한 사료와 단계별 급여 처리구였다. 일당증체량 (average daily gain ; ADG)을 측정하기 위하여 총 실험기간을 전기 (0일~36일) 및 후기 (37일~111일)로 나누어 전기와 후기가 종료되는 시점에 체중을 측정하였다.

다. 실험 사료

만종축산에서 기존에 사용하던 사료와 낮은 가격의 대체원료를 사용한 기획사료를 두 가지 처리구로 설정하여 급여하였다. 만종축산의 기존사료는 인근지역의 농협사료에 주문하여 사용하는 OEM사료로서 젖먹이, 육성 및 비육 총 세단계로 급여

하였다. 기획사료는 양돈사료에 주로 쓰이는 옥수수·대두박에 비해 낮은 가격인 팜박으로 일부를 대체하여 사료비를 절감시킨 사료이다. 이를 돼지의 체중에 따라서 30~50kg, 50~80kg 및 80kg 이상 총 세 단계 (육성기, 비육전기, 비육후기)로 구분하여 급여하였다.

라. 사양 실험

실험돈은 돈방당 약 35두씩 4개의 돈방에서 사육되었다. 실험기간은 7월 6일 ~ 10월 24일 까지 111일간 진행되었으며, 만종축산에서 기존에 이용하던 사료 및 급여방법과 저가 사료를 이용한 단계별 급여 두 처리로 실험이 진행되었다. 육성기에는 윈치커튼으로 환기를 조절할 수 있는 콘-슬랏 돈방에서 사육되었고 실험돈의 성장를 고려하여 비육기에는 환기콘트롤러로 온도 및 환기를 조절할 수 있는 무창돈사로 돈군을 이동을 하였다. 실험돈은 육성사, 비육사 모두 사료와 물의 자유 급이가 가능하고 온도와 환기조절이 용이한 돈사에서 사육되었다.

마. 육질 분석

육질 분석은 축산물품질평가원의 등급판정서를 받아 분석하였으며, 2개의 처리를 구분하기 위해 분리하여 출하하였다. 적절한 출하시기를 선정하기 위해 총 140두의 실험돈에서 먼저 출하체중에 도달하는 개체들을 각 처리별로 30두씩 선발하여 출하를 하였다. 해당 농장에서는 출하 시 각 개체별로 체중측정을 하여 115kg~123kg 사이의 돈군을 처리별로 선발하였고 출하 후 등급판정 확인서를 통해서 지육율, 등지방 두께 및 A-B등급 출현율을 비교하였다. 돼지고기 규격등급은 도체중 기준으로 A등급은 83~95kg 및 B등급은 78~99kg이며 이에 따라 A-B등급 출현율을 나타내었다.

3. 연구 결과 및 고찰

가. 사양성적

기획사료 및 성장 단계별 급여가 만종축산 육성·비육돈의 경제성에 미치는 영향을 표 26에 나타내었다. 실험돈 개시체중은 33.3kg이었으며, 36일이 경과한 후 두 번째로 농장을 방문하여 체중을 측정하였다. 기존사료를 섭취한 처리구의 평균 체중은 51.78kg이었으며 기획사료를 섭취한 처리구의 평균 체중은 53.77kg으로 기획사료를 섭취한 처리구의 실험돈이 1.98kg 높은 체중 증체량을 보였다. 측정한 체중을 기준으로 일당증체량을 계산한 결과 기존사료를 섭취한 처리구의 일당증체량은 0.514kg이었으며 기획사료를 섭취한 처리구의 일당증체량은 0.569kg이었다. 비육기 종료 체중 측정은 실험진행자와 농장간의 협의하에 실험개시일로부터 111일 후로 결정하였다. 기존사료를 섭취한 처리구의 평균 체중은 124.31kg이었으며 기획사료를 섭취한 처리구의 평균 체중은 123.15kg 이었다. 실험개시일로부터 36일 후에 실시한 두 번째 체중측정 결과와는 다르게 만종축산의 기존사료를 섭취한 처리구의 실험돈이 1.16kg 더 높은 평균체중을 나타냈다. 기존사료를 섭취한 처리구의 일당증체량은 0.980kg 이었으며 기획사료를 섭취한 처리구의 일당증체량은 0.938kg 이었다.

실험개시일과 실험종료일의 체중측정을 토대로 사양실험의 최종결과인 총 실험기간동안의 체중 증체량과 일당증체량을 비교한 결과 만종축산의 기존사료를 섭취한 실험돈의 체중 증체량 및 일당증체량은 각각 91.02kg, 0.827kg 이었으며, 기획사료를 섭취한 실험돈의 체중 증체량 및 일당증체량은 각각 89.85kg, 0.817kg 이었다. 결론적으로, 만종축산에서 기존에 급여하던 사료 및 사료급여 프로그램과 기획사료 및 단계별 급이프로그램은 사양성적에서 비슷한 결과를 보였다.

표 26. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 만종축산의 육성·비육돈 성장에 미치는 영향

항 목	처 리 구[1]		차 이[2]
	기존사료	기획사료	
실험 샘플, 두수	70	70	
체중, kg			
개시 (0일)	33.28	33.29	-
전반기(36일후)	51.78	53.77	-1.98
후반기(110일후)	124.31	123.15	1.16
체중 증체량, kg			
전기(0~36일)	18.50	20.47	-1.97
후기(37~110일)	72.52	69.37	3.14
전체(0~110일)	91.02	89.95	1.16
일당증체량, kg			
전기(0~36일)	0.514	0.569	-0.055
후기(37~110일)	0.980	0.938	0.043
전체(0~110일)	0.827	0.817	0.011

[1] 기존사료 : 실험농장에서 기존에 사용하던 사료 급여, 기획사료 : 기획사료를 성장 단계별로 급여
[2] 차이=기존사료-기획사료

나. 사료단가 비교

해당 실험 농장의 경우에도 앞에 한차례 있었던 사례와 동일하게 실험수행자라 할 수 있는 농장에 근무하는 근로자가 타국에서 온 외국인이었다. 그리하여 실험 내용을 숙지하는데 어려움이 있었고, 기존사료 처리구와 기획사료 처리구 모두에서 정확한 사료 급여량을 측정하지 못하여 사료 섭취량 및 경제성 분석 항목에서 정확한 값을 산출하지 못하였다. 이에 따라 기본적인 사료 단가만을 비교하여 표 27에 나타냈다.

만종축산은 인근 지역의 농협사료에 의뢰하여 OEM사료를 주문하여 사용하므로 사료 단가에서 타 농장과 비교 시 상당히 낮은 값을 보였다. 하지만 사료비 절감을 목표로 기획한 기획사료 보다는 kg 당 68.5원 높은 사료 가격을 나타냈다.

표 27. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 만종축산 육성·비육돈의 사료섭취량과 경제성에 미치는 영향

항 목	처 리 구[1]		차 이[2]
	기존사료	기획사료	
실험 샘플, 두수	70	70	
사료 섭취량, kg			
총 사료급여량	–	–	–
두당 사료섭취량	–	–	–
평균 증체량, kg	91.02	89.85	1.17
사료 요구율[3]	–	–	–
사료 단가	558.0	489.5	68.5
경제성 분석, 원			
1kg 증체당 사료비[4]	–	–	–
총 실험기간 사료비[5]	–	–	–

[1] 기존사료 : 실험농장에서 기존에 사용하던 사료 급여, 기획사료 : 기획사료를 성장 단계별로 급여
[2] 차이 = 기존사료-기획사료
[3] 사료 요구율 = 두당 사료섭취량/평균증체량
[4] 1kg 증체당 사료비 = 사료 요구율 X 사료 단가
[5] 총 실험기간 사료비 = 두당 섭취량 X 실험 두수 X 사료 단가

다. 육질 분석

기획사료 및 성장 단계별 급여가 출하 시 육성·비육돈의 육질 등급에 미치는 영향을 표 28에 나타내었다. 출하돈의 평균 체중은 기존사료가 121.32kg, 기획사료는 123.16kg으로 출하체중 차이로 인한 문제점은 없는 것으로 나타났다. 지육율은 기획사료가 0.68% 높았으며, 등지방 두께는 기존사료가 24.9mm, 기획사료는 25.4mm로 기획사료가 0.5mm 높은 것으로 나타났다. A-B등급 출현율을 보면 기존사료 86.84%, 기획사료 60.52%로 만종축산의 기존사료가 16%정도 더 높은 결과를 보였다. 축산물품질평가원의 경락가격을 통해 육량등급에 따른 차이를 보면 육량등급에서 A와 B등급은 약 200원의 차이를 나타내며, C등급은 약 500원, 등외는 약 1500원 가격이 차감된다. 이러한 결과는 대략적인 추정치이며, 통계적인 수치는 아니다. 농가의 수익성을 생각할 때 돼지의 가격에 큰 영향을 미치는 등급 즉 A-B출현율이 가장 큰 요소로 작용 한다고 볼 수 있다. 이러한 점들을 고려할 때 비육돈에서는 기존사료의 등지방에서 0.5mm의 감소는 A-B등급 출현율에 비해 미미한 부분이며, 이윤을 추구하는 일반농장에서는 경제성과 직접적으로 영향을 미치는 A-B등급에서 기존사료가 상당히 우수한 결과를 나타낸 것으로 보이지만 60% 수준의 A-B등급 출현율은 HACCP농가에서는 매우 낮은 출현율이며 해당 농장에서만 이러한 결과가 발생한 원인에 대한 추가적인 분석이 필요할 것으로 사료된다.

육질에 영향을 미치는 요인에는 출하 시 스트레스, 환경 요인 및 영양적 요인 등 여러 가지가 있다. 해당 실험 농장에서 다른 농장과 다르게 육질 등급이 기획사료를 급여한 실험돈군에서 낮게 나왔는데 이는 여러 가지 측면에서 해석될 수 있을 것이다. 돈육의 pH 변화는 돈육의 품질을 결정하는데 매우 중요한 요인으로 신선도, 보수력, 연도, 결착력, 육색, 조직감 등에 크게 영향을 주며, 저장성에 있어서도 매우 중요한 요인으로 작용한다. 도축을 하게 되면 혈액의 이동이 멈추게 되고 혈액을 통해 운송되던 산소의 공급이 차단되어 근육 내 저장되어 있던 glycogen이 혐기적 해당작용에 사용되게 된다. 결국 이를 통해 젖산이 생성되어 pH가 떨어지게 되는 것이다. 과도한 운송스트레스를 받거나 도축 시 과도한 스트레스를 받을 경우 glycogen 이용에 변화가 생겨 pH가 정상적인 변화를 하지 않게 될 수도 있다. 이러한 경우 DFD육이나 PSE육이 발생할 수 있기 때문에 좋은 품질의 돈육을 생산하기 위해서는 도축 전 관리에도 각별히 신경을 써야 한다. 이 외에 다른 요인이

육질에 영향을 미쳤을 수도 있을 것으로 사료되며, 처리구에 따른 효과를 초과할 정도로 영향을 미쳤을 것이라 판단된다.

표 28. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 출하 시 경태농장 육성·비육돈의 육질 등급에 미치는 영향

처리[1]	출하 두수	총 중량 (kg)	평균 체중 (kg)	지육량 (kg)	지육율 (%)	등지방 두께(mm)	A-B등급 출현율(%)
기존 사료	38	4,610	121.32	3,491	75.73	24.9	86.84
기획 사료	38	4,680	123.16	3,576	76.41	25.4	60.52
차이[2]		-70	-1.84	-85	-0.68	-0.5	26.32

[1]기존사료 : 실험농장에서 기존에 사용하던 사료 급여, 기획사료 : 기획사료를 성장 단계별로 급여

[2] 차이 = 기존사료-기획사료

제 6 절 저가 사료 및 성장단계별 사료 급여 프로그램의 농장 적용 연구: 경태농장

* 농장 현황 및 전경

- 경북 경주 소재, 일괄 사육, 모돈 약 250두 규모
- 돈사 6동, 돈방당 약 33두 수용

1. 요　　약

본 실험은 기획사료를 통한 사육단계별 급여프로그램과 생산비 절감을 위한 돼지의 사양관리 방법을 개발하기 위하여 경상북도 경주에 소재한 경태농장에서 진행 되었다. 검증 실험을 위하여 평균 체중 35.8kg의 육성돈 132두를 공시하였으며, 7월 23일부터 10월31일까지 101일간 사양실험을 진행하였다. 실험돈을 전체 2 처리 2 반복으로 돈방당 34두씩 성별에 상관없이 체중에 따라 RCB design으로 4개의 돈방에 임의 배치하였다. 처리구는 1) 기존사료 : 경태농장에서 급여하는 사료와 사료급여 프로그램, 2) 기획사료 : 대체원료를 사용한 사료와 단계별 급여 처리구였다. 기존사료는 육성기 사료로 전 구간에 급여하였으며, 기획사료 처리구는 세단계로 나누어 급여를 실시하였다. 일당증체량 (average daily gain ; ADG), 일당사료섭취량 (average daily feed intake ; ADFI) 및 사료 요구율 (feed conversion ratio ; FCR)을 측정하기 위하여 총 실험기간을 전기 (0일~34일) 및 후기 (34일~101일)로 나누어 전기와 후기가 종료되는 시점에 체중 및 사료 섭취량을 측정하였다. 육성기에는 콘크리트-슬랏 구조의 환기콘트롤러로 온도 및 환기를 조절할 수 있는 무창돈사에서 사육하다가 실험돈의 증체를 고려하여 비육기에는 역시 무창돈사이며 슬러리만으로 이루어진 곳으로 돈군 이동을 하였다. 실험돈은 육성사 및 비육사 모두 사료와 물의 자유 급이가 가능하고 온도와 환기조절이 용이한 돈사에서 사육되었다. 출하 체중에 먼저 도달하는 성장능력이 우수한 실험돈을 고려하여 실험돈의 전체 평균이 110.1kg 일 때 실험을 종료하였다. 또한 육질분석을 위해 실험종료 후에도 처리별로 사료를 급여하고 출하하였다.

사양 실험 결과, 총 실험기간 동안 경태농장의 기존사료를 섭취한 실험돈의 체중 증체량 및 일당증체량은 각각 75.9kg, 0.759kg 이었으며, 기획사료를 섭취한 실험돈의 체중 증체량 및 일당증체량은 각각 72.6kg, 0.726kg 이었다. 처리별 각각의 총 사료 급여량은 기존사료 14,444kg, 기획사료 14,547kg으로 기획사료가 기존사료에 비해 102kg 높게 나타났다. 이것을 두당 사료 섭취량으로 환산해보면 기존사료는 218.85kg, 기획사료는 220.41kg로 기획사료가 돼지 한 마리당 1.56kg을 더 섭취한 것으로 나타났다. 사료요구율 역시 기존사료 2.883, 기획사료 3.036로 기존사료의 사료효율이 좋은 것으로 나타났지만, 사료단가에서 차이가 있어 (기존사료: 549원, 기획사료: 474원) 1kg을 증체시키기 위한 사료비는 기획사료가 144원 저렴

한 것으로 나타났다. 이를 실험 전 기간으로 환산해 보면 기획사료가 103만원의 절감효과를 볼 수 있는 것으로 나타났다.

2. 실험 방법 및 재료

가. 농장소개

경태농장은 경상북도 경주시 외동읍 냉천리에 위치해 있다. 대인소독기 및 외부차량 소독시설을 설치하고 철저하게 운영함으로써 차단방역을 실시하고 있다. 농장자체 출하차량을 구비하고 있어서 출하 비용을 절감하여 다른 농장들에 비해서 생산비 절감에 힘쓰고 있는 농장이다. 경태농장은 육성·비육돈 실험뿐만 아니라 입붙이 실험에도 적극 협조를 해주어 본 자조금 실험을 진행하는데 있어서 큰 도움을 준 농장이다. 경태농장의 사육규모는 모돈 약 250두 규모의 일괄사육 농장으로 총 6개 동의 돈사가 있으며 돈방당 약 33두씩 수용 가능하다.

나. 실험 동물 및 실험설계

평균 체중 35.8kg의 육성돈 132두를 공시하였으며, 7월23일부터 10월31일까지 101일간 사양실험을 진행하였다. 전체 2 처리 2반복으로 돈방당 34두씩 성별에 상관없이 체중에 따라 RCB design으로 실험돈을 4개의 돈방에 임의 배치하였다. 처리구는 1) 기존사료 : 경태농장에서 급여하는 사료와 사료 급여 프로그램, 2) 기획사료 : 대체원료를 사용한 사료와 단계별 급여 처리구였다. 기존사료는 육성기 사료로 전 구간에 급여하였으며, 기획사료 처리구는 세단계로 나누어 급여를 실시하였다. 일당증체량 (average daily gain ; ADG), 일당사료섭취량 (average daily feed intake ; ADFI), 사료요구율 (feed conversion ratio ; FCR)을 측정하기 위하여 총 실험기간을 전기 (0일~34일) 및 후기 (34일~101일)로 나누어 전기와 후기가 종료되는 시점에 체중 및 사료 섭취량을 측정하였다.

다. 실험 사료

기존사료는 경태농장에서 사용하던 육성·비육기 사료를 급여하였다. 기획사료는 사료비 절감을 위한 대체원료로 옥수수·대두박에 비해 낮은 가격인 팜박으로 일부를 대체한 사료이며 30~50kg, 50~80kg 및 80kg 이상 세단계로 구분하여 급여하였다. 두 처리구 모두 자동라인이 설치되어 있음에도 불구하고, 정확한 사료 섭취량을 기록하기 위해 지대사료를 주문하여 각 돈방별로 급이하고 기록하였다.

라. 사양 실험

실험돈은 돈방당 34두씩 4개의 돈방에서 사육되었다. 육성기에는 콘크리트-슬랏 구조의 환기콘트롤러로 온도 및 환기를 조절할 수 있는 무창돈사에서 사육되다가 실험돈의 증체를 고려하여 비육기에는 역시 무창돈사이며 돈방은 슬러리만으로 이루어진 곳으로 돈군 이동을 하였다. 실험돈은 육성기 및 비육기 모두 사료와 물의 자유 급이가 가능하고 온도와 환기조절이 용이한 돈사에서 사육되었다. 출하 체중에 먼저 도달하는 성장능력이 우수한 실험돈을 고려하여 실험돈의 전체 평균이 110.1kg 일 때 실험을 종료하였으며, 육질분석을 위해 실험종료 후에도 처리에 맞추어 사료를 급여하고 출하하였다.

마. 경제성 분석

본 실험은 생산비 절감을 목표로 실험이 수행되었기 때문에, 사료단가를 통해 경제성 분석을 하였다. 경제성 분석은 시험 기간 동안 동일 환경에서 사육되었으므로, 제반 부대비용을 고려하지 않고 사료비용만을 기준으로 하였으며, 각 처리구간의 경제성은 사료섭취량과 사료 kg당 생산 비용을 통해서 증체당 사료비와 총 사료비를 계산하여 각각 비교하였다.

바. 육질 분석

2011년 6월 1일부터 돼지등급판정 기준은 1+A, 1A, 1B, 2A, 2B, 2C, 등외로 변경 되었으며, 육질등급과 육량등급으로 나누어 졌다. 육질 분석은 축산물품질평가원의 등급판정서를 받아 분석하였으며, 2개의 처리를 구분하기 위해 분리하여 출하

하였다. 적절한 출하시기를 선정하기 위해 총 132두의 실험돈에서 먼저 출하체중에 도달하는 개체들을 각 처리별로 30두씩 선발하여 출하를 하였다. 본 농장에서는 출하 시 각 개체별로 체중을 측정하여 110kg~120kg 사이의 돈군을 처리별로 선발하여 출하 후 등급판정 확인서를 통해서 지육율, 등지방 두께, A-B등급 출현율을 비교하였다. 돼지고기 규격등급은 도체중 기준으로 A등급은 83~95kg, B등급은 78~99kg이며 이에 따라 A-B등급 출현율을 나타내었다.

3. 연구 결과 및 고찰

가. 사양성적

기획사료 및 성장 단계별 급여가 경태농장의 육성·비육돈 성장에 미치는 영향을 표 29에 나타내었다. 실험개시 시 두 처리구의 실험돈 개시체중은 35.9kg이었다. 34일이 경과한 후 두 번째로 농장을 방문하여 체중을 측정하였다. 기존사료를 섭취한 처리구의 평균 체중은 56.09kg이었으며 기획사료를 섭취한 처리구의 평균 체중은 54.74kg으로 기획사료를 섭취한 처리구의 실험돈이 1.35kg 높은 체중 증체량을 보였다. 측정한 체중 증체량을 34일로 나누어 일당증체량을 계산하였다. 기존사료를 섭취한 처리구의 일당증체량은 0.594kg이었으며 기획사료를 섭취한 처리구의 일당증체량은 0.557kg이었다. 마지막 실험 진행을 위한 농장 방문은 실험돈의 증체량 및 출하일정을 고려하여 실험개시일로부터 101일 후로 결정하였다. 세 번째 방문 시 측정한 실험돈의 체중은 다음과 같다. 기존사료를 섭취한 처리구의 평균 체중은 111.8kg 이었으며 기획사료를 섭취한 처리구의 평균 체중은 108.4kg 이었다. 실험개시일로부터 34일 후에 실시한 두 번째 체중측정 결과와는 다르게 경태농장의 기존사료를 섭취한 처리구의 실험돈이 3.4kg 더 높은 평균체중을 나타냈다. 측정한 체중 증체량을 67일로 나누어 마찬가지로 일당 증체량을 계산하였다. 기존사료를 섭취한 처리구의 일당증체량은 0.844kg 이었으며 기획사료를 섭취한 처리구의 일당증체량은 0.813kg 이었다. 실험개시일과 실험종료일의 체중측정을 토대로 사양실험의 총 실험기간동안의 체중 증체량과 일당증체량을 비교하였다. 총 실험기간 동안 경태농장의 기존사료를 섭취한 실험돈의 체중 증체량 및 일당증체량은 각각 75.9kg, 0.759kg 이었으며, 기획사료를 섭취한 실험돈의 체중 증체량 및 일당증체량은 각각 72.6kg, 0.726kg 이었다.

결론적으로, 경태농장에서 기존에 급여하던 사료 및 사료급여 프로그램이 기획사료 및 급여프로그램 보다 다소 높은 사양성적을 보였다.

표 29. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 경태농장의 육성·비육돈 성장에 미치는 영향

항 목	처 리 구[1]		차 이[2]
	기존사료	기획사료	
실험 샘플, 두수	66	66	
체중, kg			
개시 (0일)	35.90	35.80	–
전반기(34일후)	56.09	54.74	1.35
후반기(100일후)	111.80	108.40	3.40
체중 증체량, kg			
전기(0~34일)	20.19	18.94	1.25
후기(35~100일)	55.71	53.66	2.05
전체(0~100일)	75.90	72.60	3.30
일당증체량, kg			
전기(0~34일)	0.594	0.557	0.037
후기(35~100일)	0.844	0.813	0.031
전체(0~100일)	0.759	0.726	0.033

[1] 기존사료 : 실험농장에서 기존에 사용하던 사료 급여, 기획사료 : 기획사료를 성장 단계별로 급여
[2] 차이=기존사료-기획사료

나. 경제성 분석

기획사료 및 성장 단계별 급여가 경태농장 육성·비육돈의 사료섭취량과 경제성에 미치는 영향을 표 30에 나타내었다. 처리별 각각의 총 사료 급여량은 기존사료 14,444kg 및 기획사료 14,547kg으로 기획사료가 기존사료에 비해 102kg 높게 나타났다. 이것을 두당 사료 섭취량으로 환산해보면 기존사료는 218.85kg, 기획사료는 220.41kg로 기획사료가 돼지 한 마리당 1.56kg을 더 섭취하였다. 사료요구율은 기존사료 2.883, 기획사료 3.036로 1kg 증체에 필요한 사료요구율은 기존사료가 0.153kg만큼 더 낮은 효과를 보였다. 하지만 성장성적을 종합하여 보았을 때 기획사료를 급여하더라도 기존사료에 비해서 부정적인 효과는 나타났다고 할 수 없다. 사료단가를 비교해보면 기존사료는 549원, 기획사료는 474원으로 기획사료가 75원 만큼의 저렴함을 알 수 있다. 이러한 결과를 토대로 사료섭취량과 사료단가를 계산하여 경제성분석을 해보면 1kg을 증체시키기 위한 사료비는 기존사료는 1,583원, 기획사료는 1,439원으로 기획사료가 144원 저렴하게 나타났다. 총 실험기간의 사료비는 기존사료 7,929,811원, 기획사료 6,895,306원으로 기획사료가 무려 1,034,504원의 절감효과를 보여주었다. 이러한 차이를 단순히 132두의 실험돈이 아닌 모돈 수에 따른 농장의 총 사육두수로 환산한다면 기획사료 및 사료 급여 프로그램의 적용은 양돈농가에 상당한 경제적 이익을 가져다 줄 것으로 사료된다. 성장성적에서 기획사료가 기존사료에 비해 낮은 수치를 나타냈지만 차이가 큰 것은 아니었으며, 이러한 사료 가격 차이를 고려한다면 기획사료의 사용이 농가의 생산성을 위해서는 정당한 판단일 것으로 사료된다.

표 30. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 경태농장 비육돈의 사료섭취량과 경제성에 미치는 영향

항 목	처 리 구[1]		차 이[2]
	기존사료	기획사료	
실험 샘플, 두수	66	66	
사료 섭취량, kg			
총 사료급여량	14,444	14,547	−102
두당 사료섭취량	218.85	220.41	−1.56
평균 증체량, kg	75.83	72.58	3.30
사료 요구율[3]	2.883	3.036	−0.153
사료 단가	549.0	474.0	75.0
경제성 분석, 원			
1kg 증체당 사료비[4]	1,583	1,439	144
총 실험기간 사료비[5]	7,929,811	6,895,306	1,034,504

[1] 기존사료 : 실험농장에서 기존에 사용하던 사료 급여, 기획사료 : 기획사료를 성장 단계별로 급여
[2] 차이 = 기존사료−기획사료
[3] 사료 요구율 = 두당 사료섭취량/평균증체량
[4] 1kg 증체당 사료비 = 사료 요구율 X 사료 단가
[5] 총 실험기간 사료비 = 두당 섭취량 X 실험 두수 X 사료 단가

다. 육질 분석

기획사료 및 성장 단계별 급여가 경태농장 육성·비육돈의 육질 분석에 미치는 영향을 표 31에 나타내었다. 출하돈의 평균 체중은 기존사료가 115.57kg 및 기획사료는 116.71kg으로 출하체중 차이로 인한 문제점은 없는 것으로 사료된다. 지육율은 기존사료가 78.01% 및 기획사료는 76.32%로 기존사료가 1.69% 높았다. A-B등급 출현율을 보면 기존사료가 79.55%, 기획사료는 78.95%로 경태농장의 기존사료가 0.6%정도 더 높은 결과를 보였다. 하지만 비율의 차이가 매우 적어 기획사료의 급여가 A-B등급에 부정적인 영향을 끼쳤다고 볼 수는 없는 항목이었다. 축산물품질평가원의 경락가격을 통해 육량등급에 따른 차이를 보면 육량등급에서 A와 B등급은 약 200원의 차이를 나타내며, C등급은 약 500원, 등외는 약 1500원 가격이 차감된다. 이러한 결과는 대략적인 추정치이며, 통계적인 수치는 아니다. 종합적으로 육질 분석 결과, 아주 근소한 A-B등급 출현율을 나타낸 것을 제외하고는 특별한 육질 차이를 나타내지 않았으며, 실질적으로 경제성에서도 별다른 차이를 유발하지 않았을 것으로 사료된다.

표 31. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 출하 시 경태농장 육성·비육돈의 육질 등급에 미치는 영향

처리[1]	출하 두수	총 중량 (kg)	평균 체중 (kg)	지육량 (kg)	지육율 (%)	등지방 두께(mm)	A-B등급 출현율(%)
기존 사료	44	5,085	115.57	3,967	78.01	-	79.55
기획 사료	38	4,435	116.71	3,385	76.32	-	78.95
차이[2]			-1.14		1.69		0.60

[1] 기존사료 : 실험농장에서 기존에 사용하던 사료 급여, 기획사료 : 기획사료를 성장 단계별로 급여

[2] 차이 = 기존사료-기획사료

제 7 절 저가 사료 및 성장단계별 사료 급여 프로그램의 농장 적용 연구: 대박농장

* 농장 현황 및 전경

- 전남 무안 소재, 일괄 사육, 모돈 약 170두 규모
- 돈사 6동, 돈방당 약 20두 수용

1. 요　　약

본 실험은 기획사료를 통한 사육단계별 급여프로그램과 생산비 절감을 위한 돼지의 사양관리 방법을 개발하기 위하여 전라남도 무안에 소재한 대박농장에서 진행 되었다. 평균 체중 26.9kg의 육성돈 120두를 공시하였으며, 약 2000두 규모의 일괄사육 농장에서 사양실험을 진행 하였다. 전체 2 처리 3반복으로 돈방당 20두씩 성별에 상관없이 체중에 따라 RCB design으로 임의 배치하였다. 처리구는 1) 기존사료 : 현 농장에서 급여하는 사료와 급여방법 및 2) 기획사료 : 대체원료를 사용하여 가격을 절감한 사료와 단계별 급여방법을 적용한 처리구 였다. 본 실험농장에서는 기존사료를 육성기와 비육기로 나누어 급여 하였으며, 기획사료 처리구는 세단계로 나누어 단계별 사양을 실시하였다. 일당증체량, 일당 사료섭취량 및 사료 요구율을 측정하기 위하여 개시, 육성 종료와 비육 종료 시에 체중과 사료 섭취량을 측정하여 일당증체량 (average daily gain ; ADG), 일당사료섭취량 (average daily feed intake ; ADFI), 사료요구율 (feed conversion ratio ; FCR)을 계산하였다. 실험돈은 각각 슬랏-콘크리트 바닥의 펜에서 돈방당 20두씩 사육 되었다. 실험기간은 7월 14일 ~ 11월8일 까지 117일간 진행되었으며, 실험돈의 체중이 평균 114.01kg에 도달했을 때 실험을 종료 하였다. 실험돈은 사료와 물의 자유 급이가 가능하고 온도와 환기조절이 용이한 돈사에서 사육 되었다.

사양 실험 결과, 종료체중은 기존사료 110.54kg, 기획사료 117.49kg으로 처리간 전체 평균을 비교하였을 때 기획사료에 비해 기존사료가 6.95kg 높게 나타났다. 기획사료의 성장률이 전반기에는 기존사료에 비하여 낮았으나, 후반기 때 성장률이 기존사료보다 비슷하거나 높은 것으로 나타났다. 체중과 마찬가지로 일당증체량도 기획사료 0.719kg, 기존사료 0.798kg으로 기존사료가 높은 수치를 나타났다. 총 실험기간 동안 처리별 각각의 총 사료 급여량은 기존사료 13183.8kg, 기획사료 13131kg으로 기존사료가 52.8kg 높은 수치를 나타냈다. 이것을 두당 사료 섭취량으로 환산해 보면 기존사료 219.73kg, 기획사료 218.85kg으로 기존사료가 돼지 한 마리당 0.88kg을 더 섭취한 것으로 나타났다. 사료요구율은 기존사료 2.442, 기획사료 2.599로 근소한 차이지만 기존사료가 조금 덜먹고 조금 더 크는 경향을 나타내었다. 사료단가는 기존사료 590원 및 기획사료 474원으로 기획사료가 116원의 절감 효과를 가지는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 토대로 경제성분석을 해보면

1kg 증체시키기 위한 사료비는 기존사료 1,441원, 기획사료 1,232원으로 기획사료가 209원 저렴한 것으로 나타났으며, 총 실험기간의 사료비는 기존사료 7,778,442원, 기획사료 6,224,094원으로 기획사료를 사용할 시 1,554,348원의 비용을 절약할 수 있는 것으로 나타났다.

2. 실험 방법 및 재료

가. 농장소개

본 실험은 기획사료를 통한 사육단계별 급여프로그램과 생산비 절감을 위한 돼지의 사양관리 방법을 개발하기 위하여 진행 되었다. 전남 무안 국제공항에 인접한 무안군 운남면의 남쪽 해안가에 위치한 대박축산에서 육성·비육기 실험을 진행 하였다. 대박축산은 전체 약 2000두, 모돈 170두 규모의 농가로 실험농가 중 가장 해안에 가까이 위치해 있었던 것이 특징이었다.

나. 실험 동물 및 실험설계

평균 체중 26.9kg의 육성돈 120두를 공시하였으며, 약 2000두 규모의 일괄 농장에서 사양실험을 진행 하였다. 전체 2 처리 3반복으로 돈방당 20두씩 성별에 상관없이 체중에 따라 RCB design으로 임의 배치하였다. 처리구는 1) 기존사료 : 현 농장에서 급여하는 사료와 급여방법, 2) 기획사료 : 대체원료를 사용하여 가격을 절감한 사료와 단계별 급여방법을 적용한 처리구로 설정하였다. 기존사료 처리구는 육성기와 비육기로 나누어 기획사료의 경우 세단계로 나누어 단계별 사양을 실시하였다. 일당증체량, 일당 사료섭취량 및 사료 요구율을 측정하기 위하여 개시, 육성 종료와 비육 종료 시에 체중과 사료 섭취량을 측정하여 일당증체량 (average daily gain ; ADG), 일당사료섭취량 (average daily feed intake ; ADFI) 및 사료요구율 (feed conversion ratio ; FCR)을 계산하였다.

다. 실험 사료

기존사료 처리구는 실험 농장에서 사용하던 사료를 급여하였고, 기획사료 처리구의 경우 낮은 가격의 대체원료를 사용한 기획사료를 급여하였다. 기획사료는 사료비 절감을 위한 대체원료로 옥수수·대두박에 비해 낮은 가격인 팜박으로 일부를 대체한 사료이며 30~50kg, 50~80kg 및 80kg 이상 세단계로 육성 · 비육기를 구분하여 급여하였다. 개시체중은 약 27kg 이었으며, 모든 실험돈의 돈방은 자동라인이 설치되어 있으나 정확한 사료 섭취량을 기록하기 위해 지대사료를 주문하여 각 돈방별로 급이하고 기록하였다.

라. 사양 실험

실험돈은 각각 슬랏-콘크리트 펜에서 돈방당 20두씩 사육 되었다. 실험은 7월14일 ~ 11월8일 까지 117일간 진행되었으며, 실험돈의 체중이 적정 출하체중인 평균 114.01kg에 도달하였을 때 실험을 종료 하였다. 사료와 물의 경우 자유롭게 급이 되었으며, 온도와 습도가 동일하게 유지되는 상황에서 실험을 진행하였다.

마. 경제성 분석

경제성 분석은 제반 부대비용을 고려하지 않고 사료비용만을 기준으로 하였으며, 각 처리구간의 비용 차이는 사료섭취량과 kg 당 사료비를 통해서 증체당 사료비와 총 사료비를 계산하여 각각 비교 하였다.

바. 육질 분석

출하 시 각 개체별로 체중측정을 하여 110kg~120kg 사이의 돈군을 처리별로 선발하였고, 지육율, 등지방 두께 및 A-B등급 출현율을 비교하였다. 돼지고기 규격등급은 도체중 기준으로 A등급은 83~95kg, B등급은 78~99kg이었다.

3. 연구 결과 및 고찰

가. 사양성적

기획사료 및 성장 단계별 급여가 대박농장 육성·비육돈의 사양성적에 미치는 영향을 표 32에 나타내었다. 실험개시 체중은 기존사료 26.35kg 및 기획사료 27.52kg으로 거의 동일한 체중으로 시작하였으며, 종료체중은 기존사료 110.54kg 및 기획사료 117.49kg으로 처리간 전체 평균을 비교하였을 때 기획사료에 비해 기존사료가 6.95kg 높은 것으로 나타났다. 기획사료 처리구의 성장률이 전반기에는 기존사료에 비하여 낮았으나, 후반기 때는 기존사료보다 비슷하거나 높아서 비육돈의 성장에 특별한 악영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 체중과 마찬가지로 일당증체량도 기획사료 0.719kg 및 기존사료 0.798kg으로 기존사료 처리구가 높은 것으로 나타났다.

육성돈과 비육돈의 경우 기획사료 첨가에 의해 다른 성장률을 보인 몇몇 농가가 있다. 이러한 차이는 실질적인 섬유소원을 분해할 수 있는 장의 발달 정도가 일령에 의해 차이를 보이기 때문이다. 비육기는 돼지의 성장단계에서 봤을 때 한창 발달중인 단계로 육성기와 비교하여 일반적으로 많은 체중 차이를 나타낸다. 이에 따라 장의 길이 및 용적도 차이를 나타내게 되고 대장에서의 미생물 발효 역시 차이가 나타난 것으로 사료된다.

표 32. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 육성·비육돈의 성장에 미치는 영향

항 목	처 리 구[1]		차 이[2]
	기존사료	기획사료	
실험 샘플, 두수	60	60	
체중, kg			
개시 (0일)	27.52	26.35	-
전반기(47일후)	57.26	49.12	8.14
후반기(117일후)	117.49	110.54	6.95
체중 증체량, kg			
전기(0~47일)	29.74	22.77	6.97
후기(48~117일)	60.23	61.42	-1.19
전체(0~118일)	89.97	84.19	5.78
일당증체량, kg			
전기(0~47일)	0.633	0.484	0.148
후기(48~117일)	0.860	0.877	-0.017
전체(0~117일)	0.769	0.720	0.049

[1] 기존사료 : 실험농장에서 기존에 사용하던 사료 급여, 기획사료 : 기획사료를 성장 단계별로 급여
[2] 차이=기존사료-기획사료

나. 경제성 분석

기획사료 및 성장 단계별 급여가 대박농장 육성·비육돈의 사료섭취량과 경제성에 미치는 영향을 표 33에 나타내었다. 실험기간인 117일간 처리별 각각의 총 사료 급여량은 기존사료 13183.8kg, 기획사료 13131kg으로 기존사료가 52.8kg 높은 것으로 나타났다. 이것을 두당 사료 섭취량으로 보면 기존사료 219.73kg, 기획사료 218.85kg으로 기존사료가 돼지 한 마리당 0.88kg의 사료를 더 섭취하였다. 사료요구율은 기존사료 2.442, 기획사료 2.599로 근소한 차이지만 기존사료가 좀 더 높은 수치를 보였다. 사료단가는 기존사료 590원 및 기획사료 474원으로 기획사료가 kg 당 116원의 사료비 절감 효과를 보이는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 토대로 경제성분석을 해보면 1kg 증체시키기 위한 사료비는 기존사료 1,441원, 기획사료 1,232원으로 기획사료가 209원 저렴하게 나타났다. 총 실험기간의 사료비는 기존사료 7,778,442원, 기획사료 6,224,094원으로 기획사료가 1,554,348원 정도 사료비를 절감시킬 수 있는 것으로 나타났다. 이러한 차이를 농장의 총 두수로 환원하여 계산한다면 기획사료의 사용은 농장에 상당히 큰 경제적 이익을 창출해 줄 수 있을 것으로 사료되는 바이다.

표 33. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 육성·비육돈의 사료섭취량과 경제성에 미치는 영향

항 목	처 리 구[1]		차 이[2]
	기존사료	기획사료	
실험 샘플, 두수	60	60	
사료 섭취량, kg			
총 사료급여량	13,183.8	13,131	52.8
두당 사료섭취량	219.73	218.85	0.88
평균 증체량, kg	89.97	84.19	5.78
사료 요구율[3]	2.442	2.599	−0.157
사료 단가	590.0	474.0	116.0
경제성 분석, 원			
1kg 증체당 사료비[4]	1,441	1,232	209
총 실험기간 사료비[5]	7,778,442	6,224,094	1,554,348

[1] 기존사료 : 실험농장에서 기존에 사용하던 사료 급여, 기획사료 : 기획사료를 성장 단계별로 급여
[2] 차이 = 기존사료−기획사료
[3] 사료 요구율 = 두당 사료섭취량/평균증체량
[4] 1kg 증체당 사료비 = 사료 요구율 X 사료 단가
[5] 총 실험기간 사료비 = 두당 섭취량 X 실험 두수 X 사료 단가

다. 육질 분석

대박축산의 기획사료와 기존사료에 의해 성장한 육성·비육돈의 출하성적을 표 34에 나타내었다. 농장의 여건상 출하 시 두 처리구 실험돈이 분리되어 출하되지는 않았다. 이 때문에 처리구당 육질에 대한 효과를 분석하기는 어렵지만 전반적인 지육률, 등지방 두께 및 A-B등급 출현율으로 봤을 때 두 처리구 모두 육질에 큰 악영향을 미치지는 않은 것으로 사료된다.

표 34. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 출하 시 육성·비육돈의 육질 등급에 미치는 영향

출하 두수	총 중량 (kg)	평균 체중 (kg)	지육율 (%)	등지방 두께 (mm)	A-B등급 출현율 (%)
88	10,269	116.69	77.71	23.83	73.28

제 8 절 저가 사료 및 성장단계별 사료 급여 프로그램의 농장 적용 연구: 진촌농장

* 농장 현황 및 전경

- 경기도 용인 소재, 육성·비육돈 위탁 사육, 약 500두 규모
- 돈사 1동, 돈방당 약 45두 수용

1. 요　　약

본 실험은 기획사료를 통한 사육단계별 급여프로그램과 생산비 절감을 위한 돼지의 사양관리 방법을 개발하기 위하여 경기도 용인시에 소재한 진촌농장에서 진행되었다. 자돈기를 마치고 입식된 평균 체중 31.3kg의 육성돈 180두를 공시하였으며, 전체 2 처리 2반복으로 돈방당 45두씩, 성별을 구분하여 RCB deisgn에 따라 균등하게 배치하였다. 진촌농장의 경우 이미 3단계 사육단계별 급여프로그램이 시행되고 있어서 기존사료와 기획사료 처리구 모두 육성기, 비육전기 및 비육후기로 나누어 단계별 사양실험을 실시하였다. 개시, 육성 종료와 비육 종료 시에 체중과 사료섭취량을 측정하여 일당증체량 (average daily gain ; ADG), 일당사료섭취량 (average daily feed intake ; ADFI) 및 사료요구율 (feed conversion ratio ; FCR)을 계산하였다.

실험개시는 기존사료 31.30kg 및 기획사료 31.30kg으로 동일한 평균체중에서 시작되었다. 종료체중은 기존사료 102.13kg 및 기획사료 103.88kg으로 통계분석은 하지 못하였지만, 처리간 전체 평균을 비교하였을 때 기획사료가 기존사료에 비해 1.75kg 높은 수치를 나타냈다. 체중과 마찬가지로 일당증체량 또한 기획사료 0.620kg 및 기존사료 0.605kg으로 기획사료가 기존사료에 비해 높은 것으로 나타났다. 처리별 각각의 총 사료 급여량은 기존사료 17,192kg, 기획사료 17,695kg으로 기획사료가 503kg 높은 섭취량을 보였다. 이것을 두당 사료 섭취량으로 환산해보면 기존사료 191.03kg 및 기획사료 196.63kg으로 기획사료가 돼지 한 마리당 5.60kg의 사료를 더 섭취한 것으로 나타났다. 사료 요구율은 기존사료 2.697, 기획사료 2.709로 거의 동일한 수준을 나타냈으며, 사료단가는 kg당 기존사료 509.1원 및 기획사료 489.5원으로 기획사료를 이용할 시 kg당 19.6원의 사료비를 절약할 수 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 토대로 사료섭취량과 사료단가를 통합하여 경제성분석을 해보면 1kg 증체시키기 위한 사료비는 기존사료 1,373원 및 기획사료 1,326원으로 기획사료가 47원 저렴하게 나타났다. 총 실험기간의 사료비는 기존사료 8,752,804원, 기획사료 8,662,535원으로 기획사료가 90,269원의 사료비를 절감시킬 수 있는 것으로 나타났다.

2. 실험 방법 및 재료

가. 농장소개

경기도 용인시 백암면 백봉리 274-4번지에 위치한 진촌농장은 1개동, 전체 500두 규모의 위탁사육 농장이다. 해당 농장은 실험참여 농가 중 가장 규모가 작은 농가지만, 자돈기를 마친 육성돈을 다수로 입식, 실험을 개시하여 출하까지 돈군의 이동 없이 실험 할 수 있는 장점이 있었다. 반복수를 180두까지 공시할 수 있었기 때문에 데이터의 신뢰도가 좀 더 높은 실험참여농가였을 것으로 사료된다. 농장 입구에는 상시 사용할 수 있는 소독기가 마련되어 있었으며, 사료 급이는 수동식으로 돈방마다 철제 사각 급이통이 2개씩 설치되어 있었다. 바닥은 70%가 콘크리트, 30%가 철-슬랏으로 이루어져 있는 슬러리식 돈사였고, 천장은 나무로 된 구조재와 슬레이트로 이루어져 있었다. 창은 윈치커튼식으로 환기상태는 매우 양호하였다.

나. 실험 동물 및 실험설계

자돈기를 마치고 입식된 평균 체중 31.3kg의 육성돈 180두를 공시하였으며, 전체 2 처리 2반복으로 돈방당 45두씩, 성별을 구분하여 균등하게 RCB design으로 임의 배치하였다. 진촌농장의 경우 이미 3단계 사육단계별 급여프로그램이 시행되고 있어서 기존사료와 기획사료 처리구 모두 육성기, 비육전기 및 비육후기로 나누어 단계별 사양실험을 실시하였다. 개시, 육성 종료와 비육 종료 시에 체중과 사료섭취량을 측정하여 일당증체량 (average daily gain ; ADG), 일당사료섭취량 (average daily feed intake ; ADFI) 및 사료요구율 (feed conversion ratio ; FCR)을 계산하였다.

다. 실험 사료

기존사료 처리구는 실험 농장에서 사용하던 기존의 사료를 급여하였고, 기획사료 처리구의 경우 낮은 가격의 대체원료 사료를 급여 하였다. 기획사료는 옥수수·대두

박에 비해 가격이 낮은 팜박으로 일부를 대체한 사료이며 육성·비육기를 30~50kg, 50~80kg 및 80kg 이상 세단계로 구분하여 급여하였다. 정확한 사료 섭취량을 기록하기 위해 지대사료를 주문하여 각 돈방별로 급이 하고 기록하였다.

라. 사양 실험

실험돈은 각각 4개의 돈방에서 45두씩 사육 되었다. 실험기간은 7월21일 ~ 10월10일 까지 81일간 진행되었으며, 사료와 물은 자유급이 하였고, 평균체중 103kg에 실험을 종료 하였다.

마. 경제성 분석

기획사료에 의한 생산비 절감 효과를 규명하기 위하여 사료단가를 통해 경제성 분석을 실시하였다. 전반적으로 제반 부대비용을 고려하지 않고 사료비용만을 기준으로 하였으며, 사료섭취량과 kg당 사료 가격을 통해서 kg 증체당 사료비와 총 사료비를 계산하여 처리구간 차이를 비교하였다.

바. 육질 분석

농가 사정상 2개의 처리구가 분리되어 출하되지 않았으며 축산물품질평가원의 등급판정서를 받아 지육율, 등지방 두께 및 A-B등급 출현율을 측정 하였다. 돼지고기 규격등급은 도체중 기준으로 A등급은 83~95kg, B등급은 78~99kg이며 이에 따라 A-B등급 출현율을 나타내었다.

3. 연구 결과 및 고찰

가. 사양성적

기획사료 및 성장 단계별 급여가 진촌농장 육성·비육돈의 사양성적에 미치는 영향을 표 35에 나타내었다. 실험개시는 기존사료 31.30kg 및 기획사료 31.30kg으로 동일한 평균체중에서 시작되었다. 종료체중은 기존사료 102.13kg 및 기획사료 103.88kg으로 통계분석은 하지 못하였지만, 처리간 전체 평균을 비교하였을 때 기획사료가 기존사료에 비해 1.75kg 높은 수치를 나타냈다. 체중과 마찬가지로 일당증체량 또한 기획사료 0.620kg 및 기존사료 0.605kg으로 기획사료가 기존사료에 비해 높은 것으로 나타났다. 해당 실험 결과는 기획 사료의 사용이 사료의 기호성이나 돼지의 성장률 측면에서 어떠한 부정적 영향도 미치지 않는다는 다른 농장의 실험 결과와 일치된 경향을 나타냈다.

과거에 실시된 여러 선행 실험들을 보면 섬유소의 첨가는 많은 경우 돼지의 성장을 저해시키는 결과를 도출하곤 했다. 하지만, 근래에는 섬유소의 종류와 양에 따라 새로운 가능성이 제기되었으며, furctooligosaccharide, mannan- oligosaccharide 및 β-glucan과 같은 prebiotics로서의 접근, 가용성 식이섬유 (SDF; soluble dietary fiber) 및 불용성식이섬유 (IDF; insoluble dietary fiber) 비율에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 식이 섬유소의 첨가는 그 종류와 사용량에 따라 prebiotics로서 장내 유익균들이 이용하기 좋은 섬유소를 공급하고, 미생물의 대사물질인 휘발성 지방산 (volatile fatty acid; VFA)과 젖산이 장관 내 pH를 저하시켜 유산균의 증식 및 병원성 미생물의 저하를 유도하며, 대장균에 부착부위 (binding site)를 제공하여 분으로의 배출을 유도하는 등 (Koopman 등, 1999)의 긍정적인 기능을 한다. 또한, Drochner 등 (1978)은 사료 내 조섬유가 돼지의 소화기관 내 박테리아의 활성을 감소시킨다고 보고하였으며, 유해 미생물인 *Escherichia coli*와 *Clostriduim perfringens*의 성장을 억제시켰다는 보고도 있다 (Wang과 Gibson, 1993). 본 실험의 성장성적 역시 이러한 논문들의 결과와 일치되는 경향을 나타냈으며, 관련하여 해당 프로그램을 적용시킨다면 농장의 가격 경쟁력 향상에 큰 보탬이 될 수 있을 것으로 사료된다.

표 35. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 육성·비육돈의 성장에 미치는 영향

항 목	처 리 구[1]		차 이[2]
	기존사료	기획사료	
실험 샘플, 두수	90	90	
체중, kg			
개시 (0일)	31.30	31.30	-
전반기(37일후)	62.69	63.58	-0.89
후반기(81일후)	102.13	103.88	-1.75
체중 증체량, kg			
전기 (0~37일)	31.39	32.28	-0.89
후기 (38~81일)	39.44	40.30	-0.86
전체 (0~81일)	70.83	72.58	-1.75
일당증체량, kg			
전기 (0~37일)	0.848	0.872	-0.024
후기 (38~81일)	0.896	0.916	-0.020
전체 (0~81일)	0.874	0.896	-0.022

[1] 기존사료 : 실험농장에서 기존에 사용하던 사료 급여, 기획사료 : 기획사료를 성장 단계별로 급여
[2] 차이=기존사료-기획사료

나. 경제성 분석

기획사료 및 성장 단계별 급여가 진촌농장 육성·비육돈의 사료섭취량과 경제성에 미치는 영향을 아래 표 36에 나타내었다. 처리별 각각의 총 사료 급여량은 기존사료 17,192kg, 기획사료 17,695kg으로 기획사료가 503kg 높은 섭취량을 보였다. 이것을 두당 사료 섭취량으로 환산해 보면 기존사료 191.03kg 및 기획사료 196.63kg으로 기획사료가 돼지 한 마리당 5.60kg의 사료를 더 섭취한 것으로 나타났다. 사료 요구율은 기존사료 2.697, 기획사료 2.709로 거의 동일한 수준을 나타냈으며, 사료단가는 kg당 기존사료 509.1원 및 기획사료 489.5원으로 기획사료를 이용할 시 kg당 19.6원의 사료비를 절약할 수 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 토대로 사료섭취량과 사료단가를 통합하여 경제성분석을 해보면 1kg 증체시키기 위한 사료비는 기존사료 1,373원 및 기획사료 1,326원으로 기획사료가 47원 저렴하게 나타났다. 총 실험기간의 사료비는 기존사료 8,752,804원, 기획사료 8,662,535원으로 기획사료가 90,269원의 사료비를 절감시킬 수 있는 것으로 나타났다.

표 36. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 육성·비육돈의 사료섭취량과 경제성에 미치는 영향

항 목	처 리 구[1]		차 이[2]
	기존사료	기획사료	
실험 샘플, 두수	90	90	
사료 섭취량, kg			
총 사료급여량	17,192	17,695	−503
두당 사료섭취량	191.03	196.63	−5.60
평균 증체량, kg	70.83	72.58	−1.75
사료 요구율[3]	2.697	2.709	−0.012
사료 단가	509.1	489.5	19.6
경제성 분석, 원			
1kg 증체당 사료비[4]	1,373	1,326	47
총 실험기간 사료비[5]	8,752,804	8,662,535	90,269

[1] 기존사료 : 실험농장에서 기존에 사용하던 사료 급여, 기획사료 : 기획사료를 성장 단계별로 급여
[2] 차이 = 기존사료−기획사료
[3] 사료 요구율 = 두당 사료섭취량/평균증체량
[4] 1kg 증체당 사료비 = 사료 요구율 X 사료 단가
[5] 총 실험기간 사료비 = 두당 섭취량 X 실험 두수 X 사료 단가

다. 육질 분석

기획사료와 기존사료에 의해 성장한 진촌농장 육성·비육돈의 출하성적을 표 37에 나타냈다. 두 처리구가 분리되어 출하되지는 않았지만, 단순히 데이터를 분석해 보았을 때, A-B등급 출현율, 지육율 및 등지방 두께가 다른 농장의 육질 분석 결과와 별다른 차이가 없는 것으로 나타났다.

일반적으로 팜박 가공과정 중에 먼저 오일을 추출하게 되는데, 이때 많은 경우 식물성기름이 부분적으로 제거되지 않아 팜박의 경우 사료 내 불포화지방산 함량이 높은 편이다. Babatunde 등 (1967)은 단위동물의 경우 축적지방의 지방산 조성이 사료의 지방산 조성의 영향을 많이 받는다고 보고하였다. 이는 불포화지방산 함량이 높은 팜박 사료가 등심의 불포화지방 함량을 높이고 결과적으로 육질 및 지방산 패도의 변화를 유발시킬 수 있음을 의미한다. 하지만 본 실험에서는 기획사료 첨가에 따른 육질 변화가 나타나지 않았으며, 이러한 변이는 팜박의 첨가 수준 차이에서 기인한 것으로 사료된다.

표 37. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 출하 시 육성·비육돈의 육질 등급에 미치는 영향

두 수	총 중량 (kg)	지육량 (kg)	지육율 (%)	평균 체중 (kg)	A-B 등급 출현율 (%)
64	7,200	5,590	77.63	112.5	89.1

제 9 절 저가 사료 및 성장단계별 사료 급여 프로그램의 농장 적용 연구: 마석유축

* 농장 현황 및 전경

- 경북 경주 소재, 일괄 사육, 모돈 약 180두 규모
- 돈사 6동, 돈방당 약 15두 수용

1. 요　　약

본 실험은 기획사료를 통한 사육단계별 급여프로그램과 생산비 절감을 위한 돼지의 사양관리 방법을 개발하기 위하여 경상북도 경주에 소재한 마석유축에서 진행 되었다. 평균 체중 40.2kg의 육성돈 120두를 공시하였으며, 전체 2 처리 4반복으로 돈방당 15두씩 성별에 상관없이 체중에 따라 RCB design으로 임의 배치하였다. 처리구는 1) 기존사료 : 주변 농가들과 공동으로 이용하고 있는 OEM사료와 기존의 급여방법, 2) 기획사료 : 대체원료를 사용하여 가격을 절감한 사료와 단계별 급여방법을 적용한 처리구 였다. 기존사료의 경우 육성기와 비육기로 나누어 급여 하였으며, 기획사료 처리구는 육성기, 비육전기 및 비육후기로 나누어 단계별 사양을 실시하였다. 개시, 육성 종료와 비육 종료 시에 체중과 사료 섭취량을 측정하여 일당증체량 (average daily gain ; ADG), 일당사료섭취량 (average daily feed intake ; ADFI) 및 사료요구율(feed conversion ratio ; FCR)을 계산하였다.

실험개시 평균체중은 기존사료 처리구 40.2kg 및 기획사료 40.2kg으로 동일했으며, 종료체중은 기존사료 99.87kg 및 기획사료 101.2kg으로 처리간 전체 평균을 비교하였을 때 기획사료에 비해 기존사료가 1.33kg 높은 것으로 나타났다. 체중과 마찬가지로 일당증체량도 기존사료 0.642kg 및 기획사료 0.656kg으로 기획사료가 높은 것으로 나타났다. 실험기간 93일 동안 처리별 각각의 총 사료 급여량은 기존사료 10,750kg, 기획사료 11,275kg으로 기획사료가 525kg 높은 것으로 나타났다. 이것을 두당 사료 섭취량으로 환산해 보면 기존사료 179.17kg, 기획사료 187.92kg으로 기획사료 처리구가 돼지 한 마리당 8.75kg의 사료를 더 섭취하였다. 사료요구율은 기존사료 3.003, 기획사료 3.081로 1kg 증체하는데 필요한 사료량은 기존사료가 근소하게 적었다. kg당 사료단가는 기존사료 467원 및 기획사료 474원으로 기존사료 이용 시 kg당 7원을 절약할 수 있는 것으로 나타났다.

종합하여 보면 전체실험 기간동안 성장에 미치는 영향에서 큰 차이가 없었으며 기존 사료의 낮은 사료단가 및 사료요구율 때문에 기획사료를 이용하여도 특별한 사료비 절감효과를 가지지 못하는 것으로 나타났다.

2. 실험 방법 및 재료

가. 농장소개

경북 경주시 외동읍 냉천리 45-4번지에 위치한 마석유축은 6개동 일괄사육, 전체 2000두, 모돈 180두 규모의 농장이다. 해당 농가는 경주시 내에 위치한 일반적인 중소규모 농가이며, 방역을 위한 차량소독조 및 대인소독조를 운영하고 있었다. 사료급이는 라인을 통해 자동급이방식으로 진행되고 있었으며, 지역 인접 농가와 함께 사용하는 OEM사료를 사용하고 있어 비교적 다른 시중사료를 사용하는 농가들에 비해 낮은 단가로 사료를 공급받고 있었다. 실험은 신축된 돈사에서 실행되었고, 구조는 무창돈사 및 슬랏-콘크리트 바닥으로 되어있었다. 돈사 내 환기상태는 매우 양호한 편이었다.

나. 실험 동물 및 실험설계

평균 체중 40.2kg의 육성돈 120두를 공시하였으며, 전체 2 처리 4반복으로 돈방당 15두씩 성별에 상관없이 체중에 따라 RCB design으로 임의 배치하였다. 처리구는 1) 기존사료 : 주변 농가들과 공동으로 이용하고 있는 OEM사료와 기존의 급여방법, 2) 기획사료 : 대체원료를 사용하여 가격을 절감한 사료와 단계별 급여방법을 적용한 처리구 였다. 기존사료의 경우 육성기와 비육기로 나누어 급여 하였으며, 기획사료 처리구는 육성기, 비육전기 및 비육후기로 나누어 단계별 사양을 실시하였다. 개시, 육성 종료와 비육 종료 시에 체중과 사료 섭취량을 측정하여 일당증체량 (average daily gain ; ADG), 일당사료섭취량 (average daily feed intake ; ADFI) 및 사료요구율(feed conversion ratio ; FCR)을 계산하였다.

다. 실험 사료

기존사료 처리구는 실험 농장에서 사용하던 기존의 사료를 급여하였고, 기획사료 처리구의 경우 낮은 가격의 대체원료 사료를 급여 하였다. 기획사료는 옥수수·대두박에 비해 가격이 낮은 팜박으로 일부를 대체한 사료이며 육성·비육기를

30~50kg, 50~80kg 및 80kg 이상 세단계로 구분하여 급여하였다. 정확한 사료 섭취량을 기록하기 위해 지대사료를 주문하여 각 돈방별로 급이 하고 기록하였다.

라. 사양 실험

실험기간은 9월2일 ~ 12월4일 까지 93일간 진행되었다. 실험돈은 돈방당 20두씩 슬랏-콘크리트 바닥에서 사육 되었으며, 실험 돈군의 체중이 적정 출하체중인 평균 100.53kg에 도달하였을 때 실험을 종료 하였다.

마. 경제성 분석

기획사료에 의한 생산비 절감 효과를 규명하기 위하여 사료단가를 통해 경제성 분석을 실시하였다. 전반적으로 제반 부대비용을 고려하지 않고 사료비용만을 기준으로 하였으며, 사료섭취량과 kg당 사료 가격을 통해서 kg 증체당 사료비와 총 사료비를 계산하여 처리구간 차이를 비교하였다.

바. 육질 분석

총 120두의 실험돈에서 먼저 출하체중에 도달하는 개체들을 각 처리별로 40두씩 선발하여 출하하였다. 출하 시 개체별로 체중을 측정하였으며, 출하후 처리별 등급 및 육질을 확인하기 위해 두 처리구를 분리하였다. 축산물품질평가원의 등급판정서를 받아 지육율, 등지방 두께 및 A-B등급 출현율을 비교하였다.

3. 연구 결과 및 고찰

가. 사양성적

기획사료 및 성장 단계별 급여가 마석유축 육성·비육돈의 사양성적에 미치는 영향을 표에 나타내었다. 실험개시 평균체중은 기존사료 처리구 40.2kg 및 기획사료 40.2kg으로 동일했으며, 종료체중은 기존사료 99.87kg 및 기획사료 101.2kg으로 처리간 전체 평균을 비교하였을 때 기획사료에 비해 기존사료가 1.33kg 높은 것으로 나타났다. 체중과 마찬가지로 일당증체량도 기존사료 0.642kg 및 기획사료 0.656kg으로 기획사료가 높은 것으로 나타났다. 해당 실험 결과는 기획사료가 육성·비육돈의 성장에 특별한 영향을 미치지 않는다는 대부분의 실험 결과들과 동일한 결과였고, 관련하여 생산성 부분에 대한 고찰이 필요할 것으로 사료된다.

표 38. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 육성·비육돈의 성장에 미치는 영향

항 목	처 리 구[1]		차 이[2]
	기존사료	기획사료	
실험 샘플, 두수	60	60	
체중, kg			
개시 (0일)	40.20	40.20	-
전반기(35일후)	62.18	61.89	0.29
후반기(93일후)	99.87	101.20	-1.33
체중 증체량, kg			
전기(0~35일)	21.98	21.69	0.29
후기(36~93일)	37.69	39.31	-1.62
전체(0~93일)	59.67	61.00	-1.33
일당증체량, kg			
전기(0~35일)	0.628	0.620	0.008
후기(34~93일)	0.650	0.678	-0.028
전체(0~93일)	0.642	0.656	-0.014

[1] 기존사료 : 실험농장에서 기존에 사용하던 사료 급여, 기획사료 : 기획사료를 성장 단계별로 급여
[2] 차이=기존사료-기획사료

나. 경제성 분석

기획사료 및 성장 단계별 급여가 마석유축 육성·비육돈의 사료섭취량과 경제성에 미치는 영향을 표 39에 나타내었다. 실험기간 93일 동안 처리별 각각의 총 사료 급여량은 기존사료 10,750kg, 기획사료 11,275kg으로 기획사료가 525kg 높은 것으로 나타났다. 이것을 두당 사료 섭취량으로 환산해 보면 기존사료 179.17kg, 기획사료 187.92kg으로 기획사료 처리구가 돼지 한 마리당 8.75kg의 사료를 더 섭취하였다. 사료요구율은 기존사료 3.003, 기획사료 3.081로 1kg 증체하는데 필요한 사료량은 기존사료가 근소하게 적었다. kg당 사료단가는 기존사료 467원 및 기획사료 474원으로 기존사료 이용 시 kg당 7원을 절약할 수 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 토대로 사료섭취량과 사료단가를 종합하여 경제성분석을 해보면 1kg 증체시키기 위한 사료비는 기존사료 1,402원 기획사료 1,460원으로 기존사료가 58원 저렴하게 나타났다. 총 실험기간의 사료비는 기존사료 5,020,343원, 기획사료 5,344,445원으로 관련하여 기획사료가 특별한 사료비 절감효과를 가지지 못하는 것으로 나타났다. 본 실험 결과는 농장마다의 변이가 존재할 수 있다는 가능성을 보여주는 것으로 전체적인 농장 실험 결과를 총합하여 다음 절에서 이러한 부분에 대한 분석을 진행 해 보도록 하겠다.

표 39. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 마석유축 육성·비육돈의 사료섭취량과 경제성에 미치는 영향

항 목	처 리 구[1]		차 이[2]
	기존사료	기획사료	
실험 샘플, 두수	60	60	
사료 섭취량, kg			
총 사료급여량	10,750	11,275	−525
두당 사료섭취량	179.17	187.92	−8.75
평균 증체량, kg	59.67	61.00	−1.33
사료 요구율[3]	3.003	3.081	−0.078
사료 단가	467.0	474.0	−7.0
경제성 분석, 원			
1kg 증체당 사료비[4]	1,402	1,460	−58
총 실험기간 사료비[5]	5,020,343	5,344,445	−324,101

[1] 기존사료 : 실험농장에서 기존에 사용하던 사료 급여, 기획사료 : 기획사료를 성장 단계별로 급여
[2] 차이 = 기존사료−기획사료
[3] 사료 요구율 = 두당 사료섭취량/평균증체량
[4] 1kg 증체당 사료비 = 사료 요구율 X 사료 단가
[5] 총 실험기간 사료비 = 두당 섭취량 X 실험 두수 X 사료 단가

다. 육질 분석

기획사료 및 성장 단계별 급여가 마석유축 육성·비육돈의 출하성적에 미치는 영향을 표 40에 나타내었다. 두 처리의 평균출하체중 도달 시기는 같았지만 농가의 사정상 출하가 동시에 이루어지지 못하여 기존사료 처리구 출하체중도달개체 40두의 출하체중이 약 10kg 더 증체된 후에 출하되었다. 때문에 기존사료의 도체성적이 기존에 마석유축에서 출하된 성적과 다소 다르게 나타났다. A-B등급 출현율이 기획사료 보다 낮은 것 또한 해당 변이에서 기인된 것으로 사료되며, 정확한 분석을 위해서는 추가적인 실험이 필요할 것으로 판단된다.

표 40. 기획사료 및 성장 단계별 급여가 출하 시 육성·비육돈의 육질 등급에 미치는 영향

처리[1]	출하 두수	총 중량 (kg)	평균 체중 (kg)	지육량 (kg)	지육율 (%)	등지방 두께(mm)	A-B등급 출현율(%)
기존 사료	40	4,980	124.50	3,798	76.27	19.43	55
기획 사료	40	4,590	114.75	3,496	76.17	18.83	60
차이[2]		390	9.75	302	0.10	0.6	-5

[1] 기존사료 : 실험농장에서 기존에 사용하던 사료 급여, 기획사료 : 기획사료를 성장 단계별로 급여

[2] 차이 = 기존사료-기획사료

제 10 절 저가 사료 및 성장단계별 사료 급여 프로그램의 농장 적용 연구: 종합 비교 분석

1. 요　　약

본 절에서는 지금까지 수집해왔던 저가 사료 및 성장단계별 사료 급여 프로그램의 농장 적용 연구의 결과들을 모두 종합하여 분석해 보았다. 일당증체량, 두당 사료 섭취량, 사료요구율, 1kg 증체당 사료비, 지육율, 등지방 두께 및 A-B 등급 출현율을 각각 분석하였으며, 해당 측정 항목이 농장 사정에 따라 기록되지 못한 경우 반복에서 제외하였다. 통계적 분석을 위하여 SAS (2004)의 TTEST procedure를 이용하였으며, 농장 하나를 하나의 통계 unit으로 판단하여 유의성을 측정하였다.

통계 분석 결과, 사료 1kg 당 가격 (P<0.01) 및 1kg 증체당 사료비 (P<0.05)를 제외한 모든 측정 항목에서 유의적인 차이가 발생되지 않았다. 기존 사료의 경우 육성·비육돈기간 1kg당 증체를 위하여 평균적으로 1,674원이 필요한 것으로 나타났고, 기획사료의 경우 270원 낮은 1,404원이 소요되는 것으로 나타났다 (P<0.05).

농림수산식품부의 2012년 통계자료에 따르면 2011년 11월 국내 양돈사료 총 생산량 40만 8천톤 중 육성돈사료 생산량은 17만톤 4천톤 (42.6%) 및 비육돈 사료 생산량은 2만 4천톤 (6.0%)인 것으로 나타났다. 두 항목을 합산하여 보면 2011년 11월 육성·비육돈 사료 생산량은 19만 8천톤으로 전체 배합 사료중 약 48.6%를 차지하고 있었다. 본 실험에서 기획사료를 사용할 시 사료비용을 kg당 76원 (기존사료, 556원; 기획사료, 480원) 줄일 수 있는 것으로 나타났는데, 이를 위 수치에 대입해 보면 11월 한달만 약 150억원의 사료비를 절감할 수 있다는 계산이 나온다. 실험 결과, 육성·비육돈의 성장 및 육질에도 전혀 악영향을 미치지 않는 것으로 나타났기 때문에, 이러한 사료비 절감 효과는 일반 농가의 생산비를 낮추는 기본적인 요인이 될 수 있을 것으로 예상되며, 외국 양돈 선진국과의 FTA 체결로 인한 경쟁 무대에서 가격 경쟁력을 상승 시킬 수 있는 주요한 요인으로 작용 할 수 있을 것으로 사료된다.

2. 분석 방법

가. 농장 자료 선별 기준

실험 측정 항목의 농장간 차이로 인하여 각각의 측정 항목마다 반복의 수에 차이가 있었으며, 각각의 선별 농장은 다음과 같다. 일당 증체량 및 사료단가의 경우 전 실험 농가의 자료가 모두 사용되었으며, 일당 사료 섭취량, 사료요구율 및 1kg 증체당 사료비의 경우 황금농원, 희영농장 및 만종축산에서 사료섭취량이 측정되지 않아 반복에서 제외되었다. 지육율 및 A-B등급 출현율 분석 결과의 경우 황금농원, 희영농장, 대박농장 및 진촌농장의 자료가 반복에서 제외되었으며, 등지방 두께의 경우 위 개체들에 추가적으로 경태농장이 반복에서 제외되었다.

나. 통계 분석

통계분석은 SAS의 일반선형모형 (GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였으며, 사양실험, 경제성 분석 및 육질 분석 결과에서 농장을 실험단위로 (RCBD) 하여 TTEST procedure를 이용하여 처리간 유의적인 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 (본 실험에서 경향이 있는 경우는 없었다).

3. 분석 결과 및 고찰

총 9개의 농장 중에 과반수 (대산농장, 마석유축, 진촌농장, 만종축산, 백암농장) 이상의 농장이 기획사료를 급여할 시 실험돈의 성장성적에 긍정적인 효과를 보였다. 비육 종료 시의 체중을 비교해 보면, 위의 5개 농장은 기획사료를 성장단계별로 급여하였을 때 대산농장은 0.20kg, 마석유축은 1.30kg, 진촌농장은 1.80kg, 만종축산은 1.83kg, 백암농장은 2.10kg 만큼 기존사료에 비해 증체효과를 얻을 수 있는 것으로 나타났다. 5개 농장의 기존사료 대비 기획사료의 증체량은 평균 1.45kg 높았다 (그림 13). 출하 체중 도달 일령을 고려해 보아도 기획사료의 성장단계별 급여는 돼지의 성장에 부정적인 영향을 끼치지 않았음을 알 수 있었다.

기획사료를 총 세단계 (육성기, 비육전기 및 비육후기)로 급여한 사양실험의 결과를 기존사료와 기획사료의 단가비교와 종합하여 돼지가 1kg 증체하는데 필요한 사료비로 환산하였다. 총 9개의 농장 중에 과반수 (진촌농장, 경태농장, 대박농장, 대산농장 및 백암농장) 이상의 농장에서 기획사료를 사용하여 사료비 절감효과를 거두었다 (그림 14). 기획사료를 사용하여 얻은 돼지 1kg 증체에 필요한 사료비

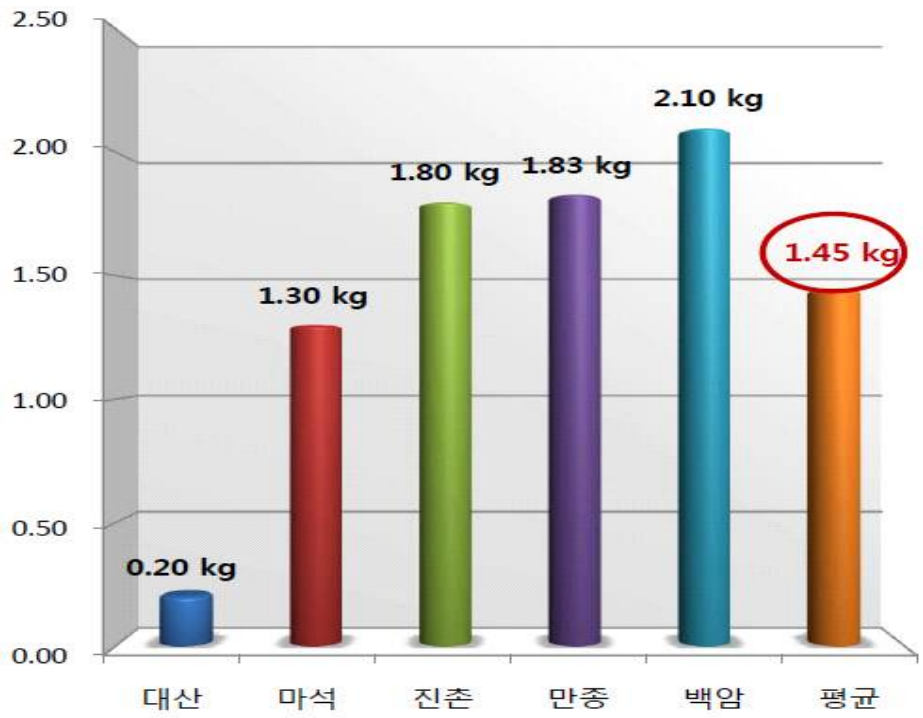


그림 13. 기획사료를 급여한 돼지의 평균 체중 비교

그림 14. 기획사료 이용 시 1kg 증체당 사료비 절감액

절감액은 진촌농장은 48원, 경태농장은 144원, 대박농장은 209원, 대산농장은 321원, 백암농장은 960원 이었다. 위 5개 농장의 돼지 1kg 증체당 필요한 사료비 절감액의 평균은 279원이었다.

기획사료를 급여할 경우, 진촌농장은 90두를 사육할 때 90,269원, 경태농장은 68두를 사육할 때 1,034,504원, 대산농장은 80두를 사육할 때 2,055,391원, 대박축산은 60두를 사육할 때 1,554,348원, 백암농장은 60두를 사육할 때

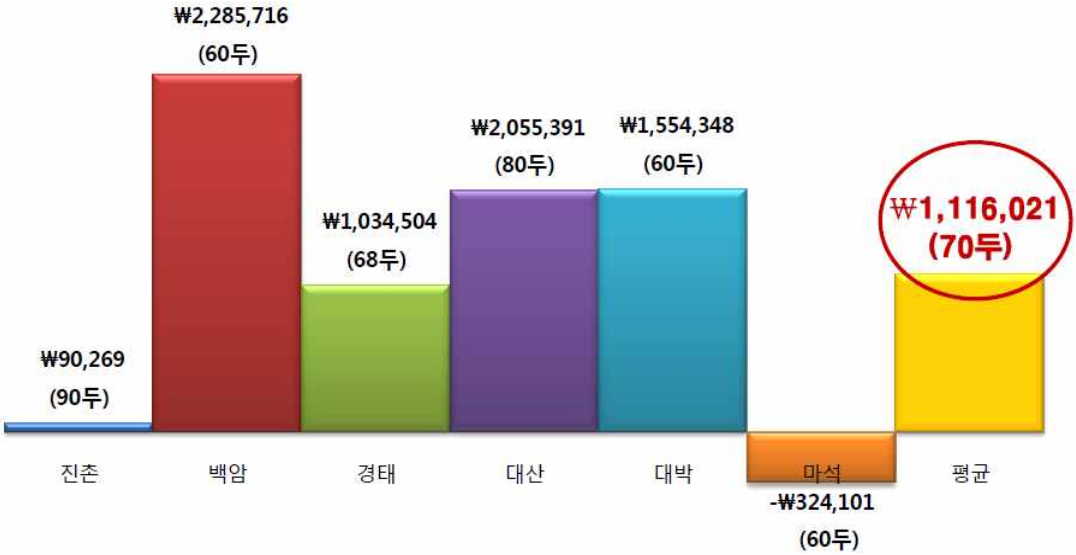


그림 15. 기획사료 사용 시 실험기간 내 총 사료비 차액

2,285,716원 만큼의 사료비를 절감하였다. 마석유축은 기존사료를 급여하여 60두를 사육할 경우, 기존사료에 비해서 324,101원 만큼 비용이 더 들어갔다. 총 6개 농장에서 70두 사육시 1,116,021원 만큼의 사료비를 절감할 수 있음을 확인하였다. 이처럼 대체원료로서 팜박을 일정부분 첨가하고 돼지의 성장 단계별 (육성기, 비육전기, 비육후기)로 급여한 결과, 사료비 절감을 통해 생산비를 상당 부분 낮출 수 있음을 확인하였다.

저가 사료 및 성장 단계별 사료급여가 육성·비육돈의 사양성적, 경제성 및 육질에 미치는 영향에 대하여 표 41에 나타냈다. 통계 분석 결과, 일당 증체량, 일당 사료 섭취량, 사료요구율, 지육율, 등지방 두께 및 A-B등급 출현율 항목에서 모두 통계적으로 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 하지만 사료 1kg 당 가격 (P<0.01) 및 1kg 증체당 사료비 (P<0.05) 항목의 경우 기획 사료 급여에 의해 영향을 받는

표 41. 저가 사료 및 성장 단계별 사료급여가 육성·비육돈의 사양성적, 경제성 및 육질에 미치는 영향 (9개 농장 실험 결과 종합)

항 목	처 리 구[1]		SEM[2]
	기존사료	기획사료	
사양성적			
일당 증체량, kg	0.760	0.753	0.018
일당 사료 섭취량, kg	2.209	2.207	0.070
사료 요구율	2.944	2.943	0.090
경제성			
사료 1kg 당 가격[3], 원	556	480	20.08
1kg 증체당 사료비[4], 원	1,674	1,404	88.69
육질분석			
지육율, %	76.51	75.94	0.236
등지방 두께, mm	21.60	21.49	0.886
A-B등급 출현율	74.48	71.89	4.772

[1] 기존사료 : 실험농장에서 기존에 사용하던 사료 급여, 기획사료 : 기획사료를 성장 단계별로 급여
[2] SEM: standard error of means.
[3] Mean with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.01).
[4] Mean with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.05).

것으로 나타났다.

Thorne 등 (1992)은 팜박에 포함된 조단백질의 아미노산 구성이 이상적이지 못하기 때문에 사료 내에서 높은 함량으로 급여할 경우 라이신을 따로 첨가하여 주지 않으면 동물의 성장을 저해할 수 있다고 보고하였다. 또한 팜박의 높은 섬유소와 비전분성다당류의 함량 때문에 소화물의 통과속도가 증가되고, 다른 영양소의 소화를 방해하여 성장에 부정적인 영향을 미칠 수 있다는 보고도 있었다 (O'Doherty 등, 2000). 이에 반해 식이 섬유소의 첨가가 그 종류와 사용량에 따라 prebiotics로서 장내 유익균들이 이용하기 좋은 섬유소를 공급하고, 미생물의 대사물질인 휘발성 지방산 (volatile fatty acid; VFA)과 젖산이 장관 내 pH를 저하시켜 유산균의 증식 및 병원성 미생물의 저하를 유도하며, 대장균에 부착부위 (binding site)를 제공하여 분으로의 배출을 유도하는 등 (Koopman 등, 1999)의 긍정적인 기능을 한다는 보고도 있었다. 본 실험에서는 기획사료의 첨가에 따라 육성·비육돈의 성장에 특별한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, 관련하여 우리나라의 일반적인 농장 환경에서 해당 대체원료를 사용할 수 있는 가능성을 검증받은 계기가 될 수 있을 것으로 사료된다.

O'Doherty 등 (2000)은 육성기에 높은 조섬유 함량을 이용할 수 있는 대장의 발달이 비육기에 비하여 미약하기 때문에 비육기보다 성장 능력이 더욱 크게 저하될 수 있다고 보고하였는데 본 연구과제에서는 확실한 차이는 나타나지 않았다. Jongblode과 Lenis (1998) 및 Ferket 등 (2002)은 이렇게 영양소를 과잉 공급할 경우 분을 통해 배출되는 함량이 늘어나게 되며 환경오염을 유발시키는 원인이 될 수 있다고 보고하였고, 1990년에 발표된 이 등의 연구 결과를 보면 영양소요구량보다 높은 수준의 단백질 사료를 급여할 경우 사양성적을 개선시키지 못한다고 하였다. 본 실험에서는 단계별 사료 급이가 이루어졌는데 이에 따라 흡수되지 못하고 배설되는 영양소 부분을 줄일 수 있었을 것으로 사료된다.

선행 실험을 살펴보면 팜박을 첨가하였을 경우 오일 추출 과정에서 기인한 높은 지방함량으로 인해 육질에 영향을 미칠 수 있다는 연구결과가 있었는데 본 실험결과 특별하게 관련 변이는 없는 것으로 나타났다. 이는 기획사료를 돼지에게 급여하여도 육질에 악영향을 미치지 않는 다는 것을 의미한다.

종합적으로 본 연구과제 실험 결과, 저가 사료 및 성장 단계별 사료급여를 시행할 경우 육성·비육돈의 성장 및 육질에 악영향을 미치지 않으며, 사료비를 kg당

76원 정도 저감시킬 수 있는 것으로 나타났다. 해당 실험 결과를 현장에 효과적으로 적용시킬 경우 양돈 선진국과의 무한 경쟁 시대에 돌입한 우리나라의 일반 양돈 농가의 생산성을 개선시키는 데 원동력이 될 수 있을 것으로 예상되며, 추가적으로 농가 내에서 자체적인 검증을 한 번 더 시행한 후 적용할 것을 권장하는 바이다.

제 11 절 포유자돈에서의 입붙이 사료 급여에 대한 농장 적용 연구

* 경태농장

* 농장 현황 및 전경

- 경북 경주 소재, 일괄 사육, 모돈 약 250두 규모
- 돈사 6동, 자돈사는 돈방당 약 20두 수용

* 대경농장

* 농장 현황 및 전경

- 경기도 이천 위치, 일괄사육, 모돈 약 200두 규모
- 돈사 7동 규모

* 개척농장

* 농장 현황 및 전경

- 경기도 이천 위치, 번식 농장, 모돈 약 480두 규모
- 돈사 7동 규모, 자돈사는 돈방당 약 30두 수용

1. 요　　약

본 연구는 입붙이 사료의 급여시기가 자돈의 성장과 모돈의 생리에 미치는 영향을 조사함으로써 입붙이 사료의 적절한 이용방법을 제시하기 위해 수행되었다. 경태농장에서 시행 된 실험은 경산돈인 2원 교잡종 (Yorkshire × Landrace, 평균 산차 3.5, 평균 등지방 두께 17.5 mm) F1 분만모돈 8두를 공시하여 , 2처리, 4반복, 반복 당 한 두씩 완전임의 배치법 (CRD: completely randomized design)으로 배치하여 실시하였다. 2011년 7월 24일 ~ 9월 19일 기간에 수행되었고, 포유기간 23일, 입붙이 급여기간 14일, 이유 후 총 35일 동안 실험이 수행되었다. 포유모돈의 실험사료로는 옥수수-대두박 위주 (corn-soybean meal basal)의 일반 시중에서 판매되는 commercial 사료가 제공되었고, 각 처리구와 상관없이 모든 모돈에 동일사료가 급여되었다. 입붙이 사료는 시중에서 판매되고 있는 입붙이 사료를 구매하여 사용하였으며, 처리구에 따라 각각의 일령에 따라 자돈들에게 급여되었다. 처리구는 총 2처리로 입붙이를 급여한 처리구와 입붙이를 미급여한 처리구가 실험처리구로 설정되었다. 대경농장에서 실시된 실험은 경산돈인 2원 교잡종 (Yorkshire × Landrace, 평균 산차 3.4, 평균 등지방 두께 19.0 mm) F1 분만모돈 10두를 공시하여 , 2처리, 5반복, 반복 당 한 두씩 완전임의 배치법 (CRD: completely randomized design)으로 배치하여 실시하였다. 2011년 7월 10일 ~ 8월 27일 사이에 수행되었고, 포유기간 15일, 입붙이 급여기간 7일, 이유 후 총 35일 동안 실험이 수행되었으며 다른 항목의 경우 경태농장과 동일한 방법으로 시행되었다. 개척농장에서 수행된 실험의 경우 경산돈인 2원 교잡종 (Yorkshire × Landrace, 평균 산차 3.6, 평균 등지방 두께 19.2 mm) F1 분만모돈 12두를 공시하여 , 2처리, 6반복, 반복 당 한 두씩 완전임의 배치법 (CRD: completely randomized design)으로 배치하여 실시하였다. 2011년 8월 2일 ~ 9월 8일 사이에 수행되었고, 포유기간 20일, 입붙이 급여기간 5일, 이유 후 총 21일 동안 실험이 수행되었다. 다른 항목의 경우 역시 위의 두 농장과 동일한 방법으로 시행되었다.

입붙이 사료의 급여가 세 개 농장의 포유기 및 이유기 자돈에 미치는 영향을 살펴보면 입붙이 사료의 급여에 따른 포유성적은 세 농장에서 뚜렷하게 나타나거나 유의적인 차이를 보이지 않았다. 일반적으로 많은 양축가들이 포유자돈의 성장 극대

화를 위해 입붙이 사료를 급여하나, 본 실험 결과 포유 자돈에 대한 입붙이 사료의 효과는 거의 없는 것으로 나타났다. 이유 이후의 입붙이 사료 급여에 대한 효과 비교 결과를 살펴보면 경태농장에서는 입붙이 사료를 급여한 처리구의 이유자돈 성장이 높았던 반면 대경농장에서는 입붙이 사료 미급여 처리구가 높게 나타났으며, 마지막 개척농장은 비슷한 경향을 보였다. 폐사율 비교에서는 세 곳의 농가가 비슷한 경향을 보였는데, 포유기에는 농장마다 처리구에 따른 뚜렷한 경향이나 차이를 나타내지 않았지만, 이유기에서는 확연한 수치상 차이를 나타내었으며, 입붙이 사료를 미 급여한 처리구의 폐사율이 낮게 나타나는 것을 관찰할 수 있었다. 본 실험에서 모돈의 사료섭취량은 경태농장 1곳에서 측정하였는데, 실험결과 입붙이 사료의 급여에 따른 모돈의 사료 섭취량에서 차이가 나는 것이 관찰되었으며, 입붙이 사료 급여에 따라 모돈의 사료섭취량이 감소되는 것으로 나타났다.

종합적으로 입붙이 사료를 비급여 할 경우, 입붙이 사료 급여 시 대비 포유기와 이유 자돈기 성장에 있어서 입붙이 사료 급여 처리구보다 성장이 약간 떨어지고 포유기의 폐사가 증가하는 경향이 보였으나 이유기 폐사두수가 입붙이 사료 급여 시보다 약 3.67두 감소하고 포유 모돈의 사료섭취량이 증가하는 경향을 보였다. 입붙이 사료의 미급여는 자돈의 성장은 조금 떨어트리나 장기적인 관점으로 봤을 때, 한국 양돈산업에서 고질적인 문제인 폐사율을 낮출 수 있고, 포유모돈의 건강성 회복을 통해 다음 산차의 번식 성적에 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

2. 서　　론

2006년, EU는 동물용 항생제의 남용과 체내 잔류에 대한 우려를 이유로 사료 내 항생제 첨가를 금지시켰다. 이러한 우려는 이제 세계적인 흐름이 되었으며 우리나라 또한 이에 발을 맞춰 2011년 7월 최종적으로 사료 내 항생제 첨가가 금지되었다. 오랜 기간 동안 항생제가 성장을 증가시킬 목적이나, 설사의 예방 및 치료를 목적으로 사료 내에 첨가되어 왔기에 항생제의 금지는 친환경 축산이라는 겉모습과는 달리 양돈 사양가에 다양한 부작용들을 초래하였다. 항생제 금지 조치 후 덴마크에서는 자돈의 설사빈도가 급증하였으며 (Dermot과 Helen, 2003), 가축의 폐사율 증가와 출하일령의 증가 등의 부작용이 보고되고 있다. 이러한 상황은 결국 치료용 항생제의 이용을 증가 시키고 농장 내 항생제 첨가 사료 자가 배합이라는 결과를 가져왔으며, 이러한 문제들을 개선하기 위해 내성이나 잔류 문제가 없으며, 가축의 능력을 최대화 할 수 있는 항생제 대체물질에 대한 광범위한 연구들이 시행되어 왔다. 하지만 항생제 대체제에 대한 연구에 비해 적절한 사양관리를 통해 항생제의 필요성 자체를 낮추는 기반적인 연구는 상대적으로 경시되어 왔으며, 이로 인해 자돈의 성장과 면역능력을 최대화 하지 못하고 항생제 대신 다른 약품과 첨가제에 의존하는 형태가 깨어지지 않고 있다. 따라서 올바른 사양체계의 확립은 현시점에서 매우 시급한 일이라고 할 수 있다.

이유는 돼지의 일생에 있어서 가장 중요한 시기로 자돈들은 모돈으로부터 격리되어 모유 섭취에서 고형사료 섭취로의 변화를 겪게 된다. 이와 더불어 환경적인 변화와 낯선 다른 돼지들과의 합사 등은 자돈에 큰 스트레스를 유발하게 되고 이유 후 사료섭취를 거부하여 성장정체나 설사 등이 발생하는 원인이 된다. 따라서 입붙이 사료의 급여는 포유 후기 모돈의 포유량이 자돈의 성장을 최대화하기에 부족하다는 점과 이유 후 자돈의 고형사료 적응성을 증대시킬 수 있다는 점 크게 2가지 이유를 근거로 일반 양돈 농가에서 널리 적용되어 왔다. 하지만 선행실험 결과를 보면 입붙이 사료의 급여가 항상 긍정적인 영향을 도출하는 것만은 아니다. 입붙이 사료를 급여할 경우 포유자돈의 돈유 섭취량 및 포유 모돈의 사료 섭취량이 저하될 수 있기 때문에 모돈의 회복 및 연산성에 악영향을 미칠 수 있기 때문이다. 우리나라의 많은 양돈농가들은 포유기 성장률 증가에 대한 기대, 이유를 대비한 조기 사료 적응 및 자돈 폐사에 대한 우려 등으로 인해 무조건 매우 빠른 일령부터 입붙이

사료를 급여하는 경우가 많기 때문에 이러한 입붙이 사료의 사용에 대한 과학적인 검증이 매우 시급한 실정이다.

입붙이가 이유 후 사료 적응성에 긍정적인 영향을 미칠 가능성은 높으나, 입붙이 사료의 급여 효과에 대해서는 여전히 논란이 많다. Newbe 등 (1985)은 입붙이 사료를 매우 짧은 시간동안만 급여하거나 자돈의 섭취량이 미흡할 경우, 이유 후 고형사료 내 항원에 과민성을 보일 수 있다고 경고하였으며, 이유 전 긴 시간동안 사료에 노출 시켜야 한다고 보고하였다. 또한 Kuller 등 (2009)은 입붙이 사료의 급여가 자돈의 장내 영양소 흡수를 증가 시킨다고 보고하였으며, Makinde 등 (1994)은 입붙이 사료를 섭취한 자돈이 섭취하지 않은 자돈에 비해 융모의 손상이 적었다고 보고하였다. 하지만 반대로 입붙이 사료의 급여가 이유 후 장에 아무런 영향을 미치지 못했다는 보고들 또한 적지 않다 (Hampson, 1986; Kelly et al., 1990; Bruininx et al., 2004).

따라서 본 연구에서는 입붙이 사료의 급여시기가 자돈의 성장과 모돈의 생리에 미치는 영향을 조사함으로써 입붙이 사료의 적절한 이용방법을 제시하기 위해 수행되었다.

3. 실험 방법 및 재료

가. 경태농장

1) 실험동물 및 실험환경

경산돈인 2원 교잡종 (Yorkshire × Landrace, 평균 산차 3.5, 평균 등지방 두께 17.5 mm) F1 분만모돈 8두를 공시하여 , 2처리, 4반복, 반복 당 한 두씩 완전임의 배치법 (CRD: completely randomized design)으로 배치하였다. 2011년 7월24일 ~ 9월19일 사이에 경상북도 경주에 위치한 경태농장에서 포유기간 23일, 입붙이 급여기간 14일, 이유 후 총 35일 동안 실험이 수행되었다. 온도와 환기량은 환기팬과 자동제어장치에 의하여 조절되었고, 전체 실험기간 동안 사료와 물은 자유채식 되었다. 자돈은 출생 후 견치, 단미, 철분주사 및 이각 처리를 받았으며, 양자보내기 과정을 거친 후 실험돈군으로 편입되었다. 양자를 통해 각 모돈 한 복당 포유자돈의 수는 11~12두씩 배치되었으며 포유자돈의 성별 및 체중에 따라 모든 모돈의 복당 포유돈 체중이 동일하도록 설정하였다.

2) 실험 사료 및 실험 설계

포유 모돈의 실험사료로 옥수수-대두박 위주 (corn-soybean meal basal)의 일반 시중에서 판매되는 commercial 사료가 제공되었고, 각 처리구와 상관없이 모든 모돈에 동일사료가 급여되었다. 시중에서 판매되고 있는 입붙이 사료를 구매하여 사용하였으며, 처리구 및 각각의 일령에 따라 자돈들에게 급여하였다. 실험개시, 이유 시 및 이유 직후 시점에 포유자돈 두당 평균 체중을 측정하였으며, 이유 후 5주 종료시점에 추가적으로 측정하였다. 폐사율은 포유기와 이유기 두 시점으로 나누어 계산하였다.

3) 실험 측정 항목

① 포유 모돈의 체중, 사료섭취량 및 등지방 두께 변화

포유기 모돈의 생리적 변화를 알아보기 위하여 실험 개시 및 이유시에 체중, P2 부위의 등지방 두께 및 사료섭취량을 측정하였다.

② 포유 자돈의 성장 능력 및 포유 모돈의 포유 능력

양자처리 후 포유를 개시하고 자돈의 성장능력 및 모돈의 포유 능력을 측정하기 위해 실험 개시, 이유 시 및 이유 후 5주 종료시점에 자돈의 체중 및 폐사두수를 측정하였다.

나. 대경농장

1) 실험동물 및 실험환경

경산돈인 2원 교잡종 (Yorkshire × Landrace, 평균 산차 3.4, 평균 등지방 두께 19.0 mm) F1 분만모돈 10두를 공시하여 , 2처리, 5반복, 반복 당 한 두씩 완전임의 배치법 (CRD: completely randomized design)으로 배치하였다. 본 실험은 2011년 7월 10일 ~ 8월 27일 사이에 경기도 이천시에 위치한 대경농장에서 실시되었으며, 포유기간 15일, 입붙이 급여기간 7일, 이유 후 총 35일 동안 진행되었다. 온도와 환기량은 환기팬과 자동제어장치에 의하여 조절되었고, 전체 실험기간 동안 사료와 물은 자유채식 되었다. 자돈은 출생 후 견치, 단미, 철분주사 및 이각처리를 받았으며, 양자보내기 과정을 거친 후 실험돈군으로 편입되었다. 양자를 통해 각 모돈 한 복당 9두의 포유자돈이 배치되었으며 모든 모돈의 복당 포유돈 체중 및 성별이 동일하도록 설정하였다.

2) 실험 사료 및 실험 설계

포유 모돈의 실험사료로 옥수수-대두박 위주 (corn-soybean meal basal)의 일반 시중에서 판매되는 commercial 사료가 제공되었고, 각 처리구와 상관없이 모든 모돈에 동일사료가 급여되었다. 시중에서 판매되고 있는 입붙이 사료를 구매하여 사용하였으며, 처리구 및 각각의 일령에 따라 자돈들에게 급여하였다. 실험개시, 이유 시 및 이유 직후 시점에 포유자돈 두당 평균 체중을 측정하였으며, 이유 후 5주 종료시점에 추가적으로 측정하였다. 폐사율은 포유기와 이유기 두 시점으로 나누어 계산하였다.

3) 실험 측정 항목

① 포유 모돈의 체중, 사료섭취량 및 등지방 두께 변화

포유기 모돈의 생리적 변화를 알아보기 위하여 실험 개시 및 이유시에 체중, P2 부위의 등지방 두께 및 사료섭취량을 측정하였다.

② 포유 자돈의 성장 능력 및 포유 모돈의 포유 능력

양자처리 후 포유를 개시하고 자돈의 성장능력 및 모돈의 포유 능력을 측정하기 위해 실험 개시, 이유 시 및 이유 후 5주 종료시점에 자돈의 체중 및 폐사두수를 측정하였다.

다. 개척농장

1) 실험동물 및 실험환경

경산돈인 2원 교잡종 (Yorkshire × Landrace, 평균 산차 3.6, 평균 등지방 두께 19.2 mm) F1 분만모돈 12두를 공시하여 , 2처리, 6반복, 반복 당 한 두씩 완전임의 배치법 (CRD; completely randomized design)으로 배치하였다. 본 실험은 경기도 이천시에 위치한 개척농장에서 2011년 8월2일 ~ 9월8일 사이에 수행되었으며, 포유기간 20일, 입붙이 급여기간 5일, 이유 후 총 21일 동안 진행되었다. 온도와 환기량은 환기팬과 자동제어장치에 의하여 조절되었고, 전체 실험기간 동안 사료와 물은 자유채식 되었다. 자돈은 출생 후 견치, 단미, 철분주사 및 이각처리를 받았으며, 양자보내기 과정을 거친 후 실험돈군으로 편입되었다. 양자를 통해 각 모돈 한 복당 10 ~ 11두의 포유자돈이 배치되었으며 모든 모돈의 복당 포유돈 체중 및 성별이 동일하도록 설정하였다.

2) 실험 사료 및 실험 설계

포유 모돈의 실험사료로 옥수수-대두박 위주 (corn-soybean meal basal)의 일반 시중에서 판매되는 commercial 사료가 제공되었고, 각 처리구와 상관없이 모든 모돈에 동일사료가 급여되었다. 시중에서 판매되고 있는 입붙이 사료를 구매하여 사용하였으며, 처리구 및 각각의 일령에 따라 자돈들에게 급여하였다. 실험개시, 이유 시 및 이유 직후 시점에 포유자돈 두당 평균 체중을 측정하였으며, 이유 후 3주 종료시점에 추가적으로 측정하였다. 폐사율은 포유기와 이유기 두 시점으로 나누어 계산하였다.

3) 실험 측정 항목

① 포유 모돈의 체중, 사료섭취량 및 등지방 두께 변화

포유기 모돈의 생리적 변화를 알아보기 위하여 실험 개시 및 이유시에 체중, P2

부위의 등지방 두께 및 사료섭취량을 측정하였다.

② 포유 자돈의 성장 능력 및 포유 모돈의 포유 능력

양자처리 후 포유를 개시하고 자돈의 성장능력 및 모돈의 포유 능력을 측정하기 위해 실험 개시, 이유 시 및 이유 후 5주 종료시점에 자돈의 체중 및 폐사두수를 측정하였다.

4. 연구 결과 및 고찰

가. 경태농장

입붙이 사료의 급여가 포유기 및 이유기 포유자돈의 성장성적에 미치는 영향을 표 42에 나타내었다. 결과를 살펴보면 포유기의 경우 입붙이 사료를 급여한 처리구의 개체체중이 3.65kg으로 입붙이 사료를 미급여한 처리구의 3.13kg보다 약 518g이 증체한 것을 볼 수 있었다. 그러나 이유 후 5주 동안의 증체량에 있어 입붙이 사료를 미급여한 처리구의 자돈 체중 증체량이 높은 경향을 나타냈으며, 차이는 약 5kg 정도였다. 폐사한 자돈 수의 경우 포유기에는 입붙이 사료 미급여 처리구 2두, 입붙이 사료 급여 처리구 1두로 특별한 차이가 발견되지 않았으나, 이유기의 경우 입붙이 사료 급여 처리구가 미급여 처리구보다 3두 높았다.

모돈의 사료섭취량을 측정한 결과, 포유자돈에게 입붙이 사료를 미급여 함에 따라 증가하는 경향을 볼 수가 있었다.

표 42. 입붙이 사료의 급여가 경태농장의 포유기 및 이유기 자돈의 성장에 미치는 영향

처리구	포유개시 체중, kg (1일령)	이유체중, kg (21일령)	포유구간 증체량, kg	자돈구간, kg (이유 후 5주)	자돈구간 증체량, kg	포유자돈 폐사두수	이유자돈 폐사두수	포유모돈 일일사료 섭취량, kg
비급여	2.254	5.386	3.132	16.33	10.94	2	4	6.23
급여	2.157	5.807	3.650	14.75	8.94	1	7	5.73
차이	0.097	0.421	0.518	1.58	2.00	1	3	0.50

나. 대경농장

입붙이 사료의 급여가 대경농장의 포유기 및 이유기 자돈의 성장에 미치는 영향을 표 43에 나타냈다. 실험 결과, 입붙이 사료를 급여하지 않을 경우 이유체중이 증가되는 경향을 나타냈으며 (비급여 vs 급여, 5.77 vs 5.60 kg), 자돈 구간에는 반대로 입붙이 사료를 급여 할 경우 성장율이 증가되는 경향을 나타냈다 (미급여 vs 급여, 11.44 vs 15.32 kg). 추가적으로 이유 자돈 폐사두수를 측정한 결과, 급여한 처리구의 경우 8두가 폐사했으며, 미급여한 처리구의 경우 5두가 폐사한 것으로 나타났다. 상대적으로 체미돈의 폐사율이 입붙이 사료 급여 처리구에서 높아 위와 같은 성장률 결과가 나온 것으로 사료되며, 손실율을 정확히 판별하기 위해서는 추가적인 생산비 검증이 필요할 것으로 판단된다.

표 43. 입붙이 사료의 급여가 대경농장의 포유기 및 이유기 자돈의 성장에 미치는 영향

처리구	포유개시 체중, kg (5일령)	이유체중, kg (15일령)	포유구간 증체량, kg	자돈구간, kg (이유후 5주)	자돈구간 증체량, kg	포유자돈 폐사두수	이유자돈 폐사두수
비급여	2.02	5.77	3.75	11.44	5.67	0	5
급여	2.01	5.60	3.59	15.32	9.72	0	8
차이	0.01	0.17	0.16	3.88	4.05	0	3

다. 개척농장

입붙이 사료의 급여가 개척농장의 포유기 및 이유기의 성장성적에 미치는 영향을 표 44에 나타내었다. 실험 결과, 입붙이 사료를 미급여하여도 포유기 및 이유 후 성장성적에 특별한 악영향을 미치지 않는 것으로 나타났다 (포유구간 증체량 차이, 0.05kg; 이유 후 자돈구간 증체량 차이, 0.20kg). 또한, 다른 두 농장의 실험 결과와 동일하게 입붙이 사료를 급여할 경우 이유 후 자돈의 폐사율이 증가하는 경향을 나타냈다 (입붙이 미급여 vs 입붙이 급여, 2 vs 7 두). 실험 결과에 대한 고찰은 아래 라 항에서 수행하였다.

표 44. 입붙이 사료의 급여가 개척농장의 포유기 및 이유기 자돈의 성장에 미치는 영향

처리구	포유개시 체중, kg (2일령)	이유체중, kg (21일령)	포유구간 증체량, kg	자돈구간, kg (이유후 5주)	자돈구간 증체량, kg	포유자돈 폐사두수	이유자돈 폐사두수
비급여	1.81	5.55	3.74	9.07	3.52	3	2
급여	1.77	5.56	3.79	9.27	3.70	2	7
차이	0.04	0.01	0.05	0.20	0.18	1	−5

라. 농장 간 비교 및 고찰

입붙이 사료의 급여가 세 농장의 포유기 및 이유기 자돈에 미치는 영향을 살펴보면 모든 농장에서 사료 급이 여부에 따라 뚜렷한 포유 성적 및 이유 성적 차이가 나타나지 않았다. 이는 입붙이 사료를 급여하지 않는 처리구의 포유자돈 일당증체량이 가장 높게 나타난 서울대학교 실험연구농장에서 진행된 선행실험 결과와 비슷한 경향을 보였다.

선행연구에서 입붙이 사료의 급여는 포유 모돈이 건강하고 모유의 생산이 정상적으로 이루어 졌을 시에 어떠한 긍정적인 효과도 미칠 수 없다고 보고되었는데 (Krider 등, 1950, Newby 등, 1985, Barnett 등, 1989), 본 농장적용 실험에서도 동일한 맥락으로 입붙이 사료에 따른 영향이 적게 나타난 것으로 사료된다. Barnett 등 (1989)은 입붙이 사료를 급여하여도 섭취하지 않는 자돈이 발생한다고 보고하였고, Bruininx 등 (2002)은 한 복의 자돈 중에서도 입붙이 사료 섭취에 대한 높은 변이 (variation)가 발생한다고 하였는데, 이러한 요인들이 포유기의 입붙이 사료 섭취에 따른 성장에 영향을 미친 것으로 보인다. 입붙이 사료의 단가가 다른 성장단계의 사료에 비해 고가의 제품이기 때문에 본 연구 결과는 농장의 생산비 저감에 획기적으로 기여할 것으로 사료되며, 추가적으로 포유기에 모돈의 젖 분비가 원활하지 않거나 포유자돈의 수가 많아 모유를 충분히 수유받기 어려울 시를 제외하고는

표 45. 입붙이 사료를 비급여 할 경우, 급여 시 대비 성장과 폐사율 및 모돈의 사료 섭취량 비교

	이유시 증체량차이 (kg)	이유자돈기 증체량차이 (kg)	포유자돈폐사 두수 차이 (두)	이유자돈 폐사두수 차이 (두)	포유모돈 일일 사료섭취량 차이 (kg)
대경농장	0.16	−4.05	0	−3	−
개척농장	−0.05	−0.18	1	−5	−
경태농장	−0.518	2	1	−3	0.5
차이	−0.136	−0.74	0.67	−3.67	0.5

입붙이 사료의 사용량을 줄이는 것을 제안하는 바이다.

이유 이후의 입붙이 사료 급여에 대한 효과 비교 결과를 살펴보면 경태농장에서는 입붙이 사료를 급여한 처리구의 이유자돈 성장이 높았던 반면 대경농장에서는 입붙이 사료 미급여 처리구가 높게 나타났으며, 마지막 개척농장은 비슷한 경향을 보였다. 일반적으로 입붙이 사료의 급여는 포유자돈의 성장을 위해 급여하기도 하지만 이유 후에 사료 변화로 인한 스트레스를 감소시키고, 사료 적응력을 향상시켜, 이유 후 성장의 개선과 설사 방지 등을 목적으로 시행하기도 한다 (Bruininx 등, 2002; Kuller 등, 2004). 또한 입붙이 사료를 급여할 경우 자돈의 소장 내 면역체계에서 고형 사료를 항원으로 인식하는 경우가 줄어들어 설사가 예방되고, 건강을 유지할 수 있으며 (Makinde 등, 1997), 이유시기에 증가된 사료섭취량과 높은 성장 성적을 나타낸다는 연구 결과도 보고되고 있다 (Bruininx 등, 2002). 본 농장 적요 실험에서는 이들의 연구결과와 달리 입붙이 사료가 이유 후의 성장 및 생리에 큰 영향을 미치지 못한 것으로 나타났다.

폐사율을 비교해본 결과, 세 곳의 농가가 비슷한 경향을 보였는데 포유기에는 농장마다 처리구에 따른 뚜렷한 경향이나 차이를 나타내지 않았지만, 이유기에서는 수치상 확연한 차이를 나타냈으며, 입붙이 사료를 미급여한 처리구의 폐사율이 낮게 나타나는 것을 관찰할 수 있었다. 입붙이 사료가 자돈의 폐사율에 미치는 영향에 대한 연구는 그 인용 문헌이 전무한 실정이다. 입붙이 사료를 조기에 급여 할 경우 모돈의 돈유를 통한 항체 전이가 충분히 이루어지지 않게 되고, 새로운 환경에 대한 면역적 적응 능력이 매우 떨어지게 된다. 이러한 상황에서 이유 된 자돈의 경우 외부의 병원체에 대해 민감하게 반응하여 위와 같은 폐사율 증가가 발생된 것으로 사료된다.

본 실험에서 모돈의 사료섭취량은 경태농장 한 곳에서 측정되었다. 실험결과, 입붙이 사료 급여에 따라 모돈의 사료섭취량이 감소되는 경향이 나타났다. 일반적으로 포유기간의 낮은 사료섭취량은 모돈의 성적과 자돈의 성장에 부정적인 영향을 미친다고 보고되고 있고 (Eissen 등, 2000), 이른 시기의 입붙이 사료 급여는 포유 기간 모돈의 젖 생산량을 저해하며, 모돈이 섭취한 영양이 모유를 통해 자돈에 전이되지 않고 모돈의 체중 증가에 이용되게 하여, 과비 모돈을 증가시켜 이유 후 재귀발정일 및 연산성을 저하시키는 요인이 될 수 있다고 한다. 또한 포유 자돈에게 가장 최고의 영양소 공급원은 입붙이 사료가 아니라 모유인 것은 자명한 사실이

며, 포유 생산이 정상적으로 이루어지고 있는 모돈에 대한 입붙이 사료의 급여는 mammary gland 내 모유의 정체를 유발시켜 유방염에 걸리는 원인이 되기도 한다. 선행 연구에서도 입붙이 사료의 오랜 기간 동안의 급여는 모돈의 사료 섭취량을 낮추고, 포유자돈의 성장에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 본 실험도 이와 동일한 결과를 보였다.

종합적으로 입붙이 사료를 비급여 할 경우, 입붙이 사료 급여 시 대비 성장율이 약간 떨어졌으며, 이유 이후 폐사두수가 약 3.67두 감소하고 포유 모돈의 사료섭취량이 증가하는 경향을 보였다. 입붙이 사료의 미급여는 자돈의 성장은 조금 떨어트리나 장기적인 관점으로 봤을 때, 한국 양돈산업에서 고질적인 문제인 폐사율을 낮출 수 있고, 포유모돈의 건강성 회복을 통해 다음 산차의 번식 성적에 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 자돈의 성장과 모돈의 연산성을 위해서 입붙이 사료를 앞뒤 정황 없이 무조건 급여하는 경우는 피해야 할 것이다.

제 4 장 종합 결론

현재 우리나라 양돈산업은 미곡에 이어 농림업 총 생산액 중 2위를 차지할 정도로 규모가 큰 산업이다. 하지만 최근에는 2011년 구제역 파동, 원료 곡물 가격 상승 및 가축 질병으로 인한 폐사율 증가 등으로 인해 위기를 맞고 있다. 여기에 추가적으로 2012년 3월 15일 발효된 한미-FTA 및 여러 양돈 선진국과의 FTA로 인해 양돈 농가의 가격 경쟁력 확보를 위한 생산성 향상이 시급한 실정이다. 생산성 향상을 위한 방안에는 여러 가지가 존재하지만 이 중에서도 가장 효율적인 방법은 생산비에서 가장 큰 비중 (약 50-60%)을 차지하는 사료비를 줄이는 것이다. 우리나라의 일반 사료회사에서 배합하는 사료의 영양 성분을 보면 NRC (1998)등의 공신력 있는 기관에서 발행하는 영양소 요구량보다 모든 항목에서 더 높은 것을 알 수 있다. 이는 아직까지 동물의 성장 정체에 대한 걱정 때문에 해당 항목을 이론적인 권장량에 맞춰 낮추지 못하고 있다는 것을 의미한다. 여기에 추가적으로 사료 색깔에 대한 걱정 때문에 계속해서 가격이 급등하고 있는 옥수수 · 대두박 등의 기존 원료를 배합사료 내에서 대체하지 못하는 경우 또한 빈번하게 발생되고 있다.

이러한 여러 이론적인 바탕이 없는 행위들은 현재 사료비를 상승시키는 원인중의 하나로 작용하고 있으며, 관련하여 우리 나라의 실정에 맞는 검증 실험이 매우 시급한 상황이다. 본 연구과제는 이러한 배경을 바탕으로 양돈농가들의 소득 증대를 위한 생산비 절감 및 생산성 향상 기술 개발을 목표로 저가 사료 및 성장단계별 사료 급여 프로그램과 포유자돈에서의 입붙이 사료 급여가 어떠한 영향을 미치는지 규명하기 위하여 수행되었다.

기획사료를 통한 사육단계별 급여프로그램과 생산비 절감을 위한 돼지의 사양관리 방법을 개발하기 위한 검증 실험은 전국 각지의 9개 농장 (백암농장, 대산농장, 황금농원, 희영농장, 만종축산, 경태농장, 대박농장, 진촌농장 및 마석유축)에서 실시되었으며, 농장에 따라 성장률, 사료섭취량, 사료요구율, 경제성 및 육질을 분석하였다. 개시 체중, 실험기간, 측정 항목 및 종료 체중 등 여러 항목에서 농장에 따라 차이가 있었지만 처리구는 모두 기존사료 (원래 농장에서 급여하던 사료를 기존의 프로그램에 맞추어 급여)와 기획사료 (팜박으로 일정 부분을 대체한 사료를 단계별 사료 급이 프로그램으로 급여)로 동일하게 설정하였다.

사양 실험 결과, 총 9개의 농장 중에 과반수 (대산농장, 마석유축, 진촌농장, 만종축산, 백암농장) 이상의 농장이 기획사료를 사용할 시 실험돈의 성장성적에 긍정적인 효과를 미칠 수 있는 것으로 나타났다. 비육 종료 시의 체중을 비교해 보면, 위의 5개 농장은 기획사료를 성장단계별로 급여하였을 때 대산농장은 0.20kg, 마석유축은 1.30kg, 진촌농장은 1.80kg, 만종축산은 1.83kg, 백암농장은 2.10kg 만큼 기존사료를 섭취한 실험돈보다 높은 증체량을 보였다. 5개 농장의 기존사료 대비 기획사료의 증체량은 평균 1.45kg 높았다. 기획사료를 총 세단계 (육성기, 비육전기 및 비육후기)로 급여한 사양실험의 결과를 기존사료와 기획사료의 단가비교와 종합하여 돼지가 1kg 증체하는데 필요한 사료비로 환산해 보면, 총 9개의 농장 중에 과반수 (진촌농장, 경태농장, 대박농장, 대산농장 및 백암농장) 이상의 농장에서 기획사료를 통한 사료비 절감효과가 나타난 것을 확인할 수 있었다. 사료 섭취량을 측정한 실험 농장에서 수집된 결과를 분석해보면, 기획사료를 사용할 시 사료비용을 kg당 76원 (기존사료, 556원; 기획사료, 480원) 줄일 수 있는 것으로 나타났으며, 기획사료를 급여할 경우 총 실험기간동안 진촌농장은 90,269원, 경태농장은 1,034,504원, 대산농장은 2,055,391원, 대박축산은 1,554,348원, 백암농장은 2,285,716원 만큼의 사료비를 절감시킬 수 있었던 것으로 나타났다. 위의 항목들

을 SAS (2004)의 TTEST procedure를 이용하여 유의성을 분석해 본 결과, 일당 증체량, 일당 사료 섭취량, 사료요구율, 지육울, 등지방 두께 및 A-B등급 출현율 항목에서 모두 통계적으로 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 반면에, 사료 1kg 당 가격 (P<0.01) 및 1kg 증체당 사료비 (P<0.05) 항목의 경우 기획 사료 급여에 의해 영향을 받는 것으로 나타났다.

종합적으로 기획사료를 통한 사육단계별 급여프로그램의 검증 실험 결과, 육성·비육돈의 성장 및 육질에 악영향을 미치지 않으며, 사료비를 kg당 76원 수준으로 저감시킬 수 있는 것으로 나타났다. 해당 실험 결과를 현장에 효과적으로 적용시킬 경우 양돈 선진국과의 무한 경쟁 시대에 돌입한 우리나라의 일반 양돈 농가의 생산성을 개선시키는 데 원동력이 될 수 있을 것으로 예상되며, 추가적으로 농가 내에서 자체적인 검증을 한 번 더 시행한 후 적용할 것을 권장하는 바이다.

포유자돈에서의 입붙이 사료 급여 효과 검증을 위한 실험은 경태농장, 대경농장 및 개척농장에서 수행되었다. 세 농장에서 실시된 실험 모두 경산돈인 이원 교잡종 (Yorkshire × Landrace) F1 분만모돈을 대상으로 실시되었으며, 반복 당 한 두씩 완전임의 배치법 (CRD: completely randomized design)으로 실험구를 배치하였다. 개시 체중 및 등지방, 포유 자돈수, 포유기간, 입붙이 사료 급여기간 및 이유 후 자돈 체중 측정 기간 등 여러 항목에서 농장에 따라 차이가 있었지만 처리구는 모두 입붙이를 급여한 처리구와 입붙이를 미급여한 처리구 2종류로 동일하게 설정하였다.

입붙이 사료의 급여가 세 농장의 포유기 및 이유기 자돈에 미치는 영향을 살펴보면 모든 농장에서 사료 급이 여부에 따라 뚜렷한 포유 성적 및 이유 성적 차이가 나타나지는 않았다. 이는 입붙이 사료를 급여하지 않는 처리구의 포유자돈 일당증체량이 가장 높게 나타난 서울대학교 실험연구농장에서 진행된 선행실험 결과와 비슷한 경향을 보였다. 이유 이후의 입붙이 사료 급여에 대한 효과 비교 결과를 살펴보면 경태농장에서는 입붙이 사료를 급여한 처리구의 이유자돈 성장이 높았던 반면 대경농장에서는 입붙이 사료 미급여 처리구가 높게 나타났으며, 마지막 개척농장은 비슷한 경향을 보였다. 폐사율을 비교해본 결과, 세 곳의 농가가 비슷한 경향을 보였는데 포유기에는 농장마다 처리구에 따른 뚜렷한 경향이나 차이를 나타내지 않았지만, 이유기에서는 수치상 확연한 차이를 나타냈으며, 입붙이 사료를 미급여한 처리구의 폐사율이 낮게 나타나는 것을 관찰할 수 있었다. 본 실험에서 모돈의 사료

섭취량은 경태농장 한 곳에서 측정되었는데, 그 결과, 입붙이 사료 급여에 따라 모돈의 사료섭취량이 감소되는 경향이 나타났다. 종합적으로 입붙이 사료를 비급여 할 경우, 입붙이 사료 급여 시 대비 성장율이 약간 떨어졌으며, 이유 이후 폐사두수가 약 3.67두 감소하고 포유 모돈의 사료섭취량이 증가하는 경향을 보였다. 입붙이 사료의 미급여는 자돈의 성장은 조금 떨어트리나 장기적인 관점으로 봤을 때, 한국 양돈산업에서 고질적인 문제인 폐사율을 낮출 수 있고, 포유 모돈의 건강성 회복을 통해 다음 산차의 번식 성적에 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

지금까지 대체 원료의 이용 및 단계별 사료 급이 프로그램과 입붙이 사료 미급여의 효과를 일반 농가에서 실험한 결과를 토대로 검증하여 보였다. 본 연구는 저가 사료의 사용, 성장단계별 사료 급여 프로그램 및 포유자돈에서의 입붙이 사료 미급여를 통한 양돈농가의 생산성 향상에 그 궁극적인 의의가 있다. 연구를 통하여 검증된 대체 원료 사료, 단계별 사료 급이 프로그램의 효능 및 입붙이 사료 미급이 효과 등은 일반 양돈 농가에 해당 방법을 적용시킬 시 바로 사용될 수 있는 지침이 될 수 있을 것으로 예상되며, 관련하여 양돈 생산비를 줄이고 양돈 생산성을 향상시키는데 기여할 수 있을 것이라 사료된다.

제 5 장 참고 문헌

Agunbiande, J. A., Wiseman, J. and Cole, D. J. A. 1999. Energy and nutrient use of palm kernels palm kernel meal and palm kernel oil in diets for growing pigs. Animal Feed Science and Technology. 80:165-181.

Alcantara, P. E., Cordova, E. D., Villeta, M. O. and Naldo, M. E. 1989. Substitutio value of rice bran(D1) and rough rice(Palay) for corn ingrowing finishing swine rations. Philipp. J. Vet. Anim. Sci. 15:1-22.

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th Edition. Association of Official Analytical Chemist. Washingtons, DC.

Balasubramaniam, K. 1976. Polysaccharides of the kernel of maturing and mature coconuts. Journal of Food Science. 41:1370-1373.

Boisen, S. and Fernandez, J. A. 1997. Prediction of total tract digestibility of energy in feedstuffs and pig diets by in vitro analyses. Anim. Feed Sci. Technol. 68:277-86.

Bergner, H. 1977. Protein evaluation and protein metabolism. FEBS 11th Meeting. Copenhagen. 149-160.

Brooks, C. C., garner, G. B., gehrke, C. W., Muhrer, M. E. and Pfander, W. H. 1954. The effect of added fat on the digestion of cellulose and protein by ovine rumen organisms. J. Anim. Sci. 13:758-764.

Butterworth, M. H. and Fox, A. C. 1963. The effect of heat treatment on

the nutritive value of coconut meal and the prediction of the nutritive value by chemical methods. British Journal of Nutrition, 17: 445-452.

Choct, M. and Kocher, A. 2000. Non-starch carbohydrates: Digestion and its secondary effects in monogastrics. Proceedings of the Nutrition Society of Australia. 24:31-38.

Cai, Y. and Zimmerman, D. R. 1996. Lysine requirement of the lactating sow determined by using plasma urea nitrogen as a rapid response criterion. J. Anim. Sci. 74:1056-1062.

Chemgen Corp. 2002. Hemicell feed enzyme-Field and Penn trial data for swine, broilers, ducks, laying hens and turkeys. Chemgen, U.S.A.

Clarke, J. H., Davidson, K., Rixon, J. E., Halstead, J. R., Fransen, M. P., Gilbert, H. J. and Hazlewood, G. P. 2000. A comparison of enzyme-aided bleaching of softwood paper pulp using combinations of xylanase, mannanase andgalactosidase. Applied Microbiology and Biotechnology. 53: 661-667.

Cole, D. J. A., Hardy, B., Lewis, D. 1972. Nutrient density of pig diets. In: Cole, D. J. A.(Ed.), Pig Production. Butterworths. London. 243-257.

Coma, J., Zimmerman, D. R. and Carrion, D. 1996. Lysine requirement of the lactating sow determined by using plasma urea nitrogen as a response criterion. J. Anim. Sci. 74:1056-1062.

Dowman, M. G. 1993. Modification to the neutral detergent cellulase digestibility method for the prediction of the metabolizable energy of compound feedstuffs containing palm kernel meal. Journal of the

Science Food and Agriculture. 61: 327-331.

Dusterhoft, E. M., Voragen, G. J. and Engels, F. M. 1991. Non-starch polysaccharide from sunflower(Helianthus annuus) meal and palm kernel(Elaeisguineenis) meal preparation of cell wall material and extraction of polysaccharide fractions. Journal of the Science of Food and Agriculture. 55:411-422.

Dusterhoft, E. M., Posthumus, M. A. and Voragen, A. G. J. 1992. Non-starch polysaccharides from sunflower(helianthus annuus) meal and palm kernel(Elaeisguineensis) meal preparation of cell wall material and extraction of polysaccharide fractions. Journal of the Science Food and Agriculture. 59:151-160.

Dusterhoft, E. M., Bonte, A. W. and Voragen, A. G. J. 1993. Solubilisation of non-starch polysaccharides from oil seed meals by polysaccharide degrading enzymes. Journal of the Science Food and Agriculture, 63:211-20.

Eggum, B. O. 1970. Blood urea measurement as a technique for assessing protein quality. Br. J. Nutr. 24:983-988.

Fuller, M. F., Livingstone, R. M., Baird, B. A. and Atkinson, T. 1979. The optimal amino acid supplementation of barley for thegrowing pig. 1. Response of nitrogen metabolism to progressive supplementation. Br. J. Nutr. 41:321-331.

Furuya, S., Sakamoto, K., Takahashi, S. 1979. A new in vitro method for the estimation of digestibility using the intestinal fluid of the pig. Br. J. Nutr. 41: 511-520.

Gibson, G. R. 1998. Dietary modulation of the humangut microflora using prebiotic. Br. J. Nutr. 80:S209-S212.

Graham, P. L., Mahan, D. C. and Shields, R. G. Jr. 1981. Effect of starter diet and length of feeding regime on performance and digestive activity of 2-week-old weaned pigs. J. Anim. Sci. 53:299-307.

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.)

Hampson, D. J. 1987. Dietary influences on porcine postweaning diarrhea. Pages 202-214 in Manipulating Pig Production. J. L. Barnett, E. S. Batterham, G. M. Cronin, C. Hansen, P. H. Hemsworth, P. E. Hughes, N. E. Johnston. and R. H. King, ed. Australasian Pig Science Association, Victoria, Australia.

Hatori, Y., Noguchi, G., Itoh, M. and Ishibashi, T. 1994. Effects of dietary protein levels on performance, plasma amino acid concentrations and biochemical components of female growing pigs. Anim. Sci. Tech. 65:942-949.

INRA, AFZ, 2004. In: Sauvant, D., Perez, J. M., Tran, g.(Eds.), Tables of Composition and Nutritive Value of Feed Materials. INRA, Versailles. p.293.

Ishihara, N., D. C. Chu, S. Akachi and L. R. Juneja. 2000. Preventive effect of partially hydrolysed guargum on infection of Salmonella enteritidis

in young and laying hens. Poult. Sci. 79:689-697.

Jackson, M. E., D. W. Fodge. and H. Y. Hsiao. 1999. Effects of β-mannanase in corn-soybean meal diets on laying hen performance. Poult. Sci. 78:1737-741.

Juliano, B. O. 1992. Structure, chemistry and function of the rice grain and its fractions. Cereal Foods World 37:772-779.

Kavanagh, S. 1998. Studies on the nutritive value of feed stuffs for pigs. Ph D thesis, National University of Ireland.

Kim, B. G., Lee, J. H., Jung, H. J., Han, Y. K., Park, K. M. and Han, I. K. 2001. Effect of partial replacement of soybean meal with palm kernel meal and copra meal on growth performance, nutrient digestibility and carcass characteristics of finishing pigs. Asian Australasian Journal of Animal Science. 14:821-830.

Knudsen, K. E. B. 1997. Carbohydrate and liginin contents of plant materials used in animal feeding. Animal Feed Science Technology, 67:319-338.

Korean feeding standard for swine. 2002. Ministry of agriculture and forestry national livestock research institute, RDA.

Kusakabe, I. and Takashi, R. 1988. Enzymatic preparation β-1, 4-manno-oligosaccharides and β-1, 4-glucomannooligosaccharides. Methods in Enzymology. 160:518-523.

Kusakabe, I., Kaneko, R., Tanaka, N., Zamora, A. F., Fernandez, W. L. and

Murakami, K. 1990. A simple method for elucidating structures ofgalactomanno-oligosaccharides by sequential actions of mannosidase andgalactosidase. Agricultural and Biological Chemistry. 54:1081-1083.

Legoff, G. and Noblet, J. 2001. Comparative total tract digestibility of dietary energy and nutrients ingrowing pigs and adult sows. J. Anim. Sci. 79:2418-2427.

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 guargum in normal and diabetic man. Proc. Nutr. Soc. 39-44.

Lowgren, W., Graham, H., Aman, P. 1989. An in vitro method for studying digestion in the pig. 1. Simulating digestion in the different compartments of the intestine. Br. J. Nutr. 61:673-687.

Mateos, G. G., Martin, F., Latorre, M. A. and Vicente, B. 2006. Inclusion of oat hulls in diets for young pigs based on cooked maize or cooked rice. Anim. Sci. 82:57.

Mateos, G. G., Martin, F., Latorre, M. A., Vicente, B. and Lizaro, R. 2007. The effect of inclusion of oat hulls in pig diets based on raw or cooked rice and maize. Anim. Feed. Sci. Technol. 135:100-112.

Medel, P., Salado, S., de Blas, J. C. and Mateos, G. G. 1999. Processed cereals in diets for early weaned pigs. Anim. Feed Sci. Technol. 82:145-156.

Nam, D. S. and Aherne, F. X. 1995. The effects of lysine:energy ratio on the performance of weanling pigs. J. Anim. Sci. 72:1247-1256.

Noblet, J. 1996. Digestive and metabolic utilization of dietary energy in pig feeds: comparison of energy systems. In:garnsworthy, P. C., Wiseman, J., Haresign, W.(Eds.), Recent Advances in Animal Nutrition. Nottingham University Press, Nottingham. p.207-231.

Noblet, J. and J. van Milgen. 2004. Energy value of pig feed: Effect of pig body weight and energy evaluation system. J. Anim. Sci. 82:229-238.

Noblet, J., Fortune, H., Shi, X. S., Dubois, S. 1994. Prediction of net energy value of feeds forgrowing pigs. J. Anim. Sci. 72:344-354.

Noblet, J., S`eve, B. and Jondreville, C. 2004. Nutritional values for pigs. In: Sauvant, D., Perez, J. M., Tran, G.(Eds.), Tables of Composition and Nutritive Value of Feed Materials. INRA, Versailles. p.25-35.

Noblet, J. 2006. Recent advances in energy evaluation of feeds for pigs. In:garnsworthy, P. C., Wiseman, J.(Eds.), Recent Advances in Animal Nutrition. Nottingham University Press, Nottingham. p.1-6.

NRC. 1998. Nutrient Requirements of Swine(10th Ed.). National Academy press, Washington, DC.

Nunes, C. S. and K. Malmlof. 1992. Effects of guargum and cellulose on glucose absorption, hormonal release. and hepatic metabolism in the pig. Br. J. Nutr. 68:693-700.

Nwokolo, E. N., Bragg, D. B. and Saben, H. S. 1976. The availability of amino acids from palm kernel, soybean, cotton seed and rape seed meal for the growing chick. Poult. Sci. 55:2300-2304.

Nwokolo, E. N., Bragg, D. B. and Saben, H. S. 1977. A nutritive evaluation of palm kernel meal for use in poultry rations. OTropical Science. 19:147-154.

O' Doherty, J. V. and M. P. McKeon. 2000. The use of expeller copra meal in grower and finisher pig diets. Livest. Prod. Sci. 67:55-65.

Oloyo, R. A. 1991. Responses of broilers fed guinea corn palm kernel meal based ration to supplemental biotin. Journal of the Science of Food and Agriculture. 55:539-550.

Okai, D. B. and Opoku-Mensah, D. 1988 The effects of varying levels of palm kernel meal on growth performance and carcass characteristics of pigs. Proc. 18-19th ghana Animal Science Association Symposium, UST, Kumasi. p.54-57.

O' Mara, F. P., Muligan, F. J., Cronin, E. J., Rath, M. and Caffrey, P. J. 1999. The nutritive value of palm kernel meal measured in vivo and using rumen fluid and enzymatic techniques. Livestock Production Science. 60:305-316.

Onwundike, O. C. 1986. Palm kernel as a feed for poultry 2. Diets containing palm kernel meal for starter and grower pullets. Animal Feed Science and Technology. 16: 187-194.

Petty, L. A., S. D. Carter, B. W. Senne and J. A. Shriver. 1999. Effects of Hemicell® addition to nursery diets on growth performance of weanling pigs. J. Anim. Sci. 77(Suppl.):195.(Abstr.)

Petty, L. A., S. D. Carter., B. W. Senne. and J. A. Shriver. 2000. Effects of Hemicell® addition to corn-soy bean meal diets on growth performance, carcass traits and apparent digestibility, of finishing pigs. J. Anim. Sci. 78(Suppl.):73(Abstr.).

Petty, L. A., S. D. Carter, B. W. Senne. and J. A. Shriver. 2002. Effects of β-mannanase addition to corn-soybean meal diets on growth performance, carcass traits. and nutrient digestibility of weanling and growing-finishing pigs. J. Anim. Sci. 80:1012-1019.

Pluske, J. R., Black, B., Pethick, D. W., P 419. Mullan, B. and Hampson, D. J. 2003. Effects of different sources and levels of dietary fibre in diets on performance, digesta characteristics and antibiotic treatment of pigs after weaning. Anim. Feed Sci. Technol. 107:129-142.

Pluske, J. R. and Hampson, D. J. 2005. Rice based diets in pigs for protection against intestinal bacterial infections. RIRDC Publication No. 05/143. Kingston ACT, 425 Australia.

Pluske, J. R., Moughan, P. J., Thomas, D. V., Kumar, A. and Dingle, J. G. 1997. Releasing energy from Rice bran, copra meal and canola in diets using exogenous enzymes. In: 13th Annual symposium Alltech. 81-94.

Rainbird, A. L., A. G. Low. and T. Zebrowska. 1984. Effect of guargum on glucose and water absorption from isolated loops of jejunum in conscious growing pigs. Br. J. Nutr. 52:489-498.

Rebeiro, R. D. X., R. L. Oliveira, F. M. Macome, A. R. Bagaldo, M. C. A. Silva, C. V. D. M. Ribeiro, G. G. P. Carvalho and D. P. D. Lanna.

2011. Meat Quality of Lambs Fed on Palm Kernel Meal, a By-product of Biodiesel Production. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 10:1399-1406.

Robles, A. and Ewan R. C. 1986. Utilization of Energy of Rice and Rice Bran by Young Pigs. J. Anim. Sci. 1982 55:572-577.

Sambrook, I. E. and A. L. Rainbird. 1985. The effects of guargum and level and source of dietary fat on glucose tolerance ingrowing pigs. Br. J. Nut. 54:27-35.

Slaughter, S. L., Ellis, P. R. and Butterworth, P. J. 2001. An investigation of the action of porcine pancreatic alpha-amylase on native and gelatinised starches. Biochem. Biophys. Act. 1525:29-36.

Schneider, J. D., Carter, S. D., Morillo, T. B. and Park, J. S. 2003. Effects of. ractopamine and. β-mannanase addition to corn-soybean meal diets. on growth performance and carcass traits of finishing pigs. J. Anim. Sci. 78(Suppl.):73(Abstr.).

Statistical Analysis Systems Institute. 1992. SAS user' guide: statistics. version 6, fourth edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Sulabo, R. C., W. S. Ju. and H. H. Stein. 2011. Amino acid digestibility and energy content of copra expellers, palm kernel expellers, palm kernel meal. and soybean meal fed togrowing pigs. J. Anim. Sci. 89:99.

Sundu, B., Dingle, J. G. and Kumar A. Unpublished. The use of enzymes to improve copra meal and palm kernel meal in broiler diets.

Tamaru, Y., Araki, T., Amagoi, H., Mori, H. and Morishita, T. 1995. Purification and characterization of an extracellular 1-4-mannanase from a marine bacterium, Vibrio sp. Strain MA-138. Applied and Environmental Microbiology. 61:4454-4458.

Taylor, S. J., Cole, D. A. and Lewis, D. 1985. Amino acid requirements of growing pigs. 6. Isoleucine. Anim. Prod. 40:153-160.

Tester, F., Karkalas, J. and Qi, X. 2004. Starch. Composition, fine structure and architecture. J. Cer. Sci. 39:151-165.

Thorne, P. J., J. Wiseman, D. J. A. Cole and D. H. Machin. 1989. The digestible and metabolizable energy value of copra meals and their prediction from chemical composition. Anim. Prod. 49:459-466.

Van der Meer, J. M., Perez, J. M. 1992. In-vitro evaluation of European diets for pigs. Prediction of the organic matter digestibility by an enzymic method or by chemical analysis. J. Sci. Food Agric. 59:359-63.

Varel, V. H. 1987. Activity of fibre degrading microorganisms in the pig large intestine. J. Anim. Sci. 65:488-496.

Whang, K. Y. and R. A. Easter. 2000. Blood urea nitrogen as an index of feed efficiency and lean growth potential ingrowing-finishing swine. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 13:811-816.

Whitney, S. E. C., Brigham, J. E., Darke, A. H., Reid, J. S. G. and Gidley, M. J. 1998. Structural aspect of the interaction of mannan based polysaccharides with bacterial cellulose. Carbohydrate Research,

307:299-309.

Wu, J. F. and R. C. Ewan. 1979. Utilization of energy of wheat and barley by growing swine. J. Anim. Sci. 49:1470-1477.

Yoshida, S., Tan, C. H., Shimokawa, T., Turakainen, H. and Kusakabe, I. 1997. Substrate specificity of galactosidase from yeasts. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry. 61:359-361.